

94



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

**EL VIDEO DIGITAL DE ALTA DEFINICIÓN EN  
REDES ATM**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**P R E S E N T A:**

**FERNANDO ROCHA CRUZ**

ASESOR:  
ING. JULIAN ZUÑIGA NAVARRETE

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MÉXICO

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Ana Laura

*Mi compañera de toda la vida  
Por su inmenso apoyo.  
Con todo mi cariño.*

A Ana Paulina

y

María Fernanda

*Mis hijas.  
Mis mejores motivos y mi razón de ser.*

A la señora Petra Cruz  
Y al señor Arturo Rocha

*Mis Padres.  
Por que mis logros son tambien suyos*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
<b>1. CONCEPTOS BÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES .....</b>	<b>9</b>
1.1 Elementos de un Sistema de Comunicaciones .....	9
1.2 Medios de comunicación.....	10
1.2.1 Cable de par trenzado.....	10
1.2.2 Cable coaxial.....	14
1.2.3 La fibra óptica.....	17
1.2.4 Espacio libre.....	20
1.2.5 Sistemas de Comunicación via Satélite.....	22
1.3 Señales en banda base y banda ancha.....	23
1.3.1 Banda ancha.....	23
1.3.2 Banda base.....	23
1.4 Redes analógicas y digitales.....	23
1.5 El modelo de referencia OSI.....	24
1.6 Multiplexaje.....	29
1.6.1 Multiplexores por división de tiempo (TDM).....	29
1.6.2 Multiplexores por división de frecuencia.....	30
1.6.3 Multiplexores Inversos.....	30
1.7 Productos de interconectividad.....	31
1.7.1 Puentes (Bridges).....	31
1.7.2 Ruteadores.....	32
1.7.3 Computarías (Gateways).....	33
1.7.4 Alternativas de conectividad.....	34
1.7.5 Equipos de conmutación (Switches).....	34
1.8 Topologías de red.....	35
1.8.1 Tipos de topologías.....	36
1.9 Códigos de transmisión para el canal : Códigos de línea.....	38
1.9.1 Código NRZ (Non return to Zero).....	38
1.9.2 Código RZ (Return to zero).....	38
1.9.3 Código NRZ I (Non return to zero invertido).....	39
1.9.4 AMI (Alternate Mark Inversion).....	39
1.9.5 HDDB3 (High Density Bipolar 3).....	39
1.9.6 PE (phase encode) o Manchester.....	40
1.9.7 CDP (Conditional Duplex).....	40
1.9.8 2B1Q (Código 2 binario / 1 Cuaternario).....	41
1.10 Protocolos.....	41
1.10.1 Pila de protocolos o suite.....	42
1.10.2 TCP/IP.....	42
1.10.3 SDLC (Synchronous Data Link Control).....	44
1.10.4 Protocolos derivados del SDLC.....	46
1.10.5 Otros protocolos.....	46
1.11 Técnicas de Modulación.....	47
1.11.1 Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).....	48
1.11.2 Modulación por desplazamiento de frecuencia.....	49
1.11.3 Modulación por desplazamiento de fase (PSK).....	49
1.11.4 Modulación por desplazamiento de fase binaria.....	49
1.11.5 Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria.....	49
1.11.6 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).....	50
1.11.7 Modulación de pulsos.....	50
1.11.8 Modulación por pulsos codificados.....	50

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1.11.9 Teorema de Muestreo de Nyquist .....	51
<b>1.12 Satélites LEO.....</b>	<b>52</b>
1.12.1 Patrones orbitales .....	52
1.12.2 Satélites LEO (Low Earth Orbit).....	53
1.12.3 Pequeños LEO .....	54
1.12.4 Grandes LEO .....	54
1.12.5 LEO's de Banda ancha .....	54
<b>1.13 Antenas .....</b>	<b>55</b>
1.13.1 Patrón de radiación .....	55
1.13.2 Ganancia de antena y G/T .....	56
1.13.3 Eficiencia de una antena .....	57
1.13.4 Polarización de la antena .....	57
1.13.5 Ancho del haz .....	57
<b>1.14 Intranets y redes corporativas.....</b>	<b>58</b>
1.14.1 Intranet .....	58
<b>1.15 Principales organismos de estandarización en telecomunicaciones.....</b>	<b>59</b>
1.15.1 European Computer Manufacturers Association (ECMA) .....	59
1.15.2 Instituto de Estándares Nacionales Americanos (American National Standards Institute - ANSI) .....	59
1.15.3 Asociación de Industrias Electrónicas (Electronic Industries Association EIA) .....	59
1.15.4 Comité Federal de Estándares de Telecomunicaciones (Federal Telecommunications Standards Committee FTSC) .....	59
1.15.5 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical & Electronic Engineering IEEE) .....	60
1.15.6 Organización para la Estandarización Internacional (International Organization for Standardization ISO) .....	60
1.15.7 Comité Consultivo internacional de Telefonía y Telegrafía (International Telegraph and Telephone Consultative Committee CCITT) .....	61
1.15.8 Comité Consultivo Nacional de Normalización de Telecomunicaciones (CCNN-T) .....	61
1.15.9 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) .....	62
1.15.10 Normas Mexicanas (NMX) .....	62
<b>2. EL VIDEO DIGITAL DE ALTA DEFINICIÓN.....</b>	<b>63</b>
<b>2.1 Introducción .....</b>	<b>63</b>
<b>2.2 Una acercamiento a la señal de video analógica (Sistema NTSC).....</b>	<b>64</b>
<b>2.3 Estándares de transmisión de señales de televisión .....</b>	<b>64</b>
<b>2.4 La Señal de Video Compuesta.....</b>	<b>65</b>
2.4.1 Exploración .....	65
2.4.2 Transmisor de televisión a color .....	66
2.4.3 Receptores de la televisión a color analógicos .....	67
2.4.4 Características del Sistema PAL .....	67
2.4.5 Características del Sistema SECAM (Sequential Colour Avec Memorie).....	68
2.4.6 Formatos de video analógico .....	68
<b>2.5 El video digital .....</b>	<b>68</b>
2.5.1 Características del video digital .....	69
2.5.2 ¿ Por qué video digital ? .....	70
<b>2.6 Digitalización de la señal de video .....</b>	<b>70</b>
2.6.1 Conversión Analógica Digital (A/D) .....	71
2.6.2 Codificación de video compuesto .....	71
2.6.3 Codificación por componentes .....	71
<b>2.7 Aspectos del sentido de la vista humano.....</b>	<b>72</b>
<b>2.8 Espacios de color.....</b>	<b>72</b>
2.8.1 RGB (Red, Green, Blue) .....	73
2.8.2 YCbCr (Y)CrCb .....	73
<b>2.9 Muestreo de valores de crominancia y luminancia.....</b>	<b>74</b>
<b>2.10 Formatos de video digital .....</b>	<b>75</b>
2.10.1 Recomendación ITU-R 601 .....	75
2.10.2 Formato SDI y CIF (Source Input Format y Common Interchange Format) .....	75
<b>2.11 Fundamentos del audio .....</b>	<b>76</b>
2.11.1 Aspectos del sentido del oído humano .....	76
2.11.2 Términos básicos y conceptos .....	76

2.11.3	Codificación de audio digital	77
<b>2.12</b>	<b>Compresión de vídeo</b>	<b>78</b>
2.12.1	Codecs con pérdida y codecs sin pérdida	79
2.12.2	Compresión perceptual	79
2.12.3	Compresión espacial	79
2.12.4	Compresión temporal	80
2.12.5	Limitación en la velocidad de los datos	81
<b>2.13</b>	<b>Estandarización en los sistemas de compresión</b>	<b>81</b>
2.13.1	Estándares MPEG	81
2.13.2	Aplicaciones de los estándares MPEG	81
2.13.3	MPEG-2	82
2.13.4	Parámetros obligatorios del flujo de bits, perfiles y niveles	82
<b>2.14</b>	<b>Partes y Estado de los documentos MPEG</b>	<b>83</b>
2.14.1	MPEG-2	85
2.14.2	Adopción de los estándares	87
2.14.3	Descripción técnica del vídeo en los estándares MPEG	88
2.14.4	Jerarquía de datos del stream de vídeo	88
2.14.5	Redundancia de la información	89
2.14.6	Tipos de imagen	90
2.14.7	MPEG-2 y MPEG-1	92
2.14.8	MPEG-4	92
2.14.9	H.320 (Sistema de videoteléfono de banda estrecha y equipos terminales)	93
2.14.10	El estándar H.261	93
2.14.11	H.323	94
<b>2.15</b>	<b>Televisión comercial HDTV (High definition TV)</b>	<b>95</b>
2.15.1	Panorama de los Estándares HDTV y su Impacto en la Industria de la Televisión	98
2.15.2	Características del sistema comercial	100
2.15.3	Descripción del sistema USB	100
<b>3.</b>	<b>TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE</b>	<b>103</b>
3.1	Introducción	103
3.2	Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) (ISDN)	104
3.2.1	Definición	104
3.2.2	Tipos de ISDN	105
3.2.3	El modelo de referencia ISDN	106
3.2.4	Niveles de operación de ISDN	107
3.2.5	Señalización	110
3.3	Frame Relay	111
3.3.1	¿Qué es Frame Relay?	111
3.3.2	Circuitos virtuales (VCs)	113
3.3.3	El encabezado Frame Relay y la DLCI	114
3.3.4	Procesamiento Frame Relay contra X.25	116
3.3.5	Descarte de tramas causada por congestión	118
3.3.6	Mecanismos de notificación de congestión	118
3.3.7	Estatus de conexiones	120
3.3.8	Estándares Frame Relay	121
3.3.9	Interoperabilidad y cumplimiento de estándares	122
3.3.10	El Foro Frame Relay	122
3.4	ATM	123
3.4.1	B-ISDN o ATM	123
3.4.2	¿Qué es ATM?	124
3.4.3	Filosofía de operación de las redes ATM	124
3.4.4	El Modelo de Referencia ATM	125
3.4.5	Formato de la celda ATM	127
3.4.6	Conceptos Básicos de ATM	128
3.4.7	Estructura de la red ATM	132
3.4.8	Campos de la celda ATM	135
3.4.9	Interfases de red ATM	136
3.4.10	Interfase Física ATM	139
3.4.11	Tipos de Conexiones Físicas	139
3.4.12	Rutro: Conmutación de celdas ATM	143

3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3.4.13 Señalización ATM.....	144
3.4.14 Formato de direcciones ATM.....	146
3.4.15 Capas de Adaptación ATM (ATM Adaptation Layers - AALs).....	148
<b>4. ALTERNATIVAS DE SERVICIO DE LOS CARRIERS EN MÉXICO .....</b>	<b>153</b>
4.1 Las telecomunicaciones en México.....	153
4.2 Primeros servicios telefónicos.....	154
4.3 Surgimiento de Telmex.....	154
4.4 Los otros participantes.....	154
4.5 Iusantel/Iusacell.....	155
4.6 AT&T - Alestra.....	155
4.7 Avantel.....	157
4.7 Telmex.....	159
4.8 Bestel.....	159
4.9 Protel.....	162
4.10 MCM.....	163
4.11 Servicios satelitales.....	164
<b>5. SERVICIOS DE VIDEO DE VALOR AGREGADO.....</b>	<b>167</b>
5.1 Introducción.....	167
5.2 La Televisión interactiva.....	168
5.2.1 <i>Cómo trabaja la TV interactiva</i> .....	168
5.2.2 <i>Elementos de servicios interactivos</i> .....	169
5.2.3 <i>Señalización dentro y fuera de banda</i> .....	170
5.2.4 <i>Modelo genérico de sistemas interactivos</i> .....	170
5.2.5 <i>Modelo de sistemas interactivos por cable</i> .....	171
5.2.6 <i>Servicios de Internet via las redes de broadcast</i> .....	172
5.2.7 <i>ATVEF (Advanced Television Enhancement Forum)</i> .....	174
5.2.8 <i>PC vs. TV y la Interactividad</i> .....	174
5.3. Sistemas de videoconferencia.....	176
5.3.1 <i>Tipos de sistemas de videoconferencia</i> .....	176
5.3.2 <i>Estándares de la videoconferencia</i> .....	178
5.3.3 <i>Resolución de imagen</i> .....	178
5.3.4 <i>Velocidad de cuadro</i> .....	178
5.3.5 <i>Pre y post procesamiento</i> .....	179
5.3.6 <i>Compensación de movimiento</i> .....	179
5.3.7 <i>Consideraciones de Audio</i> .....	179
5.3.8 <i>Velocidad de enlace y Calidad</i> .....	179
5.3.9 <i>Evaluación de equipos de video conferencia</i> .....	180
5.4 Imágenes Virtuales.....	181
5.4.1 <i>Conceptos Básicos</i> .....	181
5.4.2 <i>Elementos de la Realidad Virtual</i> .....	182
5.4.3 <i>Aplicaciones de la Realidad Virtual</i> .....	184
5.4.4 <i>Clasificación de los sistemas de realidad virtual</i> .....	187
5.4.5 <i>Interfases para realidad virtual</i> .....	189
5.5 Hologramas y la Holografía.....	195
5.5.1 <i>Concepto de Holografía</i> .....	195
5.5.2 <i>Obtención del Holograma</i> .....	198
5.5.3 <i>Hologramas de luz blanca</i> .....	199
5.5.4 <i>Hologramas de Arco Iris</i> .....	200
5.5.5 <i>El Cine Holográfico</i> .....	201
5.5.6 <i>Televisión Holográfica</i> .....	202
5.5.7 <i>Arte Juegos Publicidad</i> .....	202
5.5.8 <i>Hologramas Artificiales</i> .....	203
5.5.9 <i>Holografía sin láser</i> .....	204
5.5.9 <i>Sistemas Holoblock</i> .....	204
5.6 Multimedia.....	206
5.6.1 <i>Qué es multimedia</i> .....	206
5.6.2 <i>Hacia los medios digitales</i> .....	207

5.6.3	Multimedia por su Función.....	209
5.6.4	Tipos de Sistemas Multimedia.....	209
5.6.5	Elementos de Multimedia.....	210
5.6.6	Software.....	210
5.6.7	Hardware.....	211
5.6.8	Aplicaciones.....	212
5.6.9	El video en la multimedia.....	212
<b>6.</b>	<b>VIDEO DIGITAL DE ALTA DEFINICIÓN EN REDES ATM.....</b>	<b>215</b>
6.1	Introducción.....	215
6.2	Ventajas del uso de ATM como transporte de video.....	217
6.2.1	Independencia de las aplicaciones.....	218
6.2.2	Eficiencia del ancho de banda.....	218
6.2.3	Integración LAN-MAN-WAN.....	218
6.2.4	Granularidad del ancho de banda.....	219
6.2.5	Ancho de banda dinámico.....	219
6.2.6	Calidad de conexión variable.....	219
6.3	Características del tráfico de video digital.....	219
6.3.1	Características del tráfico de video "full motion".....	219
6.3.2	Consideraciones de Temporización.....	221
6.3.3	Redundancia.....	221
6.3.4	Aplicaciones de Video.....	221
6.3.5	Video Digital en una red de paquetes.....	221
6.3.6	Fuente de codificación jerárquica.....	222
6.3.7	Control de Errores.....	222
6.3.8	Medida de Alta Calidad.....	223
6.4	ATM, MPEG-2 y el video digital de alta definición.....	223
6.4.1	Capas de adaptación.....	223
6.4.2	Clasificación de servicios para la AAL.....	225
6.4.3	Funciones de la subcapa de convergencia para transporte de señal de video.....	225
6.4.4	Transporte sobre AAL1.....	227
6.4.5	Transporte sobre AAL5.....	227
6.4.6	Paquetes de transporte MPEG-2.....	228
6.5	Principales organismos de estandarización. Acuerdos de implementación para manejo de video sobre ATM.....	229
6.5.1	Acuerdo de implementación de Video en Demanda del Foro ATM.....	229
6.5.2	Recomendación J.82 del ITU-T.....	231
6.5.3	Mapeo de MPEG-2 en AAL-5.....	232
6.5.4	Especificación de la Asociación de Consejo Audiovisual Digital (DAVIC).....	232
6.5.5	Modelo de referencia del sistema DAVIC.....	234
6.5.6	DVB and DAVIC.....	239
6.6	Tecnologías de acceso.....	240
6.6.1	Tipos de redes de acceso.....	241
6.6.2	FTTC.....	242
6.6.3	ADSL VDSL.....	243
6.6.4	HFC.....	244
6.6.5	FTTH.....	245
6.6.6	Distribuciones satelitales y terrestres.....	245
6.6.7	MMDS LAMDS.....	247
6.7	El Video Digital sobre ATM y sus perspectivas de utilización.....	248
6.7.1	Beneficios de costos.....	248
6.7.2	Topología general de un sistema de video interactivo sobre ATM.....	248
6.7.3	Diseño de la LANE.....	251
6.7.4	Aplicaciones multimedia en redes ATM.....	252
6.8	Alternativas comerciales para el manejo de video sobre ATM.....	253
6.8.1	GDC APEX®.....	253
6.8.2	IBM - Media STREAMER.....	255
6.8.3	Bay Networks.....	257
6.8.4	Netology.....	257
6.9	Propuesta de implementación de una red de video sobre ATM.....	258



6.9.1 La Telemedicina como propuesta para ampliar la cobertura de servicios de salud.....	258
6.9.2 Escenario del problema.....	260
6.9.3 Visión del problema y de la solución del mismo.....	261
6.9.4 Propuesta de solución.....	261
6.9.5 La solución.....	263
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>271</b>
<b>Glosario de Términos.....</b>	<b>275</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>289</b>

## Introducción

En el nacimiento del nuevo siglo probablemente hablar sobre video digital resulte todavía un tema poco explorado y más aún si el video es de alta definición. Para todos aquellos que tienen relación directa con los modernos sistemas de comunicaciones el video se va convirtiendo en una aplicación que tiene que ver cada vez más con sistemas de información, dejando de ser solamente una referencia de la televisión comercial.

El presente trabajo es un encuentro con tecnologías muy nuevas, la gran cantidad de aplicaciones en las que se ve involucrada una señal de video hacen de su manejo y transportación una necesidad que requiere de enormes esfuerzos para desarrollar tecnología que permita manipularla, editarla y transmitirla, además de una titánica labor de estandarización.

Mientras que la telefonía fue durante mucho tiempo la principal forma de comunicaciones electrónicas, en las últimas décadas hemos vivido grandes avances tecnológicos en la manera en que comunicamos y conducimos la información. El resultado es la posibilidad cada vez más firme de adquirir y compartir la información casi instantáneamente con cualquier persona ubicada en cualquier parte de este planeta.

En fechas recientes la tecnología de la información a vivido una transición hacia la digitalización de las señales, es decir, a la conversión en bits y con ello al manejo de grandes volúmenes de información. Las tradicionales redes para la transmisión de voz y datos han tendido a crecer en capacidad, disponibilidad y confiabilidad para poder manejar adecuadamente aplicaciones diversas a costos eficientes. De igual manera, las infraestructuras tradicionales que hasta hace poco tiempo servían solamente para la distribución de video, están cambiando para soportar servicios de voz, datos y aplicaciones tan populares como el acceso a Internet.

A este fenómeno del que hablamos se le ha denominado "convergencia" de las aplicaciones y se está dando gracias a la digitalización de las señales, lo que en perspectiva promete una amplia gama de oportunidades para los participantes de este cambio y al mismo tiempo demanda de todos ellos un conocimiento de las tecnologías involucradas en su proceso. Muchas personas que hasta hace poco trabajaban con redes de computadoras solamente, se encuentra ahora con nuevos conceptos de video que deben entender y aplicar al momento de incorporar a las "viejas" redes aplicaciones de video digital.

La televisión digital es sin lugar a dudas la aplicación masiva de esta tecnología, la cual está cada vez más cerca de todos nosotros. Los consumidores finalmente podrán obtener los beneficios de la tecnología de la alta definición, imágenes más nítidas y brillantes, sonido calidad CD, además de una variedad de otros beneficios digitales, tales como movimientos masivos de datos digitales y compatibilidad entre la televisión y las computadoras, lo que posibilitará el crecimiento de aplicaciones como el video interactivo, video en demanda, aplicaciones multimedia en el sentido más general de la palabra. En la actualidad el video-CD, el DVD y aplicaciones multimedia basadas en CD son ejemplos reales de la punta del iceberg de este cambio.

Todo lo anterior ha obligado a las redes de comunicaciones a desplazarse a los terrenos de los grandes anchos de banda. Las aplicaciones multimedia son demandantes de enormes capacidades de transmisión y estas aplicaciones serán las que empujen a la tecnología de los medios a disponer de mejores canales de comunicación, más rápidos y confiables, a fin de ser capaces de transportar los grandes volúmenes de información que las nuevas aplicaciones necesitan.

Aun cuando las tecnologías de compresión han permitido disminuir los anchos de banda que el video requiere, las redes del futuro se vislumbran como verdaderas autopistas de información de alta velocidad, las cuales permitirán transmitir prácticamente cualquier clase de tráfico.

Sin embargo el impacto del costo económico de las soluciones forzará a buscar alternativas

7

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

que permitan ofrecer servicios accesibles al consumidor final, por lo que el futuro de las redes de comunicaciones estará en la integración de servicios diversos sobre medios comunes, las redes uni-servicios tienden a desaparecer para dar paso a las tecnologías que permitan lograr la convergencia de servicios de que hablabamos en un inicio y con ello abatir los costos de transmisión. Por ello, tecnologías como ATM se presentan como una de las opciones más robustas capaz de soportar, no solamente el tráfico actual sino incluso el tráfico del futuro. Con un gran potencial en su capacidad para manejar grandes anchos de banda, ATM es actualmente, una de las mejores opciones para la transmisión eficiente de video de alta definición sobre medios comunes.

Durante el desarrollo de este trabajo se trata precisamente con estos dos aspectos tecnológicos de vanguardia, el video digital de alta definición y su transmisión por medio de redes de alta capacidad como lo es ATM. A lo largo del mismo se presentarán las razones y las explicaciones técnicas de qué es el video digital de alta definición y de cómo transportarlo, donde ATM es en el momento actual, la mejor opción para su incorporación sobre las redes de comunicaciones multiservicio.

En el capítulo 1 se presentan los aspectos generales de lo que son los sistemas de comunicaciones, se tratan conceptos básicos de la tecnología. Algunos aspectos se amplían para permitir una comprensión y por supuesto una comparación de la tecnología ATM con las otras alternativas actuales.

En el capítulo 2 se tratan los aspectos del video digital, sus características principales y se trata con detalle los aspectos más importantes de la tecnología de compresión digital, elemento fundamental para hacer factible el uso de esta tecnología. Se presentan también los fundamentos de la HDTV y se describen los elementos de un modelo comercial.

En el capítulo 3 se presentan las características más importantes de las redes de conmutación de paquetes, se hace un enfoque hacia ATM, se establecen las bases generales de operación, su formato de celdas y los aspectos más importantes de esta tecnología.

Una solución real no podría proponerse sin tener el medio de comunicación que nos permita lograrlo. En el capítulo 4 se hace una presentación de las alternativas del mercado actual de las telecomunicaciones en México, las alternativas que los diversos "carriers" que operan en nuestro país nos ofrecen cada día, con este antecedente podemos conocer las posibilidades reales para construir las redes que transporten video de alta definición. Es claro que nuevas alternativas irán surgiendo al paso del tiempo, pero en el momento actual la tecnología de medios es la principal limitante para la implementación de una red ATM en nuestro país.

El capítulo 5 es un acercamiento al futuro inmediato del video y a su presente real, aquí se muestran algunas características interesantes del potencial del video como medio de expresión y de comunicación y las diferentes aplicaciones donde se ve involucrada la señal de video, desde las aplicaciones multimedia, la realidad virtual y las imágenes holográficas, antesala del video tridimensional.

En este capítulo se establece el potencial que posee Internet como tecnología del futuro, se reconoce que se constituye como una tendencia para la provisión de servicios diversos en el futuro inmediato.

Finalmente, el capítulo 6 es un resumen práctico de todo lo expuesto, aquí se presenta la forma en que ATM permite el manejo de video dentro de su estructura de transporte, las alternativas que se tienen dentro de las tecnologías de acceso y la integración que hace esta tecnología con los diferentes medios.

En este capítulo también se hace una propuesta para la implementación de una aplicación de telemedicina con video digital, empieando un backbone ATM, los medios de comunicación existentes permitieron obtener el diseño de una red operable, la cual asegura un manejo confiable y flexible de aplicaciones actuales y futuras.

Al final, se dispone de un panorama global de los alcances de la tecnología en el momento actual y queda manifiesto que todavía deberá pasar algún tiempo para que podamos presenciar su consolidación, pero es posible concluir que la llegada del video digital de alta definición hacia las redes multimedia es ya una realidad dentro del panorama global de los servicios de telecomunicaciones.

# CAPITULO I

## Conceptos básicos de telecomunicaciones

Cuando se plantea la necesidad de transmitir señales de video, se hace patente la necesidad de disponer de medios capaces de soportar altas velocidades de transmisión. En los últimos 20 años, el desarrollo continuo de las tecnologías digitales sobre cables de cobre y fibras ópticas han provisto un incremento significativo en el ancho de banda disponible para la comunicación de nuevas aplicaciones como el video digital. En el caso de la transmisión digital los cables existentes pueden ser utilizados para transportar grandes cantidades de información, por lo que se hace necesario conocer las capacidades de los medios disponibles en la actualidad antes de entrar a los detalles sobre el tema del presente trabajo.

### 1.1 Elementos de un Sistema de Comunicaciones

En la figura 1 se ejemplifica esquemáticamente lo que Shannon<sup>1</sup> denominó *sistema general de comunicaciones* y que consiste esencialmente de cinco partes: Una fuente de información, un transmisor, el canal, el receptor y el destino.

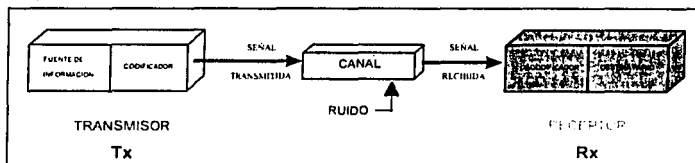


Figura 1.1 Sistema General de Comunicaciones

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>1</sup> "A Mathematical Theory of Communication" C E Shannon Bell System Journal pag 2

1. *La fuente de información* es aquella parte del sistema que produce un mensaje o secuencia de mensajes para ser comunicados a la terminal receptora. El mensaje puede ser de dos tipos:
  - Tipo digital o discreto, por ejemplo, una secuencia de letras o códigos
  - Tipo analógico o continuo, por ejemplo, las señales de voz a la salida de un micrófono.
2. *El transmisor* es la parte del sistema que convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para su transmisión. En telefonía esta operación consistirá en cambiar la presión del sonido en una corriente eléctrica modulada proporcional. En telegrafía tenemos una operación de codificación que produce una secuencia de puntos, rayas y espacios en el canal, los cuales corresponden al mensaje de la fuente de información. En un sistema PCM, las diferentes funciones de las conversaciones deben ser muestreadas, comprimidas, cuantificadas y codificadas, para finalmente ser interpoladas adecuadamente y de esta manera construir la señal.
3. *El canal* es el medio usado para enviar la señal del transmisor al receptor y proporciona el medio de conexión entre el transmisor y el receptor éste puede ser un par de cables, un cable coaxial, una banda de frecuencias de radio, una fibra óptica o el espacio libre.
4. La señal puede estar perturbada por ruido, tanto durante la transmisión como en alguno de los puntos terminales. Esto también está indicado esquemáticamente en la figura 1. La fuente de ruido actuando sobre la señal transmitida produce la señal resultante que se recibe.
5. *El receptor* es el elemento que realiza la operación inversa a la del transmisor, es decir, reconstruye el mensaje desde la señal
6. *El destinatario* es la persona (u objeto) para el cual está dirigido el mensaje.

## 1.2 Medios de comunicación

La tecnología para la transmisión de señales asociada con medios de comunicación ha estado siempre a la búsqueda de nuevas y mejores técnicas que permitan comunicar con mayor eficiencia, cada vez mayor cantidad de información al menor costo. Con el desarrollo del láser y de la fibra óptica se abrió paso a una revolución en las telecomunicaciones, ahora las señales eléctricas podían conducirse a través de fibras del espesor de un cabello, fabricadas de vidrio e instaladas a lo largo de grandes distancias, con lo que se abría un nuevo capítulo en la era de las telecomunicaciones, en cuyo transcurso se ha ido pasando gradualmente, de la era del cable de cobre a la de la fibra óptica. Los nuevos enlaces que se instalan a nivel mundial son cables de fibra óptica cuyo uso masivo ha permitido disminuir los costos de producción e instalación, manteniendo siempre presente el objetivo de transmitir cada vez más información, con mejor calidad y a una mejor relación costo/bit

### 1.2.1 Cable de par trenzado

Los cables de par trenzado (Fig. 1.2) se han utilizado desde hace mucho tiempo en las redes públicas telefónicas. El trenzado en los pares se introdujo en 1887, ya que decrementaba

considerablemente la cantidad de interferencia o crosstalk entre los alambres. Actualmente el cable de par trenzado se encuentra en las redes para conexiones locales, llámese voz o datos. El desarrollo de la tecnología tanto de los equipos de comunicación, como en la fabricación del mismo cable ha permitido obtener cables de mejor calidad con los que se puede ahora proveer mayores anchos de banda, capacidades más altas y mejor disponibilidad.

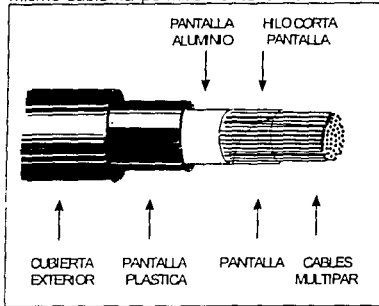


Fig. 1.2 Cable de par trenzado para voz

Los diseños de cables trenzados en pares encuentran una aplicación frecuente en aquellos circuitos que requieren aislamiento de ruido de circuito a circuito, minimización de desbalanceo de capacitancia y una reducción de corrientes de interferencia electromagnética.

La separación de circuitos se ve mejorada en aquellos diseños que emplean cubiertas individuales además del blindaje completo. También para los cables multiconductor se dispone de una amplia gama de materiales y características de aislamiento y recubrimiento.

### Cableado estructurado

El concepto de cableado estructurado es una tecnología enfocada al cableado interior de un edificio, de tal manera que cualquier servicio de voz o datos pueda ser accesado o accesible en el edificio desde cualquier toma de comunicaciones. Esto permite tener cada servicio distribuido a través del edificio por medio de un estándar estructurado de alambrado de cables.

El estándar EIA/TIA - 568A es el primer estándar publicado para cableado estructurado y cubre el diseño de redes y las características de desempeño específico para los cables.

Aunque el estándar 568-A define la topología de un esquema de cableado estructurado, donde todos los usuarios están conectados en una configuración estrella a un punto de distribución central, la máxima longitud del cable según el estándar, desde la salida del usuario al closet de telecomunicaciones deberá ser de 90 m.

Son dos los tipos de cable de par trenzado que más se emplean en los sistemas de cableado estructurado: UTP (Unshielded twisted pair) y STP (Shielded twisted pair). A este último también se le conoce como cable FTP (foil twisted pair).

UTP es el cable más ampliamente utilizado en la actualidad y es el medio de primera elección empleado para la distribución de cables por nivel. Este tipo de cable consta de cuatro pares de hilos sin apantallamiento y cuya cubierta puede ser construida de materiales diversos según sea la aplicación para la que se le habrá de dedicar.

STP es utilizado en aplicaciones donde se considera que el ruido eléctrico puede ser un problema, y a diferencia del UTP este tipo de cable posee un apantallamiento por medio de una delgada hoja de metal. En ambos casos el cable consta de cuatro pares de hilos trenzados, de núcleo sólido para las tiradas horizontales y de núcleo compuesto para las puntas de parcheo.

### Ventajas del UTP

- ✓ Soporta un amplio rango de sistemas y protocolos
- ✓ Fácil re-localización de dispositivos
- ✓ Garantiza la inversión a futuro
- ✓ Costo efectivo en la instalación del cable

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### Desventajas del UTP

- ✓ Muy sensible a la interferencia eléctrica y electromagnética
- ✓ Cobertura limitada (90 m)
- ✓ Limitación en velocidad soportada (153 Mbps en cable de nivel 5)

### Ventajas del cableado STP

- ✓ Ofrece un alto nivel de protección sin costos adicionales significativos.
- ✓ La pantalla metálica del cable minimiza la sensibilidad a la interferencia
- ✓ Mejor desempeño a altas frecuencias
- ✓ Preserva la inversión al soportar tecnologías de altas velocidades

### Desventajas del cableado STP

- ✓ Agrega complejidad en la instalación en términos de calidad de las conexiones y sistemas de tierras ya que un incorrecto aterrizaje de la pantalla puede resultar en un peor desempeño que el que podría esperarse de un cable UTP de la misma categoría.
- ✓ Mayor costo de accesorios y sistemas de tierra
- ✓ Aumento en los costos "escondidos" como el de mantenimiento de sistemas de tierra física, para garantizar el correcto desempeño del cableado

El estándar EIA/TIA-568A define tres categorías de desempeño para los cables y sus componentes asociados

#### *UTP categoría 3*

Las especificaciones para este tipo de cable indican que puede manejar tasas de transmisión de hasta 10 Mbps. lo que significa que pueden ser utilizados para LAN Ethernet, tráfico de voz o LAN Token ring de 4 Mbps

#### *UTP categoría 4*

Este producto maneja tasas de transmisión de hasta 16 Mbps, siendo útil para redes Token ring de 16 Mbps y otras redes de baja velocidad.

#### *UTP categoría 5*

Estos productos pueden manejar tasas de transmisión de hasta 100 Mbps haciéndolo útil para redes de alta velocidad. En pruebas realizadas con este tipo de cable se ha certificado tasas de transmisión de 153 Mbps

### Parámetros eléctricos de los cables

#### *NEXT (Near end crosstalk)*

Cuando fluye corriente en un alambre se crea un campo electromagnético que puede interferir con las señales en los cables, con el aumento de la frecuencia este efecto se hace más fuerte. Por esa razón se tuercen los pares de alambres, ya que esto permite oponer los campos del par de alambres para cancelar un campo con otro. Entre mayor sea el número de torceduras es más efectiva la cancelación y mayor la velocidad de datos soportada por el cable. Mantener la

cantidad de torceduras en el cable es el factor más importante para cualquier instalación exitosa con cable UTP.

En las LAN el NEXT ocurre cuando una señal fuerte en un par de alambres es recogida por un par de alambres adyacentes. NEXT es la proporción de la señal transmitida que es electromagnéticamente acoplada a la señal recibida. El receptor podría no distinguir entre la señal recibida y el ruido de crosstalk.

Es extremadamente importante medir el NEXT en ambos extremos de un cable o enlace bajo prueba, el NEXT es específico de cada tipo de cable. Es importante notar que un NEXT bajo es un número alto (por ejemplo 45 dB) y NEXT alto (no deseable) es un número bajo (por ejemplo 20 dB)

### Atenuación

La atenuación es la pérdida de señal en un cable o enlace y se mide en dB y ésta depende de la longitud del cable y la frecuencia de la señal que maneje. Cuando se transmiten datos a través de un cable la señal se debilita, debido al tamaño y grado del cobre utilizado, los materiales aislantes y otros factores de diseño. Los cables de categoría 5 están mejor diseñados, mejor fabricados y además utilizan materiales superiores a los de un cable de categoría 3. Consecuentemente sus cifras de atenuación son mejores

### Razón de Atenuación a Crosstalk (ACR)

Debido a los efectos de la atenuación, las señales son más débiles en el extremo de recepción del enlace, pero es aquí donde el NEXT es más fuerte. Las señales que sobrevivan a la atenuación no deberán perderse por los efectos del NEXT

En las redes de UTP la atenuación determina la fuerza de la señal recibida, mientras que el ruido es primariamente el NEXT de la propia estación transmisora. La razón de atenuación a crosstalk (ACR) es la diferencia entre las pérdidas de crosstalk y la atenuación para el par del enlace bajo prueba. ACR es una figura de mérito del cable, en esencia es una medida de que tanto overhead se tiene entre el tamaño de la señal en el receptor y el tamaño del ruido de crosstalk. Entonces, entre más grande sea el ACR es mejor

### Mapa de alambrado

El mapa de alambrado se utiliza para identificar errores de alambrado en la instalación. Para cada uno de los ocho conductores el mapa indica:

- ✓ Una adecuada terminación de pines
- ✓ Continuidad hacia el extremo remoto
- ✓ Cortos circuito entre cualquiera de los conductores
- ✓ Pares cruzados
- ✓ Pares invertidos
- ✓ Pares cortados

### Impedancia

La característica de impedancia de un sistema es una medida de su balance y se expresa en ohms ( $\Omega$ ). El sistema de cableado estandar ya sea UTP o STP tiene una impedancia nominal de 100  $\Omega$ . El hardware asociado al cable y el equipo activo también tienen definido un valor de impedancia y es de suma importancia que todas ellas coincidan, caso contrario pueden presentarse problemas de reflexión, incremento de pérdidas y altas tasas de errores con efectos potencialmente devastadores sobre la red



## Ruido

El ruido es una señal indeseable en un conductor, en ambientes LAN esto podría incluir típicamente líneas de transmisión de AC, lámparas de luz fluorescente, equipo industrial, etc. Los problemas de ruido también ocurren cuando otro u otros pares de alambres del mismo conjunto son utilizados para otro tipo de aplicaciones. El tipo de ruido más común son las interferencias electromagnéticas (EMI) e interferencia por radio frecuencia (RFI).

## Capacitancia

La capacitancia es una medida de la cantidad total de carga almacenada entre dos componentes eléctricos. altos valores tienen efectos nocivos en las señales de comunicación, especialmente a altas frecuencias.

## Velocidad de datos contra frecuencia

Ha habido una confusión interminable en que es lo que define la velocidad de una red; hay una gran diferencia entre Megahertz (MHz) y Megabits por segundo (Mbps). Un bit es la pieza más pequeña de información que puede ser procesada por una computadora y para construir un carácter pueden tomarse hasta ocho bits. El MHz es una medida de la frecuencia de una señal. Un hertz corresponde a un ciclo completo de la señal, entonces, mientras frecuencias más altas significan redes más rápidas, una medida más real de la velocidad de comunicación deberá ser la velocidad de los datos (bit rate) o Mbps. La velocidad no necesariamente es igual a la frecuencia, aunque para algunos sistemas estén muy cercanos un valor de otro.

## Velocidad normal de propagación (NVP)

La velocidad normal de propagación (NVP) es la velocidad de una señal a través de un cable relativa a la velocidad de la luz. En el vacío las señales eléctricas viajan a la velocidad de la luz pero en un cable lo hacen al 60% u 80%.

### 1.2.2 Cable coaxial

El corazón de toda red es un eficiente sistema de cableado capaz de manejar, virtualmente casi cualquier necesidad. El cable coaxial es uno de los medios que se dispone y que por sus características puede resultar una excelente alternativa para proporcionar soluciones híbridas. Puede ser de dos tipos:

- ✓ cable coaxial de banda ancha o coaxial grueso (thick coaxial)
- ✓ cable coaxial de banda base o coaxial delgado (thin coaxial)

El cable coaxial grueso se utiliza ampliamente en sistemas de televisión por cable (CATV), por lo que un sistema de comunicaciones basado en cable coaxial dispondrá de todos los elementos requeridos para su implementación. Típicamente un cable coaxial soportará grandes anchos de banda altas velocidades, uso simultáneo múltiple del mismo cable por señales diversas, etc. Mientras que un cable de par trenzado categoría 5 soporta un rango de frecuencias de 100 MHz, un cable coaxial puede transportar efectivamente hasta 400 MHz.

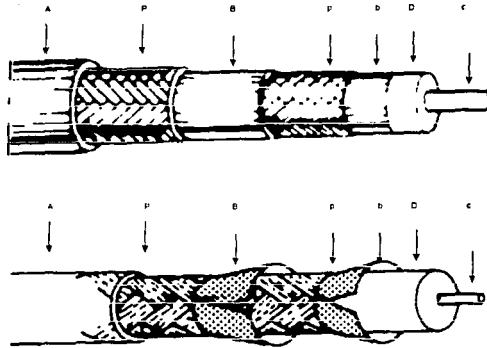


Fig. 1.3 Cable Coaxial tipo CATV

Esencialmente, tanto el cable coaxial grueso como el delgado se construyen de la misma manera, salvo algunos detalles que los diferencian entre sí, como las dimensiones de uno o de otro. Veamos el cable coaxial empezando por el centro del cable y hacia afuera. Un cable coaxial consiste de un conductor central (c), material dieléctrico (D y d), componentes de pantalla tipo malla (P y p), pantalla laminar (B y b) y una cubierta exterior (A). El conductor puede ser de material sólido o formado por varios conductores delgados, enroscados entre sí (strended), puede ser de cobre o de una mezcla de cobre y algún otro componente como aluminio, acero o estaño. Los conductores sólidos proveen un mejor desempeño en términos de distorsión y pérdidas de señal, pero tienden a romperse más fácilmente si se le flexiona repetidamente. Los conductores armados (o de varios conductores delgados) son mejores que los sólidos para aplicaciones en las que se requiere flexibilidad o constantes movimientos. Los cables que incluyen un compuesto de cobre y otro material típicamente son más fuertes que los que se componen únicamente de cobre.

El material dieléctrico que actúa como un amortiguador entre el conductor central y la pantalla, permite al cable mantener sus propiedades eléctricas consistentes y al mismo tiempo minimizar las pérdidas de señal. El material puede ser sólido o semi-sólido, los materiales semi-sólidos le dan una composición más ligera y contribuyen a incrementar la claridad en transmisiones de alta velocidad.

La amplia variación que existe en la construcción de los cables coaxiales radica básicamente en los materiales de la pantalla, la cual se constituye como una protección contra las pérdidas de señal y ayuda a prevenir la interferencia electromagnética y la de radio frecuencia en el circuito. Múltiples combinaciones de forro de metal y tejido se emplean para lograr diferentes niveles de apantallamiento. El cable coaxial comúnmente es referido como un cable "tri-cubierto" ya que posee tres niveles de protección, un cable "cuatri-cubierto" será un cable con cuatro niveles de protección. El thick coaxial incluye una pantalla rígida de aluminio que impide que el cable se pueda flexionar a menos de 10 veces su diámetro.

La cubierta de un cable coaxial es una forma adicional de aislamiento, así como una protección contra los peligros ambientales. El enchaquetado (o cubierta del cable) típicamente se hace de polivinilo clorado, polietileno o de propileno etil fluorinado. El material utilizado determina los rangos operativos de temperatura del enchaquetado así como sus valores máximo y mínimo.

El observador casual encontrará que conocer la clasificación "RG" de un cable coaxial no necesariamente es útil para determinar el nivel de desempeño del cable o la aplicación que puede soportar. Si bien es lógico el deducir que un cable twisted pair de categoría 5 puede ser

superior que uno de categoría 3, la misma lógica no opera cuando consideramos un cable coaxial RG-6 y uno RG-58. La nomenclatura "RG" se origina en aplicaciones gubernamentales, cuando los cables coaxiales eran fabricados por especificaciones militares y clasificados de acuerdo a los números de la Guía de Radio Utilidad ( Radio Guide Utility RG/U) . Originalmente los cables coaxiales fueron desarrollados para soportar la transmisión de radio de alta frecuencia, en el momento en que los números de la RG/U se acomodaron a clasificaciones por características de impedancia, la "U" fue eliminada de la referencia común.

Los cables coaxiales pueden encontrarse virtualmente casi en todos lados. Las aplicaciones que utilizan cable coaxial son muy numerosas, puede encontrarse cable coaxial en las antenas de las torres de control de aeropuertos, en antenas de telefonía celular, en la antena del coche, en las estaciones de televisión, en los sistemas de televisión por cable, en circuitos cerrados de televisión, estaciones terrenas vía satélite, etc.

Los cables coaxiales tienen una muy alta capacidad de ancho de banda. Los cables RG-58 y RG-59 se utilizan en los sistemas de circuito cerrado de televisión y se encuentran entre los tipos de cable más empleados actualmente junto con el cable RG-6.

En la tabla siguiente se muestran las características físicas del cable coaxial RG-6

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE CABLE COAXIAL RG/6 SEGUN CATALOGO DE GENERAL CABLE

NUMERO DE CATALOGO	AWG	MATERIAL DE AISLACION	PANTALLA	CAPACITANCIA pF/m	NVP %	IMPEDANCIA ohms	ATENUACION	
							Mhz	dB/ft
C5760	18	Poliuretano celular	100 % flexfoil	56.74	78	75	1	0.22
							100	2.12
							1000	6.84

### 1.2.3 La fibra óptica

Los sistemas de comunicaciones que operan con fibras ópticas ofrecen varias ventajas sobre aquellos que operan con cables metálicos, ya que las señales transmitidas no son distorsionadas por alguna forma de interferencia eléctrica, magnética o de radio frecuencia y en consecuencia son completamente inmunes a la interferencia ocasionada por rayos o altos voltajes. Además, como las fibras ópticas no emiten radiación, se vuelven idealmente útiles en las aplicaciones de cómputo actuales. Debido a que las señales ópticas no requieren conexiones a tierra, el transmisor y el receptor están eléctricamente aislados y libres de problemas ocasionados por fallas en los sistemas de aterrizado.

Sin posibilidad de variaciones de potencial en la tierra de terminal, e imposibilidad en cuanto a producir chispas y descargas, la fibra óptica se está convirtiendo en la elección para preservar la seguridad en muchas aplicaciones que corren en ambientes peligrosos o inflamables. Las nuevas aplicaciones de procesamiento de información, la telefonía digital, los sistemas de video etc. requieren nuevos caminos que mejoren la transmisión. La alta capacidad de ancho de banda de las fibras ópticas significa un mayor incremento en la capacidad del canal. Además debido a que las fibras ópticas tienen rangos extremadamente bajos de atenuación, en tiradas largas de cable requerirán menos repetidores.

Comparado con los cables coaxiales convencionales y transportando una misma señal, por su diámetro mas pequeño y menor peso la fibra óptica sera más fácilmente instalada, especialmente en áreas muy llenas de ductos. Un solo conductor de fibra óptica pesa cerca de 6 lbs. Por cada 1000 pies. en comparación, un cable coaxial pesa 80 lbs por cada 1000 pies, aproximadamente 13 veces mas.

La siguiente tabla resume muchas de las características de los sistemas de fibras ópticas

TABLA 2. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE FIBRAS OPTICAS

<b>Totalmente Dieléctricas:</b>	Baja radiación de señal. Transmisión segura. Inmune a las interferencias eléctricas y magnéticas. Inmune a descargas atmosféricas e instalaciones de alto voltaje.
<b>Señal Óptica:</b>	No hay regreso de tierra. No existe peligro de chispas. Operación en áreas inflamables.
<b>Baja Atenuación:</b>	Cobertura de mayores distancias con menos repetidores. Menor mantenimiento a las instalaciones.
<b>Tamaño Reducido:</b>	Menor espacio de ductos. Menos ductos adicionales.
<b>Mayor ancho de Banda:</b>	Expansión de la capacidad en el medio para las aplicaciones del futuro.

Las partes de un cable de fibra óptica son:

#### Núcleo o Alma

Esta es el área de transmisión de luz de la fibra, puede ser de vidrio o plástico. Cuanto mayor sea el núcleo, mayor cantidad de luz será transmitida por la fibra.

#### Blindaje

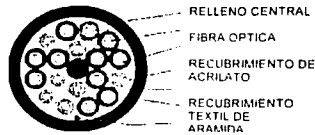
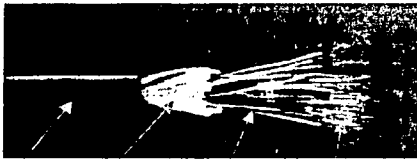
La función del blindaje es proveer un índice refractivo más bajo hacia el núcleo a fin de provocar reflexión dentro del núcleo para que las ondas de luz sean transmitidas a través de la fibra.

### Recubrimiento

Los recubrimientos son usualmente hechos a base de capas múltiples de plástico, aplicadas para dar resistencia a la fibra, absorber golpes y proveerla de una protección mecánica extra. Las capas de recubrimiento tienen un grosor de 250 a 900 micras.

### Tamaños de Fibra

El tamaño de la fibra óptica es comúnmente referido por el diámetro exterior de su núcleo, blindaje y cubierta, por ejemplo una fibra 50/125/250 indica que se trata de una fibra con un núcleo de 50 micras, blindaje de 125 micras y una cubierta de 250 micras



CUBIERTA      REFUERZO TEXTIL DE ARAMIDA      RECUBRIMIENTO PLASTICO      ALMA

Fig 14 Cable de fibra optica para distribucion con multiples fibras

### Tipos de fibras

Las fibras pueden ser identificadas por el tipo de trayectorias que siguen los rayos de luz dentro del alma de la fibra. Existen dos tipos básicos de fibra: multimodo y monomodo. El alma de las fibras multimodo pueden ser de índice de paso o índice de graduación.

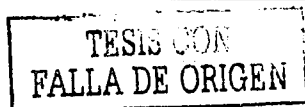
La fibra multimodo de índice de paso deriva su nombre del paso tajante en la diferencia del índice refractivo del núcleo y el blindaje.

La fibra multimodo de índice de graduación es un tipo de fibra en la que la alma tiene un índice de refracción que disminuye como función de la distancia radial desde el centro del alma de la fibra. El índice de graduación se usa en las fibras de modos múltiples para minimizar los efectos de la dispersión modal.

Las fibras de índice de graduación se encuentran comercialmente disponibles con diámetros de núcleo de 50, 62.5 y 100 micras. Las fibras monomodo permiten que solamente un rayo de luz o modo sea transmitido en el núcleo. Esto elimina virtualmente cualquier distorsión debida a pulsos de luz traslapados. En este caso el alma de la fibra es extremadamente pequeña aproximadamente de 5 a 10 micras.

Las fibras monomodo tienen una capacidad más alta y un mayor potencial que las multimodo, por ejemplo en los cables submarinos un solo par de fibras puede transportar hasta 60,000 canales de voz en un par de fibras monomodo.

Cuando se seleccionan componentes para un sistema de fibra óptica hay dos factores que afectan el desempeño de la transmisión: ancho de banda y atenuación.



### Ancho de banda

El ancho de banda es la medida de la capacidad de la fibra para la transmisión de datos. Entre mayor sea el ancho de banda, mayor será la capacidad de información.

### Atenuación

Adicionalmente a los cambios físicos de los pulsos de luz que resultan de las limitaciones de frecuencia o ancho de banda, hay también reducciones en el nivel de la potencia óptica con que viaja la luz a través de la fibra. Estas pérdidas de potencia óptica o atenuación está expresada en dB/km (decibeles por kilómetro) a una longitud de onda especificada.

### Pérdidas intrínsecas de la fibra óptica

La luz es una onda electromagnética de naturaleza vibratoria. las ondas cortas están en el espectro ultravioleta. las microondas, radar, televisión y radio operan en áreas de longitud de onda más largas. Entre el espectro ultravioleta y las microondas tenemos las longitudes de onda de las fibras ópticas las cuales se ubican en el espectro infrarrojo.

Debido a que la velocidad de la luz cambia al pasar por un material transparente cada longitud de onda se transmitirá en forma diferente dentro de la fibra. Por ello, la atenuación deberá medirse en longitudes de onda específicas para cada fibra.

Las longitudes de onda se miden en nanómetros (nm) la cual representa la distancia entre dos ciclos de la misma onda.

Las pérdidas de potencia óptica ocurren en la fibra debido a la absorción, reflexión y a la dispersión. Esto ocurre sobre la distancia y depende del tipo específico de fibra, su tamaño, su pureza y sus índices de refracción.

La cantidad de pérdidas de potencia óptica debidas a la absorción y a la dispersión de la radiación óptica en una longitud de onda específica es expresada como una razón de atenuación en decibeles de potencia óptica por kilómetros (dB/km).

Las fibras se optimizan para su operación a ciertas longitudes de onda. Por ejemplo, pérdidas de menos de 1 dB/km se obtienen en las fibras multimodo de 50/125µm operando a 1300nm, y menos de 3 dB/km (50% loss) se obtienen con la misma fibra operando a 850nm. Estas dos regiones de longitudes de onda, 850 o 1300nms, son las áreas más continuamente especificadas para las fibras ópticas de transmisión actuales. Estas longitudes de onda son comercialmente empleadas en los transmisores y receptores de la actualidad. Las Fibras ópticas también han sido optimizadas para la región de 1550 nm para los sistemas de transmisión monomodo.

### Pérdidas en la Fibra Óptica

Hemos ya considerado el tamaño del núcleo y la apertura numérica como parámetros de medición para que la fibra acepte la potencia óptica. Ahora consideremos que sucede con la señal óptica una vez que ha sido enviada.

En el cable coaxial entre más alta sea la frecuencia más se decrementa la señal con la distancia y esto es referido como atenuación. Para la fibra óptica esto es constante hasta que alcanza su límite de ancho de banda y entonces las pérdidas ópticas son proporcionales a la distancia.

Debido a su gran ancho de banda, las fibras pueden transportar grandes cantidades de información. Una sola fibra de índice de graduación puede fácilmente transportar 500 Mbps de información. No obstante, existen límites en la capacidad del ancho de banda para todos los tipos de fibras y dependen del tipo de material y del emisor empleado.

Para reproducir con seguridad los datos, los pulsos de luz deberán mantenerse separados y distintos, con la forma y el espaciamiento correctos durante la transmisión.

La dispersión modal es expresada en nanosegundos por kilómetro, por ejemplo 30 ns/km. El mismo efecto puede también ser expresado como una frecuencia, tal como 200 MHz-km. Esto indica que la fibra o el sistema operará eficientemente hasta 200 MHz antes de que la dispersión afecte adversamente el desempeño de la señal en una longitud de un kilómetro. El mismo sistema podría transmitir una señal de 100 MHz hasta dos kilómetros.

#### 1.2.4 Espacio libre

#### El espectro electromagnético

El propósito de un sistema de comunicaciones es comunicar información entre dos puntos (secc. 1.1). Esto se logra convirtiendo la información de la fuente original en energía electromagnética y después transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde se convierte de nuevo a su forma original. La energía electromagnética puede propagarse como un voltaje o una corriente a través de un cable metálico. Como ondas de luz en una fibra óptica o como ondas de radio emitidas al espacio libre.

La energía electromagnética está distribuida a través de un rango de frecuencias casi infinito, el espectro electromagnético de frecuencias, o dicho de otra manera, las ondas, se extienden desde las frecuencias subsonicas hasta los rayos cósmicos.

Cuando se trata de ondas de radio, es común utilizar las unidades de longitud de onda en vez de frecuencia.

#### Frecuencias de transmisión

El espectro electromagnético está dividido en subsectores o bandas, cada banda tiene un nombre y un límite. En Estados Unidos las asignaciones de frecuencia para la propagación de señales en el espacio libre son asignadas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y la división general del espectro de frecuencias se decide en las Convenciones Internacionales de Telecomunicaciones. Las designaciones de las bandas de radio hechas por el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR) se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3 . DESIGNACIONES DE BANDAS DEL CCIR

NUMERO DE BANDA	RANGO DE FRECUENCIA	DESIGNACIÓN
2	30-300 Hz	ELF (Frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3-3 KHz	VF (Frecuencias de voz)
4	3-30 KHz	ULF (Frecuencias muy bajas)
5	30-300 KHz	LF (Frecuencias bajas)
6	0.3-3 MHz	MF (Frecuencias medias)
7	3-30 MHz	HF (Frecuencias altas)
8	30-300 MHz	VHF (Frecuencias muy altas)
9	0.3-3 GHz	UHF (Frecuencias ultra altas)
10	3-30 GHz	SHF (Frecuencias super altas)
11	30-300 GHz	EHF (Frecuencias extremadamente altas)
12	0.3-3 THz	Luz infraroja
13	3-30 THz	Luz infraroja
14	30-300 THz	Luz infraroja
15	0.3-3 PHz	Luz visible
16	3-30 PHz	Luz ultravioleta
17	30-300 PHz	Rayos X
18	0.3-3 EHz	Rayos gamma
19	3-30 EHz	Rayos cósmicos

### Sistemas de Radio

Entre las alternativas que se manejan cuando se requiere establecer un servicio de comunicación, encontramos la transmisión inalámbrica por medio de señales de radio como una opción eficiente.

Es importante considerar que hay muchos lugares donde los cables no pueden llegar o simplemente éstos no existen, o quizá la calidad de las líneas es tan mala que no es posible utilizarlas para transmisión de alta velocidad. En otras ocasiones se recurre a una alternativa inalámbrica debido a una poca disponibilidad de los medios terrestres o como alternativa de respaldo.

Otros beneficios de la tecnología inalámbrica comparada con la alternativa convencional de cable, es su gran flexibilidad tanto para su instalación como para su re-ubicación.

Una red de datos para comunicación por radio se diseña para operar como un sistema de baja potencia (2 a 5 watts). El nivel de potencia es adecuado para cubrir una área de 60 millas de diámetro dependiendo de la forma del terreno, altura, tipo de la antena y de la banda de operación.

El diseño de una red de datos por radio deberá de ser muy cuidadosa con las interferencias que pudieran generarse, por lo que la selección de una antena apropiada, será un factor crítico. Como cualquier otro sistema de telecomunicaciones que utiliza el aire como medio de transmisión, una red de radio requiere de "línea de vista" para que pueda existir la comunicación. Cualquier obstáculo que impida "ver" una antena a otra antena impedirá que se establezca la comunicación.

### Sistemas de radio de espectro disperso

La tecnología de espectro disperso es una técnica de codificación digital desarrollada inicialmente para propósitos militares. Esta codificación protege los datos al aumentar el ancho de banda transmitido y reducir la densidad de potencia. Las señales de espectro disperso tienen un excelente rechazo a las señales de interferencia intencional, desvanecimiento selectivo e interceptación (a menos que la potencia de la señal de interferencia sea muy alta). Las dos principales implementaciones de expansión del espectro son los saltos de frecuencia (SF) y la secuencia directa (SD).

En un método de secuencia directa la señal de información (datos) se combina con un código de expansión de alta velocidad (denominado secuencia de chip). La combinación se efectúa con un multiplicador (como en una compuerta OR). Debido a que el código se genera en forma pseudoaleatoria, la señal combinada ocupa un ancho de banda extendido en forma significativa, con una densidad uniforme de potencia mas baja. La cantidad de expansión depende de la relación de chip a cada bit de información.

En el receptor, un código idéntico de expansión generado y sincronizado localmente recupera la señal de información a través de una segunda multiplicación. Para evitar la pérdida de información se debe usar la misma secuencia de código en el transmisor y en el receptor.

Sin embargo, las señales de interferencia están sujetas a un proceso de multiplicación sencilla en el receptor. La interferencia, por lo tanto, se aumenta (o se expande) hasta por lo menos el ancho de banda de la secuencia de chip y se puede eliminar por filtraje.



### 1.2.5 Sistemas de Comunicación via Satélite

En esencia un satélite de telecomunicaciones es un repetidor activo de radio orbitando la tierra. Un sistema de comunicaciones basado en satélite consiste de un satélite una estación terrena para su control y una red de usuario. Un satélite de telecomunicaciones es un sistema muy complejo integrado por varios subsistemas, tales como :

- ✓ Antenas. Reciben y transmiten señales de radiofrecuencia
- ✓ Comunicaciones. Amplifican las señales y cambian la frecuencia
- ✓ Energía eléctrica. Suministra la energía eléctrica necesaria para la operación de sus circuitos.
- ✓ Control térmico. Regula la temperatura del conjunto
- ✓ Posición y orientación. Determina la posición del satélite
- ✓ Propulsión. Proporciona los elementos para aumentar o disminuir la velocidad en el espacio
- ✓ Rastreo y telemetría. Intercambia información con el centro de control en Tierra para conservar su operación
- ✓ Estructural. Aloja todo el equipo y da rigidez al conjunto.

El subsistema de transpondedores asociado con el de antena recibe las frecuencias de las portadoras de las estaciones terrenas, las amplifica y las convierte a portadoras descendentes para su retransmisión a las estaciones terrenas

El subsistema de telemetría y comando está relacionado con la operación de los diferentes equipos en el satélite y el subsistema de control principalmente controla la posición en la órbita del mismo

La capacidad de tráfico de un satélite está limitada por dos factores :

- ✓ Ancho de banda y
- ✓ Potencia de los amplificadores.

Con respecto a los anchos de banda la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones ) ha asignado para el servicio fijo por satélite las bandas C, X, Ku y Ka cuyos rangos de frecuencia se indican en la tabla siguiente :

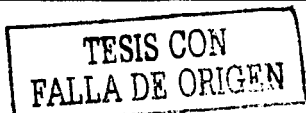
TABLA 4 .BANDAS SATELITALES PARA SERVICIOS FIJOS

BANDA	ENLACE ASCENDENTE (GHz)	ENLACE DESCENDENTE (GHz)
C 6/4 GHz	5 925-6 425	3 700-4 200
X 8/7 GHz	7 925-8 425	7 250-7 750
Ku 14/11 GHz	14 000-14 500	10 950-11 200
Ka 30/20 GHz	27 500-31 000	17 700-21 500

Muchos servicios que requieren comunicarse por satélite tienen la característica de no permanecer fijos sino que cambian constantemente de posición. Los servicios móviles, por satélite operan en la banda L, la cual se ubica en el rango de frecuencias de 1 525-1 559 GHz a la transmisión y 1 626-1 660 GHz a la recepción

#### Tipos de satélites

Existen dos tipos fundamentales de satélites de telecomunicación, los de tipo geostacionario y los no geostacionarios, en el primer caso, la velocidad angular de desplazamiento de un satélite de este tipo es tal, que tarda 24 horas en darle una vuelta a la tierra, es decir, el mismo



tiempo que tarda la tierra en completar una vuelta sobre su eje, lo que da la apariencia de permanecer fijo con respecto a la tierra. Los no geostacionarios pueden ser de órbitas bajas (LEO) o bien orbitales elípticos.

La función primordial de un satélite es la de ser un repetidor, el cual, no cambia la información recibida, es decir, el contenido de la información permanece invariable

### **1.3 Señales en banda base y banda ancha**

Un canal de comunicaciones es la ruta de transmisión entre dos puntos. La forma en que se realiza la comunicación puede ser ya sea en banda ancha o banda base, estas dos técnicas de transmisión no son tan dependientes del medio utilizado, sino que se relacionan más bien en cómo se esté utilizando el medio.

#### **1.3.1 Banda ancha**

Una señal de banda ancha es una señal sobre la cual se efectuó un proceso de modulación modificando la frecuencia original. Para que la transmisión en banda ancha sea posible es necesario que se efectúe un proceso de conversión o de modificación sobre las señales entregadas por los equipos que generan la información, en otras palabras, es necesario multiplexar las señales (convertirlas a banda ancha) antes de colocarlas sobre el medio. Es evidente, que el uso de señales en banda ancha nos permite hacer un uso eficiente de los medios y por lo tanto reducir los costos asociados de transmisión.

#### **1.3.2 Banda base**

La señal de banda base es la señal en su forma original, es decir, tal y como se genera. Son señales de banda base, por ejemplo:

- La señal a la salida de un micrófono
- La señal de video a la salida de una cámara
- La señal del puerto paralelo de una computadora.

Solamente una señal de banda base puede existir en un circuito de comunicación en un instante de tiempo

### **1.4 Redes analógicas y digitales**

Una manera fácil de transmitir datos binarios es simplemente poner dos valores de señal sobre el canal, con uno de los dos valores utilizados se representa el "1" binario y con el otro el "0" binario. A esto se le llama codificación digital y requiere de un circuito capaz de transmitir un pulso cuadrado

El sistema de comunicaciones con mayor penetración en el mundo es el sistema telefónico, por lo que es lógico suponer que cualquier red práctica de comunicación de datos deberá estar soportada en este sistema para su funcionamiento. Desafortunadamente la voz humana no se comporta como datos binarios, y el sistema telefónico fue diseñado para transportar voz o datos analógicos y de hecho también se diseñó para que pasaran una relativamente estrecha banda de frecuencias en la que la voz humana llevara mucha de su inteligibilidad, aproximadamente de 300 Hz a 4000 Hz

Para hacer utilizables los circuitos analógicos por información digitalmente codificada, fue necesario desarrollar un sistema para modificar o modular una señal analógica o portadora, de manera tal, que los cambios fuesen generados en respuesta a un 1 binario pudieran ser distinguidos de aquellos generados en respuesta a un 0 binario. Esto podría haber sido hecho transmitiendo un tono de 1 KHz para un "1" y de 2 KHz para un "0". Un dispositivo en el otro extremo podría separar los tonos y recuperar la señal digital. Este sistema de modulación se le llamó llaveo por corrimiento de frecuencia y se utiliza todavía en telegrafía.

Un canal digital puede, por consiguiente, ser creado por medio de un par de dispositivos de modulación/demodulación conectados por un canal analógico. Estos dispositivos son conocidos por su acrónimo de módem. Actualmente los módems emplean técnicas mejoradas de codificación de información incrementando la confiabilidad y la capacidad de la información. No obstante todos los módems operan imprimiendo múltiples valores en una señal portadora analógica para representar datos digitales.

En la misma medida en que los sistemas telefónicos avanzaron, las ventajas de los nuevos circuitos integrados dentro del procesamiento de señales telefónicas se hizo más evidente. Las señales digitales pueden regenerarse más fácilmente en presencia de ruido debido a que solo pueden tener dos valores posibles. De ese modo el sistema telefónico vió ahora una estrategia de codificación digital por medio de modulación por codificación de pulsos o PCM.

El muestreo digital de la voz se realiza a razón de 8000 veces por segundo con 256 valores posibles por muestra. La cual requiere de  $8000 \times 8$  bits o 64 kbps de capacidad. Los canales digitales pueden ser utilizados para transportar datos directamente, todo lo que se necesita es conectar el dispositivo de datos al canal de alguna manera, esto se hace con un dispositivo llamado DSU/CSU (data service unit/channel service unit).

### **1.5 El modelo de referencia OSI**

El modelo de referencia OSI para la interconexión de sistemas abiertos es una referencia muy importante para la implementación de redes de comunicación de datos. El término interconexión de modelos abiertos se refiere a un acercamiento a una arquitectura diseñada para servir como modelo y facilitar los problemas de interconexión.

El término sistemas abiertos se refiere a la posibilidad para mezclar diferentes marcas de equipos para comunicarlos unos con otros por medios e redes de comunicación. El único requisito para su compatibilidad es que los sistemas estén de acuerdo y conforme a los estándares de la arquitectura abierta. La organización internacional de estándares (ISO) desarrolló un modelo de arquitectura para la interconexión de sistemas, que permitiera la compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

El modelo persigue los siguientes objetivos:

- ✓ Proporcionar una serie de normas para la comunicación entre sistemas
- ✓ Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación
- ✓ Abstractar el funcionamiento interno de los sistemas individuales
- ✓ Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información
- ✓ Limitar el número de opciones para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de onerosas conversiones y traducciones entre diferentes productos

Siete son los niveles o capas que componen el modelo, veamos cada una de ellas :

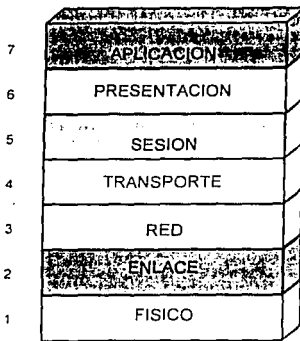


Fig 1.5 Modelo de referencia OSI

El nivel más bajo del modelo o nivel uno, se le llama **nivel físico**. Las funciones incluidas dentro de este nivel se encargan de activar, mantener y desactivar un circuito físico entre los equipos de comunicaciones y los equipos de datos. Es en este nivel donde se definen las conexiones eléctricas del hardware

El segundo nivel es el nivel de **enlace** y es el responsable de la transferencia de datos sobre el canal. Este nivel proporciona a los datos la sincronía necesaria para delimitar el flujo de bits del nivel físico, asimismo garantiza la identidad de los bits, encargándose de que los datos lleguen sin errores al receptor. Una de sus funciones más importantes es la de detectar errores en la transmisión y en recuperar por distintos mecanismos, los datos perdidos, duplicados o erróneos.

El nivel tres es el nivel de **red**, la interfase entre el equipo de datos del usuario y la red de conmutación de paquetes. Especifica además las operaciones de encaminamiento por la red y la comunicación entre distintas redes. Es un nivel prolijamente detallado y con

una amplia variedad de funciones

El siguiente nivel es el nivel de **transporte** que proporciona la interfase entre la red de comunicación de datos y los niveles superiores. Es el nivel que le permite al usuario elegir entre diversas opciones dentro una misma red. Está diseñado para mantener al usuario al margen de algunos de los aspectos físicos y funcionales de la red de paquetes.

El nivel de **sesión** funciona como interfaz del usuario con el nivel de transporte. Ofrece un mecanismo organizado de intercambio de datos. El nivel de sesión posee una serie de servicios específicos.

El nivel de **presentación** asigna una sintaxis a los datos, es decir, determina la forma de presentación de los datos según este modelo, sin preocuparse de su significado o semántica. Su principal función es aceptar tipos de datos procedentes del nivel de aplicación y negociar con el nivel homólogo del otro extremo la sintaxis escogida.

El nivel de **aplicación** se encarga de atender al proceso de aplicación del usuario final. A diferencia del nivel de presentación, este nivel tiene en cuenta la semántica de los datos.

En los protocolos estratificados, cada nivel es un suministrador de servicios y puede estar constituido a su vez por varias funciones de servicio. Así, un nivel puede ofrecer funciones de conversión de códigos o pasar fechas al formato numérico o viceversa. Cada función es un subsistema del nivel al que pertenece, hablando en términos de programación, es como una subrutina de un programa. Cada subsistema por su parte está constituido de entidades, que son módulos especializados en alguna función. Se trata en esencia de que un nivel ofrezca algún valor agregado a los servicios que proporcionan los niveles inferiores. Por lo tanto, el nivel superior, que enlaza directamente con la aplicación de usuario, tiene a su disposición todo el abanico de servicios que llevan a cabo los niveles inferiores.

La intercomunicación entre niveles permite que el resultado final, la comunicación entre equipos sea posible. Pero es necesario entender primero como es que se realiza esta interconexión para poder entender el todo. En la figura 1.6 se ilustra la terminología utilizada en la interconexión con uno de los niveles o suministrador de servicios. Están implicadas cuatro transacciones, que se denominan primitivas, las cuales se invocan desde o hacia el nivel

correspondiente a través de Puntos de Acceso al Servicio (PAS). Dicha terminología es la siguiente:

- **Solicitud.** Primitiva generada por el usuario del servicio para invocar una función.
- **Indicación.** Primitiva generada por el suministrador de servicios para indicar que una función ha sido invocada en un Punto de Acceso al Servicio (PAS).
- **Respuesta.** Primitiva generada por el usuario del servicio para completar una función invocada previamente mediante una indicación en ese PAS.
- **Confirmación.** Primitiva generada por el suministrador de servicios para completar una función previamente invocada mediante una solicitud en ese PAS.

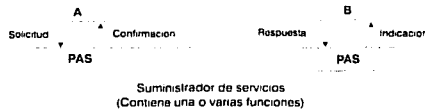


Fig. 1.6 Interconexión con un nivel suministrador de servicios

Como se ve en la figura 1.6, una aplicación de usuario invoca una función de un suministrador de servicios enviando una solicitud al nivel inmediatamente inferior. El suministrador contesta a esta solicitud devolviendo una confirmación. Si el servicio debe proporcionar una función a otro usuario (en este caso el B), el suministrador debe enviar una indicación a B, después de lo cual B deberá enviar a su vez, una respuesta. Si quien proporciona los servicios es un nivel, este se conecta a los usuarios A y B a través del PAS de ese nivel. Para recibir del suministrador el servicio adecuado A y B deberán conocer los PAS asociados. Cada PAS contiene la dirección de la función específica del servicio a que corresponde.

El proceso proporciona a los niveles una técnica de comunicación común a todos ellos por medio de la cual estos pueden dialogar entre sí, incluso aunque pertenezcan a distintos fabricantes. Recordemos que el suministrador de servicios puede ser un nivel, una función o una entidad contenida dentro del nivel, y que todo consiste en ofrecer un medio común de comunicación entre niveles. Veamos ahora en la fig. 1.7 un ejemplo en el que están implicados tres niveles: el nivel (N+1), el nivel (N) y el nivel (N-1). Centremos nuestra atención al nivel (N), por lo que el nivel superior es el (N+1) y el inferior es el (N-1).

En una comunicación entre distintos niveles intervienen cinco componentes, como se indica a continuación:

- **DSU (Data Service Unit).** El nivel (N+1) transfiere los datos del usuario de modo transparente hacia el nivel (N) y después hacia el nivel (N-1).
- **PCI (Information Control Protocol)** Información que intercambian entidades gemelas (iguales) situadas en distintos puntos de la red, con el fin de ordenar a una entidad que lleve a cabo una función.
- **PDU (Protocol Data Unit)** Combinación de la DSU y PCI.
- **ICI (Interface Control Information)** Parametro temporal que se envían los niveles (N) y (N-1) para invocar funciones de servicio entre ambos niveles.
- **IDU (Interface Data Unit)** Unidad total de información transferida entre las fronteras de la capa, incluye la PCI, la DSU y la ICI. La IDU se transmite a través del PAS.

TESIS C  
FALLA DE ORIGEN

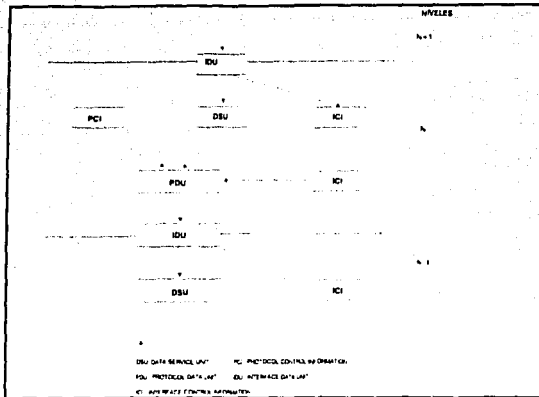


Fig. 1.7 Proceso de comunicación entre niveles

Cuando la IDU del nivel (N+1) pasa al nivel (N) se convierte en la DSU de ese nivel. A su vez la ICI pasa al (N), realiza su función y desaparece. La DSU del nivel (N) tiene agregada una PCI, además de otra ICI, para convertirse en la IDU en el nivel (N-1).

Así pues, a través de cada nivel se transmite una unidad de protocolo completa. En cada nivel se añade una PCI a la DSU, es decir, en cada nivel se coloca un header que será utilizado por un nivel gemelo del otro nodo de la red para invocar funciones. Este proceso se repetirá en cada nivel.

El mecanismo anterior puede entenderse mejor si eliminamos los conceptos un tanto abstractos de PCI y DSU y únicamente utilizamos los términos header y datos de usuario. Cada vez que una unidad de datos atraviesa un nivel se le añade un header, de este modo, el conjunto datos-header de un nivel se convierte en los datos de usuario del siguiente nivel, en el cual vuelve a añadirse otro header y así sucesivamente. Al final lo que se entrega al canal de comunicaciones es la unidad de datos del protocolo completa, la cual al llegar al receptor atravesará los niveles en orden inverso al que siguieron en el nodo emisor. Los headers agregados en los niveles gemelos del nodo emisor se utilizan ahora para invocar funciones simétricas y complementarias en el nodo receptor. Una vez efectuada la función, la unidad se entrega al siguiente nivel. La entidad gemela del nodo receptor eliminará el header que fue agregado por la entidad correspondiente del nodo emisor y así sucesivamente hasta que finalmente el usuario reciba los datos sin ningún agregado. Examinando a detalle el procedimiento puede observarse que, gracias al header del nivel gemelo del otro extremo de la red puede invocar las funciones correspondientes, veamos en que pueden consistir algunas de estas funciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

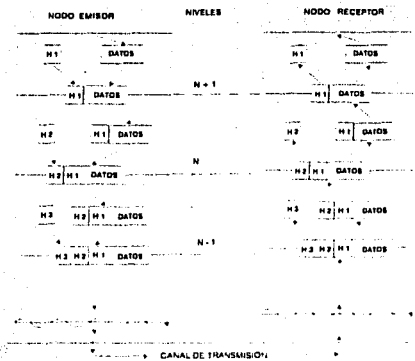


Fig. 8 Estructuración datos-header en protocolos de capas

La fig 1.9 es una extensión de la 1.8. En los headers se han colocado instrucciones que invocan funciones de las entidades homólogas situadas en el otro nodo de la red.

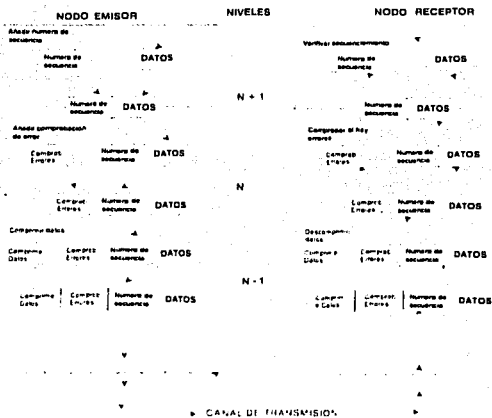


Fig. 1.9 Ilustración práctica del movimiento de datos utilizando una estructura de capas

Son tres los niveles implicados y en cada uno de ellos se invoca solamente una entidad de servicio. El nivel (N+1) invoca una entidad de servicio que construye un número de secuencias en el nodo emisor. El nivel (N+1) del nodo receptor comprueba si ha habido errores de



secuencia durante la transmisión, comparando para ello el campo de comprobación de secuencia con el contador del receptor. La entidad de servicio situada en el nivel (N) añade un campo de comprobación de errores en forma de header que se utilizará en el nivel (N) del receptor para asegurar que los datos han llegado sin errores. Por último, una entidad del nivel (N-1) realiza una compresión.

En el receptor, el header señalará al correspondiente nivel (N-1) que es necesario descomprimir el código para devolverle su forma original (aunque esta función, concretamente, podría realizarse sin necesidad de headers), completando de esta forma el proceso de comunicación.

## 1.6 Multiplexaje

El uso de líneas acondicionadas privadas o enlaces conmutados fue el primer método empleado para la transferencia de datos de un dispositivo terminal hacia una computadora de procesamiento o host en los años sesenta y principios de los setenta. En ambos casos las líneas estaban dedicadas a un solo usuario sin importar la cantidad de ancho de banda utilizado. Como los costos de los servicios de comunicación crecían se buscaron más y mejores métodos para la transferencia de información. Uno de éstos métodos fue el desarrollo del multiplexor por división de tiempo, el cual, conecta a través de una línea un destino con múltiples terminales hacia un destino donde reside la computadora. Los dos métodos más comunes de multiplexaje son:

- ✓ Multiplexaje por división de tiempo (TDM)
- ✓ Multiplexaje por división de frecuencia (FDM)

### 1.6.1 Multiplexores por división de tiempo (TDM)

El multiplexor por división de tiempo (TDM) comparte el ancho de banda asignando pequeños intervalos de tiempo a cada puerto o terminal. En un sistema TDM las transmisiones ocurren sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo. En cada puerto del multiplexor los datos que esperan a que se les asigne tiempo para ser transmitidos son almacenados. Al transmitirlos el TDM ensambla un mensaje con los caracteres de los puertos almacenados enviando primero los datos del canal uno seguidos por los del dos y así sucesivamente. La velocidad del enlace será igual a la suma de las velocidades de los puertos más una velocidad extra motivada por el overhead del propio equipo, la cual es variable según sea el fabricante. El TDM en su fase de recepción realiza una función complementaria recuperando los datos de cada canal que llegan a través del puerto de enlace o composite link.

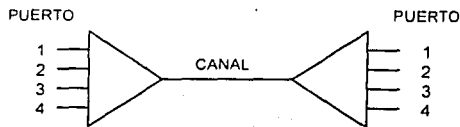


Fig. 1.10 Representación esquemática de dos multiplexores por división de tiempo (TDM)



### Multiplexores estadísticos (Statistical Time Division Multiplexers)

Una razón para que opere un multiplexor estadístico es que típicamente un equipo asincrónico no usa toda la capacidad del canal. Algunos estudios han mostrado que la utilización del canal es menor de un 15 %. Este porcentaje indica que utilizando una buena técnica de multiplexaje podemos conectar cuatro u ocho equipos en una misma línea.

En este sistema los caracteres que envía un puerto son primero recibidos, y almacenados si es necesario, después son transmitidos dentro del marco de datos de un protocolo HDLC, SDLC o X.25, junto con un encabezado que indica el número de puerto del cual fue enviado. Cada marco puede variar en longitud dependiendo del número de caracteres que se hayan almacenado desde el último bloque transmitido. No se necesita enviar un bloque si no hay datos a transmitir, pero un paquete o bloque será enviado si existe un bit.

Las ventajas que se obtienen al utilizar multiplexores son:

- ✓ Ahorro en el costo de la renta de canales telefónicos
- ✓ Se tiene corrección de errores
- ✓ Seguridad en el envío, ya que los datos son encriptados
- ✓ Aumento en la velocidad de operación

#### 1.6.2 Multiplexores por división de frecuencia

En el multiplexaje por división de frecuencia (FDM) múltiples fuentes que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencias se convierten, cada una, a bandas de frecuencias diferentes y se transmiten simultáneamente en un solo medio de transmisión. Así, muchos canales se pueden transmitir en un solo sistema de transmisión de banda ancha.

El sistema FDM es un esquema de multiplexaje analógico, ya que la información que entra al sistema FDM es analógica y permanece analógica en toda la transmisión. Un ejemplo de FDM es el sistema de radiodifusión de AM, el cual ocupa un ancho de banda de 535 a 1605 KHz. Para recibir la señal de alguna estación en particular se sintoniza simplemente un receptor a la banda de frecuencia asociada con las transmisiones de esa estación. Debido a la posibilidad de que un gran número de canales de banda angosta se originen y terminen en la misma localidad, todas las operaciones de multiplexaje y demultiplexaje deben estar sincronizadas.

#### 1.6.3 Multiplexores Inversos

Este tipo de dispositivo surge de la necesidad de disponer de canales de mayor capacidad al surgir mayores necesidades de anchos de banda. Los multiplexores inversos como su nombre lo indica reúnen varios canales de comunicación para proveer a una aplicación la suma de las velocidades de los canales como si fuera un sólo circuito.

Debido a sus características peculiares estos equipos operan en pares y generalmente no son compatibles entre ellos a menos que sean del mismo fabricante y modelo.

### Opciones adicionales de los multiplexores

#### Control de flujo

Cuando un multiplexor estadístico recibe, de las terminales, más caracteres por segundo que los que puede transmitir, almacena el exceso en su memoria. Si esta memoria se satura, los datos podrían perderse, de este modo todos los esfuerzos hechos para prevenir este suceso. Cuando el buffer llega a un 80 % de su capacidad, el multiplexor envía hacia el puerto más

activo (de preferencia), o a todos los puertos, una petición para que detengan el envío de datos. Esta solicitud puede ser mediante las señales de la interfaz tales como el CTS (Clear To Send), DSR (Data Set Ready) o DCD (Data Carrier Detect). Otra forma de hacerlo es enviando un carácter Xoft (DC3 o Control S) dentro del flujo de datos que van hacia la terminal. El multiplexor enviará un Xon (DC1 o Control Q), o levantará la señal de interfaz, para reinicializar el flujo de datos una vez que el buffer esté por abajo del 50 % de su capacidad.

### 1.7 Productos de interconectividad

Los productos de interconectividad son de características diversas y su uso varía de acuerdo al requerimiento específico de interconexión. Desde un simple módem hasta un sofisticado gateway cumplen con el cometido principal, la interconexión de redes o dispositivos.

Genéricamente hablando los equipos de interconectividad son:

- ✓ Puentes (Bridges)
- ✓ Ruteadores (Routers)
- ✓ Compuertas (Gateways)
- ✓ Equipos de conmutación (Switches)

Cada dispositivo maneja diferentes funciones que directamente corresponden a la capa ISO en la cual la función de interconexión es realizada. La figura 11 ilustra la capa ISO en la cual cada producto opera.

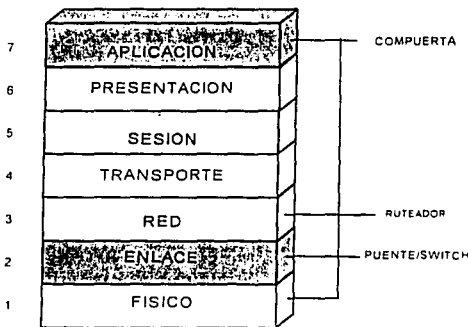


Fig 1.11 Modelo de referencia OSI

Como los repetidores, los puentes reenvían paquetes de información sin modificarlos en su contenido de una red a otra.

Los puentes proveen aislamiento de tráfico aprendiendo la ubicación de los nodos de la red. Este proceso de aprendizaje natural provee de un mayor grado de aislamiento de las redes que el que se obtiene con los repetidores.

Ya que los puentes utilizan la dirección MAC del paquete en su proceso de decisión de reenvío, estos dispositivos son independientes del protocolo. Un puente puede manejar cualquier protocolo o combinación de ellos.

Los puentes también tienen ciertos detalles inherentes como son:

#### 1.7.1 Puentes (Bridges)

El propósito principal de un puente es particionar el tráfico de una red LAN en cada uno de los segmentos interconectados. Los puentes reenvían solamente el tráfico dirigido a las otras subredes, incrementando el tráfico efectivo de la red completa. Si bien todos los segmentos interconectados por un puente constituyen una sola red lógica, ellas están eléctricamente aisladas una de otra.

Un puente conecta redes similares sobre el nivel de datos o nivel dos.

- ✓ Como regla, reenvían todos los paquetes de broadcast. Esto puede provocar retardos de tráfico sobre canales de baja velocidad y hacer que la red entera este sujeta a "tormentas de broadcast". Una inundación de broadcast dará como resultado una interrupción del servicio.
- ✓ Los puentes como los repetidores son transparentes para las estaciones terminales, dando la apariencia de que comparten la velocidad de un backbone de la red.
- ✓ Los puentes deberán reenviar todos los paquetes que son direccionados a dispositivos desconocidos. Esto puede causar que tráfico indeseable se envíe a redes remotas

#### Algunas aplicaciones comunes de los puentes

- ✓ Extender la longitud de la red e incrementa el número de estaciones de la red
- ✓ Aislar tráfico mejorando el ancho de banda disponible
- ✓ Conectar medios y tecnologías diversos, por ejemplo coaxial grueso y delgado o par trenzado.
- ✓ Conectar redes LAN separadas geográficamente
- ✓ Incrementar la confiabilidad de la red segmentándola y aislando una falla local
- ✓ Incrementar la seguridad de la red por el uso de filtros del cliente y fuente explícita de re-envío (SFE) para proteger segmentos de LAN críticos de tráfico no autorizado.

#### 1.7.2 Ruteadores

Los ruteadores son dispositivos que interconectan múltiples redes corriendo el mismo protocolo de alto nivel. Los ruteadores reenvían el tráfico basándose en el número de la red de destino indicada en el paquete.

Ya que los ruteadores operan en la capa de red y cada uno de los protocolos de alto nivel utilizan un esquema diferente para identificar los números de red, entonces los ruteadores son dispositivos dependientes del protocolo.

Cada ruteador de un solo protocolo podrá comunicar las redes que hablen ese protocolo.

Si bien un ruteador tiene la desventaja de ser dependiente del protocolo y tiene un desempeño más bajo que un bridge, este dispositivo permite la creación de configuraciones de redes muy grandes y complejas. La flexibilidad de soportar múltiples protocolos es remplazada con decisiones de ruteo inteligentes que hacen la red en su conjunto más confiable al agregar rutas de comunicación alternas.

Con software más inteligente que el de los puentes los ruteadores se ajustan muy bien en ambientes complejos o de grandes interconexiones de redes.

#### Ventajas de los ruteadores

Un ruteador puede crear múltiples trayectorias entre redes y automáticamente seleccionar aquella más eficiente. Esto permite a los diseñadores de redes construir topologías mallas y obtener un rendimiento más alto con trayectorias redundantes, una mejor utilización de ancho de banda y un mejor tiempo de respuesta.

Los ruteadores pueden controlar el flujo de tráfico entre estaciones suprimiendo activamente las fuentes de información cuando el tráfico excede la capacidad de los ruteadores. Durante las horas pico de tráfico, el control de flujo del ruteador ayuda a prevenir la congestión de la red. Esta capacidad beneficia especialmente la comunicación sobre canales de baja velocidad.

Los ruteadores no imponen restricciones topológicas ya que ellos proveen ruteo sofisticado y control de flujo así como aislamiento de tráfico.

Los ruteadores crean una pared de protección (firewall) para la red local debido a que ellos solamente reenviarán los paquetes que están dirigidos específicamente al ruteador. Esto elimina la posibilidad de tormentas de broadcast, la transmisión de paquetes con protocolos no soportados y la transmisión de paquetes destinados a redes desconocidas.

Los ruteadores le dan a los administradores la posibilidad de definir fronteras para el control administrativo y dividir las grandes interconexiones de redes en pequeños dominios.

administrativos. Este aislamiento elimina la posibilidad de conflictos de las aplicaciones en la misma red lógica y previene errores en una red de interferencias de comunicación con otra red. Los ruteadores trabajan bien en circunstancias adversas tales como congestión, fallas frecuentes de enlace y fuertes variaciones en la velocidad de transmisión, etc.

### **Desventajas de los ruteadores**

La instalación de ruteadores es inherentemente más compleja que la de los puentes debido a que el administrador de la red deberá poseer cierto nivel de conocimiento de todos los protocolos soportados así como de información segura sobre la implementación de aquellos protocolos de todas las redes interconectadas.

### **Operación básica**

A diferencia de los puentes los cuales hacen una simple decisión de reenvío o descarte, un ruteador es posible que seleccione la mejor ruta para cada paquete y esto lo puede hacer porque la dirección del destino final esta incluida en el paquete basandose en esta información mira dentro de su tabla de ruteo para seleccionar la mejor ruta

En este proceso de reenvío es importante entender la diferencia fundamental entre un puente y un ruteador, ya que un bridge observa todos los paquetes enviados a la red en la que esta conectado, mientras que un ruteador solo recibe los paquetes que se dirigen a él directamente. Cada nodo en la ruta sabe como alcanzar el siguiente salto a fin de llegar a la red destino. El proceso de ruteo es manejado como un procedimiento paso a paso. Debido a que los ruteadores reenvían selectivamente los paquetes los loops estan permitidos en la topología de interconexion. Adicionalmente muchos ruteadores implementan un programa de tiempo de vida para los paquetes, este proceso que consiste en destruir paquetes que han viajado mucho a través de muchos ruteadores previene de que los paquetes malos o redundantes congestionen la red.

### **Mecanismos de ruteo**

La información utilizada por los ruteadores se actualiza ya sea, estática o dinámicamente.

#### **Ruteo estático**

Los administradores de la red configuran rutas específicas para diferentes segmentos de la red. En una aplicación de ruteo estático puro, el control directo del ruteo lo realiza el administrador de la red. Por esta razón el ruteo estático no es muy utilizado por las grandes redes WAN donde la topología esta sujeta a cambios constantes

#### **Ruteo dinámico**

En este caso el ruteador aprende por si mismo y actualiza sus rutas de acuerdo a como ocurren los cambios en la red. El ruteador hace esto monitoreando constantemente la actividad de la red. En cualquier momento ocurre un evento importante, por ejemplo si una estación de ruteo es removida o agregada el ruteador revisará las rutas de la red para reflejar tales cambios.

#### **1.7.3 Compuertas (Gateways)**

Estos dispositivos operan arriba de la capa de red y utiliza las capas de sesión, presentación y aplicación. Típicamente las compuertas "traducen" los datos al formato en que esperan ser vistos por el equipo de cómputo al que está destinado. Esto es, la función de una compuerta es

convertir paquetes de un protocolo a otro. Para utilizar una metáfora, las compuertas son análogos a un intérprete quien acepta lenguaje inglés como entrada y produce español como salida.

Una PC dedicada con software de compuerta la cual, con una tarjeta ethernet corriendo TCP/IP y una tarjeta token ring corriendo Novell IPX es un ejemplo de una compuerta. De esta manera el dispositivo está traduciendo protocolos de alto nivel a la forma en que el equipo destino está esperando ver. Los usuarios en la red Novell pueden transparentemente conectar a las computadoras que estén corriendo TCP/IP del lado ethernet como si estuvieran conectadas directamente a la red.

Las compuertas pueden también ser utilizados para comunicarse a ambientes SNA, ejecutando conversión de protocolos y una completa traducción al mundo IBM. Otros ejemplos de compuertas de alto nivel son los de correo electrónico tales como X.400 y las compuertas SMTP. Estos proveen traducción de mensajes de y hacia sistemas de correo electrónico diferentes para traducción e interoperabilidad.

#### *1.7.4 Alternativas de conectividad*

Las características que ofrece cada dispositivo de conectividad se adaptan mejor según sean las necesidades que los usuarios deseen obtener de cada una de ellas. Por ejemplo:

Una LAN es ideal para transferencias de alta velocidad o de grandes archivos, para múltiples sesiones concurrentes y para compartir recursos.

Una conexión directa se requiere cuando el usuario necesita un acceso dedicado a un solo host o sistema, digamos, múltiples usuarios accediendo el mismo archivo o haciendo grandes volúmenes de proceso interactivo.

Un PBX puede constituirse como una gran alternativa para aquellos usuarios que necesitan acceder periódicamente múltiples recursos, tanto locales como remotos, tales como computadoras centrales, bases de datos, servidores de impresión o archivos, en esencia toda la gama de posibilidades que se pueden obtener de la red.

Aunque un PBX puede ser justificado únicamente en base a las necesidades de comunicación de voz por sí sola, las características de ruteo pueden generar ahorros significativos.

#### *1.7.5 Equipos de conmutación (Switches)*

Cuando los ruteadores tradicionales, corazón de las redes empresariales, una vez que se convierten en el mayor obstáculo para la migración de las redes hacia la siguiente generación, toda la magia involucrada en tratar de hacer que un ruteador basado en software transmita paquetes más rápidamente crea solamente una ilusión de desempeño de ruteo, por lo que se requiere una nueva alternativa tecnológica.

El continuo crecimiento en las cargas de tráfico dentro de las redes, ocasionado por la aparición de nuevas aplicaciones más demandantes, ha requerido, para mantener la actividad de la red dentro de rangos de operación adecuado, la evolución de tecnologías como el switcheo. En términos simples, se puede decir que los switches, han permitido segmentar, la red en pequeños sectores de manera tal que el tráfico se reduzca proporcionalmente al número de segmentos. La tecnología de la segmentación empezó con los puentes evolucionando hacia los switches multipuerto, los cuales operan en la capa MAC (capa 2).

En muchas de las grandes redes, el uso de switches ha traspasado las fronteras locales, de tal manera que las redes que requieren de grandes anchos de banda han basado su arquitectura en sistemas de switcheo de tráfico como ATM o incluso desarrollos propietarios como Tag switching en vez de la tradicional solución switch-router.

### **LAN Switches**

El rápido desarrollo de los switches para ambientes WAN/LAN como ATM ha provocado que los fabricantes del mercado del internetworking quieran subirse al vagón del switcheo, pero ha generado que el mercado se haya llenado de switches LAN de características muy diversas.

#### ***Switches de puerto estático***

El switcheo de puerto estático (también llamado de puerto asignado) es aquel en donde cada puerto o banco de puertos dentro de un módulo concentrador puede ser conectado a dos o más backplanes seleccionables dentro del hub. El puerto es switcheado al canal requerido cuando es configurado y puede ser reasignado o switcheado a un canal alternativo a través del software de administración de la red.

#### ***Switches de puerto dinámico y segmentadores***

El switcheo dinámico es aquel en donde cada puerto del switch es efectivamente un puerto de un puente multipuerto. Este tipo de switch es a veces referido como LAN switcheado. Muchos switches dinámicos operan en la capa MAC, proveyendo solamente filtrado básico por medio de un filtro de aprendizaje de la capa 2.

#### ***Switches de LAN virtual***

Un switch de LAN virtual se enfoca a hacia el software definido en las LAN y hacia la micro segmentación de la LAN. Con lo que cada estación de trabajo o servidor posee su propia conexión dedicada al hub y con ello su propio segmento de LAN (LAN por puerto). Los switches de LAN's virtuales rempazan los hubs compartidos por medio de un sistema de conmutación.

#### ***Switches de store and forward***

Los switches de "store and forward" operan como un bridge multipuerto en la capa MAC, donde un frame es almacenado en memoria, la dirección de destino es analizada, el CRC calculado y se toma una decisión de si se transmite el frame y por cuál puerto. Debido a que los puertos utilizados comparten la memoria, se impone un límite en el número de puertos soportados y el ancho de banda es limitado.

## **1.8 Topologías de red**

Lo forma física de la configuración de una red se le conoce como topología de la misma. El término topología es un concepto matemático con el que se alude el aspecto de una cosa. A la hora de establecer la topología de una red, el diseñador ha de plantearse tres objetivos principales:

***Proporcionar la máxima confiabilidad, para garantizar la correcta recepción del tráfico (rutas alternativas)***

Es decir, la red ha de tener capacidad para transportar datos correctamente (sin errores), incluyendo la capacidad de recuperación de datos extraviados en la red. La confiabilidad también estará ligada con el mantenimiento del sistema, tanto de tipo preventivo como el necesario para reemplazar los componentes dañados y en su caso el aislamiento de los focos de posibles averías.

***Conducir el tráfico entre transmisor y receptor a través del camino más económico dentro de la red.***

Para cumplir con este objetivo es preciso minimizar la longitud real del canal que une los componentes, lo que implica pasar el tráfico a través del menor número posible de componentes intermedios, además, deberá proporcionar el canal más económico para cada actividad concreta.

**Proporcionar al usuario final un tiempo de respuesta óptimo y un rendimiento máximo.**

Para este objetivo hay que acortar el retardo entre la transmisión y la recepción de los datos. en aplicaciones de tipo interactivo, es fundamental conseguir un tiempo de respuesta mínimo.

### 1.8.1 Tipos de topologías

Los principales tipos de topología de una red son :

- ✓ Topología jerárquica
- ✓ Topología horizontal (bus)
- ✓ Topología estrella
- ✓ Topología anillo
- ✓ Topología malla

Veamos los detalles de cada una de ellas

#### Topología jerárquica o árbol

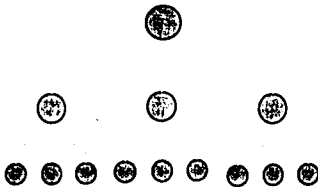


Fig. 112 Topología árbol

Este tipo es uno de los más extendidos en la actualidad. La topología proporciona un punto de concentración de las tareas de control y de resolución de errores.

Aunque este tipo de topología resulta interesante por ser fácil de controlar puede presentar algunos problemas de cuellos de botella. Las redes con este tipo de topología se conocen también como redes verticales o en árbol, aludiendo al hecho de que su estructura se parece bastante a un árbol cuyas ramas van abriéndose desde el nivel superior hasta el más bajo.

#### Topología horizontal (Bus)

La topología horizontal o bus es la que aparece en la fig. 113. esta estructura es frecuente en las redes de área local. Es relativamente sencillo el controlar el tráfico ya que el bus permite que todas las estaciones reciban todas las transmisiones, es decir, una estación puede difundir la información a todas las demás. La principal limitación de una topología horizontal está en el hecho de que suele existir un solo canal de comunicaciones para todos los dispositivos de la red en consecuencia, si falla el canal la red deja de funcionar.

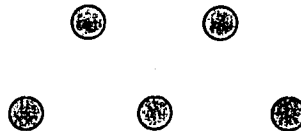


Fig. 12 Topología Bus

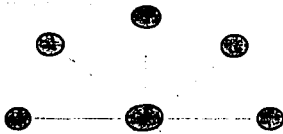


Fig. 1.14 Topología Estrella

extendido, se le llama así por el aspecto circular del flujo de datos. Los datos fluyen en una o ambas direcciones y aquella estación que posea la contraseña de transmisión será la que pueda hacerlo. La organización en anillo resulta atractiva por su capacidad para controlar el tráfico. Sin embargo también, como todas las topologías, posee algunos detalles como la posible ruptura del canal, el cual se ha solucionado con anillos de respaldo o dispositivos inteligentes que puedan cerrar el medio en caso de ocurrencia.

#### Topología en malla

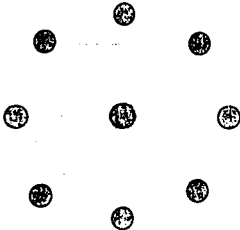


Fig. 1.16 Topología malla

#### Topología estrella

Esta es una de las topologías más empleadas en los sistemas de comunicación. Una de las principales razones de su empleo es sin duda, la facilidad para el manejo de tráfico. Es muy similar a una topología jerárquica y al igual que aquella puede sufrir saturaciones y problemas en caso de avería del nodo central. Fig. 1.14

#### Topología en anillo

Este es otro tipo de topología bastante

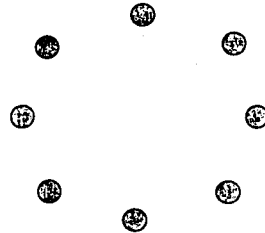


Fig. 1.15 Topología anillo

Esta topología se ha venido empleando en los últimos años, debido principalmente a la inmunidad a los problemas de embotellamientos y averías, gracias a la multiplicidad de caminos que ofrece. Por ello, es posible encaminar el tráfico por caminos alternativos en caso de falla de algún nodo. A pesar de que la implementación de esta topología es compleja y cara, en muchos casos es preferida sobre otras debido a su confiabilidad. Existen algunas variantes, como la semi-malla, pero en realidad se refiere a la misma topología.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 1.9 Códigos de transmisión para el canal : Códigos de línea

La codificación digital define la manera en que los bits de datos son representados en una línea de comunicación física. Esta representación puede variar desde la básica codificación NRZ a la más complicada HDB3.

A fin de transmitir efectivamente datos digitales a través de un medio físico particular (canal) se utilizan señales especiales y esquemas de señalización, que se les denomina códigos de transmisión o códigos de línea, tales como NRZ, HDB3, AMI, Manchester y otros.

Los principales requerimientos para los códigos de línea son :

El ancho de banda de transmisión deberá ser tan pequeño como sea posible para permitir que muchas señales sean transmitidas en un canal de comunicaciones dado

Para un ancho de banda y una potencia de transmisión dados el código deberá tener la inmunidad más alta contra el ruido del canal y la interferencia intersímbolos (ISI).

Todos los canales físicos están sujetos a errores . Los códigos de línea deberán permitir al receptor detectar, y preferiblemente corregir errores.

Deberá ser tan fácil transmitir y detectar correctamente señales digitales sin importar los patrones de las señales

### 1.9.1 Código NRZ - (Non return to Zero)

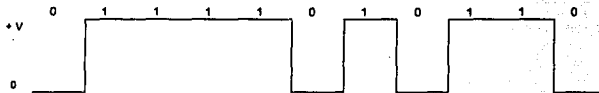
Los datos digitales se representan como sigue:

Los bits "0" se representan como 0 volts

Los bits "1" se representan por un voltaje de +V volts

este es el método más simple pero tiene varios inconvenientes :

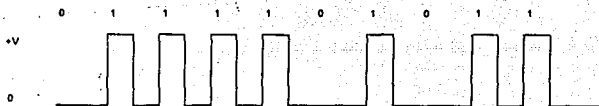
- Alto nivel de DC , en promedio de  $\frac{1}{2}$  V volts, para una secuencia de datos que contenga igual número de "1s" que "0s"
- Gran ancho de banda
- Posiblemente no existan cambios en voltajes (en secuencias conteniendo solo "1s" o solo "0s"
- La señal esta polarizada.



### 1.9.2 Código RZ (Return to zero)

Los datos digitales están representados como sigue :

- Los bits "0" se representan como 0 volts
- Los bits "1" se representan por un voltaje de +V volts durante la mitad del bit y por 0 volts durante la segunda mitad.



Este método tiene la siguiente ventaja sobre el NRZ :

El nivel promedio de DC es de solo  $\frac{1}{4} V$

Cuando la secuencia de datos contiene solamente 1's de cualquier manera hay cambios de voltaje. No obstante el máximo ancho de banda es la velocidad de los datos, para una secuencia que contiene solo 1's.

### 1.9.3 Código NRZ I (Non return to zero invertido)

En este código , los datos digitales están representados como sigue :

Los bits "0" se representan como 0 volts. Los bits "1" se representan por un voltaje de +V volts de acuerdo al voltaje previo, si el voltaje previo fue 0 volts el voltaje presente será entonces +V volts, por otra parte si el voltaje previo fue +V volts entonces el voltaje presente será de 0 volts.



Este método combina el menor ancho de banda del código NRZ y los cambios frecuentes de voltaje del RZ mientras que agrega una mayor ventaja de una señal no polarizada.

### 1.9.4 AMI (Alternate Mark Inversion)

En este código , los datos digitales están representados como sigue :

Los bits "0" se representan como 0 volts. Los bits "1s" por un voltaje de +V volts o -V volts alternativamente

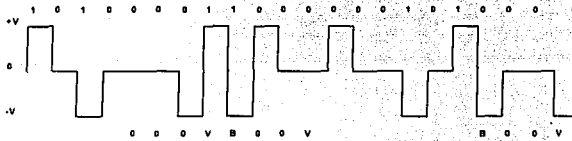


Este método es muy similar al RZ pero su desventaja es un nivel de DC de 0

### 1.9.5 HDB3 (High Density Bipolar 3)

Los datos digitales están representados casi como en el AMI excepto por el siguiente cambio : Cuando hay 4 ceros consecutivos son cambiados en un flujo conteniendo 000V donde la polaridad del bit V es la misma que el voltaje previo no 0 (opuesto a un bit "1" ) el cual provoca una señal V con un voltaje alterno de acuerdo al uno previo. Haciendo que el problema de la no existencia de cambios para una secuencia de ceros se resuelva, pero surge un nuevo problema, debido a que la polaridad de los bits no ceros es la misma, se forma un nivel de DC no cero. Para descartar este problema la polaridad del bit V se cambia al opuesto del bit V previo. Cuando sucede esto el flujo de bits es cambiado nuevamente a B00V donde la polaridad del bit B es la misma que la polaridad del bit V. Cuando el receptor recupera el bit B piensa que es un bit 1 pero cuando recibe el bit V (con la misma polaridad entiende que los bits B y V son en realidad 0

El método HDB3 tiene cuidado con todos los requerimientos mientras trata con los problemas que podrían ocurrir.

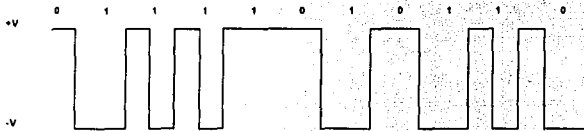


1.9.6 PE (phase encoder o Manchester)

Los datos digitales están representados como sigue:

Los bits "0" están representados por un voltaje de +V volts en la primera mitad del bit y por un -V volts en la segunda mitad.

Los bits "1" están representados por un voltaje de -V volts en la primera mitad del bit y por un +V volts en la segunda mitad.

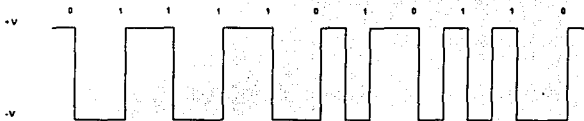


1.9.7 CDP (Conditional Diphas)

Este método combina los métodos NRZI y el PE como sigue :

Los bits "0" están representados por un voltaje que cambia en la misma dirección que el bit previo (de +V a -V o de -V a +V)

Los bits "1s" están representados por un cambio de voltaje en la dirección opuesta del bit previo (de +V a -V o de -V a +V)

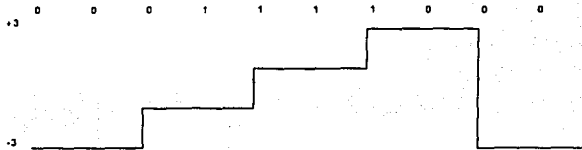


este método es más sensitivo a la polarización de la señal.

### 1.9.8 2B1Q (Código 2 binario 1 Cuaternario)

Un ejemplo importante de código multinivel y se emplea en la interfase U de ISDN. Este es un código de cuatro niveles (bipolar) que codifica díbits, es decir, emplea cuatro líneas de estado (voltajes) para representar dos bits. Este es un código no balanceado en DC. Primero el bit es "bit con signo" y determina la polaridad de la línea. En segundo término el bit determina la amplitud. La codificación se realiza de acuerdo a la siguiente tabla :

Dibits	Salida
10	+3
11	+1
01	-1
00	-3



### 1.10 Protocolos

Los protocolos de comunicaciones son un conjunto de reglas precisas que definen la forma en que deberá llevarse a cabo un proceso ordenado de intercambio de información

Hay muchas funciones que necesitan ser realizadas por un protocolo, desde las especificaciones de los conectores, direcciones de los nodos de comunicación, identificación de interfaces, opciones control de flujo, disponibilidad, reporte de errores, sincronización, etc.

Los protocolos se desarrollan a partir de procesos muy sencillos hasta formar mecanismos muy complejos que cubren todos los problemas y todas las situaciones de transferencia posibles.

Una tarea como el envío de un mensaje de un nodo a otro, puede resultar muy compleja si se considera la forma como se transmite. Resultaría demasiado grande, incómodo y demasiado especializado un solo protocolo que cubriera todos los aspectos de la transferencia. Por ello, se han desarrollado numerosos protocolos, cada uno de los cuales maneja una tarea específica.

Combinar varios protocolos, cada uno con sus propios fines específicos, resultaría una pesadilla si las interacciones entre protocolos no se definieran claramente.

Ayudados sobre el modelo de capas (modelo OSI) se conserva cada protocolo en su lugar y se define la forma de interacción entre cada uno de los protocolos.

Sección 1.5 De esta manera las interfaces de una subred controlan el acceso al medio de comunicación utilizando protocolos de acceso al medio. Los protocolos de enlace regulan la comunicación entre interfaces y el protocolo de acceso a la red supervisa las interacciones entre una interfaz y un usuario.

A estos protocolos se les llama en forma global *protocolos de bajo nivel*. Existe además un conjunto de protocolos que operan en las capas superiores del modelo OSI llamados *protocolos de alto nivel* que definen y supervisan una comunicación entre usuarios y sus procesos y tienen significado de extremo a extremo, es decir, entre los puntos finales de la comunicación.

De acuerdo a la estructura de capas definida en el modelo OSI, un protocolo es un conjunto de reglas y formatos (semánticos y sintácticos) que determinan el comportamiento de

comunicación de entidades (N) en la ejecución de funciones (N)". Hay que recordar que N representa una capa y que una entidad es un componente de servicio de una capa.

Los documentos que definen un protocolo usualmente son largos y raramente concretos, es decir, no podrían ser directamente traducidos a programas ejecutables. Estos documentos definen las acciones que deberán ser tomadas cuando una acción particular es detectada, pero no especifica como será detectada esa condición.

Los protocolos usualmente son implementados escribiendo un número de programas (procesos) que se comunican uno con otro por medio de colas y llamados a funciones. Uno o más temporizadores son también requeridos usualmente para asegurar la correcta operación del protocolo. Los protocolos son descritos generalmente utilizando la arquitectura de capas del modelo de referencia OSI, con el que se extrae los detalles del protocolo y permite una descripción simple del servicio que provee el protocolo a la capa superior y el servicio requerido a la capa inferior.

### 1.10.1 Pila de protocolos o suite

Los protocolos usualmente se estructuran juntos para formar un diseño de capas también conocido como pila (stack) o suite. Todas las arquitecturas de redes de telecomunicaciones actualmente en uso o que están siendo desarrolladas utilizan arquitecturas de protocolos de capas o niveles. Las funciones precisas en cada capa varían, no obstante, en cada caso existe una distinción entre las funciones de las capas más bajas, las cuales son diseñadas para proveer una conexión o una ruta entre los usuarios para esconder los detalles de las facilidades subyacentes. Las capas superiores son conocidas como "middleware" ya que ellas proveen software a la computadora, la cual convierte los datos entre lo que esperan los programas de aplicación y lo que la red puede transportar. La capa de transporte provee la conexión entre las capas superiores y las inferiores. La idea básica de la arquitectura de capas es dividir el diseño en pequeñas piezas, en la que cada capa se agrega a los servicios provistos por las capas más bajas de tal manera que en las capas más altas se provea de un conjunto de servicios para manejar las comunicaciones.

### 1.10.2 TCP/IP

TCP/IP es un protocolo de comunicaciones basado en software utilizado en redes. Aunque el nombre TCP/IP implica la combinación de dos protocolos (Transmission Control Protocol e Internet Protocol), en realidad es el nombre genérico para una familia de protocolos (suite) que tienen comportamientos similares.

La figura siguiente muestra algunos de los protocolos más importantes de TCP/IP y su relación con el modelo OSI.

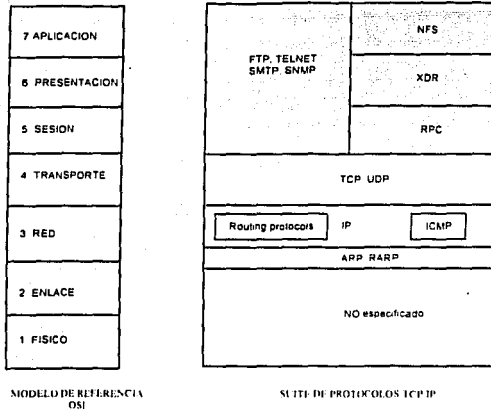


Fig. 1.17 Los protocolos de TCP/IP

La creación y documentación del suite de protocolos TCP/IP se asemeja mucho a un proyecto de investigación académica, ya que los protocolos están especificados en documentos llamados Request For Comments (RFC's). Los RFC's son publicados y entonces revisados y analizados por la comunidad de Internet. Los refinamientos del protocolo son publicados en un nuevo RFC.

**Capa de red**

IP es el protocolo primario de la capa 3 en el suite de TCP, adicionalmente al ruteo, IP provee fragmentación y reensamble de datagramas y reporte de errores. El formato del paquete de IP se muestra en la figura siguiente

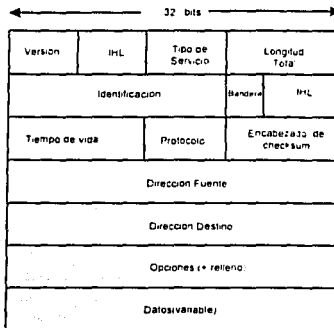


Fig. 17 Formato del paquete IP

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La descripción de los campos del paquete de IP son como sigue :

*Versión*. Indica la versión del IP en uso

*IP header length (IHL)* - Indica la longitud del encabezado del datagrama en palabras de 32 bits.

*Tipo de servicio* - Especifica cómo un protocolo particular de alto nivel podría manejar el datagrama. Los datagramas pueden ser asignados varios niveles de importancia a través de este campo

*Longitud total* - Especifica la longitud del paquete de IP completo incluyendo datos y header, en bytes

*Identificación* - Contiene un entero que identifica el datagrama actual.

*Banderas* - Un campo de 3 bits en el que los dos bits de más bajo orden controlan la fragmentación. Un bit especifica si el paquete puede ser fragmentado, el segundo bit especifica si el paquete es el último fragmento de una serie de paquetes fragmentados.

*Tiempo de vida* - Mantiene un contador que gradualmente se decrementa hasta cero, en cuyo punto, el datagrama es descartado. Esto evita que algunos paquetes deambulen por la red indefinidamente.

*Protocolo* - Indica cuales protocolos de la capa superior reciben los paquetes después de que el procesamiento de IP se ha completado

*Revision del header* - Ayuda a asegurar la integridad del header de IP

*Dirección fuente* - Especifica el nodo que envía

*Dirección destino* - Especifica el nodo receptor

*Opciones* - Permite a IP soportar varias opciones tales como seguridad

*Datos* - Contiene información de las capas superiores

### 1 10 3 SDLC (Synchronous Data Link Control)

El protocolo SDLC fue desarrollado por IBM para utilizarse en los ambientes SNA (Systems Network Architectures) SDLC fue el primero de una nueva proliferación de protocolos de enlace de datos basado en una operación sincrónica orientada a bit.

Después del desarrollo de SDLC, IBM lo sometió a varios comités de estándares. La ISO (International Standard Organization) modificó el SDLC para crear el protocolo HDLC (High-Level Data Link Control). La ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) formalmente CCITT, subsecuentemente modificó el HDLC para crear el Link Access Procedure (LAP) y el Link Access Procedure Balanced (LAP-B). El IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) modificó el HDLC para crear el IEEE 802.2. Cada uno de estos protocolos ha sido importante en sus propios terrenos. SDLC permanece como el protocolo primario de SNA de enlace de datos en enlaces de área amplia.

SDLC soporta una gran variedad de tipos de enlace y topologías, puede ser utilizado con enlaces punto a punto y multipunto en modo half y full duplex con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

SDLC identifica dos tipos de nodos de red

*Primario* Controla la operación de otras estaciones (llamadas secundarias). Las estaciones primarias consultan a las secundarias en un orden predeterminado. Las secundarias pueden entonces transmitir si es que tienen datos para enviar.

*Secundario* Son controlados por un primario, pueden enviar información solamente al primario pero no pueden hacerlo sin el permiso del primario.

Los nodos primarios y secundarios pueden ser conectados en cuatro configuraciones básicas :

Punto a punto Involucra solo dos nodos, un primario y uno secundario.

Multipunto Involucra un primario y múltiples secundarios

Loop. Involucra una topología de loop, con el primario conectado al primero y último secundario. Los secundarios inmediatos pasan los mensajes a través de uno a otro de acuerdo como respondan a las solicitudes del primario.

Concentrado. Involucra un canal de entrada y uno de salida. El primario utiliza el canal de salida para comunicarse con el secundario, los secundarios utilizan el canal de entrada para comunicarse con el primario. El canal de entrada se conecta en cadena al primario a través de cada secundario.

### Frame de SDLC

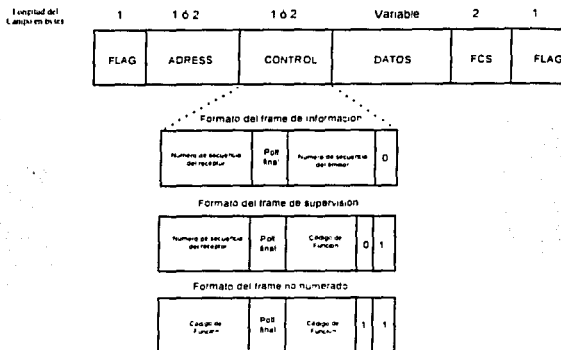


Fig. 1.18 Frame SDLC

Como se muestra en la figura 1.18, los frames de SDLC están enmarcados por un patrón de banderas. El campo de direcciones siempre contiene la dirección del secundario involucrado en la comunicación que esta ocurriendo. Debido a que el primario es ya sea la fuente o el destino, no hay necesidad para incluir la dirección del primario, ésta ya es conocida por todos los secundarios.

El campo de control utiliza tres diferentes formatos dependiendo del tipo de frame utilizado. Los tres frames de SDLC se describen enseguida.

**Frames de información (I)** Este tipo de frame transporta información hacia las capas superiores y alguna información de control. Envía y recibe números de secuencia y el bit de consulta final (P/F). El número de secuencia enviada se refiere al número del frame que será enviado enseguida. El número de secuencia de recepción provee el número de frame para ser recibido enseguida. Tanto el emisor como el receptor mantienen los números de secuencia de envío y recepción. El primario utiliza el bit de P/F para decirle al secundario si requiere una respuesta inmediata.

**Frames de supervisión (S)** Estos frames proveen control de la información, ellos solicitan o suspenden la transmisión, reporte de estatus y reconoce la recepción de frames I. No poseen un campo de información.

**Frames no numerados (U)** Estos frames, como su nombre lo sugiere no llevan secuencia. Son utilizados para propósitos de control. Por ejemplo, son utilizados para inicializar secundarios. Dependiendo de la función del frame no numerado, su campo de control es de 1 o 2 bytes. Algunos frames no numerados poseen un campo de información.

El frame de secuencia de chequeo (FCS) precede a la bandera (FLAG) delimitadora del final. El FCS es usualmente un cálculo de revisión ciclica con redundancia (CRC). El cálculo del CRC



se repite en el receptor. Si el resultado varía del valor en el frame del emisor, se asume que hay error.

#### 1.10.4 Protocolos derivados del SDLC

##### HDLC

El protocolo HDLC comparte el formato del frame de SDLC y los campos de HDLC proveen la misma funcionalidad que los de SDLC. También como SDLC, HDLC soporta operación síncrona full-duplex.

HDLC difiere de SDLC en varios aspectos menores. Primero, HDLC tiene una opción para un checksum de 32 bits y, a diferencia de SDLC, HDLC no soporta las configuraciones de loop o concentrado.

La mayor diferencia entre HDLC y SDLC es que SDLC soporta solo un modo de transferencia mientras que HDLC soporta tres. Los tres modos de transferencia de HDLC son:

Modo de respuesta normal (NRM). Este modo de transferencia es utilizado por SDLC, en este modo las secundarias no se pueden comunicar con un primario hasta que el primario le de permiso.

Modo de respuesta asíncrono (ARM). Este modo de transferencia permite a las secundarias iniciar una comunicación con un primario sin recibir permiso.

Modo balanceado asíncrono (ABM). ABM introduce el modo combinado. Un nodo combinado puede actuar como primario o secundario, dependiendo de la situación. Todas las comunicaciones ABM es entre múltiples nodos combinados. En ambientes ABM cualquier estación combinada podría iniciar la transmisión de datos sin permiso de ninguna otra estación.

##### LAPB

LAPB es bien conocido por su presencia en el stack de protocolos de X.25. LAPB comparte el mismo formato de frame, tipos de frame y campos de funciones como SDLC y HDLC. A diferencia de uno u otro LAPB está restringido al modo de transferencia de ABM y solo es apropiado para estaciones combinadas. También los circuitos LAPB pueden ser establecidos ya sea con equipos terminales de datos (DTE) o equipos terminales de circuitos (DCE). La estación que inicia la llamada es determinada a ser el primario, mientras que la estación que responde es la secundaria. Finalmente LAPB utiliza el bit P/F de una manera diferente a la de los otros protocolos.

#### 1.10.5 Otros protocolos

##### Netbeui

Netbeui es un protocolo propietario desarrollado por IBM para sus redes token ring, es totalmente compatible con Netbios y es parte integral de el suite de SNA, es el protocolo standard que se maneja en el sistema operativo de redes, Lan Manager de Microsoft. Originalmente era un protocolo no ruteable lo que lo hace limitado en aplicaciones WAN.

##### XNS

Este protocolo fue desarrollado por Xerox, específicamente desarrollado para Ethernet, XNS es un suite ampliamente utilizado.

## Apple Talk

Es un suite de protocolos rico en funciones que opera en una velocidad relativamente baja, fue desarrollado para los equipos Macintosh. Dentro de sus puntos buenos es que requiere poca memoria.

## 1.11 Técnicas de Modulación

### Concepto

Modular significa cambiar, variar o regular. El proceso de modulación se realiza cuando una fuente de información de frecuencia relativamente baja denominada señal de modulación actúa sobre una señal de frecuencia relativamente alta o portadora, dando como resultado una señal modulada.

### Tipos de modulación

En el proceso de modulación se origina la señal modulada, producto de la modulación, por la inserción de la señal moduladora como parámetro de señal de la portadora de modulación. En caso de que se excluya un procedimiento uniforme para la portadora, las componentes espectrales del producto de modulación están situadas, en la mayoría de los casos en frecuencias mucho más elevadas (banda de modulación) que las de la señal moduladora (banda base)

Un tipo de modulación puede definirse por tres características:

Según el comportamiento en el tiempo de la señal a modular se hablará de *modulación continua o discreta* en el tiempo.

En el caso de ondas senoidales el parámetro de la señal puede ser la amplitud o el ángulo de fase lo que permite así mismo transmitir en forma de impulsos.

En el caso de que no nos refiramos a la portadora de demodulación sino a la señal moduladora entonces hay que distinguir si se trata de una señal de valores continuo o discretos. En el caso de que un valor discreto tenga su origen en una señal cuyo valor es continuo se trata de una cuantificación con la característica de que la señal recibida puede librarse de las perturbaciones de la transmisión (distorsión o ruido de cuantificación) dentro de ciertos límites.

La siguiente figura nos muestra un esquema global de los tipos de modulación empleados para la transmisión de información. Considerando por una parte portadoras de modulación continua y discreta en el tiempo y por otra parte valores continuos y discretos de la señal moduladora, se tienen cuatro posibilidades de productos de modulación que en la figura se encuentran agrupados en columnas.

Los elementos que distinguen un sistema de modulación digital de un sistema analógico tipo AM, FM, o PM, es que en un sistema digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales en lugar de formas de ondas analógicas. Son varias las técnicas de modulación digital que se suelen utilizarse, tales como:

- ✓ Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)
- ✓ Modulación por desplazamiento de fase (PSK)
- ✓ Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)
- ✓ Modulación por pulsos codificados
- ✓ Modulación delta

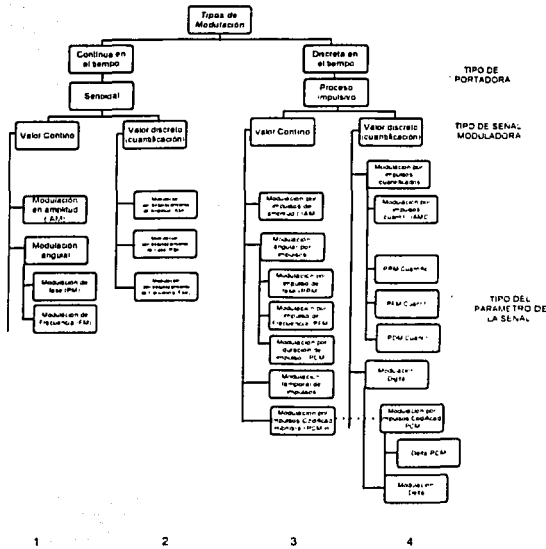


Fig. 1.19 Esquema general de modulaciones digitales

1.11.1 Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma, en alguna medida simple, de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general para una señal FSK binaria es:

$$v(t) = V_c \cos [(w_c + V_m(t) A_w) t] \quad 1.1$$

donde  $v(t)$  = forma de onda FSK binaria  
 $V_c$  = amplitud pico de la portadora no modulada  
 $w_c$  = frecuencia de la portadora en radianes  
 $V_m(t)$  = señal modulante digital binaria  
 $A_w$  = cambio en frecuencia de salida en radianes

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

De la ecuación 1-1 puede verse que, con el FSK binario, la amplitud de la portadora  $V_c$  se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia en radianes de la portadora de salida ( $W_c$ ) cambia por una cantidad igual a  $\pm Aw/2$ . El cambio de frecuencia ( $Aw/2$ ) es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 volt y un cero binario -1 volt produciendo cambios de frecuencia de  $+ Aw/2$  y  $-Aw/2$ , respectivamente. Además, la rapidez a la que cambia la frecuencia de la portadora es igual a la rapidez de cambio de la señal de entrada binaria  $V_m(t)$  (o sea, la razón de bit de entrada). Por tanto, la frecuencia de la portadora de salida se desvía (cambia), entre  $W_c + Aw/2$  y  $W_c - Aw/2$  a una velocidad igual a  $J$

### 1.11.2 Modulación por desplazamiento de frecuencia

Con el FSK binario, la frecuencia central o de portadora se desplaza (se desvía), por los datos de la entrada binaria. En consecuencia, la salida de un modulador de FSK binario es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambia la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Así, la razón de salida del cambio es igual a la razón de entrada del cambio. En la modulación digital, la razón (rapidez) de cambio en la entrada del modulador se llama *razón de bit* y tiene las unidades de bits por segundo (bps). La rapidez (razón) de cambio en la salida del modulador se llama *baudio* o *razón de baudio* y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida. En esencia, el baudio es la razón de línea en símbolos por segundo. En el FSK binario, las razones de cambio de entrada y salida son iguales, en consecuencia, la razón de bit y la razón de baudio son iguales.

### 1.11.3 Modulación por desplazamiento de fase (PSK)

Transmitir por desplazamiento en fase (PSK) es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

### 1.11.4 Modulación por desplazamiento de fase binaria

Con la modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora ("binario" significa "2 elementos"). Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están  $180^\circ$  fuera de fase. Otros nombres que se le dan a BPSK son *transmisión inversa de fase (PRK)* y *modulación bifásica*. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua (CW).

### 1.11.5 Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o, en *cuadratura PSK*, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud

constante. La QPSK es una técnica de codificación *M-ario*, en donde  $M = 4$  (de ahí el nombre de "cuaternaria", que significa "4"). Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes. Ya que la entrada digital a un modulador de QPSK es una señal binaria (base 2), para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit de entrada. Con 2 bits, hay cuatro posibles condiciones: 00, 01, 10 y 11. En consecuencia, con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de 2 bits llamados *dibits*. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de 2 bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que, la razón de cambio en la salida (razón de baudio), es la mitad de la razón de bit de entrada.

#### 1.11.6 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM) es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

#### 1.11.7 Modulación de pulsos

La *modulación de pulsos* incluye muchos métodos diferentes para convertir información a forma de pulsos para transferir pulsos de una fuente a un destino. Los cuatro métodos predominantes son *modulación de ancho del pulso (PWM)*, *modulación de posición del pulso (PPM)*, *modulación de amplitud de pulsos (PAM)* y *modulación de pulsos codificados (PCM)*. Los cuatro métodos, más comunes, de la modulación de pulsos se resumen a continuación:

1. *PWM* Este método a veces se llama modulación de duración del pulso (PDM) o modulación de longitud del pulso (PLM). El ancho del pulso (porción activa del ciclo de trabajo) es proporcional a la amplitud de la señal analógica.
2. *PPM* La posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prescrita, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.
3. *PAM* La amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.
4. *PCM* La señal analógica se prueba y se convierte a una longitud fija, número binario serial para transmisión. El número binario varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica. PAM se usa como una forma intermedia de modulación, con PSK, QAM y PCM, aunque raramente se usa sola. PWM y PPM se usan en los sistemas de comunicación, de propósitos especiales (normalmente para el ejército), pero raramente se usan para los sistemas comerciales. PCM es por mucho, el método más prevalente de modulación de pulsos y consecuentemente, será el tema de discusión por el resto de este capítulo.

#### 1.11.8 Modulación por pulsos codificados

La *modulación de pulsos codificados (PCM)*, es la única de las técnicas de modulación de pulsos codificados, anteriormente mencionadas, que se usan en un sistema de transmisión digital. Con PCM, los pulsos son de longitud fija y amplitud fija. PCM es un sistema binario, un pulso o ausencia de pulso, dentro de una ranura de tiempo prescrita representa ya sea una condición de lógica 1 o de lógica 0. Con PWM, PPM o PAM, un solo pulso no representa un dígito binario sencillo (bit).

La figura 1.20 muestra un diagrama a bloques simplificado de un solo canal, sistema PCM sencillo (de un solo sentido). El filtro de pasa-bandas limita a la señal analógica de entrada a la proporción de la frecuencia de la banda de voz estándar, de 300 a 3000 Hz. El circuito de muestreo y retención periódicamente prueba la entrada de información analógica y convierte esas muestras en una señal PAM de multinivel. El convertidor analógico a digital (ADC) convierte las muestras PAM a un flujo de datos binarios seriales para transmisión. En el lado de recepción, el convertidor digital a analógico (DAC) convierte el flujo de datos binarios seriales a una señal PAM de multinivel. El circuito de retención y el filtro pasa-bajas convierten a la señal PAM nuevamente en su forma analógica original. Un circuito integrado que realiza la codificación y decodificación de PCM, se llama un codec (codificador/decodificador).

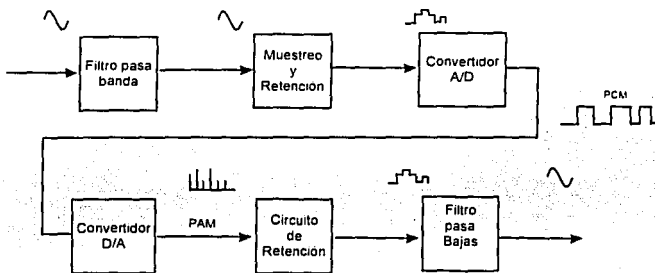


Fig. 1.20 Diagrama a bloques de un sistema PCM

#### Circuito de muestreo y retención

El propósito del circuito de muestreo y retención es probar periódicamente la señal de entrada analógica, continuamente cambiante, y convertir las muestras en una serie de niveles PAM de amplitud constante. Para que el ADC convierta exactamente la señal a un código digital, la señal debe ser relativamente constante. Si no es así, antes de que el ADC pueda terminar la conversión, la entrada de información cambiaría. Por lo tanto, el ADC estaría continuamente intentando seguir los cambios analógicos y nunca se estabilizaría en ningún código PCM.

#### 1.11.9 Teorema de Muestreo de Nyquist

El teorema de Muestreo de Nyquist establece la mínima razón de muestreo ( $f_s$ ) que puede usarse para un sistema PCM específico. "Para que una muestra pueda ser reproducida correctamente en el receptor, cada ciclo de la señal de entrada analógica ( $f_a$ ) debe muestrearse por lo menos dos veces". Consecuentemente, la mínima razón de muestreo es igual al doble de la frecuencia de entrada de audio más alta. Si  $f_s$  es menor que el doble de  $f_a$  resultará en una distorsión esta distorsión se llama aliasing o distorsión encimada. Matemáticamente, la mínima razón de muestreo de Nyquist es

$$f_s > 2f_a$$

en donde:  $f_s$  es la mínima razón de muestreo de Nyquist (hertz)  
 $f_a$  es la frecuencia más alta que se debe muestrear (hertz)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.12 Satélites LEO

Como se mencionó en la sección 1.2 un satélite de comunicaciones es esencialmente un repetidor en el cielo. Fundamentalmente existen dos tipos de satélites: los síncronos y los orbitales o no síncronos. Los satélites no síncronos giran alrededor de la tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud.

Si el satélite está girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra, la órbita se llama *órbita progrado*. Si el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama *órbita retrógrada*. Consecuentemente, los satélites no síncronos están alejándose continuamente o cayendo a tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto en particular de la Tierra. Por lo tanto los satélites no síncronos se tienen que usar cuando están disponibles, lo cual puede ser un corto periodo de tiempo, por órbita. Otra desventaja de los satélites orbitales es la necesidad de equipo complicado y costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme está disponible en cada órbita y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo de los satélites para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Uno de los más interesantes sistemas de satélite orbital, es el sistema Soviético Molniya. Los satélites Molniya son usados para la transmisión de televisión. Molniya utiliza una órbita altamente elíptica con un apogeo de aproximadamente 40.000 km y un perigeo de aproximadamente 1000 km (vease la figura 18-1). El apogeo es la distancia más lejana, de la Tierra, que un satélite orbital alcanza, el perigeo es la distancia mínima, la línea colateral, es la línea que une al perigeo y apogeo, en el Centro de la Tierra. Con el sistema Molniya, el apogeo es alcanzado, mientras que está sobre el hemisferio norte, y el perigeo, cuando está sobre el hemisferio sur. El tamaño de la elipse se eligió para hacer su periodo exactamente la mitad de un día sideral (el tiempo que requiere la Tierra para girar de regreso a la misma constelación). Debido a su patrón orbital único, el satélite Molniya es sincrónico con la rotación de la Tierra. Durante su órbita de 12 h, se pasa como 11 h sobre el hemisferio norte.

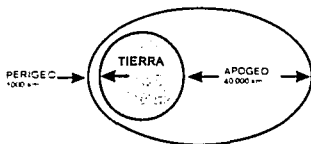


Fig. 1.21 Órbita de un satélite no sincrónico

### 1.12.1 Patrones orbitales

Una vez posicionado, un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga, causada por su rotación alrededor de la Tierra, es contrabalanceada por la atracción gravitacional de la Tierra. Entre más cerca gire de la Tierra el satélite, más grande es la atracción gravitacional y mayor será requerida la velocidad para mantenerlo alejado de la Tierra. Los satélites de baja altitud tienen órbitas cercanas a la Tierra (500 a 2000 km de altura), viajan aproximadamente a 23 000 km/hr. A esta velocidad, se requiere aproximadamente de 1 1/2 hr para girar alrededor de toda la Tierra. Consecuentemente, el tiempo que el satélite está visible en una estación terrestre en particular, es solamente 1/4 hr o menos por órbita. Los satélites de altitud media (8.000 a 16.000 km de altura) tienen un periodo de rotación de 5 a 12

h y permanecen a la vista en una estación terrestre específica de 2 a 4 hr por órbita. Los satélites geosíncronos de alta altitud (36000 km de altura), viajan a aproximadamente a 9,000 km/hr y tienen un periodo de rotación de 24 h, exactamente el mismo que la Tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición fija, con respecto a una estación de la Tierra específica y tienen un tiempo de disponibilidad de 24 h.

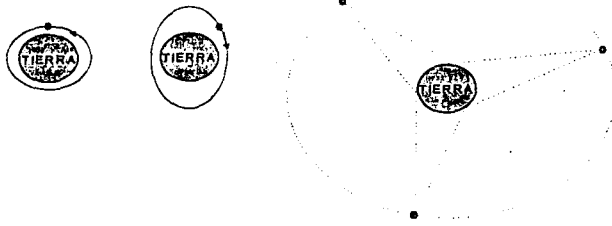


Fig. 1.22 Patrones orbitales

Cuando el satélite gira en una órbita arriba del ecuador, se llama *órbita ecuatorial*. Cuando un satélite gira en una órbita que lo lleva arriba de los polos norte y sur, se llama *órbita polar*. Cualquier otro trayecto orbital se llama *órbita inclinada*. Un *nodo ascendente*, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de sur a norte, un *nodo descendente* es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de norte a sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendentes por el centro de la tierra se llama línea de nodos

### 1.12.2 Satélites LEO (Low Earth Orbit)

Los sistemas de comunicación basados en satélites geostacionarios requieren adaptar los protocolos para adaptarse a su inherente alto retardo de cuando menos medio segundo, si se utilizan satélites de orbitas bajas (LEO) es posible reducir este retardo al acortar la distancia de desplazamiento de la señal por el espacio libre

La topología de una red basada en LEO se compone de una constelación de satélites en la que cada satélite es un nodo de una red de switcheo de paquetes y deberá poseer enlaces de comunicación intersatélite con otros satélites en el mismo plano orbital y en los planos de órbitas adyacentes. Este arreglo de interconexiones forman una robusta topología de malla o "red geodésica" que es tolerante a fallas y a congestión local. La red combina las ventajas de una red de conmutación de circuitos (tubos digitales de bajo retardo) y una red de conmutación de paquetes (eficiente manejo de velocidades múltiples y ráfagas de datos)

Desde un punto de vista de la red una constelación grande de nodos de conmutación ofrece varias ventajas en términos de calidad de servicio, disponibilidad y capacidad

Para lograr una alta capacidad del sistema y densidad de canales, cada satélite deberá ser capaz de concentrar una gran capacidad en su relativamente pequeña área de cobertura. Traslapando áreas de cobertura mas el uso de respaldos en orbita permite la rapida reparación de la red dondequiera que una falla de satélite de como resultado un boquete. En esencia, la disponibilidad del sistema se basa en toda la constelación como un todo y no es vulnerable a la falla de un solo satélite.

La banda en la que operan los LEO's es la Ka (17.7-31 GHz), que ha sido identificada internacionalmente como de uso para satélites fijos no geostacionarios. Los enlaces de comunicación en esas frecuencias son degradados por la lluvia y bloqueados por obstáculos en la línea de vista. Para evitar obstáculos y limitar la porción de la trayectoria de la señal expuesta



a la lluvias requiere que el satélite apunte a una terminal de alto ángulo de elevación (ángulo de máscara).

Para evitar los altos retardos, los satélites deberán operar en una baja altitud, menos de 2,000 km., la combinación de una alto ángulo de máscara y una órbita terrestre baja resulta en una relativamente pequeña zona de cobertura satelital o huella, que permite reutilizar eficientemente el espectro, pero requiere de un gran número de satélites para cubrir la tierra en forma completa. Por ejemplo, la constelación inicial de Teledesic, una de las operadoras de estos satélites, consistirá de 288 satélites operacionales divididos en 12 planos, cada uno con 24 satélites. Otra constelación como la Iridium consistirá de 66 satélites en su fase inicial.

Este tipo de satélites por sus características se ha convertido en una alternativa muy importante para todos los servicios móviles ya que permite lograr el objetivo último de las comunicaciones inalámbricas : cobertura universal que no se vea interrumpida por huecos en el servicio o restringida por bajas potencias de transmisión a pequeñas áreas de cobertura geográfica alrededor de los transmisores.

Un vehículo cruzando el desierto, un barco pesquero en alta mar, un excursionista en las montañas, una estación de irrigación a más de 60 km de casa, ninguno de ellos estará lo suficientemente remoto para las comunicaciones inalámbricas que se pueden obtener con los sistemas de satélites LEO.

Los satélites LEO se dividen en tres tipos :

- ✓ Pequeños LEOs
- ✓ Grandes LEOs
- ✓ LEOs de Banda Ancha

#### 1.12.3 Pequeños LEO

Son satélites de baja capacidad, la aplicación típica será sistemas de paging, e-mail y fax.

Los principales representantes de este tipo de satélites, actualmente en fase de implementación son:

- OBComm
- Starsys
- Vita
- LeoOne

#### 1.12.4 Grandes LEO

Son satélites de mayor capacidad que los anteriores y sus aplicaciones típicas serán voz, sistemas de paging bidireccional, datos de baja velocidad. "Hacia finales de 1998 los suscriptores de telefonía inalámbrica podrán acceder al mundo de las telecomunicaciones del futuro en cualquier parte del planeta y en el momento en que lo deseen. Los teléfonos portátiles Iridium enviarán y recibirán mensajes alfanuméricos, virtualmente desde cualquier teléfono del mundo, desde áreas sin cobertura y zonas remotas a los principales centros de población."

Las principales constelaciones de este tipo de satélites, ya en uso, o implementándose son :

- Iridium
- Globalstar
- ICO

#### 1.12.5 LEO's de Banda Ancha

Estos son satélites de mayor capacidad que los dos anteriores, no solamente a nivel satélite sino también en número de ellos.

Pensados para aplicaciones de gran ancho de banda, como conferencia multimedia, acceso a internet, transmisión de video y transmisión de datos de alta velocidad.

Actualmente solo una organización, Teledesic está en este rubro de satélites.

### 1.13 Antenas

En esencia, una *antena* es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas<sup>3</sup>. Es la interfase entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Una guía de onda, así como una línea de transmisión, se utiliza solo para interconectar eficientemente una antena con el transceptor. Una antena acopla energía de la salida de un transmisor a la atmósfera o de la atmósfera a un receptor.

Una antena es un *dispositivo recíproco pasivo*: pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal, por lo menos no en el sentido real de la palabra, aunque puede tener ganancia, y recíproco en cuanto a que las características de transmisión y recepción de una antena son idénticas, excepto donde las *corrientes de alimentación* al elemento de la antena se limitan a la modificación del patrón de transmisión.

La operación básica de la antena se comprende mejor al observar los patrones de ondas estacionarias de voltaje en una línea de transmisión, los cuales se muestran en la figura 23. La línea de transmisión termina en un circuito abierto, que representa una discontinuidad abrupta en la onda de voltaje incidente en la forma de una inversión de fase. La inversión de la fase resulta cuando parte del voltaje incidente se irradia, en lugar de ser reflejado de nuevo a la fuente. La energía radiada se propaga lejos de la antena en forma de ondas electromagnéticas transversales. La *eficiencia de radiación* de una línea de transmisión abierta es en extremo baja. La eficiencia de radiación es la relación entre la energía radiada y la energía reflejada. Para radiar más energía, sólo hay que separar más los conductores. Una antena así se le llama *dipolo* (que significa dos polos) y se muestra en la figura 24.

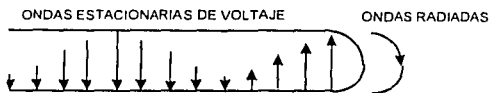


Fig. 1.23 Radiación de una línea de transmisión

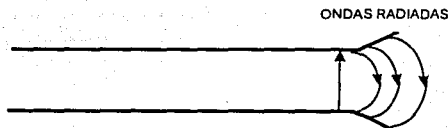


Fig. 1.24 Conductores difusores (DIPOLO)

#### 1.13.1 Patrón de radiación

Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfico que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico ( $E$ ) o de la densidad de potencia ( $P$ ), se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo. La figura 1.0-2a muestra un patrón de radiación absoluto para una antena no especificada. El patrón se traza sobre papel con coordenadas polares con la línea gruesa sólida representando los puntos de igual densidad de potencia ( $10 \text{ W/m}^2$ ). Los



### 1.13.3 Eficiencia de una antena

No toda la potencia suministrada a una antena se irradia, parte de ella se convierte en calor y se disipa, por lo que implícitamente se define la eficiencia de la antena como la relación de la potencia radiada con la potencia total de entrada. Expresada matemáticamente:

$$h = Pr / (Pr + Pd) * 100$$

Donde :

$h$  = eficiencia de antena

$Pr$  = Potencia radiada por la antena (watts)

$Pd$  = Potencia disipada en la antena (watts)

### 1.13.4 Polarización de la antena

La polarización de una antena se refiere solo a la orientación del campo eléctrico radiado desde ésta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (horizontal o vertical) , en forma elíptica o circular.

### 1.13.5 Ancho del haz

El ancho del haz de la antena es solo la separación angular de dos puntos del lóbulo principal ubicados éstos a 3db del punto máximo. El ancho del haz de la antena cuyo patrón de radiación se muestra abajo es al ángulo formado entre los puntos A X y B (ángulo  $\theta$ ).

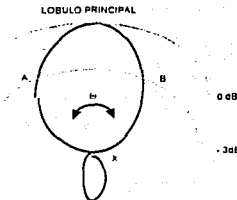


Fig. 1.26 Esquema de ancho de haz

### Ancho de banda de la antena

El ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es satisfactoria.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 1.14 Intranets y redes corporativas

Un sistema de comunicaciones en el cual se soportan los recursos de información de una organización es una importante y vital herramienta de negocio. Las comunicaciones efectivas pueden incrementar la productividad y mejorar una posición competitiva, en contraparte, unas comunicaciones deficientes incrementan los costos, retardan las tomas de decisiones y pueden amenazar la existencia de la organización. Luego entonces, los sistemas de información juegan un rol vital en los sistemas de información corporativos contemporáneos, la infraestructura en la que han de estar soportados los sistemas de información conforma lo que se denomina redes empresariales o corporativas.

Una red empresarial se define como "un conjunto de facilidades que interconectan los recursos de computación y datos de una compañía, así como los recursos empleados por los proveedores de la compañía y sus clientes" 4

Un elemento clave en el desarrollo de una red es la arquitectura que será utilizada. Las arquitecturas para la comunicación de datos parten de principios de los 70's cuando IBM introdujo su arquitectura de redes de sistemas (SNA). Una red de datos construida sobre una arquitectura bien definida es altamente especificada, con cada uno de sus componentes jugando un rol específico y cumpliendo con reglas específicas, de tal forma que los usuarios son libres de emplear diferentes productos de diferentes marcas siempre y cuando cumplan con lo que la arquitectura les exija.

Los objetivos que se buscan al implementar una red corporativa son

- Disponer de los recursos de información en cualquiera de los sitios que conforman la organización física o virtualmente como si se estuviera presente en el sitio donde se está generando.
- Proveer de funciones de distribución de procesos o incluso comunicación de interprocesos, de tal suerte que la continuidad de un proceso se asegure sin que importe la distancia geográfica que separan los nodos que forman parte de dicho proceso
- Permitir una compatibilidad de equipos, marcas y software
- Proveer a los usuarios de la red de un máximo rendimiento con un mínimo de costo.
- Proveer de una red lo suficientemente confiable y flexible que soporte la comunicación de aplicaciones demandantes o de aquellas que exijan un bajo retardo

#### 1.14.1 Intranet

Una intranet es una red corporativa basada en los protocolos de Internet y sus aplicaciones. Muchas compañías han transformado sus redes corporativas en intranets debido a las ventajas considerables en precio y aprovechamiento del software de Internet. Quizá es más fácil entender esta situación con algunos ejemplos de lo que se puede hacer con una intranet corporativa

- ✓ La documentación puede publicarse en el web interno
- ✓ Una motor de búsqueda puede ser agregado para permitir la búsqueda de documentos internos.
- ✓ Pueden establecerse grupos de trabajo unidos por grupos de noticias
- ✓ La voz sobre Internet, el fax y la tecnología de video puede utilizarse para reducir la facturación de servicios de comunicación

## **1.15 Principales organismos de estandarización en telecomunicaciones**

### **1.15.1 European Computer Manufacturers Association (ECMA)**

114, Rue de Rhone

CH-1204 Geneva, Suiza

ECMA se formó en 1961, desarrolla estándares para el procesamiento de datos. La ECMA es una organización no lucrativa. Hay dos clases de miembros dentro de ECMA: Miembros ordinarios y miembros de asociación. Los primeros incluyen a las compañías Europeas que desarrollan, fabrican y comercializan equipo de procesamiento de datos y los segundos incluyen a todas las organizaciones con interés y experiencia en áreas concernientes a los comités técnicos. Algunos de los comités técnicos trabajan muy cercanamente al CCITT e ISO.

### **1.15.2 Instituto de Estándares Nacionales Americanos (American National Standards Institute - ANSI)**

1430 Broadway

New York, NY 10018

ANSI es el principal cuerpo de formación de estándares en los Estados Unidos, formado originalmente en 1918. Es un organismo no lucrativo y no gubernamental. Es el representativo de Estados Unidos ante la ISO. Los estándares ANSI han resultado del trabajo de sus 300 comités o de sus grupos asociados, tales como el EIA.

Los comités técnicos y grupos de tareas forman el nivel más bajo de la jerarquía ANSI. Estos comités consisten de individuos técnicamente calificados más que a organizaciones representativas y la membresía está abierta a cualquiera. El siguiente nivel los comités de estándares consisten de tres categorías de miembros: consumidores, productores y de interés general.

### **1.15.3 Asociación de Industrias Electrónicas (Electronic Industries Association EIA)**

2001 I Street NW

Washington, DC 20006

La EIA es una organización comercial que representa un gran número de fabricantes de productos electrónicos en los Estados Unidos. Fue fundada en 1924 como asociación de fabricantes de radio. Por medio de los esfuerzos de más de 4000 representantes de la industria y gobierno agrupados en 200 comités técnicos conjuntamente con el departamento de ingeniería de la EIA ha producido más de 400 estándares y publicaciones.

El comité técnico TR-30 de transmisión de datos, se estableció en 1962 y trata con la comunicación de datos. El TR-30 está dividido en tres subcomités: TR-30-1, Calidad de señal, TR-30-2, Interfases digitales, TR-30-3, *interfases de redes de telecomunicaciones*. El TR-30 desarrolla y mantiene los estándares de interfase DTE/DCE. TR-30 desarrolló los estándares de las interfases RS-232 y RS-449.

### **1.15.4 Comité Federal de Estándares de Telecomunicaciones (Federal Telecommunications Standards Committee FTSC)**

General Service Administration

Specification Distribution Branch

Building 197 (Washington Navy Yard)

La FTSC es una agencia interna del gobierno establecida en 1973, para asegurar la participación del gobierno de Estados Unidos en programas de estandarización nacional e internacional.

La FTSC trabaja en forma muy cercana con la CCITT, ANSI, ISO y la EIA y adapta o aplica los estándares desarrollados en esas organizaciones para el uso del gobierno federal. En general la FTSC evita generar sus propios estándares a menos que exista una necesidad clara. Tres áreas donde la FTSC ha estado activa son : el desarrollo de estándares para módems (compatibles con las recomendaciones de CCITT ), definiendo procedimientos de evaluación de desempeño de sistemas, y desarrollando estándares para implementar algoritmos estándares para encriptación de datos.

*1.15.5 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical & Electronic Engineering IEEE)*

IEEE Computer Society  
111 19<sup>th</sup> Street NW, suite 608  
Washington DC 20036

El IEEE es una organización que fue establecida en Estados Unidos en 1884. Genera muy activamente estándares para la industria de comunicación de datos. Su esfuerzo mejor conocido es el proyecto 802, el cual intentó definir los estándares de las redes locales. No obstante, el mercado aceptó a las redes locales más rápido que los estándares del IEEE pudieran definir las posibles configuraciones. El IEEE 802 inició en 1980 y de inmediato recibió un inusual alto grado de soporte, más de 125 compañías y universidades están involucradas activamente.

El carácter del comité 802 del IEEE es observar un modelo de LAN y recomendar la interfase y las especificaciones de protocolo para control lógico de enlace, métodos de acceso, técnicas de codificación y medios físicos.

*1.15.6 Organización para la Estandarización Internacional (International Organization for Standardization ISO)*

Central Secretariat  
1, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva, Suiza

La ISO, actualmente comprende 90 naciones, es una organización no lucrativa fundada en 1947. Cada nación asigna su cuerpo de estandarización principal a la ISO, por ejemplo, la ANSI (American National Standards Institute) representa a los estados Unidos. Las naciones pueden ser contribuidores activos (Participantes o miembros "P") u observadores (miembros "O") de los procesos de estandarización. Cada uno de los miembros "P" maneja uno o más comités técnicos o subcomités.

Los estándares de administración de OSI, son documentos escritos por los comités OSI que definen estructuras de información, servicios y protocolos requeridos por la administración OSI. Esos estándares definen las herramientas de software necesarias para monitorear, controlar, operar y administrar los componentes de la red en ambientes OSI.

Los estándares de administración OSI son importantes porque ofrecen sólo métodos reales y manejables para habilitar redes multimarca para intercambiar información en todo el mundo.

### 1.15.7 Comité Consultivo internacional de Telefonía y Telegrafía (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee CCITT*)

General Secretariat  
International Telecommunications Union  
Place de Nations  
1211 Geneva, Suiza

Esta organización inicialmente se denominó Unión telegráfica y fue establecida en 1865 cuando a nivel mundial coincidieron varias naciones en la necesidad de crear servicios de telecomunicaciones estandarizados. Un tratado entre las naciones participantes formó la organización original, la cual fue renombrada más tarde como International Telecommunications Union (ITU) en 1947.

Más de 160 países pertenecían a la ITU. Los participantes eran clasificados en cinco categorías:

Organizaciones privadas o paraestatales que proveen servicios de telecomunicaciones públicas son: Agencias Operadoras Privadas Reconocidas (RPOAs). Las administraciones de telecomunicaciones gubernamentales de países miembros comprenden la categoría de Administración. Las organizaciones industriales y científicas abarcan los fabricantes de equipos de telecomunicaciones y organizaciones comerciales con interés en resolver problemas de telecomunicaciones. Las organizaciones internacionales consisten de organizaciones privadas y comerciales con interés en telecomunicaciones internacionales. Las organizaciones con convenios reconocidos en campos relativos a las telecomunicaciones son consideradas Agencias.

Cualquiera de dos grupos dentro de la ITU maneja las recomendaciones de estándares: el comité consultivo internacional de radio (CCIR) o la CCITT. La CCITT consiste de 15 grupos de estudio, cada uno con una responsabilidad específica.

Las operaciones del CCITT están divididas en bloques de cuatro años durante los cuales los grupos de estudio actúan sobre una serie de cuestiones técnicas asignadas por la asamblea plenaria del CCITT.

Todas las recomendaciones de la serie X son el resultado del trabajo del grupo de estudio VII. El grupo de estudio XVII formado en 19 es responsable de las recomendaciones de la serie V. Esos estándares han logrado una amplia aceptación en todo el mundo.

### 1.15.8 Comité Consultivo Nacional de Normalización de Telecomunicaciones (CCNN-T)

Av. de las Telecomunicaciones s/n, primer piso, Col  
Leyes de Reforma 2ª sección Iztapalapa 09310  
México.

El 12 de noviembre de 1992 se constituyó e integró la Comisión Nacional de Normalización (CNN), (de la cual forma parte integrante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes), misma que aprobó los lineamientos para la integración de los Comités Consultivos Nacionales de Normalización.

Con fecha 19 de febrero de 1993 se constituyó e integró el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Comunicaciones y Tecnologías de la Información (CCNN-CTI).

El 1º de octubre de 1997 se llevó a cabo la última reunión del CCNN-CTI en la que se acordó disolver dicho Comité y crear en su lugar otros dos: uno que atendiera los asuntos relacionados con los servicios de radiodifusión, telegrafía y servicios postales (el CCNN-RTSP) y otro que atendiera las normas de telecomunicaciones (el CCNN-T).

Con fecha 5 de marzo de 1998, a solicitud de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Comisión Nacional de Normalización aprobó por unanimidad la disolución del CCNN-CTI y la creación del CCNN-RTSP y del CCNN-T.



#### 1.15.9 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Las normas oficiales mexicanas son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

#### 1.15.10 Normas Mexicanas (NMX)

Las normas mexicanas son las que elabora un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en términos de lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Las normas mexicanas prevén para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

Su observancia no es de carácter obligatorio, salvo en los siguientes casos:

- a) Cuando los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas
- b) Cuando en una norma oficial mexicana, se requiera la observancia de una norma mexicana para fines determinados
- c) Respecto de los bienes o servicios que adquieran, arrienden o contraten las dependencias o entidades de la administración pública federal, cuando estas sean aplicables y en forma supletoria a las normas oficiales mexicanas.

# CAPITULO II

## El video digital de alta definición

### 2.1 Introducción

Las primeras imágenes creadas por el hombre que se conocen provienen de la época prehistórica y son algunas pinturas realizadas dentro de cavernas y sobre rocas. Muchos de los métodos de creación de imágenes se desarrollaron paulatinamente hasta convertirse en las grandes industrias de la actualidad. Desde hace más de catorce años a la fecha ha venido ocurriendo un fenómeno muy interesante en el que esas industrias se están moviendo hacia una tendencia de unificación por medio de la digitalización de los medios.

Si echamos un vistazo a la industria del cine o a la de la fotografía, veremos que la tradicional película fotosensible se ha venido reemplazando por medios magnéticos, o memoria de estado sólido para el almacenamiento de imágenes. Muchos de los llamados "efectos especiales", de gran impacto en la industria cinematográfica se logran con el uso de computadoras y programas para la edición de imágenes.

En el caso de la televisión la situación es un poco diferente. Cuando en 1972 un grupo de japoneses se plantearon la pregunta de cuál sería el próximo paso revolucionario en la televisión, llegaron a la conclusión de que después de la televisión de color "sería una resolución más alta, afirmando que el paso del blanco y negro al color sería seguido por una televisión con calidad cinematográfica o de alta definición (HDTV) (High Definition Television)". En un mundo analógico era una forma lógica de mejorar la televisión y es lo que los japoneses hicieron a lo largo de los catorce años siguientes, denominándolo "Hi-vision".

En 1990 existían tres corrientes tecnológicas distintas en torno a la televisión avanzada, por un lado Japón había invertido dieciocho años de dinero y esfuerzo en su HDTV, por otra parte durante ese tiempo los europeos comprobaban que la industria del cómputo se les escurría entre las manos y estaban tratando de que no les ocurriera lo mismo con la televisión. Por su parte Estados Unidos vio en la HDTV la gran oportunidad de regresar al mercado de consumo electrónico, el cual había sido abandonado años antes.

Cuando en 1991 se aceptó el desafío de mejorar la tecnología televisiva la compresión digital para señales de video estaba en una fase incipiente, además los protagonistas, es decir, los fabricantes de equipos de televisión eran reductos de pensamiento analógico y por lo tanto no

<sup>2</sup> Nicholas Negroponte "Ser digital". Ed. Urano México 1996. P. 57

eran los actores indicados para ocuparse de este tema, para ellos, la televisión tenía que ver con imágenes y no con bits.

Pese a todo, de la noche a la mañana todo el mundo empezó a proponer la televisión digital, con lo que la propuesta de HDTV pasó en el curso de seis meses de analógica a digital. Uno de los elementos que inclinó la balanza hacia esta tecnología era que se disponía de la evidencia de que el procesamiento digitalizado de señales tendría un costo adecuado en un futuro inmediato, algo que Europa estuvo negando hasta febrero de 1993, año en que la Comunidad Económica Europea decidió abandonar la HDTV analógica y apostar a un futuro digital.

En 1996 los Estados Unidos crearon un estándar para la televisión digital y establecieron periodos de tiempo para que se realice la transición de la TV analógica a la TV digital (DTV). Los europeos también han adoptado ya un nuevo estándar para su DTV y están en proceso de implementarlo, mientras tanto los japoneses están por completar su estándar digital. Pero sin lugar a dudas somos testigos presenciales del nacimiento de la tecnología del video digital de alta definición, las aplicaciones que involucran su utilización todavía están por nacer o por consolidarse aquellas cuyas muestras ya están en el aire.

## **2.2 Una acercamiento a la señal de video analógica (Sistema NTSC)**

Antes de empezar con los conceptos del video digital revisaremos las características del video analógico a fin de familiarizarnos con algunos de sus detalles.

La transmisión experimental de imágenes inició en 1880 cuando Paul Nipkow, un científico alemán, realizó experimentos utilizando discos giratorios como elementos exploratorios de imagen, colocados entre una fuente de luz potente y el sujeto a transmitir, aunque las imágenes que se obtenían por este método eran casi irreconocibles.

En 1925 un sistema mejorado de televisión basado en el desarrollo de Nipkow pudo mejorar la calidad de la imagen. En 1933 la RCA anunció un sistema desarrollado por Vladimir Zworykin, el cual empleaba un sistema de exploración electrónico, mismo que permitió el nacimiento de la televisión actual, siendo en su primera etapa monocromática o en blanco y negro.

La emisión de señales de TV monocromática involucra la transmisión de dos señales separadas: una aural (señal de audio) y una señal de video (imagen). La información de video se limita a las frecuencias menores a 4 MHz y puede generarse mediante una cámara, una grabadora, o cualquier otra fuente de video. La información de audio se limita a frecuencias menores a 15 kHz y puede generarse mediante un micrófono, grabadoras de audio o discos. En el sistema también se incluyen las señales de sincronización horizontal y vertical, las cuales se combinan con la información de la imagen antes de la modulación. Estas señales se utilizarán en el receptor para sincronizar la exploración vertical y horizontal.

## **2.3 Estándares de transmisión de señales de televisión**

La figura 2.1 muestra el espectro de la frecuencia para un canal de radiodifusión de televisión estándar. Su ancho de banda total es de 6 MHz. La portadora de la imagen está espaciada a 1.25 MHz arriba del límite inferior para el canal y la portadora de sonido a 0.25 MHz abajo del límite superior. Por tanto, las portadoras de imagen y de sonido tienen siempre 4.5 MHz de separación. La subportadora de color está ubicada a 3.58 MHz arriba de la portadora de imagen. La radiodifusión de televisión comercial utiliza una transmisión de banda lateral vestigial para la información de la imagen. La banda lateral inferior es de 0.75 MHz de ancho y la banda lateral superior de 4 MHz. En consecuencia, las frecuencias bajas de video (un perfil general de la imagen) se enfatizan en relación a las frecuencias altas de video (detalles más exactos de la imagen). La portadora de sonido de FM tiene un ancho de banda de 75 kHz aproximadamente (+25 kHz desviación para la modulación al 100%). La modulación de amplitud y fase se usa para codificar la información de color en la subportadora de color de 3.58 MHz. También se examina la intercalación de frecuencia, que se usa para permitir agregar información de color sin incrementar el total del ancho de banda por arriba de 6 MHz.

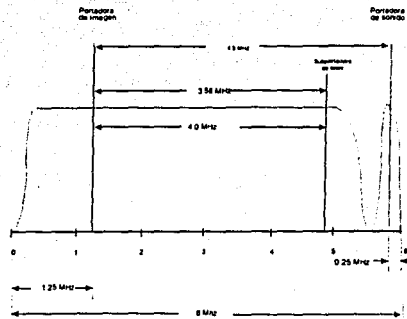


Figura 2.1 Canal de transmisión de TV estándar

### 2.4 La Señal de Video Compuesta

En señales de video compuesta significa que se origina por partes diferentes o desiguales. La señal de video compuesta incluye tres partes separadas: (1) la señal de luminancia, (2) los pulsos de sincronía y (3) los pulsos de blanqueo o blanking. Estas tres señales se combinan de tal manera que forman la señal de video compuesta o total. En el sistema de color además a las señales mencionadas existen dos señales adicionales: la crominancia o croma y el burst de color.

La señal de luminancia es la información de la imagen o señal de video. La señal se origina en la cámara y varía en amplitud proporcional a la intensidad (brillantez) de la imagen.

#### 2.4.1 Exploración

Para generar una imagen completa debe explorarse toda la superficie del tubo de la cámara. La figura 2.2 muestra una secuencia de exploración sencilla, en esencia la exploración se realiza

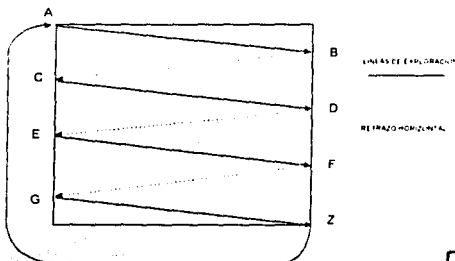
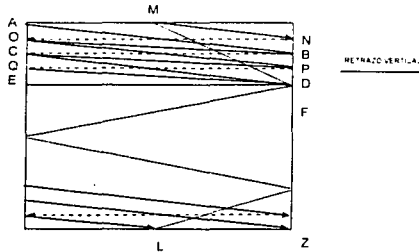


Figura 2.2 Exploración secuencial

de la misma manera que se lee una página de un libro. Esto se llama exploración horizontal secuencial. Toda la imagen se explora en una serie de líneas horizontales siguiendo una secuencia, una abajo de otra. Cuando el haz de electrones incide contra la parte posterior de un elemento de imagen, se genera una señal cuya amplitud es proporcional a la intensidad de la luz que incide contra el frente del elemento.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Son tres los sistemas de TV analógica que se emplean en el mundo, NTSC, PAL y SECAM. En el sistema NTSC, un total de 525 líneas de exploración horizontal constituyen un *cuadro de imagen*, el cual se divide en dos campos de 262.5 líneas horizontales cada uno. La técnica de exploración se llama *exploración entrelazada* y se ilustra en la figura 2.3. La exploración horizontal produce un movimiento de izquierda a derecha del haz de electrones y la exploración vertical produce un movimiento hacia abajo. La razón de exploración vertical es de 60 Hz. Por tanto, se generan 30 cuadros por segundo. Debido a que el ojo humano apenas es capaz de percibir un parpadeo de 30 Hz, el cuadro se divide en dos campos 262.5 líneas de exploración horizontal, que comienzan en la parte izquierda superior (punto A) y terminan en el centro inferior (punto L) constituyen un campo de imagen (el campo impar). El segundo campo (el campo par) comprende las 262.5 líneas de exploración horizontal que permanecen entrelazadas entre las líneas de exploración y el primer campo. El segundo campo se inicia en el centro superior (punto M) y termina en la derecha inferior (punto Z). Entre los campos, el haz de electrones se retrasa de la parte inferior de la imagen de nuevo hacia arriba describiendo una trayectoria en zig zag. Esto se conoce como *tiempo de retraso vertical*. Cada campo se explora verticalmente a una tasa de 60 Hz. Por tanto, si bien toda la imagen cambia cada 1/30 seg., sólo la mitad de la imagen cambia cada 1/60 seg. La técnica de exploración permite explorar 525 líneas a una tasa de 30 Hz sin generar un parpadeo notable en la imagen. Para explorar 525 líneas de exploración horizontal en 1/30 seg., se requiere una frecuencia de exploración de 15.750 Hz ( $30 \times 525 = 15.750$ )



Las líneas horizontales se llaman *líneas de rastreo* (raster) y en el sistema NTSC, 525 líneas horizontales constituyen un *rastreo*. El rastreo es la luminancia que se ve en una pantalla de TV cuando no hay una imagen (es decir, cuando está sintonizando a un canal no asignado). Un rastreo sólo significa que hay exploración horizontal y vertical así como brillantez, pero no necesariamente una imagen en la pantalla

Figura 2.3 Exploración entrelazada

#### 2.4.2 Transmisor de televisión a color

Con las emisiones a color todos los colores se generan mezclando diferentes cantidades de tres *colores primarios* rojo, azul y verde los cuales no se deben confundir con los tres pigmentos primarios cian, magenta y amarillo. Una cámara de color es en realidad tres cámaras en una, cada una con señales de salida de video separadas. Cuando se explora una imagen, se utilizan tubos de cámara independientes para cada uno de los colores primarios. La cámara roja produce la señal de video R, la cámara verde genera la señal de video U y la cámara azul la señal de video B. Las señales de video R, U y B se combinan en un codificador para generar la señal de color compuesta la cual, cuando se combina con la señal de luminancia, modula en amplitud la portadora de RF

86  
**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

### 2.4.3 Receptores de la televisión a color analógicos

Un receptor de televisión a color es en esencia igual que un receptor de blanco y negro excepto por el tubo de imagen y la suma de los circuitos de decodificación de color.

La señal de video compuesta alimenta al amplificador pasa-bandas de *croma*, la cual se sintoniza a la subportadora de 3.58 MHz y tiene una pasa-bandas de 0.5 MHz. En consecuencia, se amplifica sólo la señal C y pasa a los demoduladores B-Y y R-Y. La ráfaga de color de 3.58 MHz se separa del pulso de blanqueo horizontal al utilizar el separador de ráfaga sólo durante el tiempo de retroceso horizontal. Una subportadora de color sincrono de 3.58 MHz se reproducirá en el circuito AFC de color, el cual consiste de un oscilador de color de 3.58 MHz y un circuito AFPC de color (frecuencia automática y control de fase). El *eliminador de color* apaga el amplificador de croma durante la recepción monocromática (ningún color es mejor que tener colores equivocados). La señal C se demodula en los demoduladores B-Y y R-Y y se mezcla con la subportadora coherente de fase de 3.58 MHz. Las señales B-Y y R-Y generan la señal de video combinando estas señales en proporciones adecuadas

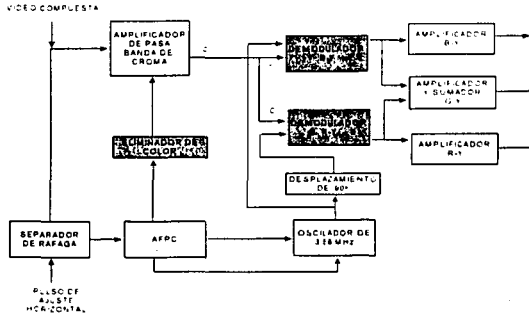


Figura 2.4 Circuitos de Color en un receptor de TV

### 2.4.4 Características del Sistema PAL

La principal desventaja del sistema NTSC es que los errores de fase ocurridos entre la subportadora generada localmente en el receptor y la generada en el proceso de transmisión cambia el tono de la imagen. La idea básica del sistema PAL (phase alternation line) consiste en invertir una de las componentes del vector de crominancia línea a línea, para corregir estos errores, de allí el nombre

A manera de resumen, las características más importantes del sistema PAL son:

1. El PAL resuelve el principal defecto del NTSC o sea el cambio de tonalidades por errores de fase en la transmisión
2. La compatibilidad directa e inversa en el PAL es excelente. Además, la modulación es con portadora suprimida lo que supone un mínimo patrón interferente especialmente en imágenes con poco color.

3. La manipulación de señales codificadas PAL, es al igual que NTSC muy simple y no requiere de decodificadores ni otros recursos especiales.

#### 2.4.5 Características del Sistema SECAM (SEquential COleur Avec Memoria)

La diferencia fundamental entre el sistema SECAM y el NTSC o PAL es que mientras estos dos últimos transmiten simultáneamente las dos componentes de crominancia, el SECAM es un sistema secuencial a memoria, esto es, que las dos señales de croma se envían secuencialmente requiriéndose una línea de retardo en el receptor que actúa como memoria.

#### 2.4.6 Formatos de video analógico

La siguiente tabla (2.1) muestra las características de transmisión y resolución de los diferentes formatos de video analógico que se utilizan en todo el mundo y que fueron definidos por los diferentes cuerpos de estandarización de televisión.

TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS FORMATOS DE VIDEO ANALOGICO

Descripción	NTSC	PAL	SECAM
Resolución de video (líneas x columnas)	525 X 720	625 X 720	625 X 720
Cuadros por segundo	29.97	25	25
Principales lugares donde se utiliza	EEUU, Japón, México	Gran parte de Europa	Francia, Rusia
Resolución efectiva	640 X 480	768 X 576	768 X 576

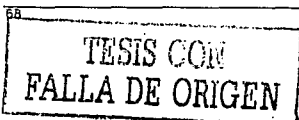
Hay varias maneras para almacenar y transmitir video en banda base :

- **Video compuesto.** En este caso, solamente una señal se utiliza para almacenar y transmitir luminancia y croma y tiene la ventaja de requerir menos ancho de banda y solo un cable, pero debido al cross talk, la calidad el video es reducida. La señal compuesta de video es la que se obtiene de una videocassetera.
- **S-video.** (Separated video) En este caso las señales de luminancia y croma son transmitidas en forma separada, ofreciendo una mejor calidad de video con detalles finos. Usualmente está disponible en equipos de alta calidad, tales como las cámaras super 8.
- **Componentes de video RGB.** Esta es la manera más sofisticada para transmitir señales de video, en este caso, los tres componentes de la señal de video se transmiten en forma separada logrando una máxima resolución. Para el manejo de esta señal se requieren tres cables y se le encuentra casi exclusivamente en equipo profesional.

Las señales de TV son señales moduladas, esto significa que tanto las señales de audio y video de banda base son moduladas en frecuencia y transmitidas a una frecuencia específica de acuerdo a un canal de TV asociado. El audio en la señal de TV es enviado como una transmisión de FM estereo en las transmisiones de NTSC y PAL.

## 2.5 El video digital

La tecnología de video digital posee el potencial necesario para lograr niveles mucho más altos de calidad, que los conocidos hasta ahora, pero es muy importante tener presente que el video digital es algo más que proveer mejores imágenes, el video digitalizado posee un número de



propiedades únicas que hacen posible el tener aplicaciones que de otra manera no podrían ser realizadas utilizando video analógico. Primeramente, el video digital puede ser manipulado más fácilmente que el video analógico, segundo, el video digital puede ser almacenado en un medio de acceso aleatorio, mientras que el video analógico se almacena secuencialmente en cintas magnéticas y finalmente y objeto de este trabajo, es que el video en formato digital puede ser transmitido a través de canales en los que no se podría transmitir video analógico, además al transmitir video digital, puede hacerse compartiendo el canal con otros tipos de datos, con los cuales se puede combinar para generar nuevas señales

### 2.5.1 Características del video digital

En un sentido muy practico, el video "es simplemente una secuencia electrónica de imágenes fijas desplegadas o proyectadas (rápidamente) en sucesion, una tras otra"<sup>3</sup>. Como resultado, la mente humana es engañada para creer que los objetos o la gente que se presentan en la secuencia, se están moviendo. En términos digitales, son tres las características importantes del video :

- Qué tan rápido se despliega una imagen (velocidad de cuadro o frame rate)
  - Cuántos elementos crean cada imagen en dimensiones horizontal y vertical, normalmente se da en términos de pixeles (Tamaño de cuadro o Frame size)
  - Cuántos colores diferentes puede proporcionar la relación imagen/pixel
1. *La velocidad de cuadro (Frame rate)* es el número de cuadros que pueden ser desplegados al observador cada segundo. Por ejemplo, las películas proyectan 24 cuadros cada segundo, la televisión en el sistema NTSC despliega 29.97 cuadros cada segundo. Aunque en las computadoras no se maneja el termino velocidad de cuadro el "refresh" de la pantalla o el repintado de los elementos de la pantalla lo hace a 72 veces por segundo



Figura 2.5. Número de colores posibles

3. *Numero de colores* . Un color puede ser descrito en términos de colores primarios. La mezcla de colores puede generar el color de un pixel, para hacer un video práctico es necesario limitar el número de colores que un video puede recrear. Cada color primario (rojo, verde o azul) puede estar compuesto de 256 diferentes niveles o sombreados y cada color puede estar compuesto de los tres primarios, lo que significa que puede generar 16.7 millones de colores diferentes

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<sup>3</sup> HEURIS/Pulitzer "MPEG The big squeeze" P 20



### 2.5.2 ¿ Por qué video digital ?

El video digital es más fácilmente manipulable que el video analógico, por lo que se utiliza en la producción de efectos especiales. La manipulación de video digital se ha hecho tan avanzada que acciones generadas con imágenes de computadora pueden parecer como arrancadas de la vida real.

El video digital puede ser duplicado sin pérdida de calidad, lo cual es importante para aplicaciones de edición, sin embargo, la manipulación de video no es exclusivamente para preservar imágenes sino que también para aplicaciones más modestas donde se pueden producir videos que después se inserten en aplicaciones convencionales de cómputo.

La posibilidad para almacenar, transmitir y manipular más fácilmente el video digital son las más importantes de sus propiedades. Además, el manejo de las señales en formato digital nos permite mejorar en aspectos tales como :

- **Duplicación.** A través de la tecnología digital se ha logrado realizar el sueño dorado de duplicar el video sin distorsiones, sin pérdida de color o luminancia, manteniendolo limpio e idéntico al original y sin importar cuantas copias se deseen obtener.
- **Respuesta en ganancia y frecuencia estables.** La señal digital permite el ahorro de trabajo, el mantenimiento es virtualmente eliminado en este tipo de sistemas ya que no hay necesidad de efectuar ajustes y esto se debe a que la frecuencia de la señal digital es fija, por lo que es razonablemente fácil mantenerla ecualizada con un 100 % de exactitud y con características completamente estables.
- **Señal limpia.** En el mundo analógico el multiposicionamiento de una imagen y los efectos especiales aplicados a ella implican agregar en cada generación ruido y otras degradaciones en el efecto total, en cambio, en los sistemas digitales la señal puede ser manipulada las veces que sean necesarias hasta obtener los efectos deseados, manteniendo siempre una señal limpia.
- **Eliminación de degradación.** La señal de video digital es inmune a muchos de los problemas que afectan la señal analógica, tales como el HUM, errores de fase y de ganancia, crosstalk, etc. Aun el ruido es un problema menor, ya que la señal se distingue por mantener su integridad sobre varias situaciones adversas que si afectan a las señales analógicas.

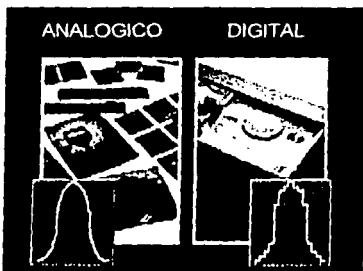


Figura 2.5 Video analógico vs digital

### 2.6 Digitalización de la señal de video

La señal obtenida de una fuente clásica de video es analógica, por lo que antes de procesarla para su manipulación será necesario digitalizarla. El proceso de digitalización de una señal involucra tres pasos

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

### 2.6.1 Conversión Analógica/Digital (A/D)

La conversión de una señal analógica a digital A/D conlleva tres pasos básicos. el primer paso consiste en realizar un muestreo de la señal, por medio de un circuito de muestreo y retención gobernado por la frecuencia de muestreo  $f_0$  que satisfaga el criterio de Nyquist. Ver figura 2.6.

El segundo paso es la cuantificación, proceso en el que se asigna a cada muestra un valor dentro de los  $2^n$  niveles en que se divide la excursión total de la señal.

El tercer paso es la codificación donde se convierten los niveles de las muestras cuantificadas a palabras de códigos de  $n$  bits. La velocidad binaria se calcula por el producto :

$$v = n * f_0$$

Donde  $n$  = número de bits que forman una palabra  
 $f_0$  = frecuencia de muestreo

La conversión digital/análoga (D/A) sigue pasos complementarios a la A/D. Cada palabra de código se convierte en una muestra cuantificada en amplitud por medio de un grupo de conmutadores eléctricos ponderados de acuerdo con el código utilizado. Luego se añade un filtro paso bajo que elimina las frecuencias superiores a  $f_0/2$  pasando a la salida la señal analógica  $f_a$ .

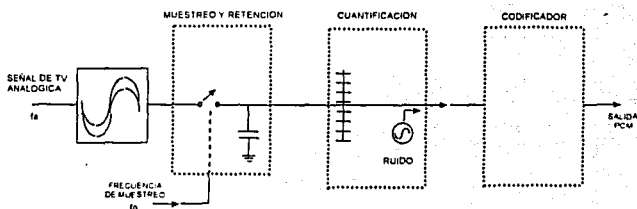


Figura 2.5 Proceso de conversión analógica a digital

Para ampliar los conceptos de muestreo y cuantificación puede consultarse la sección 1.10

### 2.6.2 Codificación de video compuesto

En este caso se digitaliza directamente las señales compuestas existentes NTSC, PAL, SECAM, con lo que subsiste el problema de incompatibilidad de sistemas aunque posean las mismas frecuencias de muestreo y codificación, ya que la decodificación nos devolverá señales NTSC, PAL o SECAM respectivamente

### 2.6.3 Codificación por componentes

En este método se digitalizan las tres señales Y, R-Y, B-Y. La primera gran ventaja que se deriva de esta codificación es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por medio de regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación, como la *CCIR-601*.

En conclusión, la digitalización del video es un proceso mediante el que se convierte la información de luminancia y croma presentes en la señal de video analógica a un formato digital. Es muy importante recalcar que en este punto todavía no existe compresión involucrada.

## 2.7 Aspectos del sentido de la vista humano

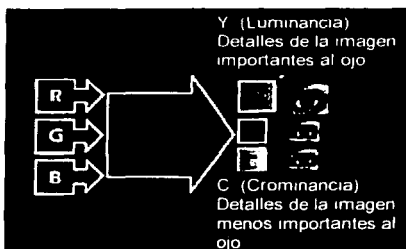


Figura 2.8 Aspectos humanos de la visión

Cuando miramos alguna cosa el ojo realiza dos tareas principales. Primera, reconoce los detalles de una escena, lo cual significa que tiene que percibir la resolución espacial de la imagen. La segunda tarea es reconocer los cambios dentro de la escena, en otras palabras, percibir su resolución temporal.

El termino "ver" como tal, en realidad solamente describe la idea de que la luz reflejada por los objetos que nos rodean entran a nuestros ojos. El ojo en si, contiene muchas partes que procesan la luz reflejada y

generan la imagen que nuestro cerebro entiende. Cuando la luz ha entrado a nuestros ojos, pasa a través de la córnea, el iris, la pupila y finalmente las lentes. Todas estas partes trabajan

juntas para enfocar la imagen en la parte posterior del ojo, llamada retina. Una vez en la retina la imagen puede ser reconocida y procesada por el cerebro. Para procesar la información de la imagen en el cerebro, la retina esta equipada con fotoreceptores los cuales, son estimulados en forma diferente.

Existen dos clases de fotoreceptores: bastones y conos, (estos nombres están basados en su forma real). Se ha visto que con los bastones podemos ver el negro y el blanco mientras que con los conos tenemos la posibilidad de distinguir los diferentes colores. Hay varias clases diferentes de conos, los cuales con especialmente sensitivos al rojo, verde y azul. Si la luz es reflejada sobre un alto número de conos, entonces nos permitirán obtener una alta resolución espacial de la imagen, ya que pequeños cambios en el color pueden ser reconocidos. Los bastones son mas sensitivos a la intensidad de la luz. Un aspecto importante de los conos y bastones dentro del contexto del video digitales su numero y su distribución en la retina. Si observamos por ejemplo, el centro de la retina encontraremos solamente conos. Areas más alejadas del centro poseen una distribución mas alta de bastones. Esta es la razon de porqué tenemos que mirar directamente alguna imagen para obtener todos sus detalles.

En total poseemos cerca de ciento veinte millones de bastones y solamente alrededor de ocho millones de conos en la retina. Los primeros, como se estableció, se distribuyen más cerca del centro de la retina. Esto conduce al hecho de que en general el ojo es relativamente menos sensitivo al color, especialmente a los cambios de color, características que son aprovechadas en las técnicas de compresión como MPEG, las cuales se verán más adelante.

## 2.8 Espacios de color

En el punto anterior se presentó la forma en que el ojo humano puede reconocer las imágenes, pero ¿cómo son descritas y estructuradas las imágenes en los equipos digitales?

Las aplicaciones de video tratan con los llamados espacios de color a fin de definir las imágenes. Un espacio de color es básicamente un modelo teórico, que describe como separar

un color en sus diferentes componentes. Existen dos tipos principales de espacios de color utilizados en video digital:

- RGB
- YUV/YCrCb.

RGB es utilizado principalmente en ambientes de cómputo, mientras que YUV/YCrCb se relaciona más con el mundo de la televisión.

### 2.8.1 RGB (Red, Green, Blue)

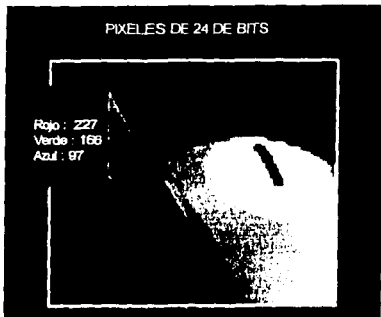


Figura 2.9 Imagen en espacio RGB

En el espacio de color RGB cada pixel en la pantalla tiene un correspondiente valor RGB. El valor RGB se construye con tres componentes los cuales definen un valor para las partes rojas, verdes y azules del color. Partes iguales de rojo, verde y azul sumadas juntas resultarán en blanco, gris o negro.

En el ambiente de las computadoras un número de bits son asignados para cada pixel para transportar información de color. Para poder reproducir todos los colores que un ojo humano puede ver en el mundo real se ha encontrado que cada componente de RGB deberá ser descrito con 8 bits, lo que da como resultado  $2^4$  (16 777 216) diferentes colores que pueden ser representados.

Sin embargo, los espacios de color RGB tienen algunas desventajas, un problema es el hecho de que la misma cantidad de bits son necesarios para cada uno de sus componentes a fin de crear todos los colores posibles. También, RGB no es muy bien empleado para aplicaciones de televisión donde se emplea otro espacio de color, el YUV y su relativo YCrCb.

### 2.8.2 YUV y YCrCb

En el espacio de color YUV la información de color se separa en forma diferente a como se hace con RGB. En vez de descomponer el color en sus componentes rojo, verde y azul, los separa en intensidad (Y) y dos componentes de color (U y V). La componente Y, que es básicamente la información de blanco y negro, también es llamada luminancia. Los componentes U y V son llamadas también crominancia.

Para aplicaciones de TV este espacio de color tiene algunas ventajas importantes. Primero que todo, es fácil soportar imágenes en blanco y negro además de imágenes en color. Una pantalla en blanco y negro solo utiliza la componente de luminancia de la señal. La pantalla de color utilizará tanto la información de luminancia como la de crominancia. También YUV se acerca más a nuestra percepción del color. Finalmente el espacio de color YUV de hecho sigue la estructura de procesamiento del ojo humano diferenciando la información visual en dos partes. Relacionado con YUV existe un espacio definido por la recomendación ITU-R 601 llamado YCrCb. Los valores de YCrCb pueden ser generados a partir de RGB aplicando algunas

multiplicaciones y sumas simples. Por ejemplo, el valor de Y puede ser calculado utilizando la siguiente ecuación :

$$Y=0.299R + 0.587G + 0.114 B$$

Para U y para V existen fórmulas similares.

## 2.9 Muestreo de valores de crominancia y luminancia

La palabra *pixel* es la contracción de *picture element*, es decir, elemento de imagen y es utilizada para representar las características de color de cada elemento de la imagen.

En el video digital por cada pixel hay información de color en forma de valores de componentes de color, por ejemplo Y,Cr,Cb, para los cuales están definidos. Sin embargo, para algunas aplicaciones, como la transmisión de televisión, la información de color para cada pixel puede ser menos segura que la información de luminancia. En este caso es posible asignar información de color, por ejemplo, solo a cada segundo pixel. Este método es descrito por una notación de "dos puntos", como por ejemplo, 4:2:2. Esta notación describe básicamente la relación entre el número de luminancia y las muestras de crominancia tomadas mientras se digitalizan las imágenes de video :

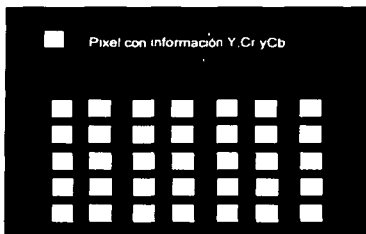


Figura 2.10. Muestreo 4:4:4

- Razón de muestreo 4:2:0 y 4:1:1. Los formatos 4:2:0 y 4:1:1 reducen aun más el número de muestras de información de crominancia. Para 4:2:0 y 4:1:1 la información de crominancia solamente esta disponible para cada cuarto pixel. El formato 4:2:0 es un caso especial de 4:1:1 donde los valores de crominancia son calculados y por ello representan un valor que queda fuera de las muestra de luminancia.

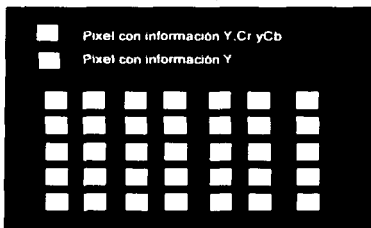


Figura 2.11. Muestreo 4:2:2

## 2.10 Formatos de video digital

Si el video es representado digitalmente, existen pocas opciones para definir la resolución vertical y horizontal de la imagen, el número de imágenes por segundo y el número de bits utilizados para almacenar la información de color. Si diferentes aplicaciones manejaran el material de video digital, es necesario que todas estas aplicaciones tengan una base común de entendimiento de los parámetros mencionados antes. Los formatos de video digital mas importantes se describen enseguida.

### 2.10.1 Recomendación ITU-R 601

La recomendación ITU-R 601 también conocida con el nombre de CCIR-601 define los parámetros básicos para la digitalización de material de video analógico. Cubre los estandares de TV tanto PAL como NTSC. Para la razón de muestra 4:2:2 una imagen codificada de acuerdo a la ITU-R 601 tiene 858 muestras por línea para la luminancia en NTSC o 864 para PAL y 429 muestras de crominancia en NTSC o 432 para PAL para los componentes de crominancia Cr y Cb.

La tabla 2.1 Resume las líneas digitales activas definidas por ITU-R-601.

TABLA 2.1 FORMATOS DEFINIDOS POR ITU-R 601

Razón de muestra	muestras por línea digital activa para la componente Y	muestras por línea digital activa para la componente Cr	muestras por línea digital activa para la componente Cb	bits necesarios por segundo (8 bits por componente 25 cuadros/seg y 625 líneas)
4:4:4	720	720	720	270 Mbit
4:2:2	720	360	360	180 Mbit

### 2.10.2 Formato SIF y CIF (Source Input Format y Common Interchange Format)

El formato SIF (Source Input Format) y el CIF son formatos de video digital que estan definidos por MPEG-1 y las recomendación para video conferencia ITU-T H.261. El formato SIF especifica la resolución de luminancia de un cuadro sea de 360 X 242 pixeles para sistemas de 30 cuadros por segundo (fps). Para sistemas de 35 fps, SIF define una resolución de 360 X 288 pixeles. El formato de muestreo para SIF es 4:2:0.

El formato CIF fue desarrollado en el contexto de la recomendación ITU-T-H.261 a fin de tener un formato común al que los cuadros basados en PAL y NTSC pudieran ser convertidos. CIF utiliza una velocidad de cuadro de 30 fps y una resolución de 352 X 288 pixeles para la componente de luminancia. El formato de muestreo en CIF también es de 4:2:0. La tabla 2.2 Resume los parametros de SIF y CIF.

TABLA 2.2 FORMATOS CIF y SIF

Resoluciones Horizontal/Vertical	SIF (30 fps)	SIF (25 fps)	CIF (30 fps)
Y	360 x 242	360 X 288	352 X 288
Cr	180 x 121	180 X 144	176 X 144
Cb	180 X 121	180 X 144	176 X 144
Formato de Muestreo	4 2 0	4 2 0	4 2 0

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Otros formatos de video digital han sido definidos para coincidir con las pantallas de computadora. Empezando con los pixeles cuadrados *VGA*, el cual es una matriz de 640 X 480, el formato *CIF* (Common Intermediate Format) fue definido con un cuarto de la resolución *VGA* o 320X240. Con el incremento en la división del formato *CIF* por un factor de cuatro, obtenemos el formato *QCIF*, o Quarter-*CIF* y que se utiliza para aplicaciones con baja calidad de video. Formatos de resoluciones más altas han sido creadas a partir del formato *VGA*, llamados *Super-VGA* o *SVGA*.

Varios formatos de video digital se muestran en la Fig. 2.12

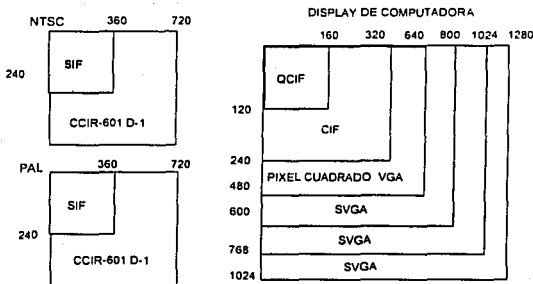


Fig. 2.12 Formatos de video digital

## 2.11 Fundamentos del audio

### 2.11.1 Aspectos del sentido del oído humano

El oído humano es un mecanismo muy complejo. Cuando escuchamos, en nuestros oídos se cambia la presión alterna del aire en señales que puedan ser procesadas e interpretadas por nuestro cerebro. Nuestro sistema de oído consiste de muchos subsistemas de los cuales solo algunos de los más relevantes se mencionan aquí.

Cuando escuchamos un sonido, este, primero es convertido a impulsos mecánicos por medio de una membrana conectada a tres pequeños huesos en el oído interno. La membrana timpánica, como se le llama y los tres pequeños huesos, el martillo, el yunque y estribo llevan las vibraciones a un órgano lleno de líquido en forma espiral llamado caracol. El caracol contiene muchos finos vellos los cuales, están conectados a los nervios que llevan el sonido al centro de escucha del cerebro.

### 2.11.2 Términos básicos y conceptos

- **Sensitividad a la frecuencia.** Nuestro oído no es igualmente sensitivo a todas las frecuencias. Somos más sensibles a las frecuencias dentro del rango de 1 a 3 KHz. No es sorprendente que en este rango de frecuencias encontremos muchos de los sonidos de nuestro interés tales como las voces.

- **Directividad.** Tendemos a ser más sensitivos a la directividad de los sonidos en el rango de frecuencias de 0.2-3 KHz. Esto significa que es virtualmente imposible para nosotros saber de donde viene una frecuencia de por ejemplo 100 Hz.
- **Enmascaramiento temporal.** Nuestro oído no solo enmascara frecuencias que se ven cubiertas por frecuencias cercanas de una potencia más alta. Existe también un efecto de enmascaramiento sobre el tiempo a transitorios de potencia alta. Si por ejemplo escuchamos el disparo de una pistola por ejemplo, no es posible escuchar nada enseguida al disparo, pero más interesante es que no es posible escuchar nada un instante antes. Esto es llamado pre y post enmascaramiento. El pre enmascaramiento es de corta duración 2-5 ms y el post enmascaramiento puede durar hasta 100 ms.

Estas propiedades psicoacústicas de nuestro sentido del oído son el punto de partida donde los algoritmos de compresión hacen su trabajo ¿ Qué es el sonido entonces ? El sonido es simplemente la propagación de presiones alternas de presión, las cuales se expanden en el espacio libre como anillos en las tres dimensiones. Esto es un cambio de momento de una molécula de aire a la siguiente. Cuando el sonido viaja a través del aire lo hace a velocidades de aproximadamente 342 m/seg (a 20 °C). Cuando alguien silba, produce ondas de aire con presiones que emanan del silbado con una cierta frecuencia. El rango de frecuencias que los humanos pueden escuchar esta normalmente considerado dentro del rango de 16-20 000 Hz. Hay varias maneras de medir el nivel (amplitud) de un sonido. Una de las más comunes es la de medir en decibeles el nivel de la presión de sonido o dB SPL. El decibel es una expresión logarítmica de un nivel dado, comparada con un cierto nivel de referencia. Cuando un nivel de sonido es representado en db SPL, significa simplemente que la presión del sonido esta representada en decibeles.

Cuando nos referimos a la reproducción del sonido, un dato de referencia es la relación de señal a ruido SNR (Signal to Noise Rate). Virtualmente en todos los sistemas que reproducen sonido se introduce ruido a la señal original, la amplitud de este ruido podría variar entre diferentes tipos de sistemas. Un ejemplo clásico es el de los CDs donde el ruido es mas bajo que en los viejos discos de vinil. La relación señal a ruido es simplemente la diferencia en magnitud entre la señal y el ruido introducido.

### 2.11.3 Codificación de audio digital

El audio se digitaliza de acuerdo a una velocidad de muestreo y utilizando un tamaño de muestra seleccionada. Por supuesto que los niveles de calidad alcanzados se basan en el número de muestras por segundo y en el número de bits utilizados para representar cada muestra.

La regla básica para la digitalización se basa en el teorema de Nyquist, el cual determina que la velocidad de muestreo deberá ser mayor que dos veces la frecuencia más alta de la señal analógica.

Estos son ejemplos de algunos sistemas y sus correspondientes rangos de frecuencia:

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| • La percepción humana | 20 Hz a 22 kHz  |
| • Transmisión de FM    | 70 Hz a 15 KHz  |
| • Voz telefonica       | 400Hz a 3.5 KHz |

Esto explica porqué las grabaciones en CD utilizan una frecuencia de muestreo de 44.1 KHz, aproximadamente el doble de la respuesta de frecuencia máxima del sistema auditivo humano. En telefonía digital, donde la alta fidelidad del audio, no es tan importante, las señales se muestrean a 8 kHz. Algunos de los formatos más comúnmente utilizados se ilustran en la tabla siguiente:



TABLA 2.3 CALIDAD DE AUDIO DIGITAL

Calidad	Muestras/seg.	Bits/muestra	Ancho de banda requerido
Telefonia	8000	8	64 kbps
CD audio digital	44100	16X2 canales	1.4 Mbps
HDTV DAT	48000	18X 6 canales	5.1 Mbps

## 2.12 Compresión de video

La compresión digital es el proceso de reducir el número de bits necesarios para representar un conjunto de datos, por medio del aprovechamiento de la redundancia. En algunos casos esto es simple : si tenemos un archivo de datos conteniendo únicamente ceros, es obvio que no necesitamos almacenar el archivo completo, bastará con contar el número de ceros y almacenar un entero que represente ese dato.

Al reducir el número de bits utilizados para almacenar un conjunto de datos, no solamente reducimos el espacio requerido para almacenarlos, también se reduce el ancho de banda necesario para transmitirlo y por consecuencia, los costos. En el mundo del video digital ambos puntos son muy necesarios.

Tomemos como ejemplo uno de los formatos definidos para la radiodifusión de HDTV ; en Estados Unidos es de 1920 pixeles horizontalmente por 1080 líneas verticalmente a 30 cuadros por segundo, si consideramos ocho bits para cada uno de los colores primarios, entonces, el total de la velocidad de datos requerida deberá ser aproximadamente 1.5 Gbps

$$1920 \text{ pixeles} \times 1080 \text{ pixeles} = 2\,073\,600 \text{ pixeles/cuadro}$$

$$2\,073\,600 \text{ pixeles/cuadro} \times 30 \text{ cuadros/seg} = 62\,208\,000 \text{ pixeles/seg}$$

$$62\,208\,000 \text{ pixeles/seg} \times 24 \text{ bits/pixel} = 1.5 \text{ Gbps}$$

Debido a que el ancho de banda disponible por canal es de 6 MHz, entonces cada canal podrá soportar una velocidad de 18 Mbps

Como puede verse esta restricción en la velocidad de los datos significa que la señal original deberá ser comprimida por a una razón de aproximadamente 83:1, con lo que queda manifiesta la enorme importancia de las técnicas de compresión para hacer esto posible.

Así que entonces, veremos que video y compresión siempre van de la mano, fundamentalmente por que el video y especialmente el de alta calidad son aplicaciones que demandan mucho ancho de banda. La compresión es requerida simplemente, para hacer económicamente posible el manejo del video.

Toda compresión digital es un riesgo, es apostar al hecho de que existe redundancia en los datos y que éstos pueden ser comprimidos. Afortunadamente, cualquier imagen de video normal posee una cantidad importante de tal redundancia. Sin embargo, siempre es posible toparse con una imagen de video real o no, que puede sobrecargar un compresor al punto donde no pueda mantener una buena calidad de imagen. Es esta clase de falla la que le da a la compresión una mala reputación dentro de algunos círculos.

La compresión como tal, no sería útil sin una forma de descomprimir y recuperar los datos originales, por ello, se requiere de algún dispositivo que realice la operación inversa a la compresión, es decir, un descompresor. Por lo tanto, para realizar un proceso de compresión-descompresión se necesita un par de compresores/descompresores o *codecs*, palabra formada de *compressor/decompressor*.

## 2.12.1 Codecs con pérdida y códecs sin pérdida

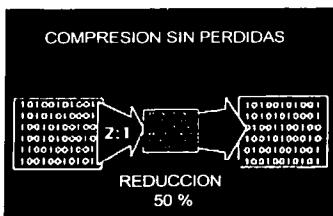


Figura 2.13 Compresión sin pérdidas

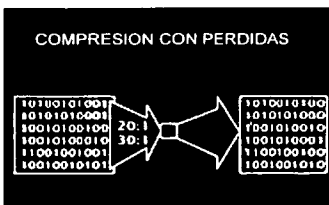


Figura 2.14 Compresión con pérdidas

Todos los codecs pueden ser divididos en dos categorías : con pérdida y sin pérdida. Los codecs sin pérdida preservan completamente los datos que comprimen, es decir, se obtiene a la salida lo que se puso exactamente a la entrada. Debido a esto, podemos comprimir cualquier cosa con un compresor sin pérdidas sin temor a que se distorsionen los datos, o en el caso del video, la imagen. Desafortunadamente, los compresores sin pérdidas no pueden lograr el nivel de compresión que se necesita para el video. Los compresores sin pérdidas lograrán una razón de compresión de cuando mucho 2:1.

Por otra parte, los codecs con pérdidas, solamente regresan una aproximación de los datos que entraron al compresor, que tan cercana es la aproximación, es lo que determina la calidad de los codecs. Típicamente, existe una relación directa entre la calidad de la salida de un codec y el nivel de compresión que es posible obtener. Muchos codecs pueden lograr compresiones de 30:1 o más sin una visible degradación de la imagen.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 2.12.2 Compresión perceptual

Los codecs de video toman ventaja de las características del sistema de percepción humana. Por ejemplo, debido a que nuestros ojos son más sensitivos a la luminosidad que al color, podemos dedicar relativamente menos ancho de banda a los componentes del color, logrando compresiones mayores.

Existen otros trucos que se realizan cuando se codifica color, nuevamente, tomando ventaja de los límites en la percepción humana. Sin embargo, algunos codecs pueden cambiar, y usualmente reducir, la tonalidad del color. Esto a veces puede generar corrimientos de color desagradables.

## 2.12.3 Compresión espacial

Como se dijo antes, los compresores trabajan removiendo redundancias de los datos. La compresión espacial o intraframe, como también se le llama, toma en cuenta las similitudes dentro de un cuadro de video. Por ejemplo, una extensión de cielo azul varía un poco de pixel a pixel, por lo que no se necesita almacenar el mismo número de bits para tal área, como el que se almacenaría para una área con gran cantidad de detalles.

Debido a que la compresión espacial busca similitudes, el ruido del video puede reducir la efectividad de la compresión.



Figura 2.15 Cuadros muestra donde se puede utilizar compresión espacial

#### 2.12.4 Compresión temporal

Muchos codecs también agregan el concepto de compresión temporal o *interframe*. Esto permite al codec utilizar la ventaja de la similitud entre cuadros de video sucesivo. Si dos cuadros sucesivos tienen el mismo fondo, no es necesario almacenar el fondo nuevamente, sino que solo será necesario almacenar las diferencias entre los dos cuadros.

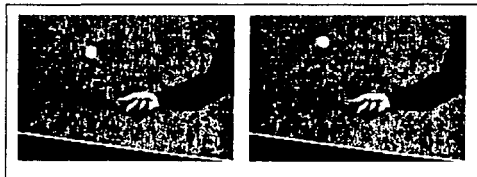


Fig. 2.16. Secuencia de imágenes donde se pueden aplicar compresión temporal

Para lograr aún mayor compresión algunos codecs incorporan el concepto de predicción de movimiento. Más que comparar simplemente dos cuadros sucesivos, esta técnica considera los objetos en movimiento de un cuadro y predice en donde se encontrará en el siguiente cuadro, de tal forma que solamente la diferencia de lugar entre la predicción y la posición real necesitan ser almacenadas.

Debido a que la compresión temporal hace a un cuadro dependiente de otro, la edición de video comprimido temporalmente se vuelve difícil o imposible, ya que la edición podría requerir que el video sea descomprimido y recomprimido creando datos falsos dentro del proceso. Por tal razón, la compresión temporal es mejor utilizada para transmisión final.

La compresión temporal puede producir una reducción significativa de datos, sin embargo, esta efectividad se ve disminuida por las técnicas comunes del cine, tales como paneos, zooms lentos o el trabajo de cámara manejado con brusquedad. Como la compresión espacial, también es sensible al ruido.

### 2.12.5 Limitación en la velocidad de los datos

Algunos compresores poseen una característica conocida como "limitación en la velocidad de datos", con la que un codec puede controlar dinámicamente la cantidad de compresión y consecuentemente la calidad de la imagen, mientras mantienen constante la velocidad de compresión de los datos. Esto es útil cuando el flujo de datos comprimidos serán recuperados desde un dispositivo de almacenamiento con una velocidad de datos fija, tal como en un CD-ROM.

## 2.13 Estandarización en los sistemas de compresión

Dos esfuerzos de estandarización importantes se empezaron a finales de los 80's. Uno es el estándar del ITU-T para videoconferencia y video telefonía, conocido como H 261 y el otro es el conocido como MPEG (Moving Pictures Experts Group) auspiciado por ISO/IEC a fin de definir un algoritmo de codificación de video para aplicaciones en medios de almacenamiento digital. Cuando el comité MPEG empezó la tarea especificando una sintaxis para video digital comprimido, su objetivo era liberar video en un disco compacto, tomando en cuenta su baja velocidad de transferencia de 1.5 Mbps

### 2.13.1 Estándares MPEG

MPEG ( Moving Picture Coding Experts Group ) es el acrónimo con el que se refiere a un grupo de expertos sobre cuestiones relacionadas con el video, el grupo fue establecido en enero de 1988 con el objetivo de desarrollar estándares para la representación codificada de imágenes en movimiento, audio y su combinación

Este organismo opera en el marco del comité técnico en tecnología de información de la unión de los organismos ISO/IEC y establecido formalmente como WG11 del SC29

Los títulos oficiales de los estándares desarrollados por ellos son :

- MPEG-1 Código para imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento de hasta 1.5 Mbps
- MPEG-2 Código genérico de imágenes en movimiento e información de audio asociada.

Tanto MPEG-1 como MPEG-2 son formalmente referidos como el estándar internacional 11172 y 13818 respectivamente. La parte de video de MPEG-2 (es decir el estándar ISO/IEC DIS 13818-2) ha sido incorporado en las series H del ITU-T para los sistemas de comunicación audiovisual, llevando el nombre de ITU-T Recomendación H 262

### 2.13.2 Aplicaciones de los estándares MPEG

**MPEG-1** . Un estándar para almacenamiento y recuperación de imágenes y audio en sistemas de almacenamiento

Este estándar fue desarrollado en respuesta a las necesidades crecientes de un formato común para representar video comprimido en varios medios de almacenamiento tales como CD's, DAT's, discos Winchester y drives ópticos

El estándar especifica una representación codificada, que puede ser utilizada para comprimir secuencias de video a velocidades de hasta 1.5 Mbps. El uso de este estándar significa que el

video en movimiento puede ser manipulado como una forma de datos de computadora y que por lo tanto, puede ser transmitido y recibido sobre las redes existentes y futuras. La representación codificada puede ser utilizada tanto en sistemas NTSC como PAL y además proveyendo flexibilidad para utilizarse con una workstation o la pantalla de una computadora personal.

### 2.13.3 MPEG-2

Los estándares MPEG-2 describen las tecnologías de compresión y sintaxis del tren de bits que permite la transmisión de audio y video en redes de banda ancha. Estos estándares también describen los aspectos necesarios para multiplexar programas, permitir la sincronización de relojes así como definir y utilizar los enlaces de redes que transporten contenido de audio y video

En muchos casos MPEG-2 esta asociado solamente con compresión de video, la cual es ciertamente una de las partes más importantes de su funcionalidad, no obstante, la familia de estándares MPEG-2 incluye más que solamente video puro. El rango de aplicaciones posibles listados en los documentos del estándar incluyen :

- ✓ Servicios de transmisión via satélite
- ✓ Distribución de señales de televisión por cable, en redes ópticas, por cobro, etc.
- ✓ Distribución de audio digital por cable
- ✓ Transmisiones de audio digital (terrestre y por satélite)
- ✓ Transmisiones terrestres de televisión
- ✓ Cinema electrónico
- ✓ Recopilación electrónica de noticias
- ✓ Comunicaciones interpersonales (videoconferencia, videoteléfono, etc)
- ✓ Medios interactivos de almacenamiento (discos ópticos, etc.)
- ✓ Correo multimedia
- ✓ Servicios de bases de datos en red
- ✓ Servicios de supervisión remota por video
- ✓ Medios de almacenamiento serial (VTR digital, etc)

### 2.13.4 Parámetros obligatorios del flujo de bits, perfiles y niveles

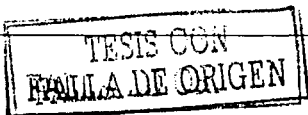
#### Parámetros Obligatorios del flujo de bits MPEG-1

Debido a la amplitud de características del flujo de bits que pueden ser representados por este estándar, un sub conjunto de estos parámetros de codificación conocido como los "Parámetros obligatorios del flujo de bits" ha sido definido (tabla 1)

La meta al definir los parámetros obligatorios es ofrecer una guía acerca de la utilidad tan amplia de estos parámetros. Conforme a este conjunto de requisitos se considera un requerimiento de este estándar. Una bandera en el flujo de bits indica si se es o no un parámetro obligatorio del flujo de bits

Tabla 2.4 MPEG-1 MPEG-2 Perfiles y Niveles

Parámetros	Valores
Tamaño horizontal de imagen	<= 768 pels
Tamaño vertical de imagen	<= 576 líneas
Área de imagen	<= 396 macrobloques
Velocidad de pixel	<= 396 X 25 macrobloques/s
Velocidad de imagen	<= 30 Hz
Rango del vector de movimiento	dentro de -64 +63.5
Tamaño de buffer	<= 327 680 bits
Velocidad de datos	<= 1856 000 bits/s



El perfil principal de video MPEG-2 y el nivel principal es el análogo a los parámetros obligatorios del flujo de bits de MPEG-1 con límites de muestreo de acuerdo a los parámetros del CCIR 601 (720X480X30 Hz o 720X576X24 Hz. Los perfiles limitan la sintaxis (es decir, los algoritmos mientras que los niveles limitan los parámetros de codificación (velocidades de muestreo, dimensiones de cuadro, velocidades de codificación, etc.) Estos están agrupados y mostrados en la siguiente tabla. Las combinaciones marcadas con "✓" son reconocidas por el estándar mientras que las marcadas con "x" son ilegítimas

El perfil principal de video y el nivel principal (abreviado como MP@ML normaliza la complejidad dentro de límites posibles de la tecnología de 1994 VLSI (0.5 micras) MP@ML es un punto de acuerdo para muchos sistemas de TV por cable y satélite

TABLA 2.5 Perfiles y Niveles MPEG-2

	Perfil Simple	Perfil Principal	Perfil escalable SNR	Perfil escalable Espacialmente	Alto Perfil	Perfil 4:2:2
Alto nivel	X	✓	X	X	✓	X
Nivel High-1440	X	✓	X	✓	✓	X
Nivel Principal	✓	✓	✓	X	✓	✓
Bajo nivel	X	✓	✓	X	X	X

La tabla 2.6 expresa los parámetros vinculados de MPEG-2 MP@ML y los flujos de video.

TABLA 2.6 Límites de parámetros para MPEG-2 MP@ML

Parámetro	Límite
Muestras/linea	720
Líneas/cuadro	576
Cuadros/segundo	30
Muestras/segundo	10,368,000
Velocidad	15 Mb/s
Tamaño de Buffer	1,835,008 bits
Formato de Cromo	4:2:0
Razón de aspecto de Imagen	4:3, 16:9 y pels cuadrados

## 2.14 Partes y Estado de los documentos MPEG

MPEG-1 es un estándar de 5 partes:

1. ISO/IEC 11172-1:1993 Tecnología de Información - Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta 1.5 Mb/s. Parte 1. Sistemas
2. ISO/IEC 11172-2:1993 Tecnología de Información - Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta 1.5 Mb/s. Parte 2. Video

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3. ISO/IEC 11172-3:1993 Tecnología de Información - Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta 1.5 Mbps. Parte 3. Audio
4. ISO/IEC 11172-4:1993 Tecnología de Información - Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta 1.5 Mbps. Parte 4. Pruebas de conformidad
5. ISO/IEC 11172-4:1993 Tecnología de Información - Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta 1.5 Mbps. Parte 5. Software de simulación

### **Parte 1. Sistemas**

La parte 1 del estándar se dirige al problema de combinar uno o mas trenes de datos (streams) de audio y video de estándar MPEG-1, con información de temporización para formar un solo stream. Esta es una función importante, ya que una vez combinados los datos en un solo stream, los datos se encuentran en una forma útil para almacenamiento digital o transmisión.

### **Parte 2. Video**

Esta parte especifica una representación codificada que puede ser utilizada para comprimir secuencias de video a velocidades de 1.5 Mbps. Esta parte fue desarrollada para operar principalmente desde medios de almacenamiento que ofrezcan una transferencia continua a velocidades de 1.5 Mbps.

### **Parte 3. Audio**

Especifica una representación que puede utilizarse para comprimir secuencias de audio (tanto mono como estéreo). Las muestras de audio son alimentadas al encoder, el mapeado crea una representación filtrada y submuestreada del tren de audio de entrada. Un modelo psicoacústico crea un conjunto de datos para controlar el cuantificador y el codificador. El cuantificador y el codificador de bloque crean un conjunto de símbolos de código del mapa de muestras de la entrada. El bloque de empaquetamiento de cuadros ensambla el flujo de bits de la salida de datos del otro bloque y agrega otra información si es necesario.

### **Parte 4. Pruebas de conformidad**

Especifica como pueden ser diseñadas las pruebas para verificar si los flujos de bits y los decodificadores cumplen los requerimientos especificados en las partes 1.2 y 3 del estándar MPEG-1. Estas pruebas pueden ser utilizadas para

- Fabricantes de codecs y clientes para verificar si el codec produce flujos de datos válidos
- Fabricantes de codecs y sus clientes esperan verificar si el codec cumple con los requerimientos especificados en las partes 1.2 y 3 del estándar

### **Parte 5. Simulación del software**

Técnicamente no es un estándar, pero un reporte técnico da una completa implementación del software de las tres primeras partes del estándar MPEG-1.

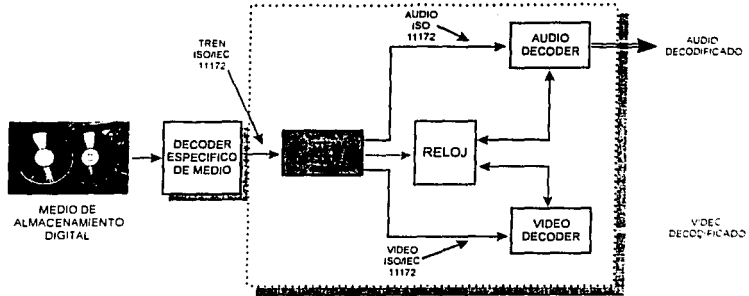


Figure 2.17 Decodificador Prototipo ISO/IEC 11172

### 2.14.1 MPEG-2

MPEG-2 es un estándar de 10 partes. Las primeras tres partes de MPEG-2 han alcanzado el estatus de estándar internacional las otras partes están en un nivel de alcanzarlo.

1. ISO/IEC DIS 13818-1 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado: Parte 1: Sistemas
2. ISO/IEC DIS 13818-2 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 2 Video
3. ISO/IEC DIS 13818-3 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado. Parte 3. Audio
4. ISO/IEC DIS 13818-4 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 4 Pruebas de conformidad
5. ISO/IEC DIS 13818-5 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 5 Software de simulación
6. ISO/IEC DIS 13818-6 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 6 Extensiones de DSM-CC (Digital Storage Media - Command Control) es una implementación completa
9. ISO/IEC DIS 13818-9 Tecnología de información – Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 9 Extensiones de interfases de tiempo real para sistemas decodificadores
10. ISO/IEC DIS 13818-10 Tecnología de información - Código genérico para imágenes en movimiento e información de audio asociado Parte 10 DSM Reference Script Format.

TECNOLOGIA DE ALMACENAMIENTO  
FALLA DE ALMACENAMIENTO



**Sistemas**

La parte 1de MPEG-2 maneja la combinación de uno o mas flujos elementales de audio y video así como otros datos, en uno o más flujos los cuales son útiles para almacenamiento o transmisión. Esta parte está especificada en dos formas: flujo de programa y flujo de transporte, y cada una está optimizada para diferente conjunto de aplicaciones. Figura 2.18.

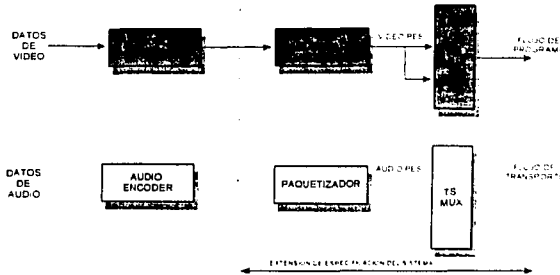


Fig. 2.18 Modelo de sistema MPEG-2

El flujo de programa es similar al Multiplexaje de sistema MPEG-1. Resulta de la combinación de uno o más flujos elementales paquetizados (PES) los cuales tienen una base de tiempo común. El flujo de programa está diseñado para ser utilizado en ambientes relativamente libres de error y es utilizable para aplicaciones que podrían involucrar software de procesamiento. Los paquetes de flujo de programa pueden ser de longitud variable como se muestra en la figura 2.19.

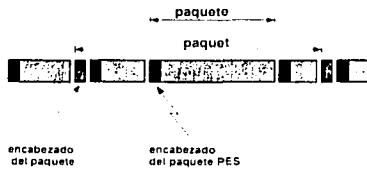


Fig. 2.19 Flujo de programa MPEG-2

El flujo de transporte combina uno o más flujos elementales paquetizados (PES) con una o más bases de tiempo independientes en un solo flujo. Los flujos elementales comparten una base de tiempo común. El flujo de transporte está diseñado para utilizarse en ambientes donde los errores son mínimos. Los paquetes en el flujo de transporte son de 188 bytes de longitud.

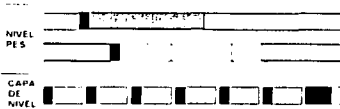


Fig. 2.20 Flujo de transporte de MPEG-2

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La parte 2 de MPEG-2 esta basada en las poderosas capacidades de compresión del estándar MPEG-1 para ofrecer un amplio rango de herramientas de codificación. Estas han sido agrupadas en perfiles para ofrecer funcionalidades diferentes, los cuales han sido mencionados antes en la sección 2.13.

Desde la aprobación final del estándar de video de MPEG-2 en Noviembre de 1994, un perfil adicional ha sido desarrollado. Este utiliza herramientas de codificación existentes del video MPEG-2 y posee la capacidad para tratar imágenes que tengan una resolución de color de 4:2:2 y velocidades mas altas.

El perfil 4.2.2 ha sido aprobado finalmente en enero de 1996 y ahora es parte integral de video MPEG-2.

El perfil Multiview es un perfil adicional, para ser utilizado con herramientas de codificación existentes de video MPEG-2, con el que es posible codificar de manera eficiente dos secuencias de video tomadas desde dos cámaras con un pequeño ángulo entre ellas.

La parte 3 de MPEG-2 es una extensión multicanal compatible del estándar de audio de MPEG-1.

Las partes 4 y 5 de MPEG-2 corresponden a las partes 4 y 5 de MPEG-1 aprobadas en marzo de 1996.

La parte 6 de MPEG-2 - Control y comando de almacenamiento en medio digital ( Digital Storage Media Command and Control) (DSM-CC) es la especificación de un conjunto de protocolos los cuales proveen de las funciones de control y operaciones específicas para manejar flujos de bits MPEG-1 y MPEG-2. Estos protocolos podrían ser utilizados para soportar aplicaciones tanto stand alone como en ambientes heterogéneos.

La parte 7 de MPEG-2 es la especificación de un algoritmo de codificación de audio multicanal y no estará restringido a ser compatible con MPEG-1.

La parte 8 de MPEG-2 fue planeada originalmente para codificar video cuando las muestras fueran de 10 bits. Estos trabajos fueron descontinuados cuando se hizo aparente que no había suficiente interés de la industria en tal estándar.

La parte 9 de MPEG-2 es la especificación de la interfase de tiempo real (RTI) para decoders de flujo de transporte el cual podría ser utilizado para adaptar a todas las redes que manejen flujos de transporte.

#### 2.14.2 Adopción de los estándares

Desde el desarrollo de los estándares MPEG-1 varias aplicaciones han incorporado ya estos estándares en su implementación. Estas incluyen:

CD, CD-Interactivo (CD-I), liberación de video a través de internet

Del mismo modo MPEG-2 ha incursionado en áreas de aplicación tales como DVD, Betacam-digital, TV por cable, HDTV, videoconferencia. En particular el DVD (Digital Versatile Disk) se espera que domine el mercado de video digital de los próximos años, del mismo modo que la tecnología CD-ROM ha dominado la industria del audio en el pasado. La capacidad de almacenamiento del DVD (17 Gb) es mucho más alta que la de un CD-ROM (600 Mb) además de que un DVD puede liberar los datos a una velocidad tan alta como la del CD-ROM, se afirma que el DVD sera el reemplazo inevitable de la vieja tecnología de VCR en los próximos años.

2.14.3 Descripción técnica del video en los estándares MPEG

MPEG-1, Part 2: Video.

El esquema de codificación de MPEG-1 se ilustra en el diagrama de las figuras. Las bases teóricas para la compresión son las mismas que se utilizan en estándares como H.261 y H.263,bis, ya que utilizan la transformada DCT (Discrete Cosine Transform) para reducir la redundancia espacial, y compensación de movimiento para redundancia temporal. No obstante debe notarse, que debido a la gran complejidad (por ejemplo, predicción bidireccional) los codecs necesitan almacenar tanto la imagen previa como la futura.

2.14.4 Jerarquía de datos del stream de video

Tanto el estándar MPEG-1 como el MPEG-2 definen una jerarquía de estructura de datos en el stream de video como se enlista abajo:

- Secuencia de video. Consiste de un encabezado de secuencia, uno o más grupos de imágenes y un código de secuencia de terminación. La secuencia de video es otro término para referirse a un stream de video, como se definió antes.
- Grupo de imágenes (GOP). Una serie de una o más imágenes cuyo propósito es permitir accesos aleatorios a la secuencia

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

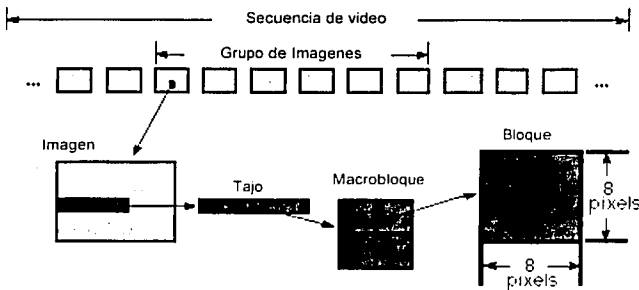


Fig. 2.23 Jerarquía de datos MPEG

Imagen

La unidad de código primario de una secuencia de video. Una imagen consiste de tres matrices rectangulares representando la luminancia (Y) y dos valores de crominancia (Cb, Cr). La matriz Y tienen un número impar de filas y columnas. Las matrices Cb y Cr son de la mitad del tamaño de la matriz Y en cada dirección (horizontal y vertical)

La figura siguiente muestra las ubicaciones relativas x-y de los componentes de luminancia y crominancia. Nótese que para cada cuatro valores de luminancia hay dos valores de crominancia asociados: un valor Cb y un valor Cr

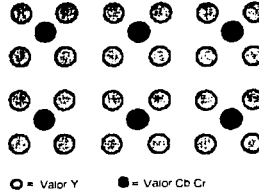


Fig. 2.24 Ubicación de valores de luminancia y crominancia

### Slice (Tajo)

Uno o más macrobloques contiguos. El orden de los macrobloques dentro de un slice es de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Los slices son importantes en el manejo de errores, si el flujo de bits contiene un error, el decodificador puede saltar al principio del siguiente slice. Teniendo más slices en el flujo de bits se puede hacer un mejor ocultamiento de los errores, pero se utilizan bits que de otra manera podrían ser utilizados para mejorar la calidad de la imagen.

### Macrobloque

La unidad básica de codificación en el algoritmo MPEG. Este es un segmento de 16X16 píxeles en un cuadro. Ya que cada componente de crominancia tiene la mitad de la resolución vertical y horizontal del componente de luminancia, un macrobloque consiste de cuatro bloques Y un bloque Cr y un bloque Cb.

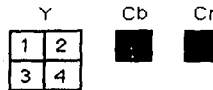


Fig. 2.25 Composición de macrobloque

### Bloque

La unidad más pequeña de codificación en el algoritmo MPEG, consiste de 8X8 píxeles y puede ser de uno de tres tipos:

- ✓ Luminancia (Y)
- ✓ Crominancia roja (Cr)
- ✓ Crominancia azul (Cb)

El bloque es la unidad básica en una codificación intraframe

#### 2.14.5 Redundancia de la información

Mucha de la información en una imagen dentro de una secuencia de video, es similar a la existente dentro de una imagen subsecuente previa. Los estándares MPEG-1 y MPEG-2 toman en cuenta esta redundancia para representar algunas imágenes en términos de sus diferencias desde otra de referencia

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los tipos de redundancia , de las que ya se habló antes en términos generales y que se explotan en MPEG-2 son :

✓ **Redundancia espacial**

Son grandes áreas de información similar dentro de un cuadro. Esta área puede ser comprimida independientemente de cualquier otro cuadro.

✓ **Redundancia temporal**

Es información similar en diferentes cuadros . Esta clase de información puede ser también utilizada para compresión.

MPEG-2 utiliza la transformada de coseno discreto (DCT) y la codificación de entropía para tratar con redundancias espaciales (código intraframe) y compensación de movimiento para las redundancias temporales (código interframe)

La codificación Huffman también se utiliza para representar eficientemente los datos repetidos.

### 2.14.6 Tipos de imagen

El estándar MPEG define específicamente tres tipos de imágenes

1. Intra imágenes (imágenes - I)
2. Imágenes pronosticadas (imágenes - P)
3. Imágenes bidireccionales (imágenes - B)

Estos tres tipos de imágenes son combinadas para formar un grupo de imágenes (GOP) como se muestra en la fig. 2.26

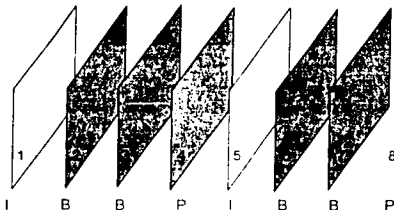


Fig. 2.26 - GOP

#### Intra Imágenes

Las intra imágenes o imágenes I son codificadas utilizando solo información presente de la imagen en si, y no dependen de otra imagen para ser reconstruida. Estas imágenes explotan la redundancia espacial para comprimir la información dentro del cuadro y proveen una compresión moderada, utilizando típicamente alrededor de 2 bits por cada pixel.

### Imágenes pronosticadas

Las imágenes pronosticadas o imágenes P, se codifican con respecto a la imagen previa más próxima I o P y explota la redundancia temporal o espacial para comprimir un cuadro de video. Un cuadro ancla deberá estar referenciado a fin de reconstruir la imagen y las referencias son siempre hechas hacia cuadros anteriores. Esta técnica es llamada predicción hacia adelante. Como las imágenes I, las imágenes P pueden servir también como herramienta de predicción para imágenes B e imágenes futuras P. Es más, las imágenes P utilizan compensación de movimiento para proveer más compresión que la que se puede lograr con las imágenes I.

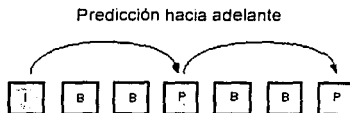


Fig. 2.27 Predicción hacia adelante

### Imágenes bidireccionales

Las imágenes bidireccionales o imágenes B, son imágenes que utilizan como referencia tanto las imágenes pasadas como las futuras. Esta técnica es llamada predicción bidireccional y es posible debido a que en el momento de la codificación el encoder tiene el acceso a las siguientes imágenes. Las imágenes B proveen la compresión mayor, sin embargo el tiempo de procesamiento es más largo.

Las imágenes pronosticadas (P) solamente buscan bloques en los cuadros pasados, mientras que las imágenes bidireccionales (B) buscan los bloques en cuadros pasados y futuros

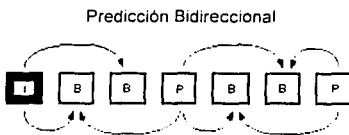


Fig. 2.28 Predicción bidireccional

Las secuencias de imágenes son agrupadas junto a los grupos de imágenes (GOPs). Esto puede ser hecho para soportar accesos aleatorios o funciones de edición. Una GOP típica y ampliamente utilizada es la secuencia IBBPBBPBBPBB. Típicamente todas las imágenes P y B de este GOP pueden ser decodificadas accediendo a las imágenes P o imágenes I que también pertenecen a este GOP.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.14.7 MPEG-2 y MPEG-1

Las principales diferencias entre las aplicaciones MPEG-1 y MPEG-2 son:

TABLA 2.7 Diferencias entre MPEG-1 y MPEG-2

MPEG-1	MPEG-2
Ancho de banda (hasta 1.5 Mbits/sec)	Ancho de banda más alto (hasta 40 Mbits/sec)
1.25 Mbits/sec video 352 x 240 x 30 Hz	Rangos más amplios de tamaño de cuadro
250 Kbits/sec audio (dos canales)	Hasta 5 canales de audio (ie. Sonido surround )
Video No-entrelazado	Puede tratar con video entrelazado
Optimizado para CD-rom	Puede cubrir HDTV como parte de MPEG-2 Nivel High-1440 y kit de herramientas de alto nivel

### Video entrelazado y estructura de imágenes

MPEG-2 soporta dos métodos de escaneo, uno es un escaneo progresivo y el otro es un escaneo entrelazado. En el escaneo entrelazado se escanean líneas impares de un cuadro como campo uno (campo impar) y las líneas pares como otro campo (campo par). Un escaneo progresivo escanea las líneas consecutivas en orden secuencial.

Una secuencia de video entrelazado utiliza una o dos estructuras de imagen: estructura de campo y estructura de cuadro. En la estructura de cuadro las líneas de los dos campos se alternan y los dos campos se codifican juntos como un cuadro. Un encabezado de imagen es utilizado por dos campos. En la estructura de campo, los dos campos de un cuadro podrían ser codificados independientemente uno de otro y los campos impares estar seguidos por los pares. Cada uno de los dos campos tiene su encabezado de imagen.

La secuencia de video entrelazado puede conmutar entre estructuras de cuadro y estructuras de campo en una base de imagen por imagen. Por otra parte, cada imagen en una secuencia de video progresivo es un cuadro de imagen.

### 2.14.8 MPEG-4

A diferencia de MPEG-1 y MPEG-2 donde el panorama de necesidades y la tecnología eran bien conocidos cuando se iniciaron ambos proyectos de estandarización, MPEG-4 nació en un periodo de condiciones muy cambiantes. Estos desarrollos hicieron más difícil tener una visión clara del panorama de MPEG-4.

El propósito de MPEG-4 es

- ✓ Manejar un rango de aplicaciones que el mercado futuro demandará
- ✓ Hacer a MPEG-4 un estándar diferente de los otros
- ✓ Tomar en cuenta los desarrollos en el mundo de estandarizaciones
- ✓ Manejar nuevas tendencias en la interacción humano-computadora

MPEG-4 ha encontrado una identidad en proveer una respuesta a las necesidades emergentes de algunos campos de aplicación que varían desde las aplicaciones de video interactivo al monitoreo y control remoto.

MPEG-4 es el primer estándar de representación de imágenes en movimiento que pretende lograr el salto de la simple mirada a la toma de acciones, de la pasividad a la actividad. Ya que el ser humano no desea interactuar con entidades abstractas sino con entidades significativas que sean parte de la escena, el concepto de contenido es central en MPEG-4.

La integración es otra idea importante en MPEG-4, de hecho, se pretende considerar y armoniosamente integrar objetos naturales con sintéticos, incluyendo audio monoaural, estereo y multicanal, así como video, ya sea de 2D y 3D o video multivista.

La última dirección bosquejada en MPEG-4 es la flexibilidad y extensibilidad. Estas características son esenciales en el movimiento tecnológico actual. En la definición oficial de MPEG-4 las tres fuerzas principales mencionadas antes han sido coincidentes en una visión del mundo tecnológico donde la convergencia entre las áreas de telecomunicaciones, cómputo y TV/film está creciendo.

#### 2.14.9 H.320 (Sistema de videoteléfono de banda estrecha y equipos terminales)

A finales de 1990, la ITU-T aprobó la familia de estándares H.320 para utilizarse en n X 64 kbps, utilizando los estándares de video de H.261. H.320 es usualmente video de baja calidad y audio de calidad telefónica, su capa de sistema está definida en H.221 para transportar video sincronizado y audio, pero no es compatible con MPEG-2. H.320 utiliza el protocolo de control H.242 para el establecimiento de canales audiovisuales entre terminales. El estándar H.320 es el estándar abierto utilizado por las unidades desktop de equipos de videoconferencia.

#### 2.14.10 El estándar H.261

El H.261 es un estándar de codificación de video publicado por el ITU en 1990. Fue diseñado para velocidades múltiples de 64 kbps. Estas velocidades se adaptan a líneas ISDN por lo que este codec de video es el estándar de compresión de video internacional más ampliamente utilizado para videotelefonía sobre líneas telefónicas ISDN. El estándar describe los métodos de codificación y decodificación para el movimiento de componentes de imágenes de un servicio audiovisual a velocidades de p X 64 kbps, donde p está en el rango de 1 a 30. El estándar es más utilizable para aplicaciones que utilizan redes de conmutación de circuitos, como sus canales de transmisión. H.261 se utiliza conjuntamente con otros estándares de control y cuadro tales como H.221, H.230, H.242.

La fuente del codificador opera con imágenes no entrelazadas. Las imágenes son codificadas como luminancia y dos componentes diferentes de color (Y, Cb, Cr). Las matrices Cb y Cr son de un cuarto del tamaño de la matriz Y.

H.261 soporta dos resoluciones de imagen:

- ✓ QCIF el cual es de 144 X 176 píxeles
- ✓ CIF con una resolución de 288 X 352 píxeles

Los principales elementos del codificador H.261 son:

#### Predicción.

H.261 define dos tipos de codificación:

- Intra. Donde bloques de 8 X 8 píxeles son codificados con referencia a ellos mismos.
- Inter. Los cuadros codificados son codificados con respecto a otro cuadro de referencia.



Un error de predicción es calculado entre regiones de 16 X 16 pixeles (macroblock) y el correspondiente macroblock recuperado en el cuadro previo. Los errores de predicción de los bloques transmitidos son enviados al proceso de transformación de bloques.

H.261 soporta compensación de movimiento en el codificador como una opción. En la composición de movimiento una área dentro del cuadro previo (recuperado) es buscada para determinar el mejor macroblock de referencia.

### **Transformación de Bloque**

En la transformación de bloque, la codificación intra así como la predicción de errores están compuestas en bloques de 8 X 8. Cada bloque es procesado por una función bidimensional FDCT (Transformada hacia adelante de coseno discreto)

Cuantificación. El proceso de este paso es lograr una mayor compresión por medio de la representación de los coeficientes DCT (Transformada de coseno discreto) sin mayor precisión que la necesaria para lograr la calidad requerida.

### **Codificación de entropía.**

Aquí se realiza una compresión extra asignando palabras de códigos más cortas para eventos frecuentes y palabras más largas para eventos menos frecuentes. El código Huffman usualmente es utilizado para implementar este paso.

### **Multiplexaje.**

El multiplexor de video estructura los datos comprimidos en un flujo jerárquico de bits que puede ser interpretado universalmente. La jerarquía posee cuatro capas:

- Capa de imagen. Corresponde a una imagen de video. (cuadro)
- Grupo de bloques. Corresponde a 1/12 de imágenes CIF o 1/3 de QCIF
- Macrobloques. Corresponde a 16 X 16 pixeles de luminancia y dos componentes de crominancia de 8 X 8 pixeles

Si bien, el H.261, como se mencionó antes, es el estándar de compresión de video más ampliamente utilizado en el campo de la conferencia multimedia, tiene ciertas limitaciones que lo restringen a utilizarlo sobre ISDN. La resolución de H.261 es buena para aplicaciones de conferencia, pero para aplicaciones que requieran una calidad más alta de video, la resolución límite de CIF puede ser un poco inadecuada.

### **2.14.11 H.323**

Este estándar cubre el servicio de videoconferencia sobre POTS (Plain Old Telephone Service) específicamente para ambientes de red de área local.

En una LAN el video es simplemente solo una clase más de información utilizando los recursos de transmisión es por ello que los equipos de videoconferencia requieren tecnologías de compresión especiales para ajustarse a los cambios constantes en el ancho de banda disponible. Este estándar se ha seguido desarrollando, principalmente por el fuerte auge que se ha dado a las redes LAN, el ITU-T ha estado trabajando para proveer de un gateway para videoconferencia LAN/WAN así como para manejar videoconferencia sobre la Internet por medio de este estándar.

### **H.324 (Comunicación multimedia para terminales de baja velocidad)**

Este estándar está dirigido hacia el manejo de videoteléfono basado en PC y videoteléfonos stand-alone, manejo de video en tiempo real audio y datos sobre módems V.34, a una velocidad de transmisión de entre 28.8 a 33.6 kbps. Parte del estándar H.324 es un nuevo

estándar de video llamado H.263 el cual define y requiere de un nuevo formato de imagen de 128 X 96 pixeles llamado SQCIF. QCIF tambien se requiere y el soporte de CIF es opcional. H.324 es importante para la liberación de productos de videoconferencia para el mercado casero y de oficinas pequeñas (SOHO).

#### H.310 (Sistemas de comunicación de banda amplia y terminales)

Este es una versión superior del H.320. Para este estándar su porción de video está definida en H.261. Los streams de MPEG-2 de perfil simple @ Nivel principal y Perfil principal @ Nivel principal están soportados. Las opciones de audio incluyen compresión MPEG-1 y MPEG-2 así como compresión de audio G.7XX.

La capa de sistema esta definida en H.222.1 e ISO 13818.1 y utiliza transporte de flujo de MPEG-2 y define puntos de códigos específicos para uso de ITU.

EL protocolo de control esta definido en H.245 para el establecimiento de canales audiovisuales entre terminales. Determina la compatibilidad entre terminales y utiliza las mejores características operacionales de las terminales por el intercambio de control de información.

### 2.15 Televisión comercial HDTV (High definition TV)

Los primeros pasos en la investigación para un nuevo sistema de televisión de alta definición (HDTV) comenzaron en 1972 y fue la NHK (Corporación Japonesa de Televisión) la que inició en conjunto con los fabricantes de ese país los primeros estudios a ese respecto, desarrollando su sistema Hi-vision.

El objetivo planteado por los japoneses consistía en crear una norma de producción de calidad equivalente a una película de 35 mm. Para ello, proponían incrementar al doble el número de líneas (1050) manteniendo la frecuencia de los campos en 60 Hz, la relación de aspecto aumentaría de 4:3 a 5:3 y harería más parecida al cine. Para hacer posible la emisión HDTV vía satélite desarrollaron una norma de transmisión denominada MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sample Encoding).

De hecho la situación de la HDTV en la primera parte de los 80's era tal, que Japón podía ofrecer todos los elementos necesarios para cubrir la cadena completa de HDTV, faltando solamente asumir las normas propuestas por ellos a nivel mundial, para iniciar la carrera hacia la nueva televisión.

Sin embargo, esto no pudo darse, ya que los europeos veían en estas normas un alejamiento de sus sistemas de televisión PAL lo que crearía problemas de compatibilidad con sus sistemas en operación, por lo que decidieron crear su propio estándar, con lo que se dio el surgimiento del sistema MAC (multiplexed analog components), el cual, por diversas razones, no pudo convertirse en el estándar que ellos esperaban, y más tarde se habrían de adherir al sistema propuesto por los Estados Unidos.



Fig. 2.28 Aspecto de la HDTV

Por su parte, los Estados Unidos, en 1987 buscaban el estándar de HDTV idóneo que debería ser compatible con el sistema NTSC, consideraban al sistema Hi-vision como una buena opción, la cual se estuvo evaluando como la mejor opción en su momento. Sin embargo, en 1990 General Instruments, una compañía norteamericana había de cambiar drásticamente el futuro de la televisión de alta definición al hacer una propuesta de un sistema de HDTV totalmente digital. En 1993 la FCC (Federal Communications Commission) había de tomar una decisión clave, al inclinarse por la propuesta de televisión digital. Pero, debido a que no

pudo decidir cual de las propuestas presentadas sobre tecnología digital era la mejor, hizo la recomendación para que se creara una "Gran Alianza" entre los proponentes, la formación de dicha alianza movió el proceso de estandarización de una fase competitiva a una fase colaborativa.

Esta alianza estuvo compuesta por las compañías y organismos, AT&T, GI, MIT, Philips, Sarnof, Thomson y Zenith, y tenía como misión seleccionar las mejores características de las propuestas y desarrollarlas como un estándar de HDTV digital.

Finalmente, el estándar para la HDTV digital fue unánimemente adoptado por la FCC en diciembre de 1996, definiendo en 1997 un programa de transición de la TV analógica a la digital.

Muchos industriales de la electrónica de consumo ven a la HDTV como el desarrollo más importante tanto en la industria de radiodifusión como en la de consumo electrónico, desde la invención de la televisión. Esto quizá sea una exageración, pero no hay duda en las ventajas de la televisión digital y las importantes implicaciones que tendrá para los fabricantes de equipos electrónicos de consumo.

La televisión digital (DTV) cambiará el concepto de entretenimiento casero para millones de personas. Basado en transmisiones digitales wire-less, de la misma forma en que es transmitida la televisión analógica convencional, la DTV producirá imágenes más nítidas con calidad digital, sonido de calidad surround y muchas otras oportunidades para capacidades de transmisión de datos utilizando la misma tecnología, lo que mejorará dramáticamente las opciones disponibles de entretenimiento para los consumidores.

Imagine una imagen tan rica en detalles, con una resolución tan alta que rivalice con las películas de 35 mm o 70 mm. Esta imagen tendrá una forma diferente de la imagen de televisión estándar actual, con una relación de aspecto de pantalla de 16 : 9 en vez de la

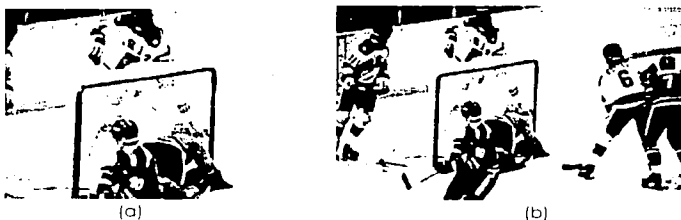


Fig. 2.21. Relación de aspecto de TV analógica tradicional (a) y la nueva HDTV (b)

familiar pantalla 4:3 de las televisiones que todos conocemos, llevando a los hogares los formatos usados en el cine y completando la experiencia con un sonido digital de 6 canales, claro, limpio y con adiciones de efectos de sonido.

La HDTV, el acrónimo más conocido actualmente, es de hecho el término usado para la versión de televisión digital de más alta resolución. La televisión digital de definición estándar (SDTV) será la tecnología de entrada para la televisión digital; estos nuevos equipos ofrecerán la nueva razón de aspecto, adicional al formato actual y proyectará una señal de transmisión digital, pero tendrán una resolución comparable con las televisiones analógicas actuales. La imagen, sin embargo, proporcionará una calidad mucho más alta que la de las televisiones analógicas debido al mejor desempeño que se logra con la transmisión digital, la cual elimina "nieve", "fantasmas" y otras impurezas asociadas con las transmisiones de televisión analógica. La SDTV será comparable en calidad a los sistemas satelitales de transmisión digital directa al hogar DTH, además del audio digital stereo de "sonido surround".

La HDTV, o televisión de alta definición, ofrecerá una resolución cinco veces más alta que la de la SDTV o de las transmisiones digitales por satélite. Para utilizar una comparación más práctica, su resolución es 10 veces mejor que la de la calidad de video VHS



Fig. 2.30 Aspecto simulado de una imagen de TV digital

La transmisión digital significará también una enorme diferencia en cuanto a lo que los radiodifusores puedan ofrecer a la audiencia. La transmisión de datos conjuntamente a las imágenes da a los radioemisores la posibilidad de ofrecer vastas cantidades de información adicional a la experiencia básica de lo que se está mirando. Por ejemplo, mientras se observa un programa de una cierta especie de ballenas, una ventana incrustada en la pantalla podría estar ofreciendo datos en un segundo plano de esos animales, mientras el programa se está transmitiendo. O en un programa sobre inversiones podría proyectar las estadísticas completas de las negociaciones del día de la bolsa de valores de Nueva York.

El mercado potencial para la televisión digital es enorme, actualmente se venden anualmente 25 millones de aparatos de televisión, solamente en los Estados

Unidos. Las proyecciones de la industria estiman que los primeros equipos HDTV costarán a los consumidores alrededor de US\$ 4,500.00, sin considerar que una vez en operación se desencadenará una competencia intensa, además de que los volúmenes de fabricación y las presiones del mercado harán bajar los precios de estos equipos.

El mercado para los productos semiconductores para esta tecnología se estimó en US\$ 500 millones para 1999 y de casi US\$ 2 billones para el 2002. La CEMA (Consumer Electronics Manufacturing Association) ha pronosticado que 30% de los hogares norteamericanos comprarán una televisión digital para el 2006. Basados en la rápida aceptación de otros desarrollos recientes en televisión, tales como los desarrollos de sistemas para transmisión por satélite (DBS o DSS) esta estimación puede resultar muy conservadora.

Y este mercado, con sus retos y oportunidades se está moviendo a una velocidad vertiginosa. La FCC ha establecido un ambicioso programa de avances para la introducción de la televisión digital. Esta solicitando a las televisoras proveer de transmisiones de televisión digital en cada uno de los diez mercados metropolitanos más importantes, (aproximadamente 30 % de los hogares) para mayo de 1999 y en los 30 mercados más importantes (aproximadamente 50 % de los hogares) para noviembre de 1999. Todas las demás estaciones comerciales de televisión deberán construir facilidades digitales para el 2002.

Actualmente se encuentran en desarrollo varios productos que habrán de facilitar la introducción de la nueva tecnología: el primero es una caja de conversión para permitir a las televisiones analógicas existentes desplegar señales SDTV, el siguiente desarrollo son varios chips para el desarrollo de equipos SDTV y finalmente chips para equipos HDTV. Las cajas convertidoras permitirán a las televisiones analógicas recibir y desplegar todos los programas transmitidos con formato digital, incluyendo HDTV, aunque, claro está, los equipos convencionales desplegarán la alta resolución de HDTV en sus resoluciones normales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.15.1 Panorama de los Estándares HDTV y su Impacto en la Industria de la Televisión

La tecnología HDTV no solamente revolucionará la industria de la televisión sino que tendrá un impacto profundo también en otras industrias. La proliferación de servicios de comunicaciones digitales de alta velocidad, necesarios para hacer llegar la HDTV a los hogares hará de las industrias asociadas una parte clave, para disponer de una solución económica.

No obstante, es importante entender los alcances del sistema Gran Alianza (GA) HDTV, el cual es un estándar de transmisión propuesto. El sistema GA HDTV, no es un estándar de producción o un estándar de proyección o una interfase estándar para el equipo del consumidor.

Un estándar de transmisión de HDTV digital deberá especificar la suficiente información que permita a cualquier fabricante construir un receptor que pueda recibir una radio frecuencia de transmisión y con ella producir imágenes y sonidos. Para un sistema digital esto significa especificar el significado de un flujo de bits y el formato de la señal para transmitir esos bits en un canal de televisión de 6 MHz.

De esta manera los formatos de imágenes, la sintaxis de compresión, el formato del paquete y el formato de la señal de RF son ejemplos de los puntos que requieren estandarización. Si bien estos elementos estandarizados establecen una funcionalidad mínima para encoders y receptores de HDTV, no especifican el encoder o la implementación del receptor.

#### Objetivos de la "Gran Alianza"

Los siguientes objetivos resumen esencialmente la selección de criterios que fueron establecidos durante la fase competitiva del proceso de estandarización.

Los objetivos de diseño de la GA son, proveer:

- ✓ HDTV de alta calidad en imágenes y sonido
- ✓ Un efectivo sistema de transmisión simultánea que
- ✓ Provea servicios de HDTV en transmisiones terrestres
- ✓ Evitar interferencias inaceptables hacia los servicios NTSC existentes durante su vida remanente
- ✓ Una solución efectiva en costo para consumidores, productores y todos los usuarios, al momento de su introducción y durante toda la vida del estándar HDTV
- ✓ Ineteroperabilidad con otros medios ( por ejemplo cable, satélite, computadoras, etc.) y aplicaciones
- ✓ El potencial para constituirse en un estándar mundial

En esta simple lista de objetivos de diseño hay algunos conflictos de objetivos, aun cuando se le considere solamente como un medio de entretenimiento, el estándar para la transmisión de HDTV deberá tener un alto grado de interoperabilidad con sus fuentes de producción comunes, a fin de asegurar una operación económica desde la producción hasta la llegada a los hogares. Las fuentes de producción para la transmisión HDTV incluirán la producción HDTV estándar, película, gráficas de computadora y video NTSC. Los conflictos, en los deseos de interoperabilidad son, que mientras la producción estándar de HDTV será entrelazada con píxeles cuadrados a 59.94 Hz, el deseo para la interoperabilidad con NTSC arguye preservar píxeles no cuadrados y la velocidad temporal de 59.94 Hz mientras que la interoperabilidad para la película arguye velocidades temporales de 24 Hz, por su parte la interoperabilidad hacia la computadora arguye píxeles cuadrados, escaneo progresivo y posiblemente una velocidad de cuadro de 70 Hz. Es claro que estos conflictos en los deseos de interoperabilidad son mutuamente excluyentes.

Para complicar aun mas la situación, se puede observar a la HDTV como la vanguardia de una explosión en la tecnología digital. Los productos de HDTV existiran en un mundo digital, donde el desarrollo de nuevos servicios interactivos y aplicaciones, manejaran la creación de

accesorios de información que podrían ser hoy productos híbridos, o totalmente nuevos, productos basados en tecnologías que cruzan rápidamente los sistemas de computación, las comunicaciones y la industria de consumo electrónico.

### Resumen del sistema

El sistema GA-HDTV emplea dos principios fundamentales que lo hacen altamente interoperable, primero, está diseñado bajo una arquitectura digital de niveles, que resulta en una capacidad para interfazear con otros sistemas en cualquier nivel. Esto significa que muchas aplicaciones diferentes pueden hacer uso de varios niveles de la arquitectura HDTV. Adicionalmente, la GA ha diseñado cada nivel individual. Además, el sistema GA HDTV toma una total ventaja de la flexibilidad potencial ofrecida por una aproximación digital utilizando los principios de header/descriptor que permiten lograr una máxima flexibilidad.

El sistema GA HDTV es un sistema digital en niveles que consiste de cuatro niveles primarios :

- Nivel de imagen
- Nivel de compresión de audio y video
- Nivel de Transporte
- Nivel de Producción

Aunque el nivel de producción y los estándares de despliegue no están dentro de los alcances de un estándar de transmisión, los headers/descriptores en el nivel de compresión de GA soporta la transmisión de múltiples formatos y velocidades de cuadro las cuales se relacionan con el video de alta definición y con la producción de películas. En el nivel de compresión el sistema GA HDTV esta basado en MPEG-2. En el nivel de transporte también está basado en MPEG-2. En el nivel de transmisión el sistema de modulación VSB (Vestigial SideBand Modulation). Proveerá una velocidad de datos neta de más de 19 Mbps dentro de los 6 MHz terrestres del canal de transmisión simultánea.

La fig 2.31 muestra la pila de protocolos que consiste de los niveles del sistema GA HDTV y su referencia con el modelo OSI y el PS-WP4

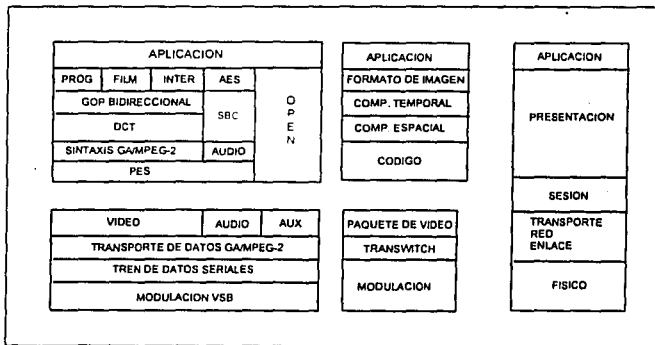


Figura 2.31: Stack de protocolos de GA-HDTV y su referencia al modelo OSI

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### 2.15.2 Características del sistema comercial

Un nuevo sistema de transmisión digital de banda lateral vestigial (VSB) ha sido desarrollado para la transmisión de televisión digital. Este sistema ha sido adoptado en Estados Unidos como el estándar terrestre. Inicialmente este nuevo sistema deberá coexistir con el actual sistema de televisión analógica NTSC.

Por más de cincuenta años el sistema NTSC ha servido satisfactoriamente como el estándar de transmisión de televisión en Estados Unidos, México, Japón y otros países. Al paso de los años este sistema ha probado ser muy robusto y confiable, operando aun en ambientes muy severos, tales como aquellos con ruido blanco, ruido impulsivo, etc.

Los avances tecnológicos permiten ahora la transmisión de televisión digital (DTV) en los mismos 6 MHz de ancho de banda que se utilizan actualmente en el sistema NTSC. La transmisión digital ofrece mejoras en la recepción del video y del audio. Para una buena operación, el receptor digital deberá ser capaz de mantenerse abajo de un margen de error, por ejemplo: cuando se rota la antena para un óptimo posicionamiento, la señal recibida podría caer más allá del margen de error.

### 2.15.3 Descripción del sistema VSB

El espectro digital VSB está contenido en un canal de 6 MHz que es plano en gran parte del ancho de banda. Hay dos regiones de transición de 620 Khz cada una que existen en cada lado de la banda. Solamente una portadora piloto de bajo nivel está presente en el lado más bajo de la banda, permitiendo a la señal digital VSB ser eficiente en términos de potencia e insignificante en términos de interferencia adyacente con respecto al NTSC.

Las medidas de nivel de señal (potencia) son diferentes para NTSC y DTV. La señal NTSC es medida típicamente en picos de sincronía ya que la potencia promedio de una señal NTSC varía grandemente con el contenido de la imagen.

La misma filosofía utilizada en NTSC puede ser aplicada en el diseño de los sistemas de transmisión digital. El término digital comúnmente se utiliza con respecto a la televisión, de dos maneras:

- Como el formato utilizado para grabar y reproducir lo que observamos en nuestra televisión
- En referencia a un nuevo estándar (HDTV) que está siendo empujado para que paulatinamente reemplace al sistema de televisión analógica existente.

Sin embargo, es importante aclarar que uno y otro no son sinónimos, con referencia al primer punto, los nuevos mini platos satelitales o los productos DVD en el mercado, utilizan tecnología digital como un medio para proporcionar señales NTSC que puedan ser observadas, ofreciendo el potencial para mayor calidad de imagen que muchos de los viejos formatos, de la misma forma que los CD's de audio ofrecen una mejor calidad de sonido que los antiguos acetatos.

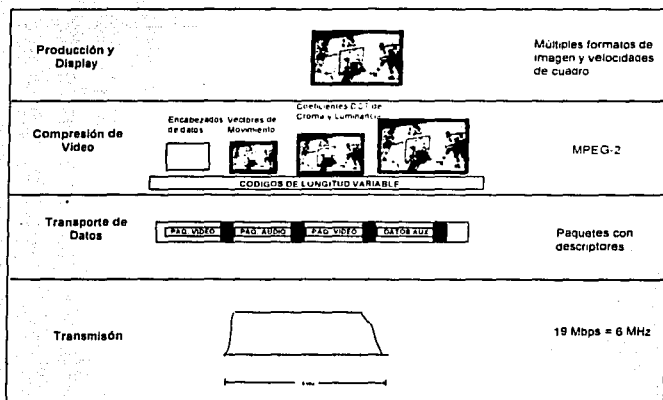


Fig. 2.32 Modelo de capas del sistema comercial GA HDTV

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





# CAPITULO III

## Tecnologías de transporte

### 3.1 Introducción

Las tecnologías de transporte que existen actualmente en uso para la comunicación de datos, no todas están en posibilidad de operar eficientemente, ni de ofrecer alternativas para manejar los actuales requerimientos de velocidad que demandan las nuevas aplicaciones, tales como la transmisión de señales de video digital.

Los años 90's han sido un periodo de cambios muy rápidos en el campo de las telecomunicaciones. Desde el inicio de las comunicaciones de datos a finales de los años 50's, las técnicas se han mejorado, los enlaces se han vuelto progresivamente más rápidos y los costos de los equipos y los medios han bajado gradualmente. En términos generales puede decirse que la industria ha progresado y se ha mejorado la relación precio/desempeño de las tecnologías de comunicación.

Las principales causas de esta disminución son principalmente

- ✓ El uso universal de tecnologías digitales en las redes públicas
- ✓ La maduración de la transmisión sobre fibra óptica
- ✓ Los beneficios de la transmisión digital de punta a punta se están dejando sentir, las redes digitales para la comunicación está disponible prácticamente en cualquier parte

Los enlaces de comunicaciones baratos y abundantes ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que aprovechan las características de los medios digitales para proveer enlaces más eficientes y con ello la posibilidad de transmitir aplicaciones que antes no era posible, debido principalmente a los costos implícitos y simplemente a la imposibilidad de disponer de canales de grandes anchos de banda.

Son cuatro los requerimientos expresados por los usuarios en relación a las nuevas tecnologías :

1. Implementar nuevas aplicaciones utilizando gráficos y procesamiento de imágenes.
2. Hacer las aplicaciones más amigables
3. Racionalizar el tráfico de las redes, por medio de tecnologías que manejen todo el tráfico
4. Integración de voz, datos y video

Las nuevas tecnologías de transporte deberán ser capaces de ofrecer medios eficientes de comunicación que sean flexibles, que permitan un aprovechamiento óptimo por demanda y que además permitan la integración de servicios de naturaleza diversa. Por otra parte, las redes de transporte deberán ser capaces de manejar señales de video.

Las siguientes páginas son un acercamiento a las principales tecnologías de transporte que existen, y que ofrecen la posibilidad de transportar señales digitales de acuerdo a los nuevos requerimientos de las aplicaciones.

### 3.2 Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) (ISDN)

La red digital de servicios integrados (RDSI o ISDN - Integrated Services Digital Network) es esencialmente una mejora a la red telefónica tradicional. Dos son sus principales características:

- ✓ Primero, la red es completamente digital a diferencia de la red telefónica anterior.
- ✓ Segundo, se le han agregado a la red muchas nuevas opciones de servicio

El nacimiento oficial de la ISDN se dio en 1972, cuando fue formalmente definida por la ITU, pero no entró en servicio sino hasta 1990. Muchos de los problemas iniciales se debieron a interpretaciones erróneas de los estándares, lo que condujo a incompatibilidades de equipos y aumento en sus costos al tener que hacer diseños particulares. Un paso muy importante que supero el problema de los estándares fue la formulación de un estándar pan-Europeo llamado Euro ISDN-1 el cual fue inaugurado en diciembre de 1993, el cual pudo reducir los costos y aumentar la demanda de conexiones ISDN en Europa

#### 3.2.1 Definición

La CCITT (ahora ITU-T) definió la ISDN como "una red que evolucionando de una red digital integrada de telefonía (IDN) provea conectividad de extremo a extremo para soportar un amplio rango de servicios, incluyendo servicios de voz y servicios de no-voz, a los que los usuarios tendrán acceso por medio de un conjunto limitado de interfaces de usuario-red multipropósito y estandarizadas."<sup>4</sup>

La ISDN es una arquitectura de red, la cual, utilizando tecnología digital soporta la integración de voz, datos e imágenes a través de interfaces estandarizadas sobre cableado telefónico de par trenzado. Hay que recordar que cuando se sentaron las bases de esta tecnología la fibra óptica era muy cara, por lo que se decidió desarrollarla sobre par torcido de cobre. ISDN ha tenido un avance muy lento, de hecho, mucha gente la considera ya fuera de tiempo. Los organismos de estandarización han tomado su tiempo para liberar los estándares y por su parte las compañías telefónicas han sido muy lentas en el diseño de productos y servicios o de su comercialización.

La industria de las telecomunicaciones reconoce a la ISDN como un medio para integrar diferentes servicios y modernizar las redes públicas y lograr que el movimiento de la información se realice de una forma más eficiente.

A fin de entender lo que es ISDN es necesario entender primero, un poco acerca de lo que es la telefonía moderna, ya que hay muchos términos o acrónimos que se traslapan considerablemente.

Existen dos partes en una red telefónica: la parte de la compañía telefónica y la parte del cliente. La parte del cliente actualmente es en gran parte solamente su teléfono, algunos metros de cable y algunos conectores y cajas de conexión. La parte de la compañía telefónica incluye muchos metros más de cable, fibras ópticas, switches, computadoras y grandes cantidades de equipos caros y complicados.

<sup>4</sup> Communications technology guide for business - Richard Downey - Artech House - Boston EEUU, 1997 P. 103

ISDN se refiere casi completamente, a la parte del cliente dentro de la red, transmitiendo los datos del cliente hacia la compañía telefónica de manera estándar. Qué es lo que hagan con los datos de los clientes para hacerlos llegar a su destino, es un asunto completamente de la compañía telefónica. Este concepto tan simple, es muy importante para entender lo que es ISDN y su impacto en el desarrollo de las futuras redes telefónicas.

### 3.2.2 Tipos de ISDN

Existen dos tipos genéricos de ISDN :

- ✓ ISDN de banda angosta
- ✓ ISDN de banda ancha

#### ISDN de banda angosta (Narrow ISDN)

ISDN fue diseñada alrededor de la noción de canales separados a 64 kbps, por lo que esencialmente es la combinación de esos canales y también de canales más lentos de 16 kbps, utilizados para señalización. La ISDN de banda angosta es la forma más ampliamente disponible en la actualidad. Los canales de 64 kbps son llamados canales B y los de 16 kbps son llamados canales D.

Existen dos formas o interfaces de acceso: Interfase de velocidad básica ( Basic Rate Interface - BRI) e Interfase de velocidad primaria (Primary Rate Interface - PRI).

La interfase BRI está pensada para utilizarse en los hogares, mientras que la interfase PRI se piensa que será utilizada para un servicio empresarial.

En una interfase BRI la compañía telefónica provee dos canales B y un canal D. La interfase PRI está diseñada para cubrir las mayores necesidades de transferencia de datos de las empresas.

En todo caso, para las compañías telefónicas una interfase PRI es solamente una conexión más rápida con muchos canales B. En Estados Unidos la interfase PRI puede manejar 23B + 1D, el cual es equivalente al servicio DS-1. En Europa la PRI más común es de 30 B + 1D la cual es equivalente a un E1.

Con una PRI, se tiene la opción de combinar varios canales B en un canal más grande llamado canal H. Hay múltiples velocidades diferentes de canal H. Las más comunes son: H0 de 384 kbps o 6 canales B, H11 es un canal de 24 B, H12 son 30B, H21 provee 512 B, H22 provee 690 B, H4 provee 2112 B (135 Mbps) y se está anticipando su utilización para HDTV con compresión. De esta manera la ISDN de banda angosta ofrece una conexión TDM de canales de 64 k a través de una red conmutada. Los canales normalmente no pueden ser más rápidos de 64 kbps, si se utilizan dos canales, esto no dará un solo canal de 128 kbps, dará dos canales de 64 kbps no relacionados. Por supuesto que es posible diseñar equipo especial para sincronizar múltiples canales B y proveer así un solo canal más ancho, y efectivamente, hay equipo que hace esto, sin embargo este equipo no es parte de la red.

Algunos equipos de red de una ISDN pública en el mercado actual, permiten la opción de manejar canales múltiples, pero muchas PTT's no ofrecen esto como parte de sus servicios ISDN aunque su equipo lo permita.

#### ISDN de Banda ancha

La ISDN de banda ancha no provee canales sincronos de alta velocidad, es un sistema de conmutación de paquetes basado en celdas.

Ya que la ISDN de banda angosta ofrece canales limpios derivados de TDM síncrona, mucha gente supone que la ISDN de banda ancha será similar. De hecho la ISDN de banda ancha está basada en ATM (Asynchronous Transfer Mode) es decir, conmutación de celdas y trabaja de una forma muy diferente. Esto se debe al problema de disponer de anchos de banda variables sobre un circuito troncal multiplexado por división de tiempo.

### 3.2.3 El modelo de referencia ISDN

El CCITT ha definido la ISDN en términos de un conjunto de funciones con relaciones fijas de uno a otro y con interfaces definidas entre ellos. Estas se ilustran en la fig. 3.4. La función que se está realizando es una transmisión digital entre un cliente (usuario final) y una red pública de intercambio.

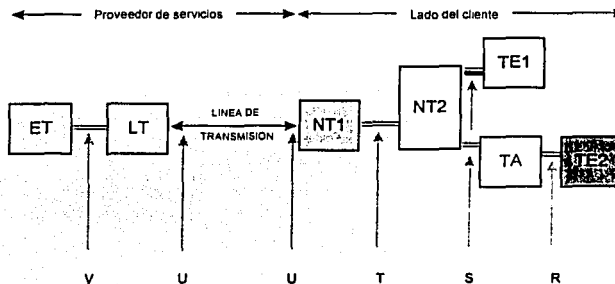


Figure 3.4 . Modelo de Referencia ISDN

Las funciones definidas son como sigue :

**ET** - Terminal de Intercambio (Exchange Termination) Esta es la conexión lógica de la compañía telefónica

**LT** - Terminación de línea de transmisión. esta es la terminación de la línea de transmisión en el punto de conmutación. Es la conexión física a la compañía telefónica. (LT y ET pueden estar en la misma pieza física de equipo)

**NT1** - Terminación de red tipo 1. Esta función termina el loop del suscriptor en la línea de transmisión y provee una interfase para equipo del cliente, en ISDN de velocidad básica , la NT1 cambia el protocolo de transmisión y reformatea la trama

**NT2** - Terminación de red 2. Es un PBX o una función de controlador de comunicaciones.

**TA** - La función adaptadora de terminal. conecta terminales no-ISDN a la red ISDN. es decir, permite que las tecnologías viejas subsistan y hable a la red ISDN

**TE2** Terminal Equipment 2 es solamente el nuevo nombre para los viejos sistemas analógicos, o más concretamente todos los equipos de comunicación manejados por la TA

**TE1** - Equipo terminal 1 es equipo terminal diseñado para interfasear directamente al sistema ISDN

R, S, T, U, V designan los puntos de referencia donde están definidos los protocolos, y que se utilizan para hablar de alguna parte de la red. Por ejemplo, el punto de referencia R es la interfase entre un viejo sistema telefónico y equipo adaptador de terminal. Debido a que en la mayoría de los hogares no tendrán ningún equipo NT2 los puntos de referencia S y T son usualmente los mismos, y a veces se le llama a esta parte el bus S/T.

El asunto en todo esto es que diferentes cosas suceden en diferentes partes de la red. En lo que se está de acuerdo es que el punto de referencia U es completamente al punto de referencia S/T, en donde se dan diferentes requerimientos de cableado, velocidades diferentes, diferentes codificaciones, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **ISDN de velocidad básica (ISDN Basic rate interface BRI) .**

Para la gente hasta ahora no familiarizada con las técnicas de comunicación digital, quizás la cosa más sorprendente acerca de ISDN es su conexión al pequeño usuario final tales como los pequeños negocios o los hogares. Esta "ISDN Basic Rate Interface" (BRI) utiliza el mismo cable de par trenzado de cobre (loop de suscriptor) de la misma forma que se utiliza para el servicio telefónico. Este sencillo par de cables lleva dos canales B (64 kbps) y un canal D (16 kbps) De esta manera, sobre el mismo cable físico como los que existen actualmente, un usuario tiene "dos líneas telefónicas" independientes, en vez de una, más una capacidad limitada para enviar mensajes de datos a otros usuarios sin necesidad de utilizar ninguno de los canales B.

#### **Canal "B" (Portador - Bearer)**

Un canal "B maneja 64 kbps simultáneamente en ambas direcciones (64 kbps- full duplex) cuando un usuario hace una llamada (para voz o para datos) se localiza una trayectoria continua para esta llamada hasta que cualquiera de los participantes cuelga. (limpia la llamada) Este es el servicio principal de la ISDN regular. El canal B es una conexión "canal limpio" de extremo a extremo (derivada de técnicas TDM.) el cual podría ser utilizado para voz o para datos. Podría ser imaginada de la misma forma como si se tratara de una conexión analógica, pero claro, es digital.

#### **El canal delta "D"**

El canal "D" no es un "canal limpio" de extremo a extremo, como los canales "B", el canal "D" transporta datos en paquetes cortos y es utilizado primeramente para señalización entre el usuario y la red (cuando el usuario "marca" un número, el número solicitado es transportado como un paquete sobre el canal "D") El canal D puede también ser utilizado para enviar pequeñas cantidades de datos de un usuario a otro a través de la red sin utilizar los canales B de alta capacidad (esto puede ser útil para un buen número de aplicaciones) En la velocidad básica el canal "D" opera a 16 kbps La ISDN BRI permite que sean conectados hasta ocho dispositivos simultáneamente a la red por medio de un "bus pasivo" Obviamente, ya que existen solo dos canales B un máximo de dos dispositivos pueden utilizar un canal B simultáneamente. No obstante, los otros dispositivos pueden compartir simultáneamente el acceso a los canales D para aplicaciones de baja velocidad

#### **La interfase U**

La interfase U es el punto entre la NT1 del lado del cliente y el punto de intercambio telefónico local Esta interfase deberá transferir los datos de usuario a una velocidad total de 144 kbps full duplex sobre los cables existentes de dos hilos. Esto es un problema verdaderamente complejo debido a que las señales deberán viajar en ambas direcciones sobre el mismo medio físico, por lo que un dispositivo que está recibiendo la señal de otro dispositivo también recibirá un eco de sus propias transmisiones en forma de interferencia con la señal recibida. La interfase U no está estandarizada internacionalmente. La CCITT consideró que la tecnología estaba cambiando muy rápidamente en esta área y que la presencia de un estándar podría inhibir el desarrollo futuro

### **3.2.4 Niveles de operación de ISDN**

El enfoque de servicios de la ISDN es el de atender al usuario a través de los siete niveles del modelo OSI. Para ello, la ISDN se divide en dos tipos de servicio:

- Servicios portadores , encargados de manejar los tres niveles inferiores del estándar Teleservicios (como teléfono, videotexto, etc.), que manejan los siete niveles y suelen aprovechar las posibilidades de los servicios portadores.

En la fig. 3.5 Se ilustran las funciones de ISDN

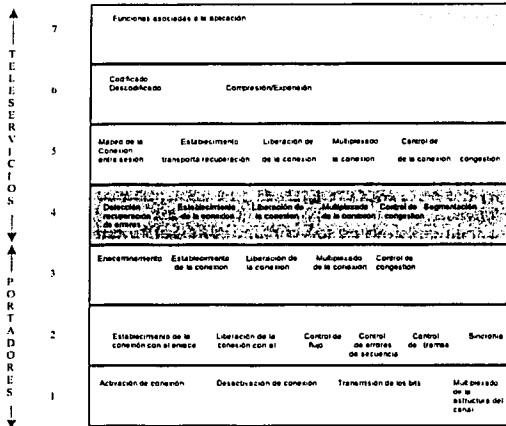
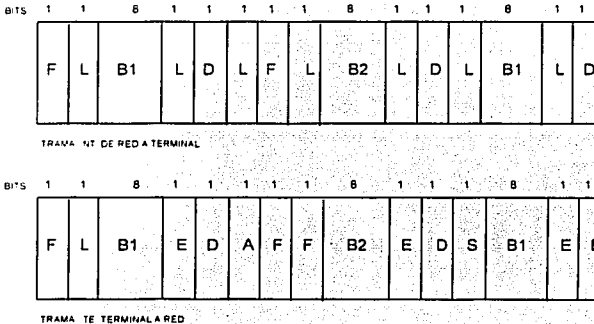


Fig. 3.5 Niveles de ISDN

Nivel 1 de ISDN

El formato de la trama de la capa física (nivel 1) difiere, dependiendo de si la trama sale o entra, es decir, si es de la terminal a la red o de la red a la terminal. Ambos formatos de trama se muestran enseguida :



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A - Bit de activación B1=B2= Canales de bits B D = Canal D (4 bits X 4000 frames/seg = 16 kbps)  
 E = Eco del bit D previo F = bit de trama L = Blanceo de carga S = bit de reserva

Fig. 3.6 Formatos de trama de la capa física ISDN

Las tramas son de 48 bits de longitud, de los cuales 36 bits representan datos. Los bits de una trama de capa física ISDN se utilizan como se indica a continuación :

F - Provee sincronización  
 L - Ajusta el valor promedio de bits  
 E- Utilizado para resolución de contención cuando varias terminales en un bus pasivo contienen por un canal  
 A - Activa los dispositivos  
 S - No asignado  
 B1-B2 y D - Utilizados para datos del usuario

### Nivel 2 ISDN

El protocolo de señalización del nivel 2 de ISDN es el procedimiento de acceso a enlace de canal D, también conocido como LAPD (Link Access Procedure, D channel). LAPD es similar al HDLC y al LAPB. Como indica la expansión del acronimo LAPD, es utilizado a través del canal D para asegurar que el control de flujo y la información de señalización sean recibidos apropiadamente. El formato de trama de LAPD (ver fig. 3.7) es muy similar al de HDLC, y como HDLC, LAPD utiliza tramas de supervisor, de información y no numeradas. El protocolo LAPD es formalmente especificado en los estándares ITU-T Q.920 y ITU-T Q.921.

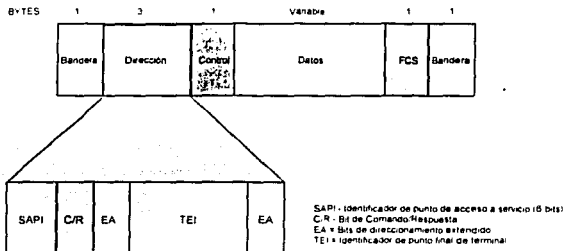


Fig. 3.7 Formato de trama LAPD

Los campos de la bandera y control son idénticos a aquellos de HDLC. El campo de dirección LAPD puede ser ya sea de uno o de dos bytes. El primer byte del campo de dirección contiene el identificador del punto de acceso al servicio (SAPI) el cual identifica la puerta en la que los servicios de LAPD se proveen a la capa 3. El bit C/R indica si la trama contiene un comando o una respuesta. El campo del identificador de punto final de terminal (TEI) identifica ya sea una sola terminal o múltiples terminales. Un TEI de todos unos indica un broadcast.

### Nivel 3 ISDN

Dos especificaciones son utilizadas para señalización en la capa 3 de ISDN :

- ITU-T I.450 ( también conocida como ITU-T Q.930 ) y

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



- ITU-T I.451 (también conocida como ITU-T Q.931)

Juntos estos protocolos soportan las comunicaciones de usuario a usuario, conmutación de circuitos, y conmutación de paquetes. Una amplia variedad de establecimiento de llamadas, terminación de llamadas, información y mensajes misceláneos son especificados, incluyendo: SETUP, CONNECT, RELEASE, USER INFORMATION, CANCEL, STATUS Y DISCONNECT. La fig. 3.8 muestra las etapas típicas de una llamada de conmutación de circuito ISDN.

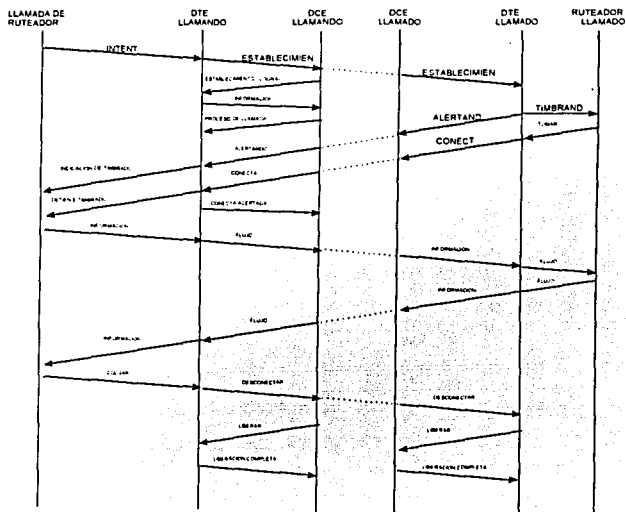


Fig. 3.8 Etapas de una llamada de circuito conmutado ISDN

### 3.2.5 Señalización

En telefonía, la señalización es el proceso de establecer, mantener, contabilizar y terminar una conexión entre dos puntos. Muchos usuarios de telefonía se encuentran familiarizados con ciertas formas de señalización, es decir, el significado básico para realizar una llamada, o más concretamente, marcado por pulsos o por tonos duales de multifrecuencia (DTMF). Ambas técnicas de señalización son transmitidas in banda, es decir, a lo largo del mismo canal como la conversación de voz, o sesión de datos. La señalización in banda genera un overhead tremendo para la portadora, ya que toda la información de señalización deberá ser transportada de punta a punta y debido a que la señalización utiliza parte del canal, lo que de otra manera podría ser utilizado para transportar información útil entre usuarios. En canales altamente multiplexados, tales como aquellos que se utilizan como troncales entre puntos de conmutación, el overhead se multiplica provocando un uso ineficiente de grandes porciones de la red. Con la señalización de canal común (CCS), toda la información se envía fuera de banda (out band) sobre un canal digital especial para señalización. Este puede ser un canal de relativamente poco ancho de banda ya que la señalización digital utiliza más eficientemente el

ancho de banda que la señalización analógica. Además, la señalización digital permite que las llamadas se establezcan más rápidamente y se enrutan más rápido ya que la información para lograr esto se envía sobre un canal menos congestionado.

El sistema de señalización de canal común 7 (CCSS7) es un protocolo de señalización de canal común estandarizado internacionalmente y utilizado en redes de transporte de digitales de alta velocidad.

### 3.3 Frame Relay

Frame Relay empezó a ser concebido en los laboratorios Bell como parte de la especificación ISDN. Pronto, Frame Relay evolucionó hacia un servicio de red por derecho propio.

En 1990 cuatro compañías colaboraron para refinar la especificación Frame Relay "La pandilla de los cuatro", como fueron conocidos, quienes después formarían el Foro Frame Relay, el cual fue incorporado en 1991. Desde el momento de su nacimiento, Frame Relay ha sido motivo de muchos debates, desacuerdos y controversias sobre la naturaleza de los beneficios de este nuevo protocolo de comunicaciones. Muchos usuarios de la tecnología afirman haber probado sus capacidades en diferentes situaciones, desde la redes de datos, hasta la interconexión de LAN's, WAN's. Sin embargo, la realidad desmiente algo de esas afirmaciones y la aplicabilidad de Frame Relay esta muy cercanamente unida a la aplicación y a la infraestructura de la red.

#### 3.3.1 ¿Qué es Frame Relay ?

Frame Relay es uno de los protocolos más nuevos dentro del mundo de las comunicaciones, cuyas raíces las encontramos dentro de las bien conocidas y mejor probadas técnicas de conmutación de paquetes. Un fabricante de equipos que maneja Frame Relay lo define como "una tecnología de comunicaciones de alta velocidad basada en conmutación de paquetes, y cuyas características la hacen simple, rápida y eficiente. Soporta conectividad entre el equipo de usuario, tales como ruteadores y entre equipo de usuario y el equipo de la red Frame Relay"<sup>5</sup>.

La conmutación de paquetes, base de Frame Relay, fue introducida en el negocio de comunicaciones hace casi veinte años con las redes SNA y X 25. Con la expansión de los dispositivos de conmutación de paquetes alrededor del mundo, esta tecnología, cuyos trenes de datos son partidos en bloques discretos, llamados paquetes, y estadísticamente multiplexados sobre una ruta de transmisión, se considera bien probada y como una de las principales tendencias a futuro.

Desde su inicio, Frame Relay fue aceptado con entusiasmo por los usuarios debido a que fue desarrollado en respuesta a las claras necesidades del mercado, es decir, a las necesidades de alta velocidad y transmisión con alto desempeño. Desarrollada por y para los datos, Frame Relay fue simplemente la tecnología correcta en el momento correcto.

Exploremos algunas tendencias que contribuyeron al desarrollo de Frame Relay.

#### 1. Necesidad de incremento de velocidad

Actualmente, el almacenamiento y recuperación de imágenes para aplicaciones interactivas es tan común como lo era el transmitir pantallas completas de texto en los 70's y 80's. Los primeros usuarios de las aplicaciones gráficas, quienes estaban acostumbrados a una rápida transferencia de la información sobre sus redes LAN, esperaba tiempos de respuesta similares cuando transmitía datos sobre la WAN.

#### 2. Requerimientos de anchos de banda dinámicos

---

<sup>5</sup> Cascade - Operations Manual - p 2-2

Los usuarios tipo de las LAN de la actualidad requieren altos anchos de banda pero de uso en ráfagas seguidos por periodos de tiempo libre. El tráfico en ráfaga, como se le llama, se acopla bien para compartir estadísticamente el ancho de banda, lo que es característico de la tecnología Frame Relay.

### 3. Interconexión de dispositivos más inteligentes.

Así como los requerimientos de la red fueron cambiando, el poder de cómputo fue cambiando con ellos. El decremento en los costos de procesamiento dio como resultado una proliferación de PC's inteligentes y poderosas workstations y servidores, todos ellos conectados por medio de una LAN. Estos nuevos dispositivos de usuario final también ofrecían la posibilidad de efectuara procesamiento de protocolos, tales como detección y corrección de errores. Esto significaba que la red podía ser liberada de la carga del procesamiento de protocolos de la capa de aplicación, otro punto a favor de Frame Relay.

Sin el overhead asociado con la detección y corrección de errores, Frame Relay podía ofrecer un capacidad más alta que otras alternativas de conectividad tales como X.25.

### 4. Mayor Desempeño

Las LAN's en general y el protocolo IP específicamente, incentivaron la necesidad para interconectar LAN's a través de red de área amplia, otro factor que impulsó el crecimiento de los servicios públicos de Frame Relay.

La tecnología de Frame Relay ofrece varias ventajas para las redes WAN. Primero, es un protocolo WAN más eficiente que IP, ya que utiliza solamente 5 bytes de overhead contra 20 para IP. Adicionalmente Frame Relay es fácilmente conmutable la conmutación IP no es ampliamente disponible en la WAN, y el ruteo IP agrega retardos innecesarios en las redes digitales de área amplia.

El éxito de la nueva tecnología a veces es dependiente de razones económicas para su implementación. Desde los primeros años desde su nacimiento, los usuarios de Frame Relay han encontrado que provee sobre tecnologías alternativas beneficios, tales como:

- ✓ Costos menores
- ✓ Estándares bien establecidos y ampliamente aceptados que permiten una arquitectura abierta e implementación de servicio plug and play
- ✓ Bajo overhead combinado con una alta disponibilidad
- ✓ Escalabilidad de la red, flexibilidad y recuperación de desastres
- ✓ Interconexión con otros servicios y aplicaciones tales como ATM

Frame Relay combina el multiplexaje estadístico y la compartición de puertos, características de X.25, con la alta velocidad y bajo retardo, características de la conmutación de circuitos TDM. Definido como un servicio de modo paquete, Frame Relay organiza los datos e individualmente direcciona las unidades conocidas como tramas (frames), en vez de colocarlas en slots de tiempo fijos. A diferencia de X.25, Frame Relay elimina completamente todo el procesamiento de la capa 3 y mantiene solamente unas pocas funciones de la capa 2, los llamados "aspectos centrales" son utilizados, tales como chequeo de tramas válidas, tramas libres de error, pero no solicita retransmisiones si algún error es encontrado. De esta manera, muchas funciones de protocolo, son realizadas en los niveles altos, tales como números de secuencia, rotación de ventana, reconocimientos y tramas de supervisión, no son duplicadas dentro de la red Frame Relay. El despojamiento de estas funciones de Frame Relay incrementa dramáticamente el throughput (es decir, el número de tramas procesadas por segundo para un hardware dado), ya que cada trama requiere mucho menos procesamiento. Por esa misma razón, el retardo en Frame Relay es más bajo que en X.25, aunque es más alto que el retardo de TDM, que no efectúa procesamiento.

A fin de remover esta funcionalidad de la red Frame Relay, los dispositivos de los extremos deberán asegurar una transmisión de datos libre de errores de punta a punta. Afortunadamente, muchos dispositivos, especialmente aquellos conectados a las LAN's, poseen la inteligencia y el poder de procesamiento para efectuar esta función.

La siguiente tabla resume las características de conmutación de circuitos TDM, conmutación de paquetes y Frame Relay.

TABLA 3.2 CARACTERISTICAS DE DIVERSAS ALTERNATIVAS DE COMUNICACION

	TDM Conmutación de circuitos	X.25 Conmutación de paquetes	Frame Relay
Multiplexaje de Slot de tiempo	Si	No	No
Multiplexaje Estadístico (circuito virtual)	No	Si	Si
Compartición de puertos	No	Si	Si
Alta velocidad (por \$)	Si	No	Si
Retardo	Muy bajo	Alto	Bajo

Frame Relay utiliza una estructura de trama de longitud variable, la cual, dependiendo del usuario de datos, varia de unos cuantos a más de mil caracteres. Esta característica similar a X.25 es esencial para la interoperabilidad LAN's y otro tráfico sincrónico de datos el cual requiere un tamaño variable de trama. Lo anterior también significa que los retardos de tráfico (si bien, siempre más bajos que X.25, variarán dependiendo del tamaño de trama. Algunos tipos de tráfico no toleran bien el retardo, especialmente retardo variable, no obstante, la tecnología Frame Relay ha sido adaptada para transportar también tráfico sensitivo al retardo, tal como la voz.

### Formato de la trama Frame Relay

La trama Frame Relay se muestra en la fig. 3.9. Los campos de banderas delimitan el principio y el fin de la trama. Enseguida de los campos de bandera hay dos bytes de información de direcciones. Diez bits de estos dos bytes son para la identificación de circuito (DLCI)

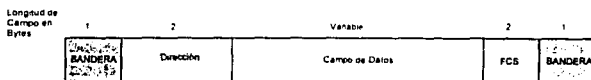


Fig. 3.9 Formato de la trama Frame Relay.

### 3.3.2 Circuitos virtuales (VCs)

La tecnología de Frame Relay se basa en el concepto de circuitos virtuales (VCs). Los VCs son trayectorias de datos bidireccionales definidas por software que actúan como reemplazo de las líneas privadas dentro de las redes. Actualmente existen dos tipos de conexiones Frame Relay, circuitos virtuales conmutados (SVCs) y circuitos virtuales permanentes (PVCs). Las PVCs fueron el servicio originalmente ofrecido, como resultado, las PVCs son más comúnmente utilizadas, sin embargo las SVCs y sus productos están creciendo en popularidad.

TESIS COMPLETA  
 FALLA DE ORIGEN

## PVCs

Las PVCs son definidas por un operador de red, ya sea una red privada o un proveedor de servicios, por medio de un sistema de administración de red. Inicialmente las PVCs son definidas como una conexión entre dos sitios o puntos finales. Nuevas PVCs podrían ser agregadas cuando exista una demanda para nuevos sitios, o cuando nuevas aplicaciones requieran que los nodos existentes hablen con otro nodo.

Las PVCs son trayectorias fijas, no disponibles por demanda o en base a una llamada. Si bien la trayectoria real a través de la red podría variar de vez a vez, el inicio y fin del circuito no cambiará. De esta manera, la PVC es como un circuito dedicado punto a punto.

Las PVCs son populares ya que proveen una alternativa efectiva en costo a las líneas privadas. El aprovisionamiento de PVCs requiere de una acuciosa planeación, conocimiento de los patrones de tráfico y de la utilización del ancho de banda.

## SVCs

Los circuitos virtuales conmutados están disponibles de acuerdo a una marcación o llamada. Establecer una llamada utilizando el protocolo de señalización Q.933 es comparable a utilizar un número telefónico.

Implementar SVCs en la red es más complejo que utilizar PVCs pero es transparente para el usuario final. Primero, la red deberá dinámicamente establecer conexiones basadas en solicitudes de múltiples usuarios (en oposición a las PVCs donde un operador central configura la red). La red deberá rápidamente establecer la conexión y asignar ancho de banda basada en el requerimiento del usuario. Finalmente, la red deberá registrar la llamada y facturar de acuerdo al monto del servicio provisto.

Si bien las SVCs fueron definidas en las especificaciones iniciales de Frame Relay, no fueron implementadas por los primeros proveedores de servicios Frame Relay. Ya que las PVCs ofrecen el atributo del ancho de banda estadístico de Frame Relay, las SVCs permiten la conectividad de cualquiera con cualquiera que puede resultar en ahorros y flexibilidad.

### 3.3.3 El encabezado Frame Relay y la DLCI

Ahora que conocemos acerca de circuitos virtuales, y la diferencia fundamental entre PVCs y SVCs, echemos una mirada a la estructura básica de una trama de Frame Relay y como incorpora otras tecnologías.

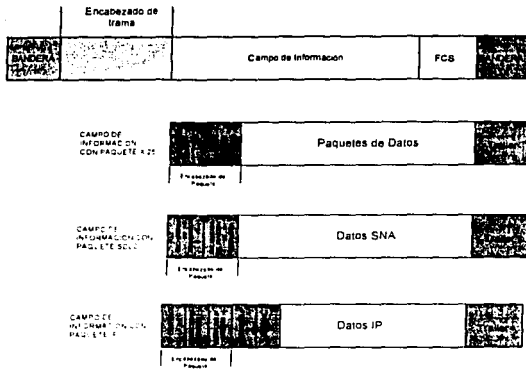
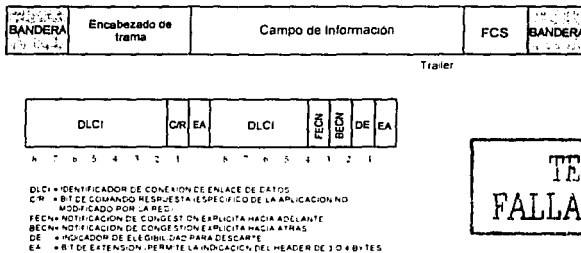


Fig. 3.10 Estructura básica de tramas para varios protocolos populares

En los protocolos síncronos más populares, los datos son transportados a través de líneas de comunicación en tramas cuyas estructuras son muy similares, como se muestra en la fig. 3.10. En una trama Frame Relay, los paquetes de datos del usuario no son cambiados de ninguna manera. Frame Relay simplemente agrega un encabezado de dos bytes a la trama. La fig. 3.11 muestra la estructura de la trama y su encabezado con más detalle.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.11 Estructura de trama y formato de encabezado de frame relay

Por ahora, concentrémonos en la porción más grande del encabezado, el DLCI. El encabezado de Frame Relay contiene un número de 10 bits, llamado Identificador de conexión de enlace de datos (Data Link Connection Identifier - DLCI). El DLCI es el número de circuito virtual de Frame Relay (con significancia local) el cual corresponde a un destino particular. En el caso de interconexión LAN-WAN, el DLCI se refiere al puerto al que la LAN destino está conectada. Como se muestra en la fig. 3.12, las tablas de ruteo de cada switch Frame Relay de la red enrutan las tramas al destino apropiado.

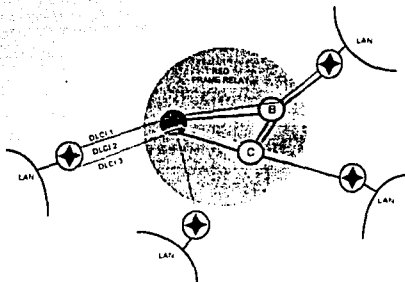


Fig. 3. 12 La DLCI denota el puerto de conexión

El DLCI permite que lleguen datos al switch Frame Relay (a veces llamado nodo) para ser enviados a través de la red utilizando un proceso de tres pasos :

1. Checa la integridad de la trama utilizando el la Secuencia de Chequeo de Tramas (Frame Check Sequence- FCS) si se indica un error , la trama se descarta
2. Observa la tabla de DLCI, si el DLCI no está definido para este enlace , la trama se descarta
3. Libera trama hacia su destino enviandola por el puerto de salida o troncal especificado en la tabla
4. A fin de simplificar a Frame Relay tanto como sea posible, existe una regla muy simple. Si hay problemas con alguna trama, simplemente descartaia. Hay dos razones principales de porque los datos de Frame Relay podrian ser descartados

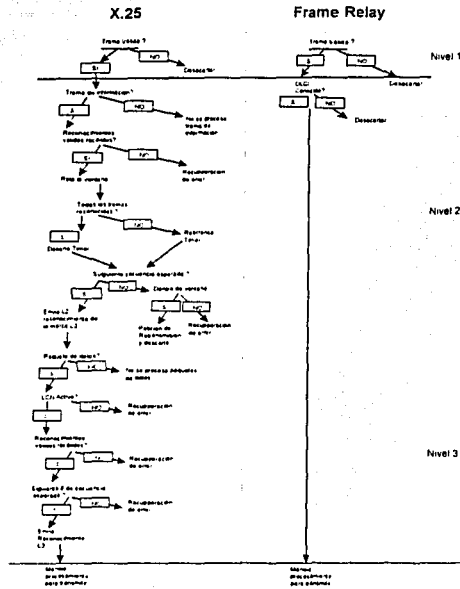
- ✓ Detección de errores en los datos
- ✓ Congestion (la red esta sobrecargada)

Pero, ¿Cómo puede la red descartar tramas sin destruir la integridad de las comunicaciones?. La respuesta radica en la existencia de inteligencia en los puntos finales, tales como PCs, estaciones de trabajo y hosts. Estos dispositivos terminales operan con protocolos multinivel, los cuales detectan y se recuperan de pérdidas de datos dentro de la red. Incidentalmente el concepto de utilizar protocolos inteligentes de las capas superiores para hacer un backbone de red no es una idea nueva. La internet se basa en este método para asegurar fiabilidad de las comunicaciones a través de la red

### 3.3.4 Procesamiento Frame Relay contra X.25

El nodo Frame Relay procesa datos en una manera relativamente simple comparado con protocolos más estructurados como X.25. La fig. 3.13 contrasta la simplicidad de Frame Relay con el procesamiento más complejo de X.25.





TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.13 Modelo simplificado del procesamiento de X.25 y Frame Relay

Como puede observarse en la misma figura, la tecnología Frame Relay simplifica las tareas de procesamiento y se basa en los dispositivos finales para compensar las pérdidas de tramas.

¿ Como hace un protocolo de las capas superiores para recuperarse de las pérdidas de una trama ? Mantiene un registro de los numeros de secuencia de varias tramas que se envían y reciben Reconocimientos son enviados para permitirle al emisor saber que números de tramas han sido satisfactoriamente recibidos Si falta un número de secuencia, el receptor final solicitará una retransmisión despues de esperar un periodo de tiempo

De esta manera los dos dispositivos finales aseguran que todas las tramas eventualmente sean recibidas sin errores

Aunque las capas altas recuperarán confiablemente el descarte de tramas , la recuperación de extremo a extremo es costosa Una sola trama perdida resultara en una retransmisión de todas las tramas no reconocidas Tal recuperación toma ciclos extra de proceso y memoria en las computadoras de los puntos finales, utiliza tambien ancho de banda extra de la red, para retransmitir tramas multiples

Lo peor de todo es que causa altos retardos debido a los tiempos de espera de las capas altas (el tiempo que tiene que esperar para que la trama arribe antes de declararla perdida, y el tiempo empleado en su retransmision

Aunque si bien las capas altas pueden hacer la recuperación cuando ocurre un descarte un factor más importante en el desempeño total de una red es la posibilidad de que la red minimice las tramas descartadas



Dos causas de descarte de tramas son :

- ✓ Errores en los bits
- ✓ Congestión

Cuando ocurre un error en una trama, típicamente causado por ruido en la línea, este es detectado en la trama utilizando la FCS.

A diferencia de X.25, el nodo Frame Relay al detectar el error no solicita el emisor corregir el error para retransmitir la trama. El nodo simplemente lanza la trama y la desplaza para recibir la siguiente trama. Esto requiere de inteligencia de la PC o workstation que está generando los datos para reconocer que un error ha ocurrido, para reenviar la trama. Debido a que el costo de tener que hacer recuperaciones en las capas altas es alto, esto tendría un efecto desastroso en la eficiencia de una red si las líneas son ruidosas, al generar muchos errores.

Afortunadamente muchas líneas de backbone están basadas en fibras ópticas, y experimentan tasas de error extremadamente bajas. De esta forma, el Frame Relay es útil en líneas digitales limpias que tienen bajas tasas de error, mientras que X.25 podría ser requerido por su buen desempeño en líneas con altas tasas de errores.

### 3.3.5 Descarte de tramas causada por congestión

La congestión de la red ocurre por dos razones:

- ✓ Primero, un nodo de red recibe más tramas de las que puede procesar. Esto es llamado congestión de la recepción.
- ✓ Segundo, un nodo de red necesita enviar más tramas a través de una línea dada que lo que la velocidad de la línea lo permite. lo que es llamado congestión de la línea.

En uno u otro caso, el buffer del nodo (memoria temporal para tramas entrantes que aguardan para ser procesadas o que están alineadas para ser enviadas) son llenados y el nodo deberá descartar las tramas hasta que los buffers se hallan vaciado.

Debido a que el tráfico de una LAN opera totalmente a ráfagas, la probabilidad de que ocurra congestión ocasionalmente es alta, a menos que, el usuario sobredimensione tanto las líneas como los switches y por ello sobrepase los costos de la red. Como resultado, es muy importante que la red Frame Relay tenga excelentes características de administración de la congestión para minimizar tanto la ocurrencia como la severidad de la misma y con ello minimizar los efectos de los descartes cuando éstos sean requeridos.

### 3.3.6 Mecanismos de notificación de congestión

Los mecanismos de manejo de la congestión, como otros mecanismos de señalización, son opcionales, pero ellos afectarán el desempeño de la red. La importancia del manejo de la congestión se ilustra en la fig. 3.14.

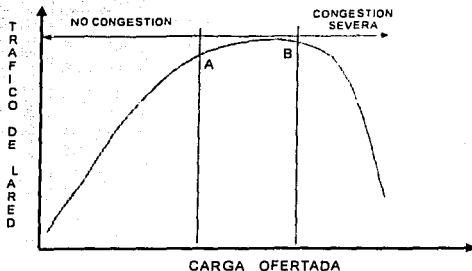


Fig. 3. 14 Manejo de la congestión

El tráfico que entra a la red se llama la carga ofertada, a medida que se incrementa la carga ofertada, el tráfico real de la red se incrementa linealmente. El principio de la congestión está representado por el punto A, cuando la red no puede sostener el tráfico entrante y empieza el control de flujo.

Si el tráfico entrante continúa incrementándose, alcanza un estado de congestión severa en el punto B, donde el tráfico efectivo real de la red empieza a decrementar debido al número de retransmisiones. Esto provoca que una trama dada sea enviada a la red varias veces antes de que llegue satisfactoriamente.

En una congestión severa, el tráfico total de la red puede disminuir, y la única manera de recuperarlo es que los dispositivos de usuario reduzcan su tráfico. Por tal motivo, muchos mecanismos han sido desarrollados para notificar a los dispositivos de usuario que está ocurriendo una congestión y deberá reducir su carga ofertada.

La red deberá ser capaz de detectar cuando se aproxima una congestión (punto A) más que esperar a que se alcance el punto B y notificar a los puntos finales que reduzcan su tráfico. Una notificación temprana puede evitar una congestión severa.

Existen dos mecanismos para minimizar, detectar y recuperar de situaciones de congestión, a efecto de proveer un control de flujo.

- ✓ Notificación explícita de congestión
- ✓ Elegibilidad de descarte

Otro mecanismo que podría ser empleado por los dispositivos terminales es una notificación de congestión implícita.

Estos mecanismos utilizan bits específicos contenidos dentro del encabezado de cada trama. La ubicación de estos bits específicos (FECN, BECN y DE) se muestran en la fig. 3.15.

Observemos como funcionan cada uno de estos mecanismos.

#### Bits de Notificación de congestión explícita (ECN)

El primer mecanismo utiliza dos bits de notificación de congestión explícita en el encabezado de la trama Frame Relay. Ellos son llamados Notificación de congestión explícita hacia adelante (FECN- Forward Explicit Congestion Notification) y Notificación de congestión explícita hacia atrás (BECN- Backward Explicit Congestion Notification).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

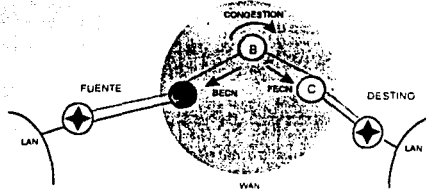


Fig. 3.15 Uso de FECN y BECN en notificación de congestión explícita

**Elegibilidad para descarte (DE)**

Los estándares Frame Relay establecen que el dispositivo de usuario deberá reducir su tráfico en respuesta a una notificación de congestión. La implementación de las acciones recomendadas para el dispositivo de usuario resultará en un decremento del tráfico dentro de la red, de tal manera que se reduzca la congestión. Si el dispositivo de usuario es incapaz de responder a los mecanismos de señalización podría simplemente ignorar la señal de congestión y continuar transmitiendo datos a la misma velocidad, con lo que se incrementaría la congestión. En este caso ¿cómo hace la red para protegerse? La respuesta se encuentra en las reglas básicas de Frame Relay, si hay un problema descarta los datos. Por lo que si la congestión causa una sobrecarga, más tramas serán descartadas, esto aumentará los tiempos de respuesta y reducirá el tráfico efectivo de la red, pero la red no fallará.

Cuando ocurre una congestión, los nodos deberán decidir que tramas descartar, lo más simple es seleccionar tramas aleatoriamente, el inconveniente de esto es que se maximiza el número de puntos finales que deberán iniciar recuperación de errores debido a tramas faltantes.

El mejor método es predeterminar cuales tramas pueden ser descartadas, este acercamiento se complementa por medio del uso del parámetro de velocidad e información comprometida CIR (Committed Information Rate). El CIR es la capacidad de información promedio de un circuito virtual. Cuando se suscribe o se compra un servicio Frame Relay de un carrier, se especifica un CIR dependiendo de cuanta capacidad de información se piensa que se necesitará.

En cada encabezado de trama, hay un bit llamado bit de elegibilidad para descarte (DE) ver Fig 3.11. Un bit DE se cambia a uno (1) por el dispositivo CPE o switch de la red cuando la trama esta por arriba del CIR. Cuando el DE se pone en 1, hace que la trama elegible para descarte responda a situaciones de congestión. Una trama con un bit DE de 1 es descartado en forma opuesta a los no elegibles para descarte. Cuando el descarte de datos elegibles DE, por si mismo, no es suficiente para aliviar una congestión severa, las tramas adicionales son descartadas sin importar en que valor esta el bit DE.

**3.3.7 Estatus de conexiones**

El siguiente tipo de mecanismo de señalización define como los dos lados de una interfase Frame Relay, pueden comunicarse uno con otro acerca del estatus de la interfase y de las varias PVCs de la interfase.

Nuevamente estos parámetros son opcionales, es posible implementar una interfase Frame Relay y pasar datos sin implementar estos parámetros. Este mecanismo de señalización simplemente le permite recuperar más información acerca del estatus de su conexión de red.

La información del estatus se complementa con el uso de tramas especiales de manejo con una dirección DLCI única, la cual podría ser pasada entre la red y los dispositivos de acceso. Estas tramas monitorean el estatus de la conexión y proveen la siguiente información:

TESIS JOE  
 FALLA Y ORIGEN

- Si la interfase está aun activa. Esta es llamada una señal "keep alive" o señal de latido (herbbeat)
- Las DLCIs válidas definidas para aquella interfase
- El estatus de cada circuito virtual, por ejemplo, si está congestionado o no.

El mecanismo de estado de la conexión es denominado especificación de interfase de manejo local (Local Management Interface- LMI). Actualmente existen tres versiones de especificación LMI :

TABLA 3.3 ESPECIFICACIONES LMI

Protocolo	Especificación
LMI	Acuerdo de implementación del Foro Frame Relay FRF.1
Annex D	ANSI T1 617
Annex A	ITU Q.933 Referenciado en FRF 1.1

Mientras que el LMI fue utilizado por el FRF 1.1A podría ser utilizado también como un término genérico para referirse a cualquiera de todos los protocolos.

### 3.3. 8 Estándares Frame Relay

En 1988 el ITU-T (entonces llamado CCITT) aprobó la recomendación I.122 "Sistema para servicios portadores de modo paquete. El I.122 era parte de una serie de especificaciones relacionadas a ISDN. Los desarrolladores de ISDN habian estado utilizando un protocolo conocido como LAPD, el cual a su vez, está definido en la recomendación Q.921.

Las características de LAPD lo hacian útil para otras aplicaciones. Una de esas características es que poseía provisiones para multiplexar circuitos virtuales en el nivel 2 o nivel de trama. Por lo que I.122 fue escrita para proveer un sistema general, que delinee como tal protocolo podría ser utilizado en aplicaciones diferentes a ISDN.

En ese momento empezo un progreso rápido liderado por un comité ANSI conocido como T1S1, bajo los auspicios de ECSA. Este trabajo resultó en un conjunto de estándares que definían a frame relay muy clara y completamente. Los principales estándares frame relay se muestran en la tabla 3.4

TABLA 3.4 ESTANDARES FRAME RELAY

Descripción	Estandares ANSI	Estatus	Estandares ITU	Estatus
Descripción del servicio	T1 606	Estandar	I 233	Aprobado
Aspectos Centrales	T1 618 (Previamente conocido como T1 6ca)	Estandar	Q 922 Annex A	Aprobado
Señalización de Acceso	T1 617 (Previamente conocido como T1 6 fr)	Estandar	Q 933	Aprobado

T1.606 fue aprobado a principios de 1990 Gracias al trabajo del comité ANSI, y una clara demanda del mercado, el estándar ANSI recibió la aprobación en 1991.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 3.3.9 Interoperabilidad y cumplimiento de estándares

A fin de lograr interoperabilidad, el equipo de la red frame relay deberá cumplir con el método básico de transporte de datos especificado en el estándar ANSI, el cual establece que Frame Relay tome su lugar utilizando el DLCI en el header de dos bytes de Frame Relay

### 3.3.10 El Foro Frame Relay

El Foro Frame Relay es una organización no lucrativa dedicada a promover la aceptación e implementación de Frame Relay basado en estándares nacionales e internacionales. Establecido en 1991 el foro cuenta ahora con más de 300 compañías miembros en todo el mundo.

El foro desarrolla y aprueba Acuerdos de Implementación (IAS) para asegurar la interoperabilidad de Frame Relay y facilitar el desarrollo de protocolos estándares y conformar pruebas para varios protocolos. Desde los primeros IAS, se han definido características adicionales, tales como multicast, encapsulación multiprotocolo y señalización SVC, para incrementar las capacidades de Frame Relay.

El trabajo del Foro Frame Relay ha dado como resultado múltiples acuerdos de implementación y estándares para agregar mejoras y ampliaciones a las aplicaciones de Frame Relay. Véase tabla 3.5.

TABLA 3.5 ESTANDARES DEL FORO FRAME RELAY

Acuerdo	Descripción
FRF 1.1	User to Network (UNI) Implementation Agreement
FRF 2.1	Network to network (NNI)
FRF 3.1	Multiprotocol encapsulation Agreement
FRF 4	SVC Implementation
FRF 5	Interconexión Frame Relay /ATM
FRF 6	Implementación de Administración de la red del cliente
FRF 7	Servicio multicast PVC y descripción de protocolo
FRF 8	Interconexión Frame Relay/ATM PVC
FRF 9	Compresión de datos sobre FR
FRF 10	Interfase N to N FR SVC
FRF 11	Voz sobre FR
FRF 12	Fragmentación FR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.4 ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono o ATM (Asynchronous Transfer Mode) es una nueva tecnología de comunicaciones la cual, es fundamental y radicalmente diferente de las tecnologías previas. Su disponibilidad comercial marca el inicio de lo que promete ser una genuina revolución en la comunicación de datos y dentro de la industria de las tele/datacomunicaciones en general.

Alrededor de 1988 la industria de las telecomunicaciones, principalmente los proveedores de servicios de transporte (carriers), empezaron a desarrollar un concepto llamado Red Digital de Servicios Integrados de Banda ancha o B-ISDN. Éste fue concebido como un servicio de transporte para proveer al usuario final servicios de comunicaciones de alta velocidad en forma integrada. Esto marca un contraste con la situación actual donde una multitud de redes diferentes coexisten para proveer servicios de diferentes clases. La infraestructura actual de tele/datacomunicaciones presenta un uso ineficiente de los recursos, debido a que cada una de las redes de servicios deberá ser instalada y mantenida por separado, y peor aún, cuando los recursos de una red están disponibles después de las horas pico (horas de oficina), por ejemplo en una red telefónica, estos recursos no pueden utilizarse para otro tipo de servicios, tales como televisión, por ejemplo.

La tecnología seleccionada para liberar el servicio B-ISDN se le llamó Modo de Transferencia Asíncrona o ATM.

En 1992 los profetas de la industria predijeron que ATM podría iniciar una fase experimental en 1993, también que los primeros productos comerciales aparecerían en 1997 y que el año 2000 sería el año de uso masivo. No obstante, los primeros productos comerciales estuvieron disponibles realmente en 1994, la aceptación masiva empezó en 1995-96, aunque varios de los estándares se vinieron a complementar hasta 1997.

La aceptación casi universal entre proveedores y desarrolladores de ATM proviene del hecho de que:

- ✓ ATM maneja todas las diferentes clases de tráfico de comunicaciones (voz, datos, imágenes, video y sonido de alta calidad, multimedia, etc.) de una manera integrada.
- ✓ ATM puede ser utilizado tanto en ambiente LAN como en ambiente WAN, de aquí que prometa una interconexión transparente entre los dos ambientes (algo que no había sido posible antes)

De este modo, se puede afirmar que su rango de aplicación es mucho más amplio que con cualquier tecnología previa. Además existen otros factores de interés, ya que:

- ✓ ATM es una tecnología nueva diseñada para operar en el ambiente tecnológico actual
- ✓ ATM es una alternativa muy efectiva en costo para construir sistemas LAN. Los usuarios pueden ser conectados a un sistema LAN ATM utilizando adaptadores que soporten las velocidades de transmisión de acuerdo a sus requerimientos individuales de ancho de banda.

#### 3.4.1 B-ISDN o ATM

Existe cierta confusión entre lo que es ATM y la ISDN de banda ancha o B-ISDN. En realidad los dos términos están relacionados entre sí ya que ATM evolucionó de los esfuerzos de estandarización de la B-ISDN. En términos más precisos, puede afirmarse que ATM es la tecnología en la cual está basada la B-ISDN.

Usualmente el término "B-ISDN" se aplica a servicios de redes de área amplia aunque su base tecnológica es ATM, pero el término B-ISDN usualmente no se aplica a redes de área local o

campus. No obstante, debido a que están basadas en la misma tecnología, las ventajas de lo que es ATM aplicará por igual.

Hoy en día ATM se ha expandido para cubrir mucho de lo que en un sentido estricto no hace B-ISDN. B-ISDN es una interfase de transporte y un servicio de red de transporte. ATM es una tecnología que podría ser utilizada en múltiples ambientes, no relacionados con servicios de transporte. Sin embargo, mantener largas y complicadas discusiones acerca de las diferencias a detalle entre ATM y B-ISDN no tiene sentido, dentro del contexto de entender lo que es la tecnología. Para muchos propósitos los términos ATM y B-ISDN son indistintos, por lo que en el presente trabajo la referencia a uno u otro término se considerará como una referencia al mismo concepto.

### 3.4.2 Qué es ATM ?

"ATM es una tecnología de conmutación de paquetes orientada a conexión que emplea paquetes de longitud fija referidos como celdas, para transportar tráfico (de naturaleza distinta) dentro de una red"<sup>6</sup>.

Uno de los objetivos de diseño de ATM incluye la integración de voz, datos, video e imágenes en una sola infraestructura de tele/datoscomunicaciones.

La caracterización de ATM como asíncrona se refiere a que los paquetes de información podrían ocurrir a intervalos irregulares de tiempo, determinados por la naturaleza de la aplicación más que por la estructura de tramas del sistema de transmisión. De hecho ATM posee un soporte isócrono interno, consecuentemente, ATM puede transportar voz, datos, video e imágenes, todo sobre el mismo circuito

ATM también provee escalabilidad, en términos de :

- ✓ *Distancia.* Una sola tecnología para LAN, MAN y WAN
- ✓ *Velocidad.* Las interfases de la capa física definidas actualmente varían desde 1.5 Mbps hasta 622 Mbps

Debido a su adaptabilidad, ATM es vista casi universalmente como la clave tecnológica para el futuro en las redes de transporte, en redes WAN públicas y privadas, campus y redes LAN multimedia. Los tipos de servicio disponibles en las redes ATM incluyen :

- ✓ Ancho de banda en demanda
- ✓ Niveles de servicio garantizados
- ✓ Conexiones punto a punto y punto-multipunto
- ✓ Servicios a velocidad constante y velocidad variable
- ✓ Servicios de aplicaciones orientadas a conexión o sin conexión

### 3.4.3 Filosofía de operación de las redes ATM

Para entender la filosofía de lo que es ATM revisemos un poco la historia de las redes. En el pasado cercano, las redes eran o bien orientadas a circuito o bien orientadas a paquete. Los servicios orientados a circuito son tradicionalmente preferidos para aplicaciones sensibles al retardo por ejemplo, la telefonía mientras que los servicios orientados a paquete son preferidos para aplicaciones tolerantes al retardo, tales como la transmisión de datos.

Con los servicios orientados a circuito, el ancho de banda completo de un enlace de comunicación está dedicado a una conexión específica de tráfico (por ejemplo una llamada telefónica). Mientras que esta conexión dedicada garantiza un servicio predecible, también es cierto que se caracteriza por un uso ineficiente del ancho de banda. Por ejemplo, en el caso de la llamada telefónica, cuando nadie está hablando, el ancho de banda está ocioso.

<sup>6</sup> "Internetworking over ATM Networks", Danou, Hattis IBM New York, 1996 p. 9

La conmutación de paquetes ofrece considerablemente mayor versatilidad que la conmutación de circuitos. El ancho de banda en un enlace particular no está dedicado a una sola conexión, por lo que múltiples fuentes de información pueden utilizar este enlace, teniendo entonces que multiplexar su tráfico de paquetes sobre él. Esto minimiza el tiempo libre del enlace pero introduce un elemento de aleatoriedad, ya que los paquetes varían en longitud y arriban a intervalos aleatorios de tiempo. Si por ejemplo, una conexión de voz o de video fuera multiplexada con una transmisión de datos, los paquetes grandes de datos podrían interrumpir el flujo del tráfico de voz o video, dando como resultado cortes o jitter. Obviamente esto es inaceptable para una forma de tráfico isócrono. Sin embargo, la conmutación de paquetes optimiza el uso del ancho de banda, lo que hace de la conmutación de paquetes la elección más económica, pero con los inconvenientes mencionados.

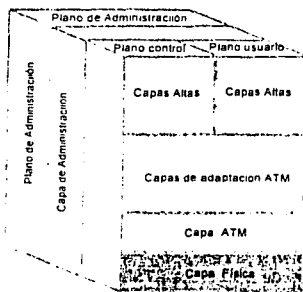
ATM combina lo mejor de ambos mundos, al combinar la predictibilidad de la conmutación de circuitos con la flexibilidad de la conmutación de paquetes. Y mejor aún, ATM utiliza técnicas simplificadas de conmutación de paquetes, segmentando los paquetes en celdas de tamaño fijo, para ser conmutadas sobre múltiples canales y rutas virtuales.

### 3.4.4 El Modelo de Referencia ATM

Para comprender las posibilidades así como las limitaciones de los servicios transmitidos, por ejemplo, video digital, sobre las redes ATM es esencial entender la funcionalidad de los protocolos involucrados, así como los diferentes protocolos relacionados. Sin este respaldo es muy difícil entender como puede lograrse una calidad de servicio dada dentro de una red ATM, como pueden ser establecidas las conexiones en demanda además, explicar porqué se considera a ATM como la más poderosa y flexible red que existe actualmente.

De la misma manera que se describen los protocolos de comunicaciones, los protocolos de ATM son mejor ilustrados por medio de un modelo de capas.

Parte de la recomendación inicial de la ITU-T sobre B-ISDN incluye el modelo de referencia del protocolo B-ISDN, el cual especifica una arquitectura de capas que define los principios básicos y las características de B-ISDN.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3. 1a. Modelo de referencia ATM/B-ISDN

La funcionalidad del modelo se mueve alrededor de diferentes planos, cada uno con diferentes tareas fundamentales. Los planos de referencia se explican en seguida :

- *El plano de usuario se provee para las funciones de transferencia de la información de la aplicación del usuario. Contiene la capa física, una capa de ATM y múltiples capas de adaptación, requeridas para los diferentes servicios de usuario.*



- El plano de control trata con el establecimiento y liberación de la conexión y las funciones de control necesarias para su establecimiento. La estructura del plano de control comparte las capas física y ATM con el plano de usuario y también incluye capas de adaptación (AAL) procedimientos y protocolos de señalización de capas más altas.
- El plano de administración provee funciones específicas y también da la capacidad de intercambiar información entre el plano de usuario y el plano de control. Contiene dos secciones : la capa de administración, que maneja la Operación y Mantenimiento (OAM) de todas las capas. El plano de administración, que provee de la coordinación de los planos, en caso de ocurrencia de un problema serio, puede indicarlo al sistema de administración de la red.

Los protocolos se encuentran organizados en capas, las cuales tienen un propósito claramente definido, así como interfaces claramente definidas hacia las otras capas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

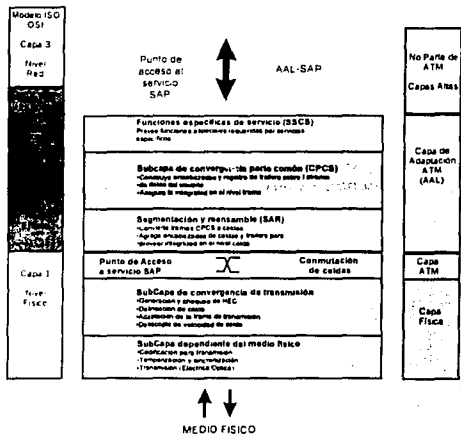


Fig. 3.17 Funciones de ATM sobre el modelo de referencia OSI

### Capa física

La capa física controla la transmisión y la recepción de los bits sobre el medio físico, también mantiene el rastreo de las fronteras de las celdas ATM y de los paquetes de celdas dentro del tipo apropiado de tramas desde el medio físico que está siendo utilizado.

La capa física de ATM esta dividida en dos partes : la subcapa del medio físico y la subcapa de convergencia de transmisión.

La subcapa del medio físico es responsable del envío y recepción de un flujo continuo de bits con información de temporización asociada para sincronizar la transmisión y la recepción, debido a que incluye solamente funciones dependientes del medio físico, su especificación depende del medio físico utilizado.

La subcapa de convergencia de transmisión es responsable de :

- Delineación de la celda: Mantiene las fronteras de la celda ATM.

- Generación y verificación de secuencias de control de errores del encabezado.
- Desacoplamiento de velocidad de celda. Inserta o suprime celdas ATM libres (no asignadas) para adaptar la velocidad de las celdas ATM a la capacidad del campo de datos de los sistemas de transmisión.
- Adaptación de tramas de transmisión. Empaquetado de celdas ATM en tramas aceptables a la implementación de la capa física particular.
- Generación y recuperación de tramas de transmisión. Genera y mantiene la estructura apropiada de la trama de la capa física.

### Capa ATM

La capa ATM es responsable de establecer las conexiones y pasar las celdas a través de la red ATM. Para hacer esto utiliza la información contenida en el encabezado de cada celda.

### Capa de adaptación

La capa de adaptación ATM (AAL) traduce entre las unidades de servicio de datos (SDUs) de los procesos de las capas superiores y las celdas ATM.

Cada una de estas capas del modelo y los protocolos relacionados a ellas se tratarán con mayor detalle en los puntos siguientes.

#### 3.4.5 Formato de la celda ATM

El hecho de que una red pueda manejar todos los diferentes tipos de información, con diferentes demandas de ancho de banda, con ocupación por ráfagas, etc. es debido primordialmente a que la tecnología ATM mueve la información en pequeñas "celdas" o paquetes de 53 bytes, repartidos en 48 bytes para la información del usuario y 5 bytes de encabezado para diferentes propósitos de control, como se muestra en la fig. 3. 18.

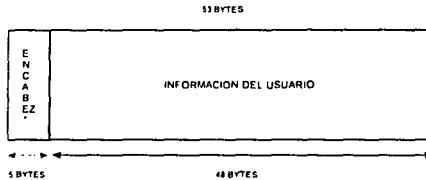


Fig. 3. 18 Formato de la celda ATM

La información fluye de o hacia diferentes usuarios, por ejemplo un tipo de servicio de video puede ser recogido en la red y transmitido via canales específicos o paths, los cuales proveen el desempeño requerido. La información de por cuáles canales o paths debiera ser liberado el video, en este caso del ejemplo, se localiza en el encabezado de 5 bytes de cada celda ATM. El hecho de que la celda ATM sea de un tamaño fijo en vez de ser variable, permite hacer más simple y mucho más rápido su procesamiento en todos los componentes de la red, como tarjetas de interfase y switches, ya que el procesamiento de las celdas puede hacerse en hardware en vez de hacerse por software. Por lo que no es necesario calcular longitudes de paquete, localizar espacio en buffers, etc. como se requiere en los paquetes de longitud variable.

NEGOCIO EN LA TIENDA  
 PAGA EN ORIGEN  
 ESTE COM  
 NO SE PUEDE

### El porqué del tamaño de la celda

La primera pregunta acerca del tamaño de la celda es, ¿porqué 53 bytes? no solamente es un número inusual, sino que además no es un valor muy grande, entonces ¿porqué ese valor?

Una de las razones es debida al retardo en el empaquetamiento. Pensemos en el estándar para la voz digital, donde cada conversación individual utiliza un flujo constante de bits de 64 kbps. La voz se codifica tomando 8 000 muestras por segundo, y como la muestra es de 8 bits, 8 000 muestras de 8 bits por segundo, dan como resultado una velocidad de 64 kbps.

Ahora, consideremos la tarea de llenar una celda. Si la celda tiene 40 bytes de espacio útil, la celda se llenará con 40 muestras y requerirá de 5 milisegundos antes de que la celda sea enviada a la red. Este tiempo es llamado "retardo de empaquetamiento", y es muy importante para tráfico en tiempo real como la voz o el video.

Por ejemplo, en las comunicaciones satelitales donde el retardo es del orden de 250 ms en cada dirección, cuando se hace uso de un circuito de voz por satélite, probablemente se experimenten problemas debidos al retardo, que pueden interferir con las interacciones de la conversación. Ya que es deseable mantener el retardo al mínimo, las celdas pequeñas son preferibles.

Sin embargo, debido a que deberá existir algo de overhead en una celda, de tal manera que pueda hacerla llegar al lugar correcto, al utilizar un encabezado de cinco bytes, el porcentaje de ancho de banda que se requiere aumenta conforme disminuye el tamaño de la celda lo que ocasionará que se pierda eficiencia. La clave será tratar de balancear las características de retardo con la eficiencia, con lo que un encabezado de cinco bytes con 48 bytes de área útil dará como resultado un overhead de 10 %.

Naturalmente, la selección del tamaño de celda involucró un extenso análisis de aspectos técnicos. De hecho en Europa uno de los puntos de más interés fue el retardo de empaquetamiento, debido a que las redes telefónicas europeas no son muy grandes. En Norteamérica esto no significaba un problema, por lo que los norteamericanos estaban a favor de la celda de 64 bytes de carga útil y 5 bytes de encabezado, mientras que los europeos pretendían una celda de 32 bytes de carga útil y un encabezado de 4 bytes. Finalmente, se determinó, por lo que pareciera más una salida política, que el tamaño final fuera justamente el promedio de ambas propuestas, es decir 48 bytes. En el resultado final se busco preservar la eficiencia de la longitud de la celda.

Es muy importante en este punto hacer mención que una celda de tamaño fijo tiene limitaciones a bajas velocidades, por ejemplo, utilizar ATM a 9600 bps, que es lo mismo que 1200 bytes ps, utilizando la celda de 53 bytes equivaldrá a pasar 23 celdas ATM ps, o una celda cada 44 ms. Aunque es una velocidad bastante baja, no es la cifra de celdas ps el factor limitante, sino la eficiencia de empaquetamiento de los datos en el campo de datos de usuario. Muy pocas aplicaciones a esa velocidad pueden garantizar llenar completamente cada celda en múltiplos de 48 bytes.

Si las celdas ATM no se llenan, hay dos opciones, la primera es enviar las celdas a medio llenar, lo que desperdicia ancho de banda y capacidad y la segunda, esperar a que se llene lo que desperdicia tiempo, ningún caso es conveniente. Lo mismo ocurre a 64 k y solamente a velocidades de E1 o superiores la relación de velocidad de línea a celdas utilizadas es tolerable. Otra razón de que ATM no opere a bajas velocidades es el costo del equipo. El hardware ATM está basado en una arquitectura de "punto de cruce" que emplea diseños muy novedosos y por lo tanto más efectivos en su costo para soluciones de acceso.

### 3.4.6 Conceptos Básicos de ATM

Los siguientes conceptos son claves para entender lo que es la tecnología ATM.

#### **Celdas**

En una red ATM toda la información (voz, datos, imágenes, video, etc.) es transportada a través de la red en bloques muy cortos (53 bytes) llamados celdas.

**Ruteo**

La información fluye a lo largo de trayectorias establecidas (llamados canales virtuales). El encabezado de la celda contiene un identificador que enlaza la celda a la trayectoria correcta para que llegue a su destino.

Las celdas sobre un canal virtual particular siempre sigue la misma trayectoria a través de la red y las celdas son liberadas al destino en el mismo orden en que fueron recibidas.

**Conmutación basada en hardware**

ATM esta diseñada para que hardware simple basado en elementos lógicos pueda ser empleado en cada nodo para efectuar la conmutación.

**Adaptación**

En los extremos de la red las tramas de datos del usuario son descompuestas en celdas. El flujo continuo de datos, tales como de voz o de video son ensamblados en celdas. En el lado del destino de la red, las tramas de datos del usuario son reconstruidas desde las celdas recibidas y regresadas al usuario final en la forma en que fueron liberadas a la red.

**Control de errores**

La red de conmutación de celdas ATM, solamente revisa los encabezados de la celda para buscar errores y simplemente descarta las celdas erróneas.

La función de adaptación es externa a la red de conmutación y depende del tipo de tráfico, para tráfico de datos, se checan para buscar errores en las tramas recibidas, si se encuentra alguno entonces se descarta la trama completa

**Control de flujo**

En su concepción original, una red ATM no posee controles de flujo interno de ninguna clase. La lógica de procesamiento requerida fue considerada muy compleja para acomodarse a las velocidades involucradas, en vez de eso, ATM fue prevista para utilizar un conjunto de controles de la velocidad de entrada que limitan la velocidad liberada a la red.

**Orientación a conexión**

Una red ATM utiliza tecnología orientada a conexión. Esto significa que no hay manera de enviar datos a través de la red ATM antes de que se establezca una conexión. Una conexión podría ser conmutada, en cuyo caso se establece un procedimiento de llamada, o permanente, esto es, preestablecida basada en la red o en información preconfigurada.

**Operación sin conexión**

La mayoría de las redes anteriores a ATM operan en modo sin conexión. Varios métodos han sido definidos para simular la transferencia de datos sin conexión a través de las redes ATM orientadas a conexión para compatibilidad con las aplicaciones existentes. Estas soluciones operan arriba de la capa de transporte de ATM y radican ya sea en la conexión ATM establecida por la primera celda de datos utilizada en conexiones ATM permanentes predefinidas.

**Liberación en secuencia garantizada**

Debido a que las celdas ATM son liberadas sobre una conexión virtual, cada celda viaja a lo largo de la misma ruta, y todas las celdas serán transferidas al destino final en el mismo orden en que ellas fueron presentadas a la red. Esto restringe a la red a utilizar una sola trayectoria para las celdas en una sola conexión virtual, aunque otros canales físicos existentes pudieran estar disponibles o subutilizados

**Broadcast y Multicast**

Si bien ATM es orientada a conexión, los tipos de conexión punto-multipunto (multicast) están contemplados para enviar datos simultáneamente a más de un sistema y utilizar una estructura de árbol como se ilustra en la fig. 3.19.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

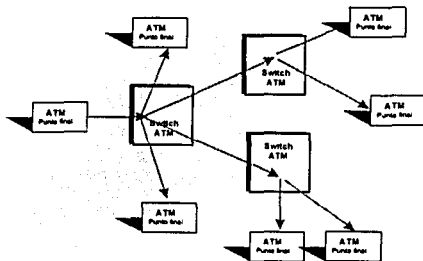


Fig. 3.19 Arbol Multicast

Las conexiones punto a multipunto son establecidas primero como una conexión punto a punto entre el sistema final raíz y una hoja. Una vez que es establecida una de estas conexiones, una segunda hoja es conectada a ella utilizando la ruta óptima de la conexión establecida. Este algoritmo es utilizado hasta que la última hoja es conectada al árbol.

Las siguientes son algunas características de la conexión multicast :

- La comunicación está disponible de la raíz a la hoja
- Los datos pueden ser enviados de la hoja a la raíz, pero no se permite la comunicación de hoja a hoja sobre esta conexión
- El árbol multicast puede configurarse para recibir señalización o del administrador de la red como una conexión permanente.

**Calidad de servicio (Quality of service -QoS)**

Cada conexión virtual ATM posee una característica de calidad de servicio asociada con ella. Durante una congestión, cuando una red no puede recuperarse de una sobrecarga, ésta descarta solo aquellas celdas marcadas como de baja prioridad. La red puede seleccionar cuales celdas descartar dependiendo de las características de QoS de la conexión virtual.

Los parámetros de QoS definidos por el ITU-T son los siguientes :

- Retardo de transferencia de celda (Latencia de la red)
- Variación del retardo de celda (Jitter)

- Capacidad de transferencia de celda ( Velocidad – promedio permitido y picos de velocidad)
- Razón de error de celda
- Razón de pérdida de celda
- Razón de inserción fallida en celdas

Cada trayectoria virtual también tiene una QoS asociada con ella. La QoS de una conexión virtual podría ser más baja que la de la trayectoria virtual, pero no puede ser más alta.

#### **Pérdida de Celdas y Descarte de Celdas**

Las celdas podrían perderse o ser descartadas por una red ATM. La red no detecta la pérdida de celdas y no señala al usuario cuando ha descartado celdas de una conexión particular.

Algunas aplicaciones de velocidad variable para voz y video pueden producir dos tipos de celdas. Las celdas estándar, que contienen información básica y las celdas opcionales que contienen información sobre una calidad de servicio alterno. Si el equipo del usuario puede marcar las celdas opcionales esto puede evitar la pérdida de información esencial durante la congestión de la red.

En las redes basadas en celdas rápidas, la congestión es manejada por medio de descarte de celdas y la recuperación se complementa retransmitiendo bloques completos en vez de celdas individuales.

#### **Control de congestión**

Las redes ATM no poseen control de flujo de la clase que se encuentra en las redes de conmutación de paquetes tradicionales. Esto es debido a que los protocolos tradicionales no son mucho más efectivos a altas velocidades de enlace.

En ATM los parámetros para una conexión son examinados antes de que la conexión sea establecida y la conexión es permitida solamente si la red puede soportar los parámetros deseados.

La red localiza recursos sobre una base estadística, lo que hace posible que la demanda exceda los recursos, en cuyo caso la red descartará celdas.

#### **Integridad de extremo a extremo**

ATM no provee integridad de los datos de extremo a extremo, esta función es responsabilidad del equipo final de usuario o de los protocolos de las capas altas.

### 3.4.7 Estructura de la red ATM

La estructura conceptual de una red ATM se muestra en la fig. 3.20. Los componentes principales de la red se describen enseguida.

#### Red ATM

Una red ATM es un conjunto de subredes ATM interconectadas y controladas como un solo dominio administrativo. Las redes pueden ser ya sea públicas o privadas, también redes individuales pueden interconectarse una con otra.

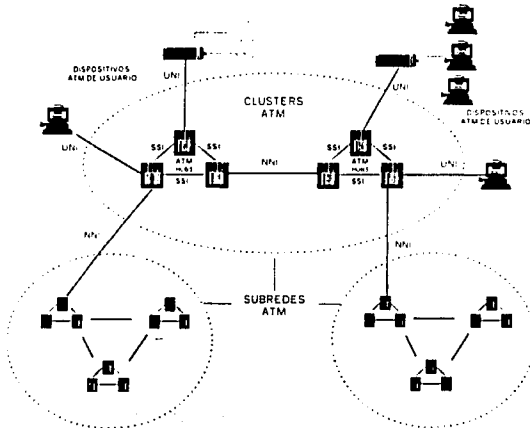


Fig. 3.20 Resumen de la estructura de una red ATM

#### Subred ATM

Una subred ATM comprende una sola agrupación ATM o un conjunto de agrupaciones que operan como un solo dominio de ruteo. Las agrupaciones dentro de las subredes están interconectadas por medio de interfaces de red a red o NNI (Network to Network Interface) y comparten el mismo dominio de ruteo o RDN (Routing domain number) en sus direcciones ATM.

#### Agrupación (Cluster) ATM

Una agrupación ATM comprende un solo subsistema ATM o un conjunto de subsistemas interconectados por medio de interfaces SSI. Cada subsistema en una agrupación ATM está configurado para tener el mismo número de agrupación ATM o ACN (ATM Cluster Number) en su dirección ATM.

**Subsistema ATM**

Un hub ATM es un ejemplo de subsistema, el cual, típicamente transporta las funciones de conmutación hacia la red. Cada subsistema en una agrupación ATM está identificado por un número único de hub o HN (Hub Number) en su dirección ATM

**Dispositivo de usuario ATM**

Un dispositivo de usuario ATM es el sistema final que encapsula los datos en celdas ATM y los envía al switch local para retransmitirlos sobre la red. Cada dispositivo de usuario posee una dirección ATM única que comprende un prefijo de red, dominio de ruteo, número de agrupación, número de hub, adicionalmente a un sufijo local n de byte. Típicamente el dispositivo de usuario aprende el resto de su dirección durante la inicialización utilizando facilidades del dispositivo de usuario a la interfase del switch llamada interfase UNI.

**Conexiones ATM**

ATM difiere de las redes LAN existentes en que utiliza una tecnología orientada a conexión, que simplifica el ruteo de celdas a través de la red ATM, en la que solamente el identificador de la conexión es requerido para que cada switch ATM enrute las celdas correctamente. La información se envía sobre una sola ruta, lo que permite que la información sea recibida en el orden en que fue enviada. Esta liberación en secuencia es requerida especialmente para tráfico de voz y video

Antes de que los datos sean transmitidos, se requiere que previamente sea establecida una conexión virtual entre los sistemas que puede ser una conexión permanente o PVC o establecida temporalmente o SVC. Para manejar cada conexión se utiliza el concepto de canales y trayectorias virtuales.

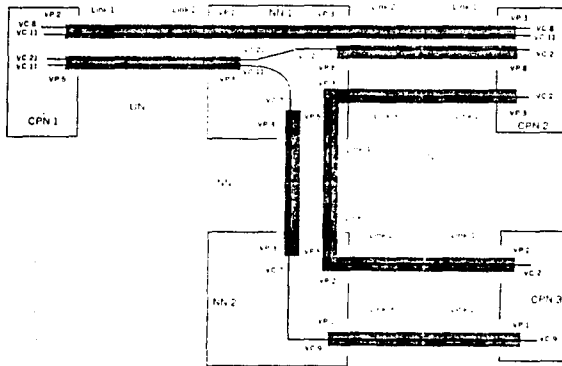


Fig. 3.21 Concepto de ruteo en una red ATM

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Trayectoria virtual (VP- Virtual Path) e Indicador de Trayectoria Virtual (VPI - Virtual Path Indicator)

Como se ilustra en la fig. 3.21. Es una ruta agregada a través de una red representando un grupo de canales virtuales VCs (Virtual Channels). Los VPs podrían existir:

- Entre sistemas finales ATM
- Entre sistemas finales ATM y switches ATM
- Entre switches ATM

El indicador de trayectoria virtual es la indicación de la trayectoria virtual para ser utilizada por una celda y esta contenida dentro de cada celda en la red:

#### **Enlace de trayectoria virtual (VPL)**

Un enlace de trayectoria virtual existe entre los puntos donde un valor VPI esta asignado o donde esta traducido o determinado. Típicamente estos puntos podrían ser switches dentro de la red ATM.

#### **Conexión de trayectoria virtual (VPC)**

Una conexión de trayectoria virtual es la concatenación (secuencia) de VPLs que se extienden entre terminaciones de trayectoria virtual.

#### **Switch de trayectoria virtual (VPS)**

Un switch de trayectoria virtual es la función de procesamiento que conecta VPLs a VPCs.

#### **Terminador de trayectoria virtual (VPT)**

El terminador de trayectoria virtual es también una función de procesamiento, la que termina cada VP y hace los VCs asociados disponibles para conexiones de ruteo separadas e independientes.

#### **Identificador de conexión de trayectoria virtual (VPCI)**

Este identificador de una conexión Vp es regresado por la red ATM cuando una llamada de configuración es ejecutada por un dispositivo de usuario. Es de 16 bits de longitud y es utilizado por el protocolo de señalización en vez del VPI, el cual es único dentro de un solo enlace ATM.

#### **Canal virtual (VC) e Indicador de canal virtual (VCI)**

Un canal virtual es definido en ATM como una conexión unidireccional entre dispositivos de usuario. El indicador de canal virtual esta contenido dentro de cada celda de la red.

#### **Conexión de canal virtual (VCC)**

Una conexión de canal virtual es la conexión de extremo a extremo sobre la que un dispositivo de usuario envía datos. Ya que los canales virtuales son unidireccionales, un VCC podría consistir normalmente de dos canales para proveer de una transferencia full duplex.

#### **Enlace de canal virtual (VCL)**

Un enlace de canal virtual existe entre los puntos donde un valor de VCI esta asignado o donde es traducido o determinado. Típicamente esos puntos podrían ser switches en la red ATM.

#### **Switch de canal virtual (VCS)**

El switch de canal virtual es la función de conmutación de VC que se muestra en la fig 3. Donde los VCLs están conectados juntos para formar VCCs. Para hacer esto ellos terminan VPCs y traducen valores de VCI. Hay limitantes en el número de VPs, VCs, etc. dentro de una red ATM como se indica a continuación :

- El número máximo de VPs en los enlaces esta determinado por el número de bits localizados para direccionar los VPs en el encabezado de la celda. Esto es ya sea 8 o 12 bits.
- El número máximo de Vcs dentro de una VP esta determinado por el número de bits localizados para direccionar los Vps en el encabezado de la celda (VCI) Esto es 16 bits.

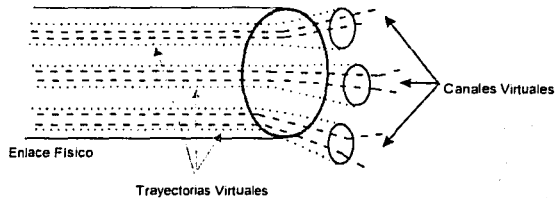


Fig. 3.22 Relaciones entre Canal Virtual, trayectoria virtual y enlace

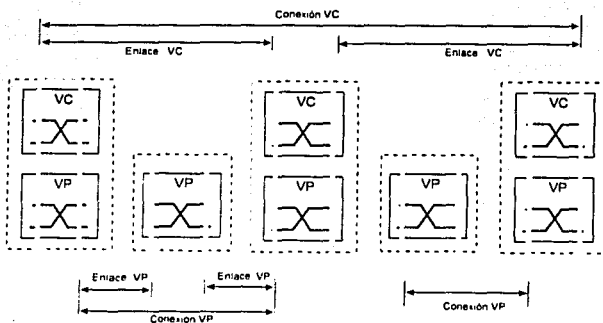


Fig. 3. 23 Concepto de VP y VC

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 3.4.8 Campos de la celda ATM

Los formatos de celda para la interfase de usuario de a red (UNI) y la interfase de red a red (NNI) se ilustran en la fig. 3.25 y 3.26 . Los campos de la celda se describen a continuación :

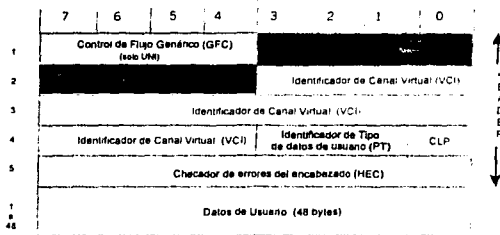


Fig. 3. 24 Celda ATM

### Tamaño de la celda

Una celda ATM siempre contiene 48 bytes de datos con un encabezado de 5 bytes.

#### Control de Flujo Genérico (Generic Flow Control –GFC)

El uso del GFC está definido para la celda UNI.

#### VPI y VCI

Estos dos campos son los mas importantes en el encabezado de la celda ya que ellos identifican la conexión lógica sobre la cual la celda está viajando. Algunos valores VPI/VCI están reservados para señalización, mantenimiento y administración de los recursos.

Si los valores VPI/VCI son cero, significa que la celda está vacía. Las celdas vacías son requeridas en una red para mantener los protocolos de la capa física.

#### Tipo de Tráfico (Payload type – PTI)

Este es un campo de 3 bits. El bit 0 determina si la celda es de datos del usuario (Bit 0 =0) o de operaciones como administración y mantenimiento (Bit 0 =1)

El bit 1 es utilizado cuando la celda transporta datos del usuario (bit 1 = 1). Si es igual a 1 significa que fue experimentada algún tipo de congestión a lo largo de la ruta por la que paso la celda. El Bit 2 es utilizado para procesamiento de las capas mas altas. Bit 2 = 1 significa que la celda es la última celda de la trama de datos del usuario. Si el Bit 2 = 0 , la celda es la primera o la celda de en medio de la trama

#### Prioridad de perdida de celdas (Cell Loss Priority – CLP)

Cuando se prende este bit indica que la celda es una celda de prioridad baja. Cuando el sistema necesita descartar celdas en una situación de congestión , estas son las celdas que serán descartadas primero

#### Revisor de errores de encabezado (Header Error Check – HEC)

Esta campo permite la corrección de todos los errores de un solo bit o la detección de errores en la parte de encabezado de la celda

### 3.4.9 Interfases de red ATM

Las interfases ATM definen la interoperabilidad y la conectividad entre los diferentes componentes de una red ATM

La definición de las interfases se ha hecho tanto por la ITU-T como por el Foro ATM. La ITU-T ha trabajado en la definición de interfases publicas tanto de usuario (UNI) como de red (NNI). Por su

IMPRESO CON  
 FALLA DE ORIGEN

parte, el foro ATM ha estado trabajando en la definición de interfases de usuario a red (UNI), interfase de red a red privada (P-NNI) y la interfase de intercambio de datos (DXI).

### Formatos de interfase

#### La interfase UNI (User to Network Interface)

La especificación UNI define la interfase entre los sistemas terminales ATM (tales como terminales, ruteadores, servidores o concentradores de equipo con adaptadores ATM) y la red ATM. La interfase UNI es de dos tipos: la UNI privada y la UNI pública.

La UNI privada define interfases entre un sistema terminal y un switch (privado).

La UNI pública define las interfases entre un sistema terminal y un proveedor de servicios.

Como puede observarse en la fig. 3.25 El encabezado de la celda UNI contiene un campo denominado GFC (Generic Flow Control). Usando este campo se define un control de flujo de un sentido desde el sistema terminal ATM al switch ATM. No hay control en la dirección opuesta.

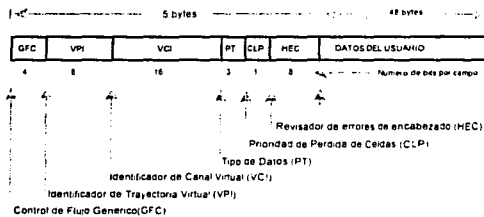


Fig. 3. 25 Formato de celda de usuario a red (UNI)

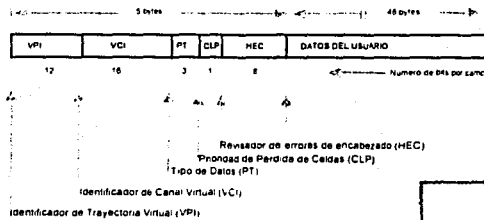


Fig. 3. 26 Formato de celda de red a red (NNI)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo al estándar UNI pueden definirse tres encolamientos en el sistema terminal, uno para tráfico sin control y dos para tráfico controlado. Este concepto se ilustra en la figura siguiente.

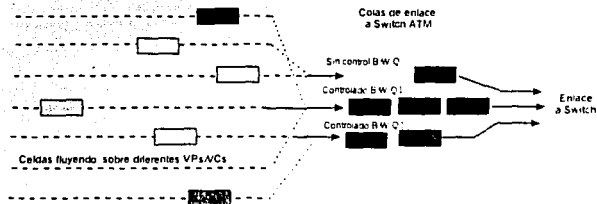


Fig. 3.27 Operación GFC

**Tráfico controlado**

Este es el tráfico para el que el mecanismo GFC está definido. Este es usualmente todo el tráfico de ancho de banda no reservado (NRB) de la interfase. El tráfico controlado se distingue porque en el encabezado el campo GFC no es cero.

**Tráfico sin control**

Este tráfico no está sujeto al control de GFC y es tratado como de prioridad más alta que el tráfico controlado, es un tipo de tráfico para el que existe un ancho de banda reservado.

**Interfase de red a red (Network-to-Network Interface NNI)**

NNI define la interfase operativa sobre un enlace entre dos clusters ATM, los cuales pueden estar en el mismo dominio de ruteo o en dominios separados. La NNI ha sido desarrollada de acuerdo a especificaciones del ATM Forum.

Solamente una NNI se permite entre dos clusters. La conexión puede hacerse utilizando una conexión física directa o utilizando los servicios de un proveedor ATM.

**Interfase privada de red a red (Private Network to Network Interface - PNNI)**

PNNI ha sido derivada de protocolos existentes y desarrollada para permitir la construcción de grandes redes ATM. PNNI puede ser utilizado ya sea como una interfase entre diferentes redes ATM o como una interfase entre switches ATM dentro de una sola red ATM. La especificación PNNI reemplaza la IISP que fuera desarrollado simplemente como un estándar interno.

La PNNI define todas las interfaces de nodo a nodo (switch a switch), por lo tanto, todas las operaciones internas de una red ATM.

**Interfase de Intercambio de Datos (Data Exchange Interface - DXI)**

La interfase DXI define una interfase local entre un ruteador basado en paquetes y una unidad de servicios digitales (DSU). La interfase física DTE a DCE puede ser ya sea V.35 o HSSI, de tal forma que un puerto DXI y un puerto HDLC de un ruteador puedan ser conectados directamente. El ruteador entonces pasa los paquetes encapsulados como se define en el RFC 1483, a la DSU que maneja ATM.

La DSU efectuará procesamiento a nivel celda, SAR (Segmentación y reensamble) y terminación de la conexión virtual. Esto permite a los ruteadores conectarse a las redes ATM via la interfase UNI de la DSU ATM.

**La interfase de Administración Local Interina ( Interim Local Management Interface -ILMI)**

Los estándares para la administración de redes ATM están todavía en una fase de formación. Desde el periodo de interinato hasta que estas sean completadas. La especificación UNI del

TESTE CON  
 FALLA DE ORIGEN

ATM Foro ha definido estándares temporales, basados en el uso de la tecnología SNMP existente y nuevas definiciones de administración UNI.

### 3.4.10 Interfase Física ATM

ATM fue definida para hacer la función de transporte de datos físicos tan independiente como fuera posible de la función de switcheo ATM y de lo que va en las capas altas ATM. ATM puede operar sobre una amplia variedad posible de tipos de enlace físico. Estos varían en velocidad, medio y en la estructura para emplear el ambiente particular en el que el enlace tiene que operar.

La siguiente tabla resume los tipos de enlace que han sido aceptados por los organismos de estandarización o que están propuestos y que se encuentran en fase de aceptación.

TABLA 3.6 FORMATOS DE INTERFASE ATM

Formato	Velocidad (Mbps)	Velocidad De celdas	Sistema	Medio	WAN/LAN	Propietario del Estándar
DS-1 (T-1)	1 544	1 536	PDH	Cobre	Ambos	ANSI
E-1	2 048	1 92	PDH	Cobre	Ambos	ETSI
DS-3 (T-3)	44 376	40 704	PDH	Cobre	WAN	ANSI
E-3	34 368	33 984	PDH	Cobre	WAN	ETSI
E-4	139 264	138 24	PDH	Cobre	WAN	ETSI
STM1/STS-3c	155 52	149 76	SONET SDH	Fibra SM	WAN	ITU-T
SONET LITE	155 52	149 76	SONET SDH	Fibra MM	LAN	ATM-F
STM-4c /STS-12c	622 08	599 04	SONET SDH	Fibra SM	WAN	ITU-T
FDDI-PMD	100	100	CODIFICACION BLOQUE	Fibra MM STP	LAN	ATM-F
Canal de Fibra	155 52	150 34	CODIFICACION BLOQUE	Fibra MM	LAN	ATM-F
DXI (RVX)	0-50	0-50	CLEAR CHANNEL	Cobre	LAN	ATM-F
Raw Cells	155 52	155 52	CLEAR CHANNEL	Fibra SM	WAN	ITU-T
Raw Cells	622 08	622 08	CLEAR CHANNEL	Fibra SM	WAN	ITU-T
Raw Cells	25 6	25 6	CLEAR CHANNEL	Cobre UTP 3 5	LAN	ATM-F
SONET Lite	51 84 25 92 12 96	49 536 24 768 12 384	SONET FRAME	Cobre UTP 3 5	LAN	ATM-F
Raw Cells	100	100	CLEAR CHANNEL	Cobre UTP 3.5	LAN	PROPUESTO
Raw Cells	155 52	155 52	CLEAR CHANNEL	Cobre UTP STP	LAN	ATM-F

### 3 4 11 Tipos de Conexiones Físicas

#### Transmisión en tramas

La mayoría de las interfaces físicas ATM utilizan estructuras de transmisión basadas en tramas, utilizadas en principio para los sistemas que transportan voz digital, tipo TDM

El concepto de entramado consiste en tomar el canal de transmisión y enviar un patrón predecible a intervalos regulares de tiempo. Este patrón es llamado trama. Es como un bloque de datos de longitud fija, con delimitadores dispuestos de tal manera que siempre se encuentren

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

los límites de las tramas. Por ejemplo, en México se emplea el sistema E-1, el cual transmite datos a 2.048 Mbps, y utiliza tramas de 32 "slots" de 8 bits cada uno. Los Slots 0 y 16 se emplean para señalización.

A medida que se requirieron enlaces más veloces, fue necesario multiplexar muchos E-1s en circuitos más y más veloces. Esto se logró en una forma jerárquica por medio de un sistema llamado PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

Cuando se desarrollo la fibra óptica, la necesidad de racionalizar y mejorar el sistema PDH se hizo evidente y entonces se desarrolló el sistema SDH (Synchronous Digital Hierarchy). SDH fue derivado de un estándar llamado SONET.

SONET/SDH esta siendo instalado muy rápidamente en todo el mundo, para permitir la compartición de fibra óptica (multiplexaje) y la administración de los enlaces de fibra óptica.

## Dos Subcapas

Hay una diferencia de arquitectura importante en la capa física de ATM con lo que tradicionalmente se ha visto como la capa física OSI. Ya que mientras la capa física OSI trata con bits y el trabajo de moverlos de un sitio a otro, por su parte, ATM trata con celdas. Por ello, ciertas funciones han sido puestas en la capa física, y aquellas funciones son llamadas Subcapa de Convergencia de Transmisión (TCS).

La TCS está en la parte superior de la subcapa Dependiente del Medio Físico (PMD), la cual habla acerca de las cosas usuales: como codificar un bit, el tipo de conectores, las propiedades del medio físico, etc.

La subcapa de convergencia también hace delimitación de celdas, es decir, en un flujo constante de bits, deberá encontrar los límites de cada celda dentro del flujo de bits.

## 155 Mbps SONET STS-3c

Probablemente SONET (Synchronous Optical Network), es la capa física más asociada con ATM. La característica esencial de SONET es que mantiene el resguardo de las fronteras de los flujos que realmente no dependen del medio en particular. Si bien se piensa típicamente en un medio de fibra óptica, esta tecnología de hecho operará también sobre otros tipos de medios. Actualmente, de hecho, en el Foro ATM se esta trabajando en una especificación física para utilizar cable de cobre UTP dentro de SONET.

La manera en que las celdas ATM están organizadas dentro de la trama SONET o SDH (Synchronous Digital Hierarchy) se ilustran en la figura 3.28. En el lado transmisor, las celdas ATM se guardan dentro de un contenedor (C-4) que puede transportar 9 X 260 bytes, como se ilustra en la figura. Este contenedor esta equipado con un overhead de 9 X 1 bytes, referido como "path overhead" y se constituye como un contenedor virtual (VC-4). El VC-4 es entonces mapeado hacia la trama STM-1 o STS-3 dependiendo de si se trata de SDH o SONET respectivamente.

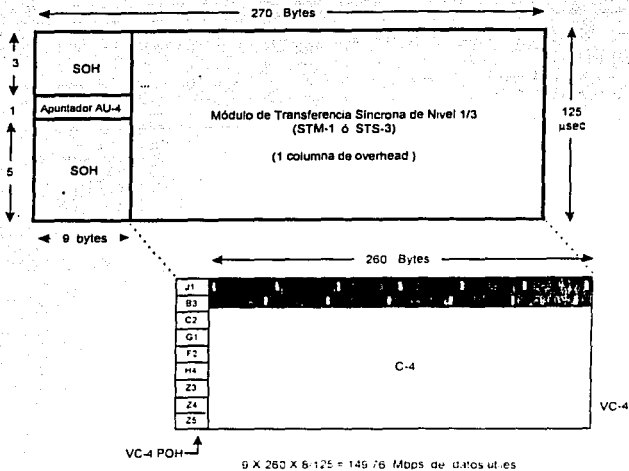


Fig. 3.28 Trama STM-1

La trama posee una sección de overhead de  $9 \times 9$  bytes llamada SOH en SDH y TOH en SONET. La trama es transportada a través de la red y una vez que llega al lado receptor tiene lugar esencialmente el proceso inverso, en el que después de que las celdas ATM son extraídas, son pasadas a la capa ATM.

Otras características interesantes de SONET, es que, por ejemplo, si se quiere ir a velocidades más altas, como 622 Mbps, se convierte básicamente en una fórmula de como tomar cuatro estructuras STS-3 y simplemente entremezclarlas para obtener los 622 Mbps (STS-12 o STM-4). Existen pasos adicionales de hasta 1.2 Gbps, 2.4 Gbps, etc. Y al menos en teoría la fórmula dice como obtener interfaces de velocidad tan alta como se quiera.

#### DS-1 - 1.544 Mbps

ATM es ofrecido a velocidades de DS1 por los proveedores en Estados Unidos. El formato del estándar DS1 consiste de 24 bytes consecutivos con un solo bit de overhead insertado para el entramado.

Debido a que la longitud en bytes de cada bloque es de 24, para poner en estos bloques una celda ATM, se requerirán dos bloques y una parte de un tercero.

Como se muestra en el diagrama, los datos reales de usuario que pueden ser transportados dentro de un DS-1 es aproximadamente 1.4 Mbps.

#### DS-3

DS-3 es otra interfase importante ya que probablemente en los próximos años se constituya como la interfase dominante ATM de alta velocidad, dentro de los proveedores de servicios públicos de Estados Unidos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



DS-3 es el tercer nivel dentro de la jerarquía de multiplexaje de PDH que se encuentra en Estados Unidos. La cual, posee un ancho de banda de 44.736 Mbps y transporta siete canales DS-2 de 6.312 Mbps, los cuales a su vez se componen de cuatro señales DS-1 de 1.544 Mbps.

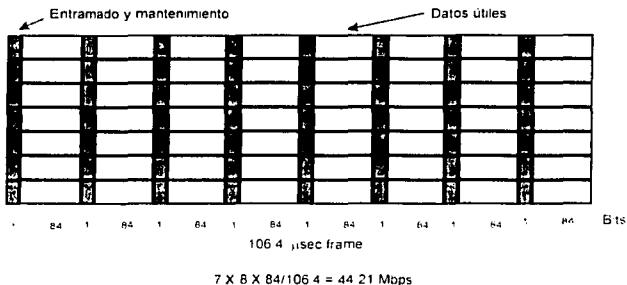


Fig 3.29 Trama DS-3

La figura 3.29 muestra una trama de transmisión, nótese que se están representando campos de bits (no bytes como en SONET). Como puede observarse se compone de un bit de overhead, seguido por 84 bits de datos, seguido por otro bit de overhead y así sucesivamente. Esta estructura completa posee un intervalo nominal de tiempo de 106.4 microsegundos, lo que da una velocidad para datos útiles de 44.21 Mbps.

### 2.048 Mbps E1

La interfase de 2.048 Mbps es particularmente importante para Europa (y México también) y representa el equivalente funcional de la interfase DS-1 de Norteamérica.

La figura siguiente muestra el formato de trama del E1 básico

La trama de E1 básica consiste de una recolección de 32 bytes, recurriendo cada 125 msec. En vez de emplear bits de entramado, el formato utiliza el primero (byte 0) y el dieciseisavo (byte 16) para entramado y otra información de control. El receptor utiliza la información dentro de los bytes de entramado para detectar las fronteras de los bloques de la capa física o tramas. Los 30 bytes remanentes son utilizados para transportar celdas ATM.

Consecuentemente la capacidad de carga útil de la capa física para la interfase E1 es de 1.920 Mbps

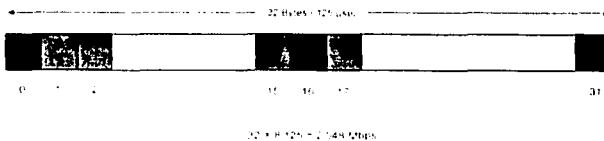


Fig 3.30 Trama E-1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 34 Mbps E3

De la misma manera que la interfase E1 es el equivalente funcional de la interfase DS-1, la interfase E3 es el equivalente funcional de la interfase DS-3.

El diagrama siguiente muestra una sola trama de 125 msec, de tal manera que este patrón ocurra 8,000 veces cada segundo. Consiste de 9 filas de 59 bytes cada una, mas 6 bytes extras porq entramado y bytes de overhead. El resultado, una vez que se hace la aritmética es 34.368 Mbps de capacidad de la capa física. La capacidad real disponible para transportar celdas es de 33.92 Mbps una vez que los bytes de overhead se han restado.

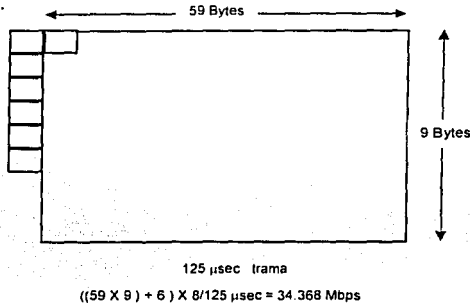


Fig. 3.31 Trama E-3

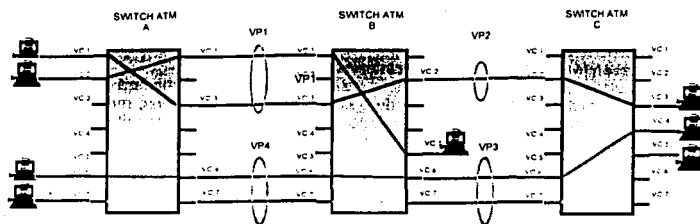
#### 3.4.12 Ruteo /Conmutación de celdas ATM

Una celda ATM es transmitida a lo largo de una conexión de canal virtual de acuerdo a la información de ruteo contenida en el encabezado. Esta información de ruteo es cambiada en cada switch a lo largo de la trayectoria de conexión, para permitir su ruteo. Este proceso es referido como intercambio de etiquetas.

La información de ruteo en las celdas consiste de los campos VPI y VCI del encabezado de la celda. La definición del mapeo VPI/VCI se establece cuando la conexión se ha establecido. El mapeo para la conexión es mantenido en todos los switches intermedios y consiste de campos de entrada VPI/VCI mapeados a campos y puertos de salida VPI/VCI.

Esto significa que cada par VPI/VCI esta asociado con un puerto particular en un switch y cada VPI/VCI se asocia a una celda con un enlace de entrada y un correspondiente enlace de salida. La fig. 3.32 muestra un ejemplo de mapeo VPI/VCI. Basado en el VPI/VCI del encabezado de la celda, un switch ATM puede identificar el enlace de salida, a través del cual la celda es enrutada y dar los nuevos identificadores de enlace a la celda. La conmutación de todos los canales virtuales en una trayectoria virtual puede tener lugar dentro de un switch. En este caso el switch desempaca la trayectoria virtual en un canal virtual único y utiliza sus grupos de la tabla de ruteo como se muestra en la fig. 3.32 muestra un ejemplo donde las VPI se switchean sin desempacarlas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



VP = CANAL VIRTUAL  
VC = CIRCUITO VIRTUAL

Figure 3.32 Conmutación de VPI y VCI dentro de Switches ATM

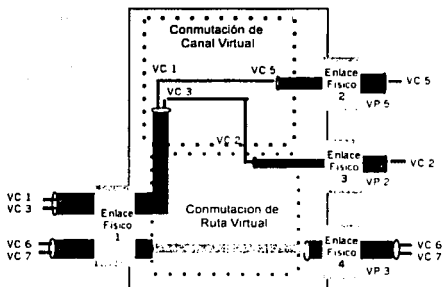


Figure 3.33 Mapeo de VPI and VCI a través de un Switch ATM

### 3.4.13 Señalización ATM

La señalización ATM es el proceso utilizado para el establecimiento dinámico y para el limpiado de las conexiones virtuales conmutadas (VPCs y VCCs) de ATM en la interfase UNI. Las conexiones virtuales permanentes son establecidas por un operador de red, si una conexión es permanente y si la red falla y es reestablecida, el circuito es reestablecido. En caso de recuperación de una falla de red, no se reestablecerán las conexiones virtuales conmutadas que se hayan perdido.

Los elementos clave en la señalización ATM son los siguientes :

- La señalización toma lugar en las VCCs separadas de aquellas utilizadas por los datos del usuario. El mismo principio es utilizado en la N-ISDN, donde el canal D es utilizado para iniciar las conexiones.
- La señalización punto a punto es el método de señalización por default, pero la señalización broadcast podría ser implementada en el futuro. Las conexiones punto a multipunto son establecidas utilizando señalización punto a punto.

- Los protocolos clase D no están soportados , ya que los clientes podrían tener conexiones a servidores sin conexión, en la que el proceso de llamada no es requerido.
- La definición de conexión para equipos de terceros, los cuales no están involucrados en la transferencia de datos no están soportados

El desarrollo de estructuras de ruteo para el ruteo de conexiones ATM esta basada en una extensión del protocolo de ruteo OSPF (Open Shortest Path First), conocido como OSPF de trayectoria más amplia. En esta modificación el costo de un enlace esta definido por su ancho de banda disponible. Este algoritmo seleccionará la trayectoria provista por el ancho de banda más amplio para la conexión, en vez de la más angosta definida en el OSPF tradicional.

Estas características permiten que la trayectoria de conexión sea computada en perspectiva (pre-computación), por lo tanto, el proceso de computación de la ruta es independiente del proceso de definición de la conexión. Durante la definición de la conexión, la única revisión requerida es si hay ancho de banda disponible para la nueva conexión de acuerdo a sus características de QoS. Utilizando definición de rutas precomputadas el tiempo será más corto y una definición de velocidad más alta de conexión puede ser provista por la red ATM.

Las siguientes funciones y subfunciones están definidas por la señalización ATM :

1. Establecimiento de la llamada
  - Definición
  - Procesamiento de la llamada
  - Conexión
  - Aceptación de la conexión
2. Limpieza de llamada
  - Deconexión
  - Liberación
  - Liberación completa
3. Estatus
  - Consulta de estatus
  - Estatus
4. Mensajes Punto a Multipunto
  - Agrega participación
  - Agrega reconocimiento de participación
  - Agrega rechazo de participación
  - Tira participación
  - Reconocimiento de tirada de participación
5. Procedimientos de conexión y desconexión típicos se muestran en la fig. 3.34 y 3.35.

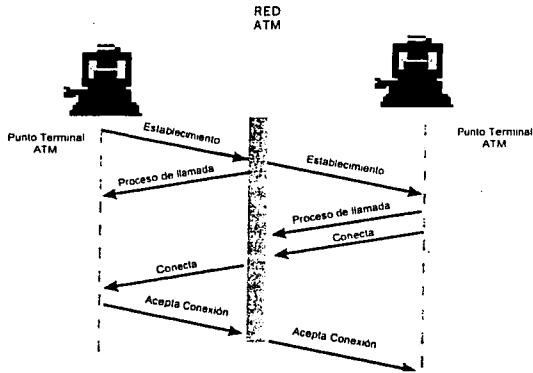


Fig. 3.34 Protocolo de establecimiento de circuito conmutado ATM

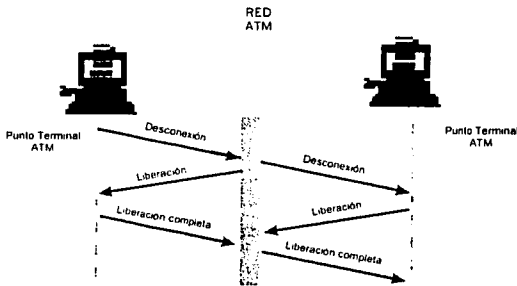
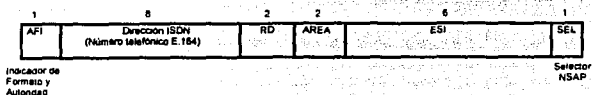


Fig. 3.35 Protocolo de desconexión de circuitos conmutados ATM

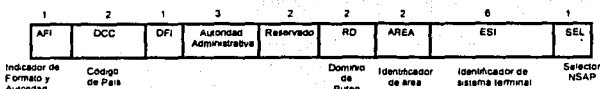
### 3.4.14 Formato de direcciones ATM

Los formatos de direcciones utilizados en ATM se muestran en la fig. 3.36

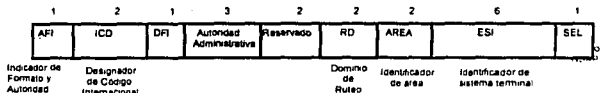
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FORMATO ITU-T E. 164



FORMATO IEEE 802 (LAN) - DCC



FORMATO OSI - ICD

Fig. 3.36 Formato de direcciones ATM

El significado de los campos individuales se muestran en la figura misma. Las direcciones deberán estar separadas en las siguientes dos partes :

El identificador de dirección de sistema final y el sistema único dentro de un cluster. El campo es de 7 bytes de longitud y consiste de una dirección de sistema terminal ATM (similar a la dirección MAC en las LAN) y un identificador de sistema terminal de un solo byte (ESI) que identifica un subcomponente de un sistema terminal.

Los 13 bytes remanentes contienen la dirección de la parte de la red que incluye los campos para el número de hub, número de cluster, dominio de ruteo así como el prefijo de red estándar. Los siguientes son los tres formatos diferentes para direcciones ATM, cada uno controlado por autoridades diferentes :

1. *Formato ITU-T (E 164)* Este formato es esencialmente el mismo que el direccionamiento estilo telefónico. Es especificado por el ITU-T y será utilizado por redes públicas ATM.
2. *Formato DDC (Data Country Code)*. Este formato transporta las direcciones LAN como se especifica en las recomendaciones IEEE 802
3. *Formato IDC*. Este formato es especificado por la ISO de OSI.
4. *El foro ATM* especifica que el equipo en una red privada deberá soportar los tres formatos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3.4.15 Capas de Adaptación ATM (ATM Adaptation Layers - AALs)

Las características de la red requeridas por diferentes tipos de tráfico sobre una red ATM son provistas por una capa de adaptación ATM la cual se encuentra en cada sistema terminal y en forma especial también en los switches.

El ITU-T ha definido cuatro clases genéricas de servicio de tráfico de red, cada uno de los cuales deberá ser tratado en forma diferente por la red ATM. Estas clases son designadas como clase A a la D y cuatro tipos diferentes de capas de adaptación ATM (AAL) han sido definidas para realizar las características de red necesarias para manejarlas. Las relaciones entre estas se muestran en la siguiente figura.

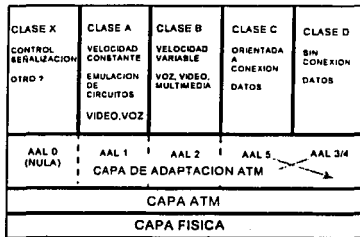


Fig. 3.37 Relación de clases/capas ATM

**Clase A (Emulación de circuitos)**

Este servicio emula una línea privada y es utilizado para tráfico que tenga una velocidad constante, por ejemplo voz y video.

Las características de la clase A son las siguientes :

- Velocidad constante en la fuente y el destino
- Relación de temporización entre fuente y destino
- Una conexión entre usuarios terminales del servicio

**Clase B (Servicios de velocidad variable)**

Este servicio esta dirigido a tráfico isócrono, como voz y video, el cual podría ser codificado como velocidad de información variable y requiere relación de temporización entre los punto finales de la conexión. Este servicio es estrictamente orientado a conexión

**Clase C (Datos Orientados a conexión)**

El tráfico clase C es tradicional tráfico de datos, tales como SNA, X.25 o Frame Relay. El servicio ofrecido para esto es orientado a conexión y soporta flujo de información variable.

**Clase D (Datos sin conexión)**

El servicio clase D es sin conexión y soporta también flujo de información de velocidad variable. Esta orientado a soportar protocolos sin conexión tales como TCP/IP

**Clase X (Definido por el usuario)**

Este es un servicio de transporte ATM orientado a conexión, donde las características de la red están definidas por el usuario. Solamente el ancho de banda y los parámetros de QoS son utilizados por la red.

FALLA DE ORIGEN

**AAL-0**

Esta es la AAL nula y corresponde a un proceso que conecta la interfase de servicio AAL directamente al servicio de red de ATM.

**AAL-1**

AAL-1 es utilizada para tráfico clase A. En la práctica este podría tomar la forma de datos en una trama SDH o PDH donde la velocidad de trama es constante pero los datos existen en una parte específica de la trama, de tal forma que arriba a la red en ráfagas cortas y periódicas.

Cuando estas celdas son transportadas a través de la red depende de la carga de la red que puedan sufrir retardo. Este retardo no es consistente, y puede introducir jitter. El receptor posee un buffer que recibe los datos para evitar problemas de corrimiento de las tramas de datos con un consecuente retardo del flujo de datos.

Hay dos campos de control adicionales en la celda, pero debido a no hay espacio adicional en el encabezado de la celda, éstos están localizados al inicio del campo de datos de usuario. Cada campo es de 4 bits de longitud. Estos campos son :

- Número de secuencia (SN)
- Protección del número de secuencia (SNP)

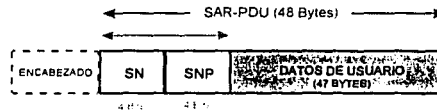


Fig. 3.38 Formato de celda AAL-1

**AAL-2**

AAL-2 es utilizado por el tráfico clase B. AAL-2 procesa el flujo de datos igual que como AAL-1 la única diferencia es la velocidad variable debida a la compresión. Uno de los problemas clave de AAL-2 es como manejar la variación de la información.

AAL-2 actualmente está ausente de la mesa de los estándares. La descripción detallada se ha retrasado debido a los problemas mencionados.

**AAL-3/4**

AAL-3/4 es utilizado por el tráfico clase C y D. Es relativamente compleja ya que esta AAL ofrecerá una liberación asegurada de los datos.

Cuando la AAL detecta corrupción de la trama de datos, hará posible la retransmisión la trama de datos, si bien los detalles de esta operación no han sido definidos.

En modo bloque, las tramas cortas de datos, se agrupan en bloques de datos más grandes de unidades de datos para ser transmitidos a través de la red, y el multiplexado de varias conexiones AAL en una sola conexión VCC es posible.

Las conexiones punto a multipunto también son posibles utilizando AAL-3/4.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



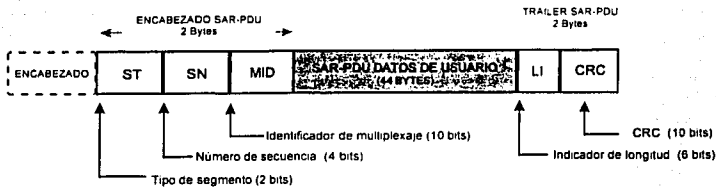


Fig. 3.39 Formato de celda AAL-5 ATM

### AAL-5

Esta AAL a veces es llamada SEAL (Simple and Efficient Adaptation Layer). Originalmente estaba pensada para un tipo de conexión orientada hacia la transferencia de datos pero ha evolucionado también hacia el manejo de video comprimido MPEG-2. AAL-5 es un protocolo extremadamente eficiente con muy poco overhead. Por otra parte, no posee una función que pueda manejar las relaciones de temporización, la celdas fuera de secuencia, ni que pueda manejar más de una conexión por VC, como lo hace AAL-3/4.

Como se muestra en la siguiente figura AAL-5 esta dividida en dos partes principales:

1. *Subcapa de convergencia (CS)*
  - Subcapa de Convergencia específica de servicio (SSCS) que puede ser nula
  - Subcapa de convergencia de parte común (CPCS)
2. *Segmentación y reensamble (SAR)*

La capa de servicios PDU entra al AAL. SSCS, y/o la información de control CPCS es agregada, dejando un CS PDU el cual es segmentado por el SAR en bloques de 48 bytes. Estos bloques llenan el campo de datos de usuario de la celda ATM. En el lado receptor, los datos de usuario son reensamblados a su forma original y la información de control CPCS es removida.

### CS y SAR

El formato CPCS y su relación al SAR y a la celda ATM pueden verse en la fig. 3.40.

La parte útil de CPCS contiene la capa de servicio PDU/AAL, SDU es variable en tamaño y de hasta 65536 bytes. Las funciones del trailer CPCS son:

- Pad
- CPCS-UU
- CPI
- Longitud
- CRC-32

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

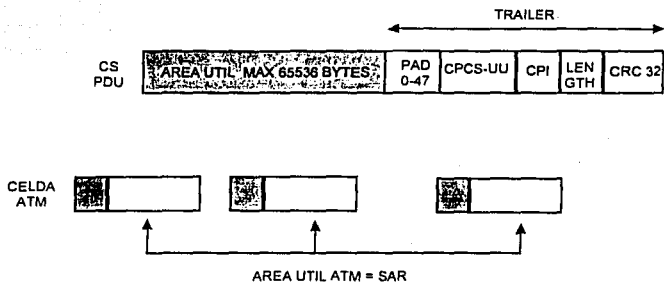


Fig. 3.40 Formato de celda AAL/5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# CAPITULO IV

## Alternativas de servicio de los carriers en México

### 4.1 *Las telecomunicaciones en México*

Las telecomunicaciones en México empiezan cuando el español inmigrante Juan de la Granja obtuvo una concesión para introducir telegrafía en mayo de 1849.

Durante la década de 1877-87 México logró un crecimiento significativo en sus redes telegráficas pasando de 9 000 a 40 000 kilómetros.

La primera conexión telefónica, entre la Ciudad de México y Tlalpan, a una distancia de 16 kilómetros se realizó el 13 de marzo de 1878. Nueve meses después el servicio telefónico fue formalmente establecido para la comunicación de 6 estaciones de policía, la oficina de inspección general y la del ministro del interior.

En 1903 estaciones radiotelegráficas fueron instaladas en Baja California para comunicación a través del Golfo del California. La constitución de 1917 declaró a la telegrafía y otros medios de comunicación como de control exclusivo del estado. Sin embargo esto no significó que entidades privadas no pudieran participar, ya que transmisiones privadas fueron permitidas, en frecuencias asignadas bajo reglas establecidas y límites de potencia.

La "ley general de medios de comunicación" de 1938, requería que la industria nacional de telecomunicaciones estuviera bajo el control de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para propósitos de seguridad nacional. La SCT se convirtió en el organismo encargado de formular y conducir políticas para promover un moderno sistema de telecomunicaciones. A partir de 1992 la SCT fue reorganizada y se creó la paraestatal llamada Telecomunicaciones de México (Telecom).

#### **4.2 Primeros servicios telefónicos**

En 1881 el empresario Estadounidense ML Greenwood obtuvo una concesión para instalar una red telefónica en la ciudad de México. Al siguiente año adquirió nuevas concesiones para expandir los servicios de lo que se llamó la "Compañía Telefónica Continental". La primera compañía telefónica en territorio nacional se llamó Telefónica Nacional Mexicana Bell, pero nunca proveyó servicios debido a múltiples conflictos de diverso interés.

En julio de 1882 se creó la "Compañía Telefónica Mexicana" (Mextelco) la cual fue soportada tanto técnica como financieramente por la Western Electric Telephone Company.

A fines de ese año se había establecido un servicio de larga distancia entre Veracruz y Nueva York y para 1883 habían sido construidos ductos y rutas subterráneas en la ciudad de México.

En 1905 L.M. Ericsson obtuvo una concesión de telefonía empezando su servicio con 500 suscriptores, bajo el nombre de "Empresa de Teléfonos Ericsson" en 1907.

En 1924 Ericsson inauguró la central automática, conocida como central Roma, y en dos años tenía capacidad para conectar 10 000 líneas.

Para 1924 la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana fue comprada por la ITT.

En 1936, el gobierno reconoció que por causas de interés público, era necesario que las dos incompatibles redes telefónicas debían unirse y en 1940 la ley de comunicaciones obligó legalmente a las compañías a cumplir.

#### **4.3 Surgimiento de Telmex**

Telmex, o Teléfonos de México S.A. de C.V. fue oficialmente establecida el 23 de diciembre de 1947 por la unión de los dos sistemas telefónicos del país. La nueva compañía era 51.24 por ciento propiedad de la Corporación Continental, 48.75 por ciento de Ericsson y 0.05 por ciento de 3 compañías Mexicanas.

Entre 1950 y 1958, Telmex fue consolidada y capitalizada como la principal compañía telefónica del país, además fue "mexicanizada" en su capital.

En 1972, con la adquisición del 51 por ciento, el gobierno obtuvo el control de Telmex.

En 1979 Telmex introdujo los sistemas digitales, después de 1983 las primeras líneas digitales estaban funcionando representando uno de los pasos más importantes en la modernización del sistema, a mediados de los años 80's se le permitió a Telmex proveer servicios de datos.

Telmex fue reestructurado al final de los 80's dividiéndolo en seis regiones, en un esfuerzo por descentralizar la compañía.

Durante 1997, Teléfonos de México (TELMEX) experimentó un importante cambio, ya esperado, al iniciarse una intensa competencia en el mercado de larga distancia, que Telmex operaba en exclusiva.

#### **4.4 Los otros participantes**

El mercado telefónico de larga distancia se encuentra dominado por tres gigantes: Telmex, Alestra, Avantel, no obstante que unas 12 firmas privadas ganaron concesiones para ofrecer el servicio.

En el marco de la apertura del mercado mexicano de telefonía de larga distancia, sólo las tres grandes, detentan más del 90 por ciento del mercado; entre las compañías de menor tamaño, cuatro de ellas se dividen entre 3 y 7 por ciento del mercado.

Las seis concesionarias restantes, aún se encuentran en desarrollo de infraestructura, algunas hacen más eficientes las inversiones mediante la compra de infraestructura sobrante de otras empresas, o se alían para compartir la infraestructura.

El resto de los participantes con concesión son:

- Protel

- ◆ Bestel
- ◆ Extensa
- ◆ Tellnor
- ◆ Amaritel
- ◆ Metronet
- ◆ Megacable
- ◆ UTN

Veamos enseguida los detalles de las más importantes de cada una de ellas.

#### **4.5 Iusanet/Iusacell**

Iusacell es el segundo más grande operador celular en México, después de Telcel, una subsidiaria de Telmex, sus franquicias cubren más del 70 por ciento de la población y mantiene una licencia de la banda de 450 MHz en todo el país sin especificación de servicios.

Esta compañía también opera una compañía de conmutación de datos Iusanet, y ofrece líneas privadas a través de otra comercializadora denominada Satelitron, la cual ofrece canales Frame Relay de diversas capacidades.

Facilidades de microondas y capacidad de fibra óptica arrendadas a la CFE soportan sus operaciones.

En 1994 Bell Atlantic compró el 42 por ciento de Iusacell .

#### **4.6 AT&T - Alestra**

AT&T se unió con un grupo financiero en México, Bancomer, para crear una empresa de servicios de larga distancia a la que se le llamó Alestra.

En los últimos años Alestra se ha posicionado como el tercer proveedor de servicios de comunicaciones en México.

##### **Descripción de los Servicios**

Los Servicios AT&T Líneas Privadas Digitales ofrecidos por Alestra permiten establecer enlaces privados punto a punto, dedicados, de alta calidad y disponibilidad entre dos o más oficinas del cliente para integrar redes privadas para servicios de voz, datos y video.

Los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales utilizan la red inteligente de fibra óptica de Alestra basada en tecnología SDH (también conocida como SONET) con un sistema único de sincronización basado en relojes STRATO 1 y un avanzado sistema automático de restauración de fallas en anillos de fibra óptica, con velocidades desde 64 k hasta E3.

Alestra es la única compañía mexicana que ofrece servicios con AT&T bajo el concepto de "un solo punto de contacto" SPOC y "un solo punto de venta" OSS con los objetivos de alto desempeño y disponibilidad. Además Alestra ofrece servicios con cobertura mundial a través de su participación en la asociación WorldPartners.

AT&T Líneas Privadas Digitales de Alestra son servicios punto a punto para establecer circuitos dedicados entre dos o más oficinas de un cliente localizadas en México, Norte América o el resto del Mundo. El servicio es ofrecido punto a punto en las localidades cubiertas por la red de fibra óptica de Alestra utilizando la infraestructura de acceso de la compañía o servicios de acceso de Telmex para conectar la oficina del cliente a sus POPs en las zonas no cubiertas por su red de acceso.

## Aplicaciones

Algunas aplicaciones típicas que pueden ser desarrolladas sobre el servicio AT&T Líneas Privadas Digitales son:

- ◆ Interconexión LAN/WAN
- ◆ Transporte multimedia (voz, datos y vídeo)
- ◆ Procesamiento de imágenes
- ◆ Consulta a bases de datos
- ◆ Servicios de telemarketing
- ◆ Transferencia de archivos
- ◆ CAD/CAM (manufactura asistida por computadora)
- ◆ videoconferencia y redes de telefonía y conmutadores.

Una línea privada puede ser considerada como una extensión física de la red local del cliente (LAN - Local Area Network) para transportar servicios de voz (enlaces entre conmutadores, enlaces remotos de telefonía, extensiones remotas, etc.), servicios de datos (conexiones LAN/WAN - Wide Area Network - entre computadoras, microcomputadoras, minicomputadoras, terminales remotas y entre todo tipo de redes de cómputo locales) y servicios de vídeo (videoconferencia, vídeo monitoreo, vídeo en tiempo real, etc.) todo sobre el mismo enlace físico. El enlace es administrado completamente por el cliente.

## Beneficios para el Cliente

Entre otros, los principales beneficios que el cliente obtiene al contratar los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales son:

1. Los Servicios AT&T Líneas Privadas le permiten ampliar nacional e internacionalmente la cobertura de sus negocios.
2. La productividad del negocio del cliente se incrementa al disminuir los costos de operación de redes privadas, gastos de mensajería y viajes y viáticos al poder integrar redes de voz, datos y vídeo para el intercambio de información entre oficinas.
3. Se incrementa la productividad de los servicios de telecomunicaciones al contar con una red de servicios de alto desempeño.
4. Con el servicio AT&T Líneas Privadas Digitales el cliente obtiene capacidad dedicada y exclusiva de la red de fibra óptica de Alestra para integrar redes de voz, datos y vídeo.
5. El cliente resuelve integralmente con Alestra todas sus necesidades de servicios de líneas privadas nacionales e internacionales bajo la filosofía de "un solo punto de contacto".
6. Los Servicios AT&T Líneas Privadas son una alternativa real en el mercado mexicano para integrar comunicaciones "extremo a extremo" entre sus oficinas utilizando las opciones de acceso con infraestructura de Alestra.

## Estructura de Tarifas y Precios

La estructura de tarifas de Alestra sigue el modelo internacional de AT&T con las siguientes consideraciones:

1. Cuenta con una tarifa para cada rango de velocidad, es decir se tiene una tarifa para 64 kbps, otra para 128, etc.
2. No se distinguen diferentes tarifas por rango de distancia, la tarifa de 100 km. es calculada con los mismos elementos que para 1,000 km.
3. Cuenta con tarifas para líneas privadas domésticas, líneas privadas internacionales (tramo hasta el cruce fronterizo) y líneas privadas de cruce fronterizo.

4. Sus tarifas se componen de un cargo único de instalación que depende de la velocidad y una renta mensual calculados en base a la velocidad y la distancia. La tarifa mensual cuenta con un cargo fijo y otro por km. de distancia aérea entre POPs.

#### Información Técnica Relevante

El servicio AT&T Líneas Privadas Digitales está definido como un canal digital transparente y no conmutado entre dos oficinas de un cliente que no requieren ningún tipo de señalización.

El servicio "end to end" o "extremo a extremo" está compuesto de dos elementos, la línea privada en el core de la red de Alestra que es la combinación de los tres anillos SDH interconectados de la red y el acceso que es la sección que completa un circuito privado hasta la oficina del cliente.

#### Tipos de Servicios

1. Circuitos E0/DS0: Enlaces digitales dedicados síncronos punto a punto a una velocidad de 64 kbps entre dos oficinas del cliente. El servicio se ofrece para enlaces Domésticos, a Estados Unidos con AT&T y al resto del mundo (WorldSource Services).
2. N x E0 o IBR: Enlaces digitales dedicados punto a punto en velocidades múltiplo de 64 kbps. Las velocidades típicas de este servicio son 128, 256, 384, 512, 768 y 1,024. Alestra puede ofrecer cualquier velocidad intermedia entre 128 y 768 kbps. Los servicios pueden ser domésticos, a Estados Unidos o al resto del mundo (WorldSource Services).
3. E1: Enlaces digitales dedicados punto a punto entre dos oficinas del cliente a una velocidad E1. El E1 se ofrece canalizado en 32 ranuras de tiempo (cada una equivale a un E0). La ranura de tiempo cero está dedicada a sincronización de red por lo que la velocidad efectiva del servicio es de 1,984 kbps (31 x E0). El servicio se ofrece con cobertura nacional, a Estados Unidos y al resto del mundo (WorldSource Services).
4. AT&T WorldSource Services A través de WorldPartners Alestra ofrecerá líneas privadas internacionales al resto del mundo. Estos servicios son ofrecidos utilizando una sola plataforma tecnológica bajo la filosofía de SPOC y OSS. Los servicios WorldSource cubrirán los rangos de velocidad E0, NxEO y E1.
5. Servicios Futuros: N x E1 (velocidades intermedias de 8, 10 y 16 Mbps para transmisión dedicada en enlaces punto a punto); E3 (servicio a 34.368 Mbps); STM-1 (enlaces digitales dedicados punto a punto a una velocidad de 155 Mbps en plataforma SONET); Servicios Satelitales (transmisión y recepción de voz, datos y video a velocidades de 64 kbps y hasta 2 Mbps en redes Satelitales punto a punto o multipunto); Servicios por Demanda (servicios disponibles en base a reservación).

#### Cobertura

Alestra ofrece el servicio AT&T Líneas Privadas Digitales "punto a punto" en 20 ciudades que integran la red de fibra óptica de Alestra. Se incorporarán servicios de cruce fronterizo internacional en las ciudades de Tijuana y Cd. Juárez.

### 4.7 Avantel

Banamex, el banco comercial más grande de México se convirtió en la primera compañía en recibir una licencia para operar larga distancia telefónica. En octubre de 1994 acordó un "joint venture" con MCI Communications Corp. Una compañía Estadounidense de gran presencia en el mercado internacional. La Nueva compañía se le llamó Avantel S.A. la cual es 55 por ciento propiedad de Banamex.



Durante 1995-96 Avantel invirtió \$650 millones de dólares en la primera etapa de su red de fibra óptica y con una inversión adicional de 1 150 millones terminó de instalar una red de 19 200 kilómetros de fibra óptica, con los que estableció un corredor México-Guadalajara- Monterrey con el que Avantel podrá entrar también a la telefonía doméstica.

Desde 1975 Banamex había creado Infratel, la red de telecomunicaciones privada más grande de México, que conectaba 250 ciudades. Con esta infraestructura Banamex a permitido el uso de 30 por ciento de su capacidad instalada para servicios privados.

Descripción de sus servicios

Los servicios que ofrece Avantel son :

- ◆ Internet de Avantel
- ◆ AVANTEL Línea Plus
- ◆ Acceso Local
- ◆ AVANTEL Frame Relay
- ◆ Videoconexión Empresarial

#### AVANTEL Línea Plus

Avantel Línea Plus es un servicio de interconexión dedicada. Este servicio esta enfocado a solucionar sus necesidades de comunicación de voz, datos e imágenes, por una cuota mensual fija, sin importar el volumen de consumo de dicha línea.

AVANTEL Línea Plus se ofrece como servicios de comunicación dedicados punto a punto y punto multipunto de alta velocidad de 64 Kbps (E-0 / Fibra y DS-0 / Cobre) y 2.048 Mbps (E-1 / Fibra) a nivel Nacional y en Estados Unidos.

También provee enlaces dedicados SDH de capacidades de E3, los cuales permiten la transmisión de servicios de banda ancha.

#### Acceso Local

Acceso Local es la comunicación entre el sitio del cliente y la red de Avantel. Esto puede conseguirse de dos maneras: mediante la solución Bypass de AVANTEL que es un radio de microondas (suministrado por Avantel) ó, Acceso Local por Cable de cobre o fibra óptica suministrado por el proveedor de acceso local.

#### AVANTEL Frame Relay

AVANTEL Frame Relay es un servicio de telecomunicaciones económico y eficiente para interconectar redes de cómputo a distancia.

AVANTEL Frame Relay es un servicio basado en los estándares del Frame Relay Forum, organización fundada en 1990 por la industria de telecomunicaciones y cómputo con el interés por desarrollar e implementar Frame Relay en base a estándares internacionales.

#### Videoconexión Empresarial

Este es un servicio de videoconferencia basado en señalización ISDN. Este servicio presenta una característica muy interesante contra el mismo servicio basado en enlaces privados, ya que el cliente paga por el servicio únicamente por el tiempo que duren las sesiones y la tarifa se establece de acuerdo con la distancia y el ancho de banda utilizado. Además de que al utilizar señalización ISDN, el establecimiento del enlace se realiza marcando únicamente un número, como en la telefonía tradicional.

### 4.7 Telmex

TELMEX es una sociedad anónima bursatilizada en el mercado mexicano y en los mercados internacionales. Está controlada por el consorcio internacional: France Télécom, SBC y Grupo Carso.

La participación en TELMEX de los socios tecnológicos Grupo Carso, France Cables et Radio (empresa filial de France Télécom) y Southwestern Bell, es una garantía para que México pueda desarrollar una red de telecomunicaciones más moderna que impulse el progreso económico del país.

También abre la puerta a una revolución tecnológica, que no sólo ha multiplicado las posibles formas de acceso a los últimos avances en materia de telefonía, sino que a su vez a modificado drásticamente sus costos.

Teléfonos de México, S.A. de C.V., conjuntamente con sus empresas subsidiarias y asociadas (TELMEX), suministra la más completa variedad de servicios de telecomunicaciones tanto a nivel nacional como internacional, ubicándose sus clientes en todas las actividades económicas. TELMEX es el consorcio de telecomunicaciones más grande y diversificado del país, y se encuentra entre las diecisiete empresas más importantes en todo el mundo, en términos de sus líneas en servicio.

Los servicios de comunicación de banda ancha eran provistos desde que Telmex era paraestatal donde se promovió la creación de una "red superpuesta" que crecería sobre la red de cobre existente para efectuar enlaces de comunicación a las organizaciones más importantes de México. Esta red pasó a ser la Red Digital Integrada (RDI) basada en fibra óptica para canales E1 dentro del marco normativo europeo derivado del suministro tecnológico de Ericsson y Alcatel. La infraestructura RDI, sólo es una parte de una real Red Digital de Servicios Integrados (ISDN) que por un par de cobre entrega servicios a 144 kbps. RDI empezó siendo muy cara, en un inicio se entregaba un E0 así como la infraestructura necesaria de tierra, site RDI, verificaciones, ajustes y equipo en aproximadamente 15 000 dólares, por lo que, motivado por los altos costos se promociona los DS-0, canales de 64 kbps para optimizar el costo de adquisición de los usuarios.

La red de Telmex se compone de dos tipos de redes: la primaria (conexiones entre centrales) y la secundaria (red de suscriptores). Telmex posee su infraestructura de grandes velocidades en la fibra óptica (FO) debido a su alta eficiencia y confiabilidad.

Los servicios comerciales que actualmente ofrece Telemex son:

- ◆ Canales digitales de baja capacidad DS-0 de 64 kbps y de 128 kbps entregado en cobre.
- ◆ Canales digitales E-1 completo o fraccionado, en N X E0, entregado en fibra o por canales de radiomicroondas. En este servicio se pueden tener conexión punto a punto o punto-multipunto.

Tanto para el primero como para el segundo servicio el tipo de conexión que se ofrece puede ser nacional o con conexión transnacional con algún otro carrier.

### 4.8 Bestel

Bestel es una de las compañías que surgen a raíz de la apertura del mercado de las telecomunicaciones en México. En Enero 1996 - BESTEL obtiene la concesión para instalar y operar una red pública de telecomunicaciones en México y en marzo 1997 comienza a construir su red de fibra óptica, meses después con la concesión de licencia 214 de la FCC, nace BESTEL USA, una empresa dedicada a ofrecer servicios de telecomunicaciones dentro de los Estados Unidos de Norteamérica.

En septiembre 1998 - BESTEL inicia sus operaciones en México, pero antes firma un contrato de interconexión con Telmex, concluye las pruebas a través de la Señalización por Canal Común No.7 y obtiene la certificación de AT&T, por la calidad de su red; además cierra los acuerdos Internacionales Intercarriers y realiza las pruebas de sus Accesos a Carriers y de los Sistemas de Facturación a Clientes.

### Servicios ofrecidos

Servicios de larga distancia (Voz)  
Servicios de red

- > Líneas Privadas
- > Accesos Locales

Servicios de datos

ATM  
Voz sobre IP  
VPN  
VPDN

Internet

Internet  
Puertos de Accesos para Internet Dial-Up

### Líneas Privadas Bestel

Los servicios dedicados brindan la capacidad de transmitir voz, datos y video de manera confiable, con velocidades de transmisión que van desde un E1 hasta un STM-1.

El servicio de Líneas Privadas BESTEL se puede proporcionar entre dos o más puntos locales, nacionales, internacionales y de cruce fronterizo en las principales ciudades de la República Mexicana.

Bestel ofrece el servicio de líneas privadas a operadores y clientes empresariales que tengan un tráfico lo suficientemente grande que justifique el uso de líneas dedicadas para originar, transferir o terminar tráfico.

Por la ubicación física de alguna de las puntas del enlace dedicado, se definen los tipos de servicio, ya sea Nacional o Internacional.

Para el caso de líneas internacionales Bestel ha realizado acuerdos con compañías en el extranjero para brindar el servicio de enlaces internacionales. Además cuenta con cruces fronterizos entre las ciudades de Nuevo Laredo, Tamaulipas y Laredo, Texas, ofreciendo así un servicio integral.

### Accesos Locales

El acceso local es un enlace entre el sitio del cliente y la red de Bestel. La red de acceso es responsable de transportar los servicios desde los equipos del cliente hasta el punto de concentración de acceso y agregarlos a la red de transmisión.

Para los accesos locales se ofrecen dos opciones, fibra óptica o radio enlaces. Bestel cuenta con una concesión de radio frecuencias que le permite instalar radio enlaces locales, de acuerdo a las condiciones físicas de sus instalaciones.

Bestel ofrece accesos ATM, este servicio resulta atractivo para clientes que necesitan transferir con rapidez y confiabilidad grandes cantidades de información entre diferentes ubicaciones.

Actualmente cuentan con un backbone ATM, con puntos de acceso en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara. Existen planes para convertir su red ATM en la red pública de este tipo más grande de México, ampliándola a otras ciudades importantes en México y Estados Unidos. De esta manera será uno de los pocos carriers que pueda ofrecer servicios de acceso ATM completamente transparentes en ambos lados de la frontera.

#### Voz sobre IP

Bestel esta terminando de instalar la red de acceso IP, la cual contará con la capacidad de manejar el tráfico de voz a través de la red de paquetes, lo que da como resultado además del transporte de voz por medio de este protocolo, una enorme variedad de servicios, tales como Videoconferencias e Internet. El instalar una compuerta o "gateway" de Voz sobre IP, con una tarjeta de voz/fax, permite a la red IP conectarse con la Red Pública de Conmutación Telefónica, conocida como la PSTN, con lo que los usuarios pueden utilizar el proceso de hacer llamadas hacia cualquier número de la Red IP. Dentro de su red existirá compuerta o "gateway" de VoIP para ofrecer los servicios de llamadas de larga distancia nacionales y transmisiones de fax en tiempo real. Los suscriptores podrán hacer llamadas de larga distancia desde su casa u oficina utilizando su propio aparato de teléfono o fax, o podrán hacerlo desde otros lugares oprimiendo un número de cuenta y una contraseña.

La red IP permitirá ofrecer al mercado empresarial una plataforma de servicios múltiples para transferir voz, datos y video a precios altamente competitivos

#### VPN

La Red Privada Virtual tiene como principal objetivo el ofrecer una solución que permita integrar diferentes aplicaciones de voz, datos, video e Internet sobre un solo enlace de última milla y sobre un solo medio de transporte, garantizando niveles en la Calidad de Servicio y optimizando los costos para el cliente al evitar usar diversos medios de transporte para los diferentes tipos de tráfico, tal y como se tiene que hacer bajo una infraestructura tradicional.

Las Redes Privadas Virtuales (VPN), permiten extender la red de una empresa hacia sus diversas ubicaciones dispersas geográficamente sin tener que hacer grandes inversiones en equipo y medios, gracias a que las VPN utilizan una infraestructura pública compartida, que además ofrece un alto nivel de confiabilidad al utilizar mecanismos de encriptación de la información así como algoritmos de ruteo que hacen que la información se mantenga como confidencial aun dentro de la infraestructura pública.

Esta solución se basa en accesos dedicados de Alta Velocidad y están diseñados para aquellas oficinas con alto tráfico y que necesitan alta disponibilidad de servicios.

#### VPDN

Las Redes Privadas Virtuales de Datos (VPDN) utilizan el mismo concepto de VPN, pero orientado sólo a la transmisión de datos sobre líneas conmutadas de baja velocidad. Estas redes también ocupan recursos públicos y su seguridad se basa en algoritmos de autenticación que permiten al usuario conectarse a su red corporativa desde cualquier línea telefónica tradicional sin el riesgo de "conectarse" al Internet Público sino a una infraestructura dedicada a usuarios corporativos.

Esta solución está enfocada a usuarios pequeños y a usuarios móviles que no requieren un gran ancho de banda y que básicamente necesitan un medio sencillo y económico para acceder a sus aplicaciones corporativas

#### **4.9 Protel**

Protel es otra de las compañías que surgen a raíz de la apertura del mercado de las telecomunicaciones en México. En Enero 1996 - Protel obtiene la concesión para instalar y operar una red pública de telecomunicaciones en México

##### **Infraestructura**

Protel, utilizará infraestructura propia, compuesta por una red de fibra óptica la cual está formada por 2,017 kilómetros. La red de fibra óptica utiliza equipos de transporte SDH de marca Ericsson modelo STM-16, con una capacidad de transmisión de hasta 1,008 E1's. La red tiene puntos de presencia (POP) física instalados en doce ciudades, cada una cuenta con un equipo de transporte SDH para la operación de la red. En el caso de servicio de líneas privadas internacionales, la red de Protel cuenta con una interconexión de cruce fronterizo entre Nuevo Laredo y hasta la ciudad de Mirando, Texas.

##### **Principales servicios**

###### **Línea Privada**

El servicio de Línea Privada es un enlace digital dedicado entre dos oficinas ubicadas en distintas ciudades y se utiliza como un medio de conexión privada, con capacidades E1 (2.048 Mbps) y múltiplos, en donde el cliente administra completamente el servicio para el intercambio de información entre ellas.

###### **¿Cuáles son las aplicaciones más comunes?**

Interconexión de redes LAN y SNA, para la consulta remota de información en línea, transportación de altos volúmenes de información, aplicaciones multiplexadas, sesiones frecuentes de intercambio de información, intercambio de información que requiera de seguridad en la transmisión e integración de redes privadas de información.

Protel ofrece un servicio integral de punta a punta, siendo responsable de la administración del servicio como una nueva opción para la transmisión de datos.

###### **Cobertura**

Servicio en México, Internacional y de Cruce Fronterizo a Estados Unidos. La fibra óptica cubre 12 ciudades, que son las siguientes: México, Querétaro, Celaya, Irapuato, Guadalajara, León, Aguascalientes, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey, Nuevo Laredo, y Mirando en Texas.

###### **ProtelNet**

Servicio de acceso a Internet por medio de la Red Protel, enfocado a usuarios comerciales de la pequeña y mediana empresa que necesiten navegar por Internet, utilizando su propia línea telefónica.

###### **Protel VPN**

Servicio de acceso dedicado múltiple a través de enlaces locales hacia nuestros puntos de presencia (POPs) en velocidades de 64Kbps, 128 Kbps, 192 Kbps, 256 Kbps, 384 Kbps o 1 X E1 con un costo fijo mensual por salida.

###### **ISP Virtual**

Permite a los ISPs crecer su cobertura y su capacidad de ofrecer al mercado mexicano sus servicios, sin tener que invertir en más infraestructura propia a través de la renta por puerto en los diferentes puntos de presencia (POPs) de Protel.

#### Internet de Alta Velocidad

Servicio de Protel de acceso a Internet a través de un enlace dedicado de alta velocidad (n x 64 Kbps) y algunas opciones como capacidad adicional de webhosting y dominio propio para la empresa.

### 4.10 MCM

MCM Telecom es una compañía mexicana especializada en telecomunicaciones locales actualmente con presencia en la ciudad de México.

MCM Telecom construyó su propia red, 100% de fibra óptica, con más de 130 kms en la zona metropolitana del D.F. en la primera fase, y se encuentra actualmente construyendo una red similar en Monterrey y Guadalajara. La red de MCM está constituida por un anillo central y 7 anillos colectores metropolitanos, con tecnología SDH. La estrategia de la compañía pretende que la red de MCM llegue a las zonas que requieran servicios avanzados de banda ancha. Con dicha infraestructura, MCM Telecom está en la posibilidad de entregar fibra óptica directamente hasta los edificios de sus clientes. Esta red posee como característica importante ser completamente redundante, pero su acceso solamente se puede hacer en la ciudad de México, aunque en el futuro se ofrece que también se podrá acceder en Monterrey y Guadalajara.

En esta red se utiliza solamente fibra óptica y una plataforma digital en todos sus elementos. Beneficios como redundancia, diversidad de rutas, alta velocidad y capacidad flexible.

La red de fibra óptica con calidad "State of the Art" de MCM Telecom proveerá servicios de voz, datos y video en el país, desde una línea conmutada de voz, Internet de alta velocidad, enlaces de datos de alta capacidad y servicios de valor agregado. Esto se logrará gracias a la enorme capacidad de transmisión de la red de fibra óptica y su sofisticada plataforma de conmutación.

#### Primera Conexión

Primera Conexión de MCM es el servicio de telecomunicaciones digital, enfocado a la mayoría de las aplicaciones. Este es un servicio dedicado de telecomunicaciones para IP, voz, datos y video que ofrece confiabilidad y seguridad. Montado sobre una red SDH, las transmisiones son siempre llevadas sobre rutas redundantes, asegurando así, que cada transmisión alcance su destino, incluso en caso de que se presente un corte en la fibra. Se ofrece seguridad para toda la red de transmisión de fibra óptica.

Este servicio se ofrece en capacidades E0, E1 fraccionado, E1, E3 y en anchos de banda mayores.

Suministrado sobre la red de fibra óptica SDH, que permite a los clientes obtener cualquier ancho de banda requerido en el momento deseado.

Los enlaces troncales digitales de primera conexión se entregan al nivel E1 utilizando la norma G.703, la más usada para facilitar las conexiones con multiplexores, ruteadores, PBX's, además de otros equipos para el cliente.

#### Seguridad de la Red y Monitoreo de Fallas

Las características y rendimientos de las troncales son programadas y monitoreadas desde una misma fuente en el Centro de Operaciones de la Red (COR) de MCM.

## Conect ISDN

Es un servicio conmutado digital para aplicaciones dial-up de banda amplia, con capacidad para transmitir datos, videoconferencias y tele-media, además de tener acceso inmediato a internet o interconexión de PBX.

Está basado en tecnología ISDN de tipo primario (Primary Rate Interface) que permite a los clientes, establecer conexiones dial-up de banda ancha de hasta 2 Mbps. Conect ISDN es una conexión disponible que garantiza una continuidad de llamada, así como una diversidad de ruta.

La plataforma para la provisión de este servicio está conformada principalmente por el switch 5ESS de Lucent Technologies. Esta tecnología es 100% digital y garantiza el no-bloqueo y redundancia hacia la PSTN (Red Pública Telefónica Conmutada), lo que asegura que todo su tráfico se conecte en el primer intento.

Algunas de las características estándar de Conect ISDN incluyen:

Servicio digital conmutado con acceso a la PSTN conforme a los estándares de transmisión mexicanos e internacionales.

PRI (30B + D acceso primario ISDN) que permite que canales adyacentes en troncales E1, sean agrupados por demanda y así proveer un ancho de banda de acuerdo al servicio o aplicación (video, internet y/o transmisión de datos de hasta 2 Mbps)

Trabaja con PBXs con interfaces ISDN, así como con aplicaciones específicas de ISDN.

## 4.11 Servicios satelitales

El sistema de satélites mexicanos es un conjunto de tres satélites (Morelos II, Solidaridad II Y SATMEX V ) los cuales cuentan en total con 72 transpondedores equivalentes de 36 Mhz y 40 transpondedores en equivalentes de 54 MHz en banda Ku para un ancho de banda total de 4 752 MHz.

Hasta mediados de 1997, el 36.1 % de la capacidad total del sistema satelital era utilizada para conducir señales de televisión, el 23.53 % para voz y datos , el 1.14 % para servicio móvil, el 5.81 % para separar clientes y prevenir interferencias entre portadoras y el 32.41 % restante estaba disponible.

Aproximadamente el 91.16 % de la capacidad satelital ocupada estaba destinada a prestar servicios en el territorio nacional y el resto en Estados Unidos y centro y sudamérica.

En el segmento de televisión destaca la utilización del sistema satelital para servicios de televisión por satélite directo a los hogares (DTH) , 45.4 % de la capacidad del segmento. Las cadenas de televisión abierta y por cable participan con el 32.65 % y en conjunto los servicios ocasionales, el sector gobierno, la televisión educativa y operadores de cadenas de televisión internacional aprovechan el 21,91 % restante.

El mercado satelital en México permite ofrecer una amplia gama de servicios entre los que se pueden incluir :

- ◆ Enlaces punto a punto o punto-multipunto.
- ◆ Protocolos múltiples o clear channel
- ◆ Velocidades diversas.

La industria satelital, a diferencia de la opción terrestre es muy flexible, lo que permite la instalación de un servicio de este tipo en prácticamente cualquier sitio.

La siguiente lista muestra los principales proveedores de servicios satelitales en México .

- ◆ Satmex
- ◆ Comsat
- ◆ Redsat
- ◆ Impsat
- ◆ ATSI
- ◆ PanamSat
- ◆ Satelitron
- ◆ General Electric
- ◆ Telecomm

### Resumen de servicios

Las presiones para atraer inversión extranjera y de esta manera construir las redes de comunicación necesarias para disminuir los precios, se vuelve urgente. Las principales compañías de telecomunicaciones, incluso Telmex, no son únicamente proveedores nacionales sirviendo a un mercado nacional, en realidad se trata de empresas multinacionales en busca de un tráfico internacional. Aún más, la tecnología de comunicaciones están cambiando drásticamente con la "internetación" la que jugará un rol significativo en las redes del futuro.

Este cambio no es privativo de México, pero es en México, por sus condiciones de mercado donde la influencia se deja sentir con mayor fuerza. Los requerimientos de velocidad de las nuevas aplicaciones están moviendo la tecnología hacia servicios cada vez más eficientes y una relación costo/ancho de banda cada vez más atractiva.

Los requerimientos de canales de alta velocidad, necesarios para el manejo de aplicaciones de video esta todavía en una fase incipiente, los desarrollos en México se están dando, pero todavía se ve lejano el momento en que se disponga de estos servicios.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las principales alternativas disponibles, de acuerdo a cada participante dentro del mercado mexicano. Es evidente, que cada protagonista esta tras su cuota de mercado y esta se dará de acuerdo a un servicio cada vez mejor.

TABLA 4.1 RESUMEN DE ALTERNATIVAS POR CARRIER

Servicio / Proveedor	X.25	Frame Relay	ATM	ISDN	Clear Channel	Otro	Acepta Video HD?
Telmex/Uninet	✓	✓			✓	Internet	No
Alestra		✓			✓	Internet	Si
Avantel	✓	✓		✓	✓	Internet	Si
Miditel	✓				✓		No
Extensa					✓		No
Protel		✓			✓	Internet	No
Bestel			✓	✓	✓	Internet	Si
MCM					✓		Si
Servicios Satelitales	✓	✓	✓	✓	✓	SNA/IP	Si

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN





# CAPITULO V

## Servicios de video de valor agregado

### 5.1 Introducción

Quando hablamos de video inmediatamente relacionamos el concepto con imágenes emanadas de un aparato de televisión, lo cual resulta lógico si consideramos que hasta hace poco tiempo nuestra relación con ese término se restringía exclusivamente a lo que el sistema de TV nos pudiera proporcionar como tal.

Dentro de un mundo digitalizado, hablar de televisión ya no es únicamente el procesar y desplegar una señal sobre una pantalla, la televisión se ha estado moviendo para ser algo más que imágenes electrónicas en movimiento, el concepto ha variado, se le empieza a ver como una fuente de información configurable, seleccionable y manejada de acuerdo a los intereses de quien la está observando, es decir, ha dejado de ser un medio pasivo para convertirse en un medio interactivo.

De igual manera, este acercamiento de la televisión a los medios computarizados ha permitido una convergencia de tecnologías en la que la televisión es cada vez más parecida a la computadora y por su parte la computadora se asemeja cada vez más a una televisión, lo que ha permitido que debido precisamente a esa convergencia de tecnología, las industrias de la computación y la electrónica de consumo estén compitiendo entre sí, lo que indudablemente repercutirá en nuevas opciones de entretenimiento para el usuario final.

La realidad virtual es quizá una de las áreas en surgimiento más sorprendentes, que gracias a la convergencia de la que hablábamos antes, nos ha permitido indagar en un mundo tan fantástico como increíble, sus aplicaciones permiten llevar la experiencia del video a verdaderas ilusiones tecnológicas, que más parecieran emanar de un libro de ciencia ficción que de la misma realidad.

De igual manera, las gráficas holográficas es otra de las tecnologías sorprendentes, que, no obstante estar todavía en desarrollo, nos permiten asomarnos un poco a lo que habrá de constituirse con toda seguridad, en una de las tecnologías del futuro, dentro del procesamiento de imágenes de tercera dimensión.

La multimedia y el uso de Internet ha generado un nuevo paradigma en los métodos de enseñanza, las grandes posibilidades que ofrece el uso de sistemas multimedia, es una veta

que apenas se empieza a explorar. Los constantes desarrollos en la tecnología de almacenamiento digital permiten disponer cada vez de mayores cantidades de información, lo que obviamente abre un panorama más amplio hacia la creatividad y a las posibilidades de presentar más y mejores productos tanto de entretenimiento como educativos, que conjuntamente con el uso de los sistemas de telecomunicaciones, abrirán nuevas formas de manejar la información y por lo tanto de disponer de ella por medio de formas hasta ahora desconocidas.

La época actual es un torbellino de cambios en la que definitivamente el video ya no está restringido únicamente a televisores, el video se ha enriquecido a tal grado que ahora es muy común escuchar términos que lo relacionan con conceptos tales como realidad virtual e incluso tridimensionalidad.

## 5.2 La Televisión interactiva

"El principio básico de los servicios como la televisión de libre difusión o la televisión de pago, es que el contenido es distribuido por medio de una red de radiodifusión amplia hacia el usuario final. Cuando los servicios de televisión se realizan de esta manera, la televisión es considerada un medio pasivo ya que el espectador es simplemente un receptor pasivo. La televisión interactiva implica que dentro de la comunicación el usuario final pueda controlar e influenciar los temas de comunicación que desea recibir, dándose el control y la influencia por medio de una red de interacción." Ejemplos de servicios de TV interactiva son los servicios de internet que se proveen via el medio televisivo, correo de video y teletexto interactivo. Si los servicios interactivos se proveen en base a Accesos Condicionados (CA), es decir, por medio de un sistema en que solamente aquellos usuarios debidamente autorizados pueden mirar algún tipo de programación o de información,



Fig. 5.1 La televisión interactiva

entonces se puede pensar por ejemplo, en servicios como los de pago por evento o video en demanda.

### 5.2.1 Cómo trabaja la TV interactiva ?

La TV interactiva suena complicada pero en realidad es realmente simple. La transmisora del servicio es quien realiza todo el trabajo. Para cada programa de este tipo, automáticamente se recibe en pantalla toda la información relacionada y las mejoras interactivas que incrementan el interés en lo que se observa, para hablar en términos más comunes se trata de ventanas similares a las de una computadora por las que se tiene acceso a la información, mediante el pulsado de botones.

En la parte donde empieza el barrido vertical, es decir en la parte baja de la pantalla es donde se hace posible la existencia de la TV interactiva, esta parte es lo que se denomina intervalo de blanqueo vertical o VBI, en forma concreta, es la parte de la imagen de TV que está fuera de la pantalla y que normalmente no se puede ver. Este sector de la pantalla es muy importante, porque a través de él no solamente se pueden enviar datos a la televisión, también se puede enviar información como texto, es en esta parte donde se envía la señal de "closed caption" o subtítulos.

Antes de desarrollar estándares técnicos para servicios interactivos, los organismos reguladores como la DVB (Digital Video Broadcasting) Europea, han especificado primero los requerimientos comerciales. Uno de estos requerimientos es que la especificación deberá ser compatible con diferentes tipos de redes. Los organismos de estandarización decidieron no especificar la solución de un canal de interacción asociado con cada sistema de radiodifusión. Por lo que en las capas altas se han desarrollado protocolos independientes para servicios interactivos. Sin embargo, en los niveles físico y de transporte han sido especificados varios estándares para diferentes redes. Uno de estos estándares se refieren a las redes de televisión por cable (CATV) donde los canales de interacción pueden estar incrustados dentro de la misma red CATV.



Fig. 5.2 Set-top box para servicio WEB-TV

En el caso de los sistemas de radiodifusión satelital o por aire a nivel de tierra, esta especificado que los canales de interacción sean acomodados en redes separadas.

El modelo de servicios interactivos esta basado en el uso de una caja de adaptación denominada caja de sobreponer (set-up box) Fig. 5.21. Sin embargo, el uso de estas cajas no es indispensable para todos los tipos de servicios interactivos, especialmente aquellos servicios de los que se puede disponer en forma gratuita.

### 5.2.2 Elementos de servicios interactivos

La televisión interactiva requiere de al menos un camino de interacción de retorno desde el usuario final hasta el proveedor de servicios interactivos. Esto es referido como interacción unidireccional. La interacción bidireccional requiere de un camino de interacción adicional desde el proveedor de servicios interactivos al usuario. Como estos canales manejan únicamente datos de control, ambos son canales de baja velocidad. Los datos de control enviados via la ruta de interacción de regreso consisten de datos de control de la aplicación o datos de comunicación de la aplicación. Adicionalmente, la trayectoria de interacción directa podría transportar información de los datos de control descargados. Hay varias razones para la utilización de canales de interacción.

- *Primero*, se incrementa la seguridad, sin embargo la información a través de los canales interactivos deberá ser encriptada.
- *Segundo*, el pago de servicios puede hacerse más eficiente en menor tiempo.
- *Tercero*, una ruta de interacción de regreso podría ser utilizada para recoger información de diagnóstico relacionada con la calidad de la transmisión tales como la potencia de la señal o BER u otra información estadística concerniente con los programas que se observan.

Finalmente, en caso de grandes redes compartidas la capacidad para la transmisión de mensajes podría ser insuficiente. Una trayectoria de interacción hacia adelante podría ser utilizada para lograr capacidad adicional.

Existen inconvenientes al utilizar canales de interacción. *Primero*, la caja de adaptación incrementa el costo. *Segundo*, podrían introducirse dificultades de instalación, cuando se utiliza una línea telefónica como canal de interacción ya que requerirá de extensiones u otras formas para hacer llegar la línea telefónica hasta la caja de adaptación.

Finalmente el utilizar la línea telefónica como canal de interacción impide su uso para otros servicios.

### 5.2.3 Señalización dentro y fuera de banda

Los sistemas interactivos utilizan al menos una trayectoria de interacción de retorno, pero podría utilizarse también una trayectoria de interacción hacia adelante para la señalización de retorno.

Las trayectorias de interacción pueden ser establecidas de dos maneras diferentes. En una primera opción puede ser establecida por medio de una trayectoria de interacción vía una red de interacción separada. Esta trayectoria esta reservada solo para interactividad y datos de control de información. Esta opción es llamada señalización fuera de banda (Out of band - OOB).

Alternativamente la trayectoria de interacción hacia adelante puede ser incorporada en la señal de radiodifusión. Esta opción es referida como señalización en banda (In band - IB)

La señalización de la aplicación, ya sea OOB o IB, implica diferentes requerimientos para la caja adaptadora. Dependiendo del tipo de señalización se puede hablar de una caja OOB o de una caja IB. Sin embargo ambos sistemas pueden coexistir dentro de la misma red a condición de que se utilicen frecuencias diferentes en cada sistema.

A fin de evitar interferencias, las frecuencias de la trayectoria de interacción hacia adelante y las de la trayectoria de interacción de retorno, deberán ubicarse en un rango de frecuencias diferente. Deberá dejarse una banda de guarda lo suficientemente grande para evitar problemas de filtrado en los amplificadores de video bidireccionales y en las cajas adaptadoras.

### 5.2.4 Modelo genérico de sistemas interactivos

Con objeto de explicar la operación de varios sistemas de televisión interactiva se emplea un modelo genérico de sistemas de televisión interactiva. El modelo describe las relaciones entre el proveedor de servicios de información, el proveedor de servicios interactivos y en el caso de acceso condicional, el proveedor de servicios de acceso condicional. Aun más, este modelo incorpora los diferentes elementos de red y las funciones requeridas de la caja adaptadora para servicios interactivos.

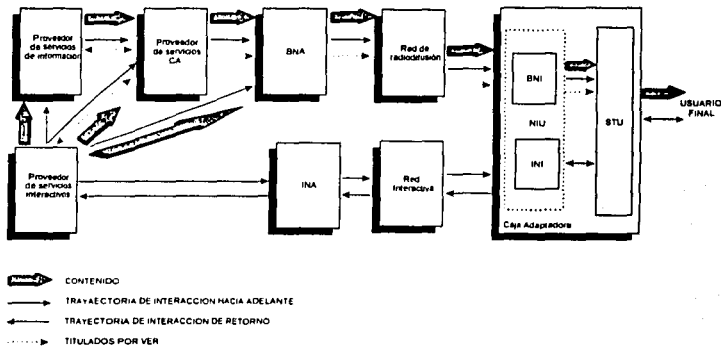


Fig. 5.2 Modelo Genérico para sistemas de TV interactiva

En este modelo, el proveedor de servicios de información, por ejemplo un radiodifusor, provee el contenido a un proveedor de servicios condicionales con el cual tiene un acuerdo. El radiodifusor de programas de televisión requiere de un canal de banda ancha. El proveedor de servicios de información opera el SMS, y el proveedor de servicios de acceso condicional controla el SAS. El proveedor de servicios de acceso condicional acomoda el contenido del proveedor de servicios de información y los titulados relacionados a la vista (originados del SMS) en sus sistema de acceso condicional. En seguida el contenido y los mensajes titulados originados del SMS y del SAS se entregan a una red de radiodifusión por medio de un adaptador de red de radiodifusión (BNA). En el usuario final el contenido y los mensajes titulares se entregan a una caja adaptadora. Esta caja adaptadora incorpora una unidad de interfase de red (NIU), la cual a su vez, consiste de una interfase de red de banda ancha (BNI) y una interfase de red interactiva (INI) y una unidad de sobreponer (STU). El proveedor de servicios interactivos, puede proveer sus servicios vial el proveedor de servicios de información o al BNA directamente. En el caso de CA, el proveedor de servicios interactivos, puede proveer sus servicios, ya sea al proveedor de servicios de información o via el proveedor de CA directamente. En el último caso el proveedor de servicios interactivos controla el SMS. El modelo muestra que la caja de sobreponer (STU) incorpora una INI, no obstante esta interfase podría también ser un módulo externo a la caja de sobreponer. La ruta de interacción de regreso y la ruta de interacción hacia adelante OOB son canales de baja velocidad dentro de la red de interacción. La conexión entre la red de interacción y el proveedor de servicios interactivos se realiza via un adaptador de red interactiva (INA). Alternativamente una ruta de interacción hacia adelante IB, en vez de una ruta de interacción hacia adelante OOB, podría ser utilizada.

### 5.2.5 Modelo de sistemas interactivos por cable

Las redes de televisión por cable (CATV) pueden soportar la implementación de rutas de comunicación unidireccionales o bidireccionales entre el usuario y el proveedor de servicios. El modelo descrito antes provee de las bases para el sistema interactivo CATV. En este caso particular la red CATV incorpora la red de radiodifusión y la red de interacción. Estos canales de interacción conciernen una ruta de interacción hacia adelante (tanto OOB cómo IB,abajo) y una ruta de interacción de retorno arriba.

#### Codificación de canal

Como se estableció antes existen dos opciones para la implementación de una ruta de interacción hacia adelante. En el caso de interacción OOB es aplicado un código de canal via la red CATV. Los pasos más importantes para adaptar el tren de datos al medio de transmisión CATV son los siguientes:

- Código de corrección de errores e intermezclado.
- Entramado
- Conversión de byte a m-tuple
- Aleatorización para energía dispersa
- Mapeo y modulación

#### 5.2.5.1 Interacción por medio de PSTN/ISDN

En principio, una solución PSTN/ISDN puede soportar la implementación, tanto de trayectorias de interacción unidireccional, como bidireccional, desde el usuario hasta el proveedor de servicios interactivos

El modelo de la fig. 4.1 provee las bases de un sistema interactivo PSTN/ISDN. En este caso la red de interacción esta formada, ya sea por una PSTN o ISDN. La red de radiodifusión puede ser una canal satelital, una red de televisión por cable o una red terrestre.

### 5.2.5.2 Ruta de interacción a través de la PSTN

Una PSTN (Public Switched Telephone Network) es una red de conmutación de circuitos analógicos que provee canales bidireccionales de banda estrecha para transmisión analógica con un ancho de banda de 4 khz cada uno. Se requiere de un módem para una comunicación bidireccional, entre el usuario y el proveedor de servicios interactivos. Este módem se constituye como la interfase entre el usuario y la red y puede ser ya sea interno o externo a la caja.

### 5.2.6.2 Ruta de interacción a través de ISDN

La red ISDN puede utilizarse para implementar rutas de interacción, unidireccionales o bidireccionales para la provisión de servicios interactivos. Una interfase BRI (64 k) puede utilizarse en caso de interacción bidireccional entre el usuario y el proveedor de servicios interactivos.



5.3 Servicios de Internet via las redes de broadcast de TV

### 5.2.6 Servicios de Internet via las redes de broadcast

Adicionalmente a las opciones señaladas existen otros desarrollos de interés en el campo de los servicios interactivos, en este caso en particular, los servicios de internet interactivos por medio de las redes de radiodifusión.

Justo ahora, alguno de sus programas favoritos de televisión está siendo transmitido con un contenido mejorado adicional, el cual es fácil de acceder. Cuando se mira una transmisión de TV mejorada, además de recibir el programa en si, se está en posibilidad de conversar electrónicamente, jugar con algún otro observador, observar las estadísticas de los atletas participantes de la competencia que se esta observando o simplemente revisar las biografías de los actores del programa, o bien comprar alguna mercancía relacionada y muchas cosas más. Esta interactividad con la

televisión es en realidad una nueva forma de mirar la televisión.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los primeros esfuerzos comerciales para adjuntar materiales digitales a la transmisión de señal de TV, nos remite hasta hace casi dos décadas con la industria del teletexto, la corrección de señales de color en los receptores, el manejo de subtítulos o "closed caption", señales anti fantasmas y el transporte de datos ASCII y más recientemente los trenes de datos que cumplen con los trenes de HTML adheridos a InterCast, Web TV, Wave top, V-Chip, y otros protocolos digitales.

La televisión casera es la plataforma de lanzamiento de una tecnología denominada TVE (Televisión Enhanced). En este tipo de televisión siempre se sabe que pasa en la televisión, la fecha la hora, una descripción del programa y el tiempo faltante para su término. Realiza búsqueda de canales y encuentra el que es de su agrado y con un click en el teclado se obtiene una pantalla completa. Se cuenta con menús en pantalla con los que se puede escoger los canales favoritos, para un rápido acceso a los canales que más le agradan y mediante listados de programación obtener la programación detallada de las fechas, horas además de una descripción de cada canal.

Los listados de la programación es la guía de lo que sucede en la TV, con completos listados de programas agrupados en áreas es posible encontrar exactamente que está pasando en un instante en la TV, o planear lo que se desea observar después. Estos listados se actualizan automáticamente, de tal forma que siempre se tiene la información más reciente, incluyendo descripciones, ratings y conexiones hacia sitios relacionados. También se dispone de búsquedas para encontrar lo que se desea hasta a una semana de que suceda. También se dispone de recordatorios, el cual avisa de algún programa que va a transmitirse y que se desea mirar, ya sea que este en Internet o mirando otro programa.

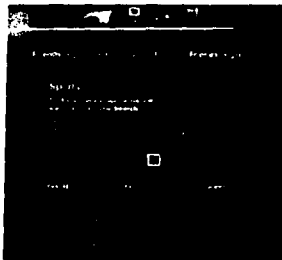


Fig. 3.4 Menú de televisión mejorada



Fig. 3.5 TV interactiva por internet

La integración de la TV y el Internet han permitido desarrollar soluciones interactivas, las cuales permiten profundizar en relación al contenido de lo que se esta observando. Cuando existe más información disponible acerca de algún programa que se esta mirando, aparece un indicador en la esquina de la pantalla, y con un click sobre él, se estará conectando a los sitios en internet que ofrecen mayor contenido en la información o temas relacionados con él. Por ejemplo, mientras se disfruta de "los guardas de la bahía", un pequeño indicador semi transparente aparecerá en la esquina superior derecha de la pantalla de la TV, con un click se estará conectando a la página web, entonces la TV se vuelve interactiva ya que se recibe el programa, al mismo tiempo se puede revisar la programación, mirar escenas en fotos o comprar videos, todo gracias a la integración de la TV con Internet.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



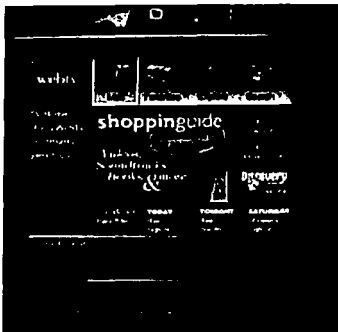


Fig. 5.6. Pantalla de TV con acceso a otros servicios

### 5.2.7 ATVEF (Advanced Television Enhancement Forum)

El ATVE Forum es una alianza de compañías representantes de las redes de cable, radiodifusión, transporte de televisión, de la electrónica de consumo y de la industria del cómputo personal.

Esta alianza ha definido protocolos a partir del Lenguaje HTML (Hypertext Markup Language) en que se basa la TVE, el cual permite a los creadores competir para liberar programación mejorada sobre todas las formas de transporte (analógica, digital, cable y satélite) para cualquier receptor inteligente.

El grupo está dedicado a acelerar la creación y distribución de programas de televisión mejorados de tal forma que los consumidores puedan recibir programas de televisión al menor costo y de la forma más conveniente.

Las compañías participantes dentro de este Forum son:

CableLabs; CNN; DIRECTV, Inc.; Discovery Communications, Inc. (DCI); The Walt Disney Company; Intel Corporation; Microsoft Corporation/WebTV Networks, Inc.; NBC Multimedia, Inc.; Network Computer, Inc. (NCI); NDTCTechnology; Public Broadcasting Service (PBS); Sony Corporation; Tribune Company and Warner Bros.

Otras compañías están tratando de colaborar con la ATVEF para acelerar el desarrollo de productos y servicios, dentro de estas se encuentran Cable & Wireless, Digital Renaissance, E! Entertainment Television, The Fantastic Corporation, Hitachi Limited, Macromedia, Inc., Mixed Signals Technologies, National Geographic Ventures, Sharp Corporation, The Weather Channel and Wink Communications.

Hay una versión draft de la especificación emitida por el Foro, misma que está abierta a los comentarios, y a que cualquier compañía voluntariamente la adopte.

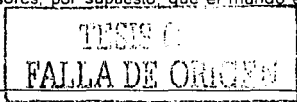
El ATVEF está trabajando con otros grupos industriales y cuerpos de estandarización para incorporar la especificación como parte de esos cuerpos de estándares, a fin de proveer un documento internacional consistente, para la mejora de productos y servicios. Tales organismos incluyen: OpenCable, Digital video Broadcasting (DVB), Advanced Television Systems Committee (ATSC), World Wide Web Consortium (W3C) and the Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTe).

El ATVEF intenta publicar la revisión final de la especificación en la primera mitad de 1999.

Los primeros receptores y programación que cumpla la especificación aparecerán durante este mismo año.

### 5.2.8 PC vs. TV y la Interactividad

Existe un gran debate acerca de lo que el consumidor del futuro esperará de un equipo de televisión. La industria del cómputo desea construir televisores dentro de las computadoras personales, mientras que la industria de la electrónica de consumo quiere construir PC's dentro de los televisores, por supuesto, que el mundo entero desea poner PCs dentro de las cajas adaptadoras.



Pensemos unos instantes acerca de como el uso de estos productos nos arrojan algo de luz en lo que es la evolución que será soportada por los consumidores. Lo único que necesitamos es recordar como nos sentimos cuando en la sala familiar estamos mirando la televisión, y alguien que tiene el control remoto en sus manos esta cambiando canales. Esto es extremadamente anodino y ciertamente es el nivel más bajo de lo que se considera televisión interactiva. Cualquier cosa más interactiva será intensamente agravante para los demás que estén en la misma sala. La conclusión aparente es que la televisión interactiva debe ser una actividad individual.

Ahora considérese la densidad del empaçado de información de la pantalla de televisión. El estándar técnico de la televisión puede soportar apenas texto consistente de 40 columnas y 20 filas. Lo que es tristemente inadecuado para cualquiera que haya utilizado una moderna PC.

La televisión y la videocassetera se utilizan normalmente cuando el día ha terminado y ya no queda energía y es momento de descansar. Para mucha gente interesada en esta capacidad de "interactividad" es en la PC donde puede lograrse. Cuando estas personas altamente interactivas encienden su televisor es porque no desean interactuar con nada mas y solo desean un entretenimiento pasivo.

### 5.3 Sistemas de videoconferencia

La diferencia entre lo que es posible y lo que es práctico puede hacer la diferencia en el mundo. Mientras el telégrafo con su código Morse, en su momento, hizo posible que la gente se comunicara rápidamente a grandes distancias, la invención del teléfono, un medio infinitamente más natural e intuitivo le correspondió hacer la comunicación a grandes distancias verdaderamente práctica. La diferencia entre uno y otro medio fue enorme, lo que cambió para siempre la interacción humana.

Un ejemplo más reciente del poder de la practicidad puede observarse en el mercado de la videoconferencia. La tecnología de la videoconferencia hace posible ver y escuchar a una persona situada en alguna parte del mundo, haciendo la comunicación remota una videoconferencia práctica y colaborativa, revolucionando el mundo de los negocios y la manera en que las personas realizan su trabajo.

Las personas que pueden disponer de un sistema de videoconferencia, responden más rápidamente a las cambiantes condiciones de los negocios, logrando consensos y permitiendo que más rápidamente se tomen las decisiones. Manejando mejor sus tiempo y colaborando más estrechamente con los colegas distantes. La realización de una comunicación donde se pueda observar las reacciones de la gente, permite conducir una conversación por un camino mejor, buscando lograr siempre el mejor negocio.



Fig. 5.7 La videoconferencia VC

- *Telemedicina*
- *Educación a distancia*
- *Sistemas de seguridad*

#### 5.3.1 Tipos de sistemas de videoconferencia

Los sistemas de videoconferencia se ofrecen bajo dos esquemas de operación :

- *Sistemas autónomos en una sola unidad*
- *Sistemas basados en PC corriendo sobre LAN*

Las dos plataformas principales se caracterizan por estar dirigidas, la primera a sistemas para grupos de trabajo, de pantallas de gran tamaño y gran capacidad para soportar diferentes fuentes de video.

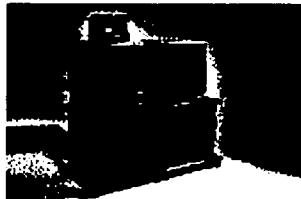


Fig 5.6 VC autónoma

Generalmente este tipo de sistemas se instalan en salas dedicadas exprefeso. La comunicación puede realizarse punto a punto o punto a multipunto.



Fig 57. VC tipo LAN

El segundo tipo esta dirigido a sistemas de comunicación personalizados, donde los participantes están frente al monitor de su computadora y del mismo modo como reciben una llamada en su teléfono, en alguna parte alguien desea establecer una videoconferencia y por medio de una ventana en su monitor, se puede llevar a cabo una videoconferencia de la misma manera como si se conversara en el teléfono. Este tipo de sistemas son de arquitectura modular basados en redes LAN y generalmente para conectarse a una WAN requieren de equipos adicionales, muchas veces una unidad autónoma, la cual funciona como switch WAN, para conexión a los sistemas remotos.

Con este tipo de sistema es posible hacer video llamadas usando su computadora personal y su LAN no solo dentro de un edificio, sino también es posible llamar a otros video sistemas alrededor del mundo, incluso como con las salas de video conferencias estándares.

Este tipo de sistema consiste de un software y hardware completamente integrado a la video telefonía. Este funcionará con todas las computadoras personales que corran Windows, los sistemas operacionales de la red incluyen Netware, Lancastic o Windows para grupos. A través de la red podrá desplegar alta calidad en el color similar al de televisión a 30 cuadros por segundo, la calidad de sonido es limpia, natural y completamente sincronizada con la video imagen.

#### Elementos de un sistema de video conferencia

Un sistema de videoconferencia básico constará al menos de los siguientes elementos :

- Sistema electrónico de procesamiento
- Monitor
- Cámara
- Teclado
- Micrófonos

Pero en muchos sistemas se ofrece como sistemas opcionales :

- Scanner
- Pizarrón electrónico
- Tableta de dibujos
- Control remoto
- Cámara de documentos
- Unidades multipunto

Algunos sistemas de video conferencia integran como características interesantes facilidades que permiten un manejo más sencillo del sistema. Tales características incluyen funciones de seguimiento de cámara por voz, control de la cámara remota, botones de mirame (LAMBS), etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.3.2 Estándares de la videoconferencia

La ITU-T desarrolló estándares relativos a los sistemas de videoconferencia el cual se denominó H.320. Hoy en día todos los fabricantes de estos sistemas claman cumplir este estándar, sin embargo, en sentido estricto, no todas las unidades de videoconferencia que cumplen el estándar H.320 hacen lo mismo.

Cuando la ITU-T desarrolló el estándar uno de sus objetivos fue el definir los requerimientos mínimos que todos los fabricantes deberían de soportar. Estos requerimientos mínimos aseguran que todos los sistemas que cumplan el estándar H.320 se comunicarán uno con otro. La diferencia en los sistemas serán los requerimientos opcionales que soporten los sistemas. Estos requerimientos opcionales afectan la calidad del audio y el video.

Los factores que afectan la calidad del sistema son , la resolución de la imagen, velocidad de cuadro, pre y post procesamiento, compensación de movimiento y audio.

A manera de referencia podemos decir que los sistemas de videoconferencia son de tres clases

- Clase 1 - Soporta el nivel mínimo del estándar
- Clase 2 - Es igual al sistema Clase 1 más algunas características opcionales
- Clase 3 - Es igual al sistema Clase 1 más todas las características opcionales.

El estándar H.320 requiere que los fabricantes soporten solamente la Clase 1. Los fabricantes, quienes tienen la posibilidad de implementar las características opcionales tratarán de estar por arriba de su competencia soportando mayor cantidad de opciones.

### 5.3.3 Resolución de imagen

En los sistemas H.320 hay dos tipos de resoluciones :

- QCIF (Quarter Common Intermediate Format)
- CIF (Common Intermediate Format)

El sistema Clase 1 solo soportará QCIF. El sistema clase 2 podría soportar CIF y el sistema Clase 3 soportará CIF.

La posibilidad de soportar CIF es crítico para la calidad de la imagen. Los sistemas CIF son capaces de proveer una resolución de 352 X 288 . QCIF provee un cuarto de la resolución, es decir, 176 X 144. Una imagen QCIF se observará como una imagen un poco desenfocada. Un sistema de alta calidad se verá forzado a degradar su resolución si se conecta a un sistema de calidad baja. Por ejemplo si se conectan un sistema clase 1 con uno clase 3, el sistema clase 3 se verá forzado a desplegar una resolución QCIF.

### 5.3.4 Velocidad de cuadro

La velocidad de cuadro es el número de veces que la imagen es refrescada. Los sistemas H.320 pueden soportar velocidades de 7.5, 10, 15 o 30 cuadros por segundo. Una velocidad de cuadro baja provocara que el movimiento aparezca como con cortes. A la velocidad de cuadro más alta el movimiento será más continuo.

Los sistemas clase 1 se requiere que soporten velocidades de 7.5 fps. Los sistemas clase 2 soportarán típicamente hasta 15 fps y los sistemas clase 3 soportarán 30 fps. De igual manera que con la resolución de imagen, la calidad que prevalezca en un enlace será la más baja disponible.

### 5.3.5 Pre y post procesamiento

El pre procesamiento es un proceso complejo para reducir la cantidad de recodificación del fondo de la imagen, esto no se requiere en los sistemas clase 1. Si no se utiliza Pre procesamiento el encoder de video puede desperdiciar mucho tiempo codificando ruido causado por una iluminación de cámara pobre. Estas situaciones podrían hacer que el sistema piense que existe movimiento en el fondo cuando de hecho no lo hay.

El post procesamiento compensará la degradación de la imagen causada por un rápido movimiento

### 5.3.6 Compensación de movimiento

Hay dos aspectos para la compensación de movimiento. Ellos son :

1. *Estimación de movimiento*
2. *Compensación de movimiento actual*

La estimación de movimiento es efectuada en el encoder para determinar cual deberá ser el vector de movimiento. La compensación de movimiento es efectuada tanto en el encoder como en el decoder y consiste de bloques de datos alrededor de una base sobre el vector de movimiento. Esencialmente la compensación de movimiento solamente codifica la sección del video donde el movimiento ha ocurrido, en vez de codificar el área completa de video para cada cuadro. Esto es especialmente útil a bajas velocidades.

Todos los sistemas H.320 deberán tener la posibilidad para decodificar una señal de compensación de movimiento. Proveer la codificación de la compensación de movimiento es opcional. Un sistema Clase 1 no soportará la codificación de la compensación, los sistemas Clase 2 podría soportar una forma limitada de compensación de movimiento y un sistema Clase 3 soportará una forma mayor de codificación de compensación de movimiento.

### 5.3.7 Consideraciones de Audio

El H.320 especifica tres tipos de audio :

- G.711 - 48-64 Kbps Banda estrecha
- G.722 - 48-64 Kbps Banda amplia
- G.728 - 16 Kbps Banda estrecha

Un sistema Clase 1 solamente soportará G.711. Pero un fabricante que es capaz de soportar G.722 y G.728 tendrá un mayor impacto en la calidad del audio (G.722) y la calidad del video a las velocidades más bajas (G.728)

G.711 es un audio de calidad telefónica, G.722 produce calidad de audio estéreo. A las velocidades más altas, típicamente 256 Kbps o más, los sistemas Clase 3 soportarán G.722 ofreciendo al usuario la mejor calidad de audio disponible. Los sistemas Clase 1 no soportarán G.722 y los Clase 2 soportarán típicamente G.722

G.728, 16 kbps, es audio de banda angosta para conexiones de baja velocidad, típicamente menores de 256 Kbps.

### 5.3.8 Velocidad de enlace y Calidad

La velocidad del medio tiene un impacto sobre la calidad percibida. A la mayor velocidad de enlace se tendrá la mejor calidad del video. A velocidades de E-1 la calidad del video será óptima. En sentido real, la mayoría de los usuarios no corren a esta velocidad, debido principalmente a costos. Probablemente 384 kbps sea la velocidad más común hoy en día. En los sistemas de escritorio 128 kbps se ha convertido en una de las velocidades más comunes.

El resto de los protocolos recomendados por el ITU-T son

#### Comunicaciones

- ✓ H.221 - Estructura de señalización y armado de tramas
- ✓ H.230 - Señales de control e indicación
- ✓ H.242 - Sistema para el establecimiento de comunicación
- ✓ H.243 - procedimiento básico para comunicaciones

#### Video

- ✓ H.261 - Codificación de video

#### 5.3.9 Evaluación de equipos de video conferencia

Cuando se evalúa un sistema de videoconferencia se busca obtener algunas características importantes en ellos, los puntos principales que se buscan son :

##### *Calidad de TV en video*

Los sistemas de video conferencia despliegan un nivel de calidad similar al que se ve en TV comercial, movimiento fluido a 30 frames por segundo, con detalles finos y color real el que muchas veces se ve directamente influido por el tipo de cámara que se utilice, por supuesto que una cámara de mejor calidad proveerá de una mejor imagen. En realidad la calidad de video es limitada solamente por el ancho de banda de la red.

##### *Audio Sincronizado*

Los usuarios esperan que el sonido sea sincronizado con la video imagen en la pantalla. La tecnología deberá producir la ilusión de que la voz de quien llama viene directamente de la pantalla de la computadora justo como una conversación cara-a-cara

##### *Soporte para varias video llamadas simultáneas*

Igual a un sistema de teléfono en su negocio que puede soportar varias líneas telefónicas, los sistemas de video llamadas también deberán soportar varias llamadas simultáneas.

##### *Capacidad para contar con su PC existente*

Existen sistemas de video conferencia que requieren inversiones en PCs de alto poder lo ideal es utilizar el equipo con el que ya se cuenta y no invertir en equipo nuevo y costos

##### *Soporte para llamadas locales y remotas*

Algunos sistemas de video conferencia alojan sólo llamadas internas mientras otras se limitan a recibir llamadas remotas por las líneas de teléfono. El sistema deberá poder hacer llamadas internamente a través de su LAN o remotas con cualquier línea digital telefónica, no solo de ISDN.

## 5.4 Imágenes Virtuales

La tecnología computacional ha permitido realizar viejos sueños del hombre plasmados a través de novelas de ciencia ficción y lo más increíble, es que los ha puesto a nuestra disposición, tan solo basta desear algo para lograrlo, mover montañas con un dedo, volar y proyectarse al infinito, destruir todo un ejército enemigo con solo una mirada, penetrar mundos invisibles, vivir experiencias nuevas, construir edificaciones fabulosas, convertirse en otro ser, conocer cada detalle de un elemento, sumergirse en un mundo microscópico... todo es posible, aunque de una manera "virtual", no irreal, tan solo perceptible de forma aparente, mediante un engaño de los sentidos, de una burla sutil que se le hace al cerebro.

El concepto que encierra toda esta gama de posibilidades es conocido como Realidad Virtual.

### 5.4.1 Conceptos Básicos

#### Qué es la Realidad Virtual?

El concepto de Realidad Virtual (Virtual Reality - VR) es bastante viejo, quizás sus orígenes modernos hemos de buscarlos en las novelas de ciencia ficción, sin embargo el término Realidad Virtual es joven, data de la década de los 80's cuando fue acuñado por Jaron Lanier, para así distinguir de manera clara entre las simulaciones tradicionales por computadora y el tipo de mundos ( y experiencias ) que él estaba creando.

El concepto de realidad virtual tiene varias acepciones, por lo que una definición única podría parecer corta. Veamos algunas definiciones sobre la realidad virtual :

- VR es la experiencia de telepresencia, donde telepresencia es la sensación de presencia utilizando algún medio de comunicación.
- VR es un modelo matemático que describe un "espacio tridimensional", dentro de este "espacio" están contenidos objetos, objetos que pueden representar cualquier cosa, desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma sumamente compleja como puede ser un desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia o el modelo de una estructura de DNA.
- VR es un paso mas allá de lo que sería la simulación por computadora, tratándose mas bien de una simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema.
- Otra definición mas: "Realidad Virtual es una manera mediante la cual los humanos visualizan, manipulan e interactúan con computadoras y datos extremadamente complejos".

Existen diversos términos para referirnos al mismo concepto, tal es el caso de "realidad sintética" y "ciberespacio", palabras diferentes pero los mismos significados.

#### Conceptos acerca de Realidad Virtual

Debido a su corta edad en este mundo, aun no se establece de manera clara lo que es la realidad virtual, así que las concepciones serán muy diversas, en función de la experiencia, campo de acción y filosofía particular de quien hable de ella.



Así, para muchos VR es una simulación interactiva, por esta definición si se usa un ratón, joystick o el simple teclado para volar sobre un modelo texturizado (por ejemplo un simulador de vuelo) entonces se esta haciendo uso de la realidad virtual.

Sin embargo para otros, esto no basta y sostienen que una VR es cuando se está en un ambiente de red y varias gentes aportan sus realidades entre si, tal es el caso de las comunidades virtuales (BBS) y los esquemas MUD (Multi User Dungeon).

Otros mas limitan el concepto de VR al uso de equipos sofisticados (Head Mount Devices) que permitirán al usuario sumergirse aún más en los nuevos mundos artificiales, es decir realidades sintéticas tridimensionales interfaseadas al ser humano mediante métodos específicos de interacción.

Basados en esta declaración, VR es un método específico de interfaseado con una realidad artificial tridimensional.

Para otros investigadores mediante la realidad virtual se permite a los usuarios experimentar modelos tangibles de lugares y cosas, donde por tangible se entiende que el modelo puede ser percibido directamente por los sentidos - no mediante abstracciones como el lenguaje o el uso de las matemáticas, pero sí en cambio mediante el uso de los sentidos: a través de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído.

En fin, la ausencia de un consenso hace muy difícil definir las fronteras entre lo que es y lo que no es realidad virtual.

No obstante, en lo que todos los autores coinciden es que mediante la realidad virtual se lleva a cabo la unión hombre- máquina de una manera mas estrecha.

### **Objetivo de la Realidad Virtual**

El objetivo de la VR es crear un mundo posible, poblarlo con objetos, definir las relaciones entre ellos y la naturaleza de las interacciones entre los mismos.

#### **5.4.2 Elementos de la Realidad Virtual**

Tres son los elementos presentes en cualquier sistema de VR, los cuales son :

- Simulación
- Interacción
- Percepción

### **Simulación**

Simulación para modelar un sistema, cabe decir que ésta tiene que ser realística. Es decir una simulación del modelo ó del mundo a experimentar, donde regirán una serie de normas, no necesariamente iguales a las de la vida real.

### **Modelos para Realidad Virtual**

Como se estableció al inicio, una realidad virtual requiere de un modelo, según el autor W. Robinnett los modelos que pueden utilizarse en los sistemas de VR pueden agruparse en una de las siguientes cuatro posibilidades:

- Modelos escaneados
- Modelos calculados
- Modelos construidos por artistas
- Modelos de combinación de contenidos

### Modelos Escaneados

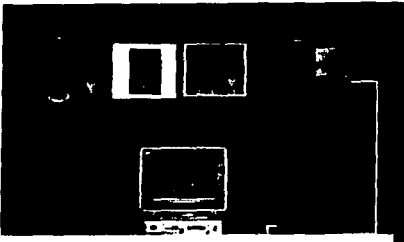


Fig. 5.8 Modelo escaneado de VR

Estos modelos se refieren a aquellos que son escaneados, digitalizados, transferidos del mundo real; los sistemas de telepresencia manejan cámaras de video (una por cada ojo), para explorar el mundo real en un sitio remoto, grabaciones de sonido binaurales (una por cada oído) registran un modelo de audio del mundo real a distancia.

### Modelos Calculados

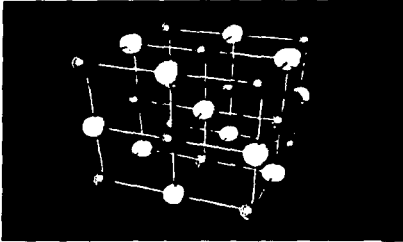


Fig. 5.9 Modelo calculado de VR

Son aquellos modelos calculados, matemáticamente y posteriormente construidos y visualizados - manipulados, generalmente utilizados en modelos complejos o demasiado abstractos, p/ej el modelado de los flujos de aire en una turbina o de los flujos de lava de un volcán por un valle.

### Modelos creados por artistas

Modelos construidos por artistas, son modelos poligonales generados en sistemas CAD por lo general, creados con estructuras coordenadas completas, estos modelos pueden basarse en espacios reales o ficticios, por ejemplo una cocina del futuro o un paisaje espacial.

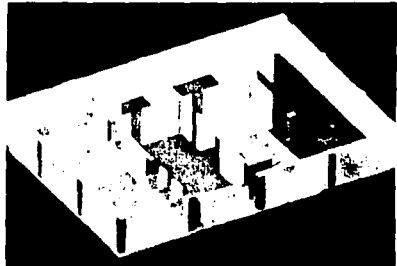


Fig. 5.10 Modelo creado para VR en CAD

TERMINADO CON  
FALLA DE ORIGEN



Fig. 5.11 Modelo mezclado

### Modelos Mezclados

Modelos editados a partir de una combinación de contenidos escaneados, calculados o creados por artistas.

### ➤ Interacción

La interacción, es la forma con la que se hace posible el tener control de la exploración de este sistema; de no tener esta interacción, el sistema no deja de ser una simple película o visita guiada. Para la interacción existen diversas interfases, que van desde teclados hasta guantes o trajes sensores. Más

adelante nos referiremos a estas interfases de interacción.

### Percepción

La percepción, viene a ser el factor más importante, algunos sistemas de VR se dirigirán principalmente hacia los sentidos (visual, auditivo, táctil), otros tratarán de llegar directamente al cerebro, evitando así las interfases sensoriales externas, y otros, los más humildes recurrirán a toda la fuerza de la imaginación del ser humano para vivir la experiencia de una realidad virtual.

#### 5.4.3 Aplicaciones de la Realidad Virtual

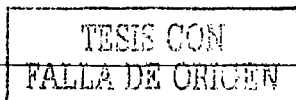
La VR es algo más que una simple simulación, ya que al ofrecer la interacción con el modelo, otorga una "presencia" dentro del mismo modelo. Mediante esta faceta se podrán realizar tareas dentro de un mundo real remoto, o un mundo generado por computadora o en una combinación de ambos.

Los mundos simulados no necesariamente tienen que adaptarse a las leyes físicas naturales. Es por esta característica que la VR se presta para ser aplicada en cualquier campo de la actividad humana, si bien es cierto que habrá algunas aplicaciones mucho más apropiadas que otras.

Aunque en sus orígenes, se tenían aplicaciones de VR del tipo simulaciones militares y juegos, en la actualidad ha trascendido a muchos otros campos, tales como la medicina, la industria, la psicología, el diseño y el arte etc.

Algunas de las aplicaciones de esta tecnología son:

- Telepresencia- Telerobótica
- Visualización en el diseño
- Manejo de situaciones complejas
- Medicina
- Psicología
- Arquitectura
- Manejo de variables complejas
- Ingeniería Química



### Telepresencia - Telerobótica

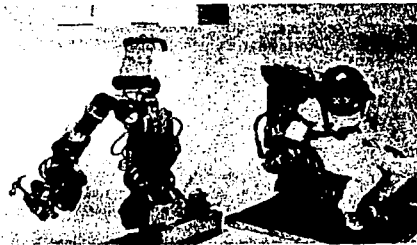


Fig. 5.12 Telerobótica

Las aplicaciones de telepresencia-telerobótica ya son bastante populares, consisten en el manejo de robots a distancia, pero con la salvedad de que el operador ve lo que el robot esta viendo e incluso tiene el tacto de la maquina.

Los ambientes hostiles como lo son las zonas de guerra, plantas nucleares accidentadas incendios peligrosos, etc. son los sitios que se prestan para ser explorados o para realizar tareas a distancia, o de manera remota.

### Visualización en el Diseño

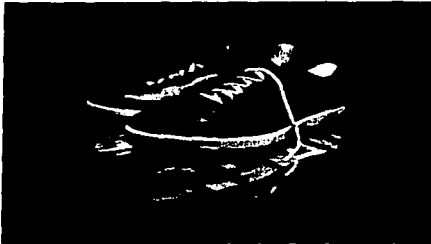


Fig. 5.13 Visualización por VR

En la industria se utiliza por lo general la VR para mostrar a los clientes aquellos productos que seria demasiado caro o impráctico mostrar de otra manera. La VR se convierte entonces en una herramienta que ayuda al diseñador a visualizar y explorar los espacios que esta creando como una parte integral del proceso de diseño.

Así, en Inglaterra una empresa usa tecnología de VR para el diseño de zapatos deportivos, permitiéndole acortar los tiempos de diseño a un producto de vida muy corta en cuanto a la permanencia del modelo en el mercado.

### Manejo de situaciones complejas

Se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real. Por ejemplo, simulaciones de batallas aéreas o terrestres.

Los simuladores de vuelo entran en esta categoría, así como todas aquellas aplicaciones para capacitación de personal en equipos altamente sofisticados o de manejo riesgoso, por su alto costo o por la necesidad de amplia experiencia para su manejo.

La propuesta de la consola controladora de vuelos en un ambiente de realidad virtual es otra aplicación dentro de este rango. Dónde el controlador observará en un espacio tridimensional los aviones en el espacio presentes en su entorno aéreo, y para entablar comunicación con cualquiera le bastará "tocarlos" en ese ambiente virtual.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Medicina

En medicina las aplicaciones son orientadas hacia la visualización anatómica, de hecho existen modelos virtuales anatómicos, los cuales pueden ser diseccionados una y mil veces por los estudiantes de medicina. Existen además pacientes virtuales que adolecen de diversas enfermedades y presentan los síntomas característicos para poner en practica las habilidades terapéuticas del futuro doctor.

Un aplicación muy interesante de medicina es la amputación virtual , para saber que siente una persona a la cual le han cortado un brazo o una pierna.

## Psicología

El manejo de fobias como a estar encerrado o a enfrentarse a las alturas se ha manejado satisfactoriamente mediante el uso de sistemas de realidad virtual, donde el paciente tiene el control de la "realidad" y puede ir manejando su experiencia dentro de la situación que le provoca sus miedos, de una manera controlada.

## Arquitectura

En Berlín, el grupo Art+Com se especializa en galerías virtuales de arte y en expos-virtuales, permitiendo recorrer y mejorar la distribución de una exhibición dándoles por consiguiente la experiencia de haber estado allí, sin haberla construido jamas.

Diversas empresas constructoras proyectan sus obras, las pintan y decoran a placer, luego se dan un paseo por el interior de las mismas para ver que tal les va a quedar el producto final. Mediante estos paseos, se explora la obra mucho antes de construirla y se pueden realizar ajustes a la obra proyectada, pero ya bajo la luz de la experiencia de haber estado allí.



Fig. 5.14 Diseño con ayuda de VR

En Japón están muy de moda las cocinas integrales virtuales, las cuales ayudan a clientes potenciales a proyectar sus aspiraciones de lo que ellos consideran su cocina ideal, la cual una vez visualizada es mandada construir tal y como la vieron en forma virtual.

Según se dice, bajo esta forma de diseñar se tiene un promedio de 100% de clientes satisfechos.

## Manejo de variables complejas

Mediante la VR se pueden manipular modelos que involucran la presencia de datos gigantes y variables sumamente complejas.

Muchas de las aplicaciones tridimensionales en la visualización científica son el estudio de fenómenos físicos multidimensionales, en tales modelos la computadora genera datos representando el modelo en condiciones iniciales especiales.

Así, el estudio de sistemas como una tormenta eléctrica o los impactos geológicos de un volcán en erupción requieren un volumen de datos tan grande que se crea un problema cuando se trata de interpretarlos.

En la visualización científica, un interfaz de VR auxilia al investigador en la exploración de la representación gráfica multidimensional de la información en diferentes niveles de detalle y precisión.

### Ingeniería Química

Existen aplicaciones de RV para el diseño de compuestos orgánicos, de ingeniería genética y también para el análisis molecular de nuevos compuestos.

#### 5.4.4 Clasificación de los sistemas de realidad virtual

Como se ha establecido anteriormente, el hardware es bastante variado. Así que en función de los elementos involucrados, podemos clasificar en cuatro grandes grupos los sistemas que se proclaman como realidad virtual, los cuales son:

- Sistemas Desktop de VR.
- VR en segunda persona.
- Sistemas de telepresencia.
- Sistemas de inmersión de VR.

#### Sistemas Desktop

Engloban aquellas aplicaciones que muestran una imagen 2D o 3D en una pantalla de computadora en lugar de proyectarla a una pantalla de cabeza (HMD). Puesto que representan mundos de 3 dimensiones los exploradores pueden viajar en cualquiera dirección dentro de estos mundos, los ejemplos característicos de estos ambientes son los simuladores de vuelo para computadora, la mayoría de los juegos de alto nivel de realismo para computadora.

En resumen, los sistemas desktop VR muestran mundos tridimensionales a través de pantallas de 2D. Algunos comprenderán interfaces sofisticados, como guantes, controles, cabinas customizadas, pero todos tendrán en común la característica antes mencionada (3D en 2D).



Fig. 5. 15 Equipo de RV desktop

#### VR en segunda persona

A diferencia de los sistemas de inmersión los sistemas en segunda persona (o unencumbered systems) involucran percepciones y respuestas en tiempo real a las acciones de los humanos involucrados, quienes están liberados o no están sometidos al uso de cascos, guantes, HMD's, alambres o cualquier otro tipo de interface intrusivo.

Los sistemas de inmersión simulan las percepciones del mundo real, el viajero sabe que esta allí porque los sonidos e imágenes del mundo virtual responden de

manera similar a como responden los del mundo real a los movimientos de la cabeza. Sin embargo en los sistemas en segunda persona, el explorador sabe que esta dentro del mundo virtual porque se ve a si mismo dentro de la escena. Es decir es un integrante del mundo virtual. Para lograr esto el participante es ubicado frente a una pantalla de video, en la cual es proyectada la imagen misma del participante pero chroma-keyed (sumada su imagen de video) con otra imagen utilizada como fondo o ambiente, entonces el participante visualiza en la

pantalla el mundo virtual completo. Mediante un software que realiza detección de contornos es posible realizar manipulaciones dentro de la escena, las cuales son visualizadas en la pantalla. Mas que imitar las sensaciones del mundo real, un sistema de segunda persona cambia las reglas y aplica la vieja noción de "ver para creer" para inducir la sensación de presencia. Una aplicación de este tipo de VR es el juego virtual de golf, en el cual el jugador se ve a si mismo sobre un campo de golf golpeando una pelota virtual. La aplicación mas famosa de esto es el popular programa "nick arcade", en el cual los niños participantes viven-juegan videojuegos con ellos mismos como personajes del juego.

### Sistemas de Telepresencia

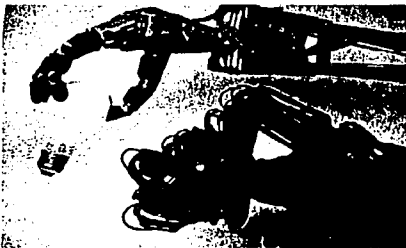


Fig. 5.16. Manipulación de Robot con un sistema de telepresencia

Los sistemas de telepresencia forman el cuarto grupo de aplicaciones de realidad virtual, los elementos que utiliza generalmente son cámaras, micrófonos, dispositivos táctiles y de fuerza con elementos de retroalimentación, ligados a elementos de control remoto para permitir al usuario manipular robots o dispositivos ubicados en localidades remotas mientras experimenta lo que experimentaría en el sitio en cuestión (pero de manera virtual).

La telepresencia es una tecnología que enlaza sensores remotos en el mundo real con los sentidos de un operador humano.

La telerobótica pretende simular la presencia de un operador en un ambiente remoto para supervisar el funcionamiento de un sistema y realizar tareas controlando robots a distancia.

Una aplicación de este tipo es la Microteleoperación, que utiliza un microscopio y un micromanipulador para dar al operador la sensación de presencia y la posibilidad de actuar en un ambiente microscópico.

### Sistemas de Inmersión

Son aquellos sistemas que sumergen o "meten" al explorador de manera estrecha con el mundo virtual que estén tratando,



Fig. 5.17. Sistema de RV de inmersión. Obsérvese el uso del HMD y de equipo de sonido lateral

mediante la utilización de sistemas visuales del tipo HMD (Head Mount display), equipos seguidores de gestos y movimientos así como elementos procesadores de sonido. Quedando de esta manera el participante estrechamente relacionado con el ambiente virtual, y aislado hasta cierto punto del mundo "real".

Para el explorador, el mundo virtual responde a los movimientos de la cabeza de manera similar a como ocurre en el mundo real. Con estos elementos se crea una sensación de inclusión sumamente realista, una experiencia

bastante creíble y en general un impacto vivencial sumamente poderoso.

Los mundos de inmersión existen en 3 dimensiones, mediante el envío de imágenes ligeramente diferentes a cada ojo se habilita la sensación de profundidad, perspectiva y dimensión. Lo que cada participante ve y experimenta necesita ser recomputado (para cada ojo) en cada movimiento que se detecte, esto para mostrar las visiones y sonidos apropiados para la nueva posición.

Los sistemas de inmersión VR permiten al explorador ir a cualquier parte dentro de la estructura, atravesar paredes, flotar y elevarse hacia el cielo o penetrar las entrañas de la tierra (si es que hay cielo y tierra en ese mundo).

En este tipo de sistemas, los exploradores ven al mundo virtual como si estuvieran viendo al mundo real.

#### 5.4.5 Interfases para realidad virtual

Los interfases para realidad virtual se pueden agrupar dentro de los siguientes conjuntos:

- Ayudas Visuales
- Seguidores de Gestos y Posición
- Dispositivos de Movilidad
- Interpretes de comandos (verbales o escritos)
- Procesadores de sonido Estéreo

#### Ayudas visuales (Visual Aids)

Estos dispositivos auxiliares permitirán al explorador sumergirse de manera mas profunda en el mundo virtual, cabe mencionar que el 80% de la información que llega al cerebro para ser procesada es mediante el sentido de la vista, así que al estimular este sentido mediante ayudas visuales tendremos casi un 80% de la realidad perceptible bajo control.

La pretensión de las ayudas visuales es crear una visión estereoscópica, generando dos imágenes ligeramente deslincadas, una para cada ojo, el método usado par mezclar tales imágenes es muy variado, y comprende desde el uso de filtros polarizados, pasando por sistemas de filtros Anaglyph ( 3d monocromático) hasta el forzado de la vista por parte del usuario.

Para lograr esta meta existen diversos prototipos de ayudas visuales, los cuales contarán con algunos de los siguientes elementos:

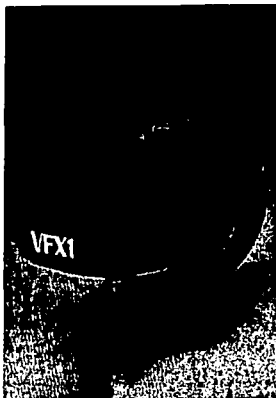
- Equipo con dos dispositivos ópticos pequeños, cada uno acoplado a un ojo, con el objeto de tener visión binocular.
- Optica especial frente a los dispositivos ópticos, con la finalidad de proporcionar un campo visual amplio (wide field of view).
- Optica adicional para corregir distorsión y aberración cromática.
- Sistema de seguimiento para retroalimentar la ubicación y posición de la cabeza del usuario en tiempo real.

Entre los auxiliares visuales más comunes tenemos

- Display para cabeza (Head Mount Display) -HMD
- Monitores binoculares de omni orientación (Binocular Omni orientational Monitors) -BOOMS
- Dispositivos de escaneo directo al ojo (Direct Eye Scanning Devices) -DESD
- Dispositivos de escritura directa a la retina (Direct Retinal Write) -DRW



### Head Mount Display -HMD



Consisten en pequeños monitores montados generalmente en un casco con la intención de cubrir el panorama visual del ojo, y los hay desde simples (una sola pantalla de baja resolución), hasta otros más poderosos, una pantalla por cada ojo, con mayores velocidades de respuesta y mejores resoluciones.

### Binocular Omni orientational Monitors -BOOMS

Son elementos visuales de mayor complejidad, pues permiten ver imágenes de gran realismo y con mayor sensación de profundidad y volúmen, sincronizados además con los movimientos de la cabeza, compensando de esta manera los movimientos de la misma con la secuencia de imágenes presentadas ante los ojos.

### Direct Eye Scanning Device - DESD

Con estos elementos se detecta la posición del ojo, y a partir de allí se orienta una cámara que presentara ante los ojos la imagen de lo que veria el ojo desde esa posición, son usados principalmente en los sistemas de selección de blanco en aplicaciones militares, donde al poner la vista se apunta automáticamente el arma.



Fig 5.19 BOOM

### Direct Retinal Write - DRW

El principio de los DRW es barrer directamente hacia la retina mediante un rayo luminoso en lugar de utilizar la convencional pantalla de fósforo, se aprovecha la persistencia de la visión en la retina y allí se dibuja la imagen.

### Seguidores de Gestos (Body-Gesture Tracking Devices)

Elementos usados como dispositivos de entrada principalmente, para reportar la postura o posición, gracias a los cuales se podrán manipular objetos y realizar acciones dentro de un mundo virtual. Los Tracking Devices usan sistemas acústicos, magnéticos mecánicos y ópticos

(ó combinaciones de todos) para reportar la posición y la orientación tridimensional al sistema de RV.

- Sistemas acústicos
- Sistemas magnéticos
- Sistemas mecánicos
- Sistemas ópticos

Para la detección de gestos y posiciones se utilizan otro tipo de dispositivos. Los más populares son los guantes (data gloves) otros menos conocidos son los trajes (data suits), estos artefactos traducirán los movimientos y posturas del cuerpo y manos a señales de control interpretables por la computadora, los modelos mas complejos de guantes, incluyen elementos piezoeléctricos, los cuales permiten "sentir" al usuario los objetos del mundo virtual, su textura y masa.

- Guantes
- Trajes

La generación de información correspondiente a la sensación de fuerza, tacto y presión se conoce como Haptics, y es un campo bastante nuevo e inexplorado dentro de la realidad virtual, siendo el aspecto de la retroalimentación de fuerza el mas aplicado de los anteriores. Algunos prototipos utilizan elementos piezoeléctricos para transmitir las sensaciones al experimentador.

#### Sistemas acústicos

Los sistemas acústicos, se basan en el principio del tiempo de vuelo para determinar la posición de un objeto en el espacio. Utilizan ultrasonidos y reflexiones de los mismos. Estos sistemas presentan algunas dificultades principalmente porque requieren de ser muy precisos en su orientación, también dependen de las condiciones atmosféricas presentes, ya que la velocidad del sonido varían respecto de la densidad del aire, además tienen poco rango de alcance.

#### Sistemas magnéticos

Los sistemas magnéticos han tenido bastante éxito, los mas usados son los sensores del tipo Polhemus. Una fuente genera un campo magnético de baja frecuencia y este es detectado por un sensor.

Las desventajas son su bajo rango de alcance (aprox 1 metro cubico) y su baja frecuencia de refrescado (16 Hz) lo cual es apenas suficiente para las aplicaciones interactivas.

#### Sistemas mecánicos



Fig. 5.20 sistema mecánico de posición de la mano y dedos

Los sistemas mecánicos, son los más limitados, en cuanto a rango y a grados de libertad, fueron de los primeros utilizados, y presentan problemas de inercia y fricción.

#### Sistemas ópticos

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los sistemas ópticos son los más complejos. los mas caros pero mas atractivos gracias a su baja distorsión por condiciones del ambiente y a su gran rango de operación. Algunos sistemas se basan en seguimiento óptico mediante digitalización de imagen, otros requerirán matrices de leds activadas en secuencia y detectadas por sensores para determinar la ubicación dentro de un ambiente.

### Guantes

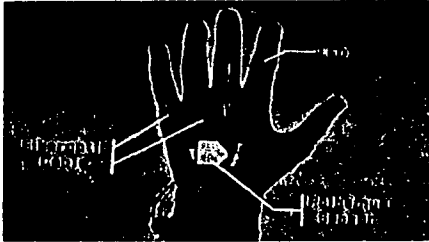


Fig. 5 21 Sistema de posición tipo data glove

Algunos de los guantes más complejos incluyen la detección de los ángulos de flexión de los dedos mediante fibras ópticas y fotosensores que midan las variaciones de luz que les llegan. Cuando la fibra es flexionada, se pierde parte de la luz y esto es medido por el sensor, luego se traduce a ángulos de flexión y se introducen en el sistema de VR.

- > DataGlove
- > El PowerGlove

### DataGlove

El DataGlove es un guante de nylon con sensores ópticos acoplados en los dorsos de los dedos, para interpretar las posiciones de los dedos, y sensores Polhemus en el dorso de la mano, para interpretar la posición de la mano (rotación, elevación, aducción abducción).

### Power Glove

El PowerGlove es un guante de nylon y plástico que utiliza sensores estequiométricos (convierten presión o tensión a señal eléctrica, generalmente resistencia), para la interpretación de las posiciones de los dedos y usa sensores acústicos para detectar la posición de la mano en el espacio.

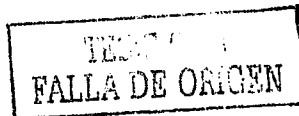
### Data Suits

Este tipo de dispositivos son Trajes o Data Suits, los cuales retroalimentarán información a nivel corporal.

### Sistemas de Movilidad (Mobility devices)

Los dispositivos empleados para introducir al sistema RV información de movimiento o desplazamiento, algunos ejemplos de éstos son:

- > Stationary Bikes
- > Trackballs
- > Flying mice
- > Treadmills
- > Cabinas



### Bicicletas Fijas (Stationary Bikes)

Las bicicletas estacionarias es un famoso ejemplo de los mobility devices

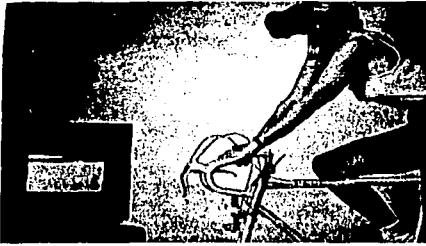


Fig. 5.22 sensor de movilidad tipo bicicleta

sensor Polhemus. los primeros desarrollos tenían la desventaja de ser sensores de posición absoluta, situación que se ha resuelto en los últimos diseños mediante el truco de la posición incremental (o relativa a la anterior), tal es el caso del SpaceBall o SpaceTrack.



Fig. 5.23 sensor de movilidad tipo banda sin fin

### Cabinas

Al implementar cabinas se permite la simulación más realista especialmente de vehículos donde se agregaran las condiciones mecánicas, acústicas, ópticas y olfativas necesarias.

### Intérpretes de Comandos

Los más sencillos son los del tipo orientados a texto, donde se escriben las acciones de control en un teclado. Los más sofisticados son los verbales.



Fig. 5.24 Cabina de simulación

Los intérpretes de comandos escritos son utilizados en los ambientes virtuales tipo MUD (multiuser Dungeon).

### **Sistemas de sonido Estéreo Real.**

Son arreglos de micrófonos ( 2 ) separados 30 cm entre sí y alimentando dos canales de audio (uno para cada oído), con la finalidad de ubicar espacialmente al explorador en un ambiente con sonidos, reales o simulados.

### **Los riesgos de la Realidad Virtual**

Aun no acaba de nacer completamente la VR y ya existen voces de alerta en torno a ella. Según el científico Robert Stork, existen efectos colaterales asociados a las experiencias prolongadas de sistemas de VR, la mayoría son desconocidos aun pero sin embargo otros ya han sido experimentados en algún momento por participantes de este tipo de experiencias, los efectos se conocen como la enfermedad de la simulación.

Los síntomas incluyen entre otros: náuseas, fatiga visual y desorientación espacial. La raíz de esto deriva del "conflicto de pistas" que tiene lugar cuando los sentidos corporales reciben información incorrecta entre las reacciones en tiempo real y las acciones físicas y visuales resultantes del participante de la simulación.

Esto ocurre principalmente cuando los participantes reaccionan en tiempo real a una situación artificial pero los resultados simulados están retrasados ( por las cuestiones mismas del proceso), creando por consiguiente confusión entre las acciones del participante y lo que parecen ser los resultados de las mismas. Si se somete a un periodo largo, el cerebro tenderá a acoplarse a tal anomalía, pero una vez fuera de la simulación debe ajustarse de nuevo a las acciones propias de la realidad, lo cual vuelve a someterlo a estados de tensión y ajuste.

La enfermedad de la simulación, parece no afectar a quienes participan en una experiencia de VR de 20-30 minutos, pero no se puede decir lo mismo para quienes entrenan varias horas al día en un simulador de vuelo (militar o comercial).

También tiene que ver el tipo de interfases utilizados, el tiempo de retraso asociado a los mismos y el grado de inmersión al cual se esté trabajando dentro del ambiente simulado.

El desarrollo de los sistemas VR tiende a hacerlos más rápidos y envolventes conforme transcurre el tiempo, es de esperarse que mientras más eficientes sean tales sistemas menos riesgos presentarán, no obstante el desarrollo de interfases humano-computadora debe ser visto como una arma de dos filos, y analizarse cuidadosamente en todos sus aspectos, de manera que sean seguros para todo aquel interesado en su utilización.

Otro riesgo de la RV es la evasión que ofrece, al permitirnos ingresar a nuevos mundos, nos saca temporalmente del mundo actual, lo cual puede ser nocivo si se abusa, pues se generará dependencia de una nueva droga, una que ofrece lo que queremos tener y experimentar. Si puede causar placer también causará dolor, si se convierte en refugio también será prisión.

Las cuestiones éticas asociadas a la VR están ya a la vista, y son de bastante importancia para la humanidad, en el caso de las aplicaciones militares se cuestiona profundamente el uso de sistemas VR para el entrenamiento, pues de un instante a otro se pierde el sentido de la realidad, así para el piloto del bombardero le dará lo mismo soltar sus bombas en el simulador sobre cosas inexistentes que hacerlo sobre la verdadera realidad, quizás para el sea más real la práctica simulada que la situación auténticamente real.

Otro punto de discusión es si se debe permitir a los niños el uso de los sistemas VR, qué tan apropiado será?, Cómo les afectara en su desarrollo en el mundo real?

Según algunos creadores de sistemas de VR , no es apropiado permitir a los niños pequeños el uso de los sistemas VR, y recomiendan que se tenga prudencia al respecto.

Sin embargo, el punto de vista tecnológico no deja de maravillarnos las enormes capacidades de estos sistemas de los que todavía falta mucho por conocer y descubrir.

## 5.5 Hologramas y la Holografía



Fig. 5.25 Holograma

Hay algo mágico en la holografía que uno no alcanza a comprender hasta que se enfrenta cara a cara con un holograma. Cuando la luz es correcta, produce una inconfundible imagen tridimensional suspendida en el vacío. No obstante se diferencia de los objetos reales: sus colores no son naturales, está dotada de una sutil granulación y tiende a esfumarse o desaparecer al observar el holograma desde ciertos ángulos. A pesar de todo con frecuencia la gente intenta tocar sus imágenes y encuentra sólo aire.

Algunos de los hologramas son rudimentarios desde el punto de vista técnico y otros lo son desde el artístico. Y no es difícil forjarse una idea de cuánto tardarán todavía los holografos en alcanzar el sueño preconizado por la ciencia-ficción, que es el de llenar el ambiente con imágenes tridimensionales. Sin embargo, también se da una cuenta del progreso técnico y artístico que realizan los artistas para extraerle el mayor provecho posible al nuevo medio.

Junto a las promesas se encuentran los problemas. Las posibilidades de la holografía se han exagerado sobremedida y numerosos especialistas han sido desacreditados.

La holografía además de ser una forma de arte única y exclusiva que se utiliza incluso en ciertos juegos de video cumple algunas funciones industriales, como la verificación de neumáticos de aeroplano, y se usa también para la restauración de antiguas pinturas y esculturas.

Sin embargo, es preciso que en primer lugar expliquemos qué es la holografía.

### 5.5.1 Concepto de Holografía

Algunas de las preguntas que acuden a nuestra mente al hablar de hologramas es precisamente, ¿Qué es un holograma?, y por supuesto ¿Qué es la holografía?. Entonces, empecemos explicando estos términos. La holografía es el proceso mediante el cual se producen hologramas, mientras que a la película en sí se le refiere como holograma.

Los términos holograma y holografía fueron acuñados por Dennis Gabor (el padre de la holografía) en 1947. La palabra holograma se deriva de las palabras griegas "holos" que significa completo y "gram" que significa mensaje.

Es importante mencionar que la holografía no es una mera técnica para producir imágenes tridimensionales con un láser, sino todo un concepto.

Para comprenderlo debemos imaginar la luz en forma de ondas electromagnéticas y recordar que una de sus importantes propiedades es la frecuencia. Debemos también tener en cuenta otras dos características importantes: la amplitud (distancia que media entre la cresta y el fondo de la onda) y la fase (el lugar donde se encuentre en su ciclo de oscilación).

Todo cuanto vemos es, en realidad, la luz reflejada por los objetos que nos rodean. Desde el punto de vista físico, dichos objetos crean un frente de onda, de luz reflejada, que contiene toda la información que llega hasta nuestros ojos y que nos permite ver cuando es desafiada por el cerebro. Supongamos que lográsemos grabar con toda precisión un frente de onda en un plano situado ante nosotros (una gran "rebanada" de la luz que tengamos delante de los ojos) de manera que pudiésemos reconstruir posteriormente dicho frente de onda con toda exactitud. La imagen reconstruida sería tan tridimensional como la original. Esto fundamentalmente es lo que se propone la holografía.

Puede que alguien se pregunte, ¿no es eso lo que hacen las cámaras fotográficas? ¿No consiste precisamente la fotografía en grabar un frente de ondas, un plano de radiación electromagnética, sobre una película plana? En una palabra, no.

Como hemos mencionado anteriormente hay dos factores esenciales que intervienen en la reconstrucción de frentes de ondas: la amplitud y la fase. Tanto las películas fotográficas como los detectores electrónicos perciben únicamente la intensidad, que depende de la amplitud, pero son insensibles ante la fase y por consiguiente sus imágenes son exclusivamente bidimensionales.

En realidad, también nuestros ojos son sólo capaces de percibir la amplitud, pero uno y el otro ven desde ángulos ligeramente distintos, lo que permite que el cerebro compare las sutiles diferencias de las imágenes bidimensionales procedentes de cada uno de ellos y genere la visión tridimensional que tenemos del mundo. Las pequeñas diferencias de visión desde uno y otro ángulo se deben en parte a la invisible información de la fase contenida en el frente de onda y, en efecto, el cerebro reconstruye automáticamente dicha información sintetizando con ello la imagen tridimensional.

El mismo principio se usa en trucos fotográficos para crear imágenes de tres dimensiones. Con dos cámaras se toman fotografías desde dos ángulos ligeramente diferentes para mostrarlas después independientemente a cada uno de los ojos. Entonces se perciben dos imágenes bidimensionales que el cerebro reconstruye automáticamente formando la imagen tridimensional auténtica.

La holografía es la técnica que nos permite registrar información simultánea de la amplitud y de la fase de una onda. Su inventor fue Dennis Gabor que concibió la idea en 1947 y presentó un modelo práctico de ella en 1948. Aunque realizó sus primeras pruebas con luz, su verdadera ambición era la de mejorar la calidad de la imagen del microscopio electrónico.

La idea de Gabor era muy sencilla, y por ella le fue otorgado el premio Nobel de física de 1971. Bastaba con superponer dos frentes de onda de luz, uno procedía del objeto que estaba siendo iluminado y el otro correspondía a un haz de referencia que no entraba en contacto con el mencionado objeto. Gabor registró sobre una placa fotográfica la distribución de intensidades que se originaba en el lugar donde se superponían ambos frentes de onda. La fig. 5.26 muestra el montaje característico para impresionar un holograma.

Puesto que el haz de referencia podía ser controlado con toda precisión y recreado cuando se desease, podría proyectarse a través de la placa fotográfica obtenida para reconstruir el frente de ondas producido por el objeto en cuestión.

Lo que se graba sobre la placa fotográfica depende de la manera en que dos grupos de ondas luminosas, uno procedente del propio objeto y otro del haz de referencia, se sumen según un fenómeno denominado interferencia.

Esto significa que las amplitudes instantáneas de las respectivas ondas se suman al superponerse. En el caso de que la cresta de una corresponda con el fondo de la otra la suma de ambas equivale a oscuridad, pero cuando correspondan ambas a cresta o fondos se obtendrá un punto luminoso. Esto ocurre debido a que lo que vemos es la intensidad, que equivale al cuadrado de la amplitud, la cual, su vez, corresponde a la distancia que medie entre la cresta y el fondo de vemos es la intensidad, que equivale al cuadrado de la amplitud, la cual, a su vez, corresponde a la distancia que medie entre la cresta y el fondo de la onda resultante. Las oscilaciones debidas a la fase se suceden con excesiva rapidez para ser percibidas por el ojo humano o incluso por el más veloz de los detectores electrónicos.

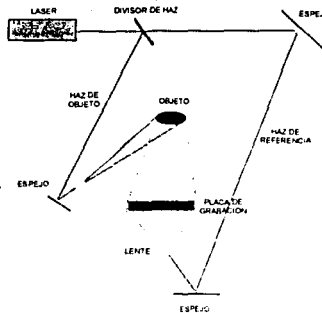


Fig 5.26 Para grabar un holograma se divide el haz del láser en dos el haz del objeto y el de referencia. Ambos haces deben recorrer aproximadamente la misma distancia hasta llegar a la placa fotográfica, pero el haz del objeto habrá sido reflejado por el objeto que se desea grabar. Al coincidir ambos haces sobre la placa forman una figura de interferencia que no se parece en absoluto a la imagen del objeto. Para reconstruir la imagen tridimensional del objeto se precisa que un haz láser idéntico al de referencia utilizado en la grabación atraviese la figura de interferencia grabada en la placa fotográfica. Existen también hologramas que pueden ser reconstruidos sin la ayuda de ningún láser.

El holograma en si no es más que una imagen en blanco y negro que representa la figura de interferencia producida por la superposición de ambos frentes de onda. Dicha figura contiene la segunda propiedad fundamental y necesaria

para producir imágenes tridimensionales, es decir, la fase. ¿De dónde procede la fase? Por supuesto no de la magia, sino del haz de referencia. No olvidemos que la figura del holograma habrá sido producida por la interferencia, que depende precisamente de la fase de ambas ondas. Si conocemos la figura de interferencia producida por la luz del objeto y la del haz de referencia, y si podemos recrear éste último con toda precisión, en teoría disponemos de todo lo necesario para reproducir el frente de onda del objeto.

A simple vista, los hologramas no se parecen al objeto que representan y con frecuencia se diría que son producto del azar. Sin embargo nos permiten reproducir el objeto en cuestión siempre que lo deseemos, a condición de que iluminemos la placa que contiene el holograma con el haz de luz de referencia correspondiente. La *difracción*, es decir la forma especial en que el haz de referencia se dispersa a través de la figura de interferencia (el holograma), es lo que reconstruye el frente de onda del objeto que viaja entonces hacia nuestros ojos como si jamás hubiese sido interrumpido por la placa fotográfica.

Cabe destacar que la imagen que se produce es la misma, tanto si la fotografía holográfica es positiva como negativa. "Ha resultado que, en la holografía, la naturaleza se encuentra en el bando de los inventores", declaró Gabor en el discurso que pronunció cuando recibió el premio Nobel.

La holografía exige otra condición: la coherencia. La coherencia se refiere a que las ondas se desplacen exactamente en fase. De la misma manera la holografía, sólo se verifica si la luz del haz de referencia y la procedente del objeto se desplazan exactamente en fase. La luz coherente debe ser además monocromática, es decir de la misma longitud de onda.

En la práctica, esto significa que la luz de ambos haces debe proceder de la misma fuente y la distancia que recorren ambos haces no puede ser superior a la longitud de coherencia de la luz, es decir, la distancia a lo largo de la cual las ondas se mantengan perfectamente en fase. La longitud de coherencia de una bombilla común es esencialmente cero, mientras que la de los láseres suele ser como mínimo de varios metros.

Gabor trabajó en el campo de la holografía durante más de doce años antes del descubrimiento del láser, y la mejor fuente luminosa que encontró fue la de una lámpara de mercurio de alta presión cuya coherencia era tan solo de 0,1 mm, es decir unas 200 ondas luminosas. Esto limitaba enormemente sus experimentos. Con el fin de asegurarse de que ambos haces de luz recorrieran la misma distancia, se sirvió de un esquema óptico en el cual era el propio haz de referencia el que iluminaba el objeto, que consistía en una fotografía transparente de sólo un milímetro de diámetro. La anchura del holograma propiamente dicho era de 1 cm y tardaba varios minutos en grabarlo en la película mas sensible de que se disponía. Con su técnica, el holograma estaba plagado de luz superflua que oscurecía la imagen reconstruida y el montaje óptico que utilizaba no separaba satisfactoriamente la imagen reconstruida de dicha luz. Superada la euforia inicial, decreció el interés y, a mediados de los años cincuenta, el tema parecía haber quedado sumido en un profundo aletargamiento.



## 5.6.2 Leith y Upatnieks

A pesar de la aparente calma reinante había quien se preocupaba todavía de la holografía. En el laboratorio de Willow Run, de la universidad de Michigan, en Ann Arbor (actualmente denominado Instituto de investigación ambiental de Michigan, Emmett N. Leith y varios colegas realizaban estudios teóricos sobre la holografía. Sin embargo, debido a que su investigación formaba parte de un sistema de radar, no publicaron nada en aquella época.

Leith trabajó silenciosamente desde 1955 hasta 1962 y asegura haber obtenido "éxitos considerablemente fenomenales" durante aquel periodo con el uso de lámparas de mercurio. Su trabajo teórico comenzó a producir resultados sumamente positivos cuando aparecieron los láseres. Entre Leith y Juris Upatnieks perfeccionaron un montaje óptico en el cual la luz se dividía en dos haces: uno era el haz de referencia y el otro se utilizaba para iluminar el objeto y, posteriormente, se superponía con el haz de referencia para formar un holograma.

Durante sus primeros experimentos, ambos investigadores se sirvieron tanto de los láseres como de los arcos voltaicos de mercurio. "Cada uno de ellos ofrecía ciertas ventajas y no era fácil decidir cuál era el mejor", dijo Leith. "Finalmente nos decidimos por el láser, pero se podían conseguir hologramas de alta calidad con ambas fuentes luminosas, fue cosa de decidir qué grupo de ventajas aprovechar y qué problemas atacar."



Fig. 5.27. Mesa anti vibración para holografía

Si bien el mérito de la holografía (incluido el premio Nobel) le fue atribuido a Gabor, fueron Leith y Upatnieks quienes la convirtieron en una realidad práctica. Sus primeros experimentos tuvieron lugar con objetos planos, pero no tardaron en trabajar con objetos tridimensionales. Según Leith, "para ello no se requirió mucha más teoría, pero fue preciso experimentar con nuevas técnicas".

El comentario de Leith no podía ser más evidente. En los hologramas de objetos planos no se requería demasiada coherencia, pero sí era necesaria con los tridimensionales. Entonces el láser se convirtió en un aparato de absoluta necesidad, debido a que la longitud de coherencia precisa para los hologramas de objetos tridimensionales equivale al doble de

la profundidad de dichos objetos.

También fue necesario amortiguar todas las posibles vibraciones, como las producidas por los camiones o la puesta en marcha de algún motor cercano, ya que se demostró que afectaban la reconstrucción de la imagen. Para ello fue preciso servirse de una descomunal mesa óptica aislada de todas las posibles vibraciones transmitidas por el suelo. Los pioneros de la holografía se sirvieron de planchas pesadas y tubos metálicos, pero en los laboratorios modernos se usan mesas cuya construcción puede llegar a costar miles de dólares.

## 5.5.2 Obtención del Holograma

Examinemos la elaboración de un holograma de un objeto tridimensional por el método de Leith y Upatnieks.

Se comienza con un solo láser que emite un único haz de luz, que a continuación se divide en dos haces independientes por medio de una lámina semitransparente que permite el paso de parte de la luz y refleja el resto. Con uno de los haces se ilumina el objeto de forma que sea finalmente recogido por una placa o película fotográfica, hacia donde también se dirige el otro si bien por una trayectoria diferente. La distancia recorrida por ambos haces debe ser aproximadamente la misma. Se expone la placa o película fotográfica a la superposición de ambos haces para producir la imagen de su interferencia. Una vez revelada, la placa o la película constituye el holograma.

En holograma se suele utilizar un tipo especial de película debido a que la resolución que se requiere es superior a la de la fotografía. Dichas películas son especialmente sensibles a la luz roja, puesto que para los hologramas se acostumbra a utilizar láseres de helio-neón cuya luz crearía un efecto despreciable en las películas comunes.

El holograma con su figura de interferencia no recuerda en absoluto al objeto del que ha sido obtenido. En palabras de Gabor, "parece la imagen de los ruidos parásitos".

Pero no lo es. Podemos reconstruir la imagen iluminando el holograma con una luz igual a la del láser utilizado para atravesar la placa holográfica y que al difractarse reproduce el frente de onda de la luz reflejada por el objeto en cuestión. Es como si dicho frente hubiese sido congelado en el holograma y el haz de luz le devolviese la vitalidad necesaria para proseguir en su camino hacia nuestros ojos. Puesto que lo que vemos es la luz reflejada por el objeto, tenemos la ilusión de encontrarnos realmente ante una imagen tridimensional.

Por supuesto, las posibilidades de la holografía son limitadas. En general, cuanto mayor sea el objeto mas difícil será elaborar un holograma. Esto se debe a que la luz utilizada debe ser coherente a lo largo de una distancia que equivalga aproximadamente al doble de la profundidad de dicho objeto y además debido a ciertas consideraciones prácticas tales como disponer de películas o placas holográficas del tamaño necesario. Realmente es muy difícil reproducir la imagen de un objeto de más de un metro de longitud, a pesar de que se ha logrado ya.

Otra característica de los hologramas es su aspecto granulado. Esta granulación recibe el nombre de moteado, y constituye una consecuencia inevitable de las variaciones irregulares de fase de la luz coherente causadas por interacciones con la atmósfera, superficies reflectoras y prácticamente todo lo demás con lo que se encuentre la luz. "No se trata de ruido, sino de información indeseada", aclaró Gabor con relación a la información referente a las minúsculas irregularidades de las superficies y a las fluctuaciones de la atmósfera. Los efectos de este moteado pueden ser utilizados constructivamente, sin embargo en general suelen crear problemas.

Hasta estos momentos hemos hablado exclusivamente de hologramas monocromáticos, es decir de un solo color que corresponde al del haz de luz utilizado para iluminarlos. La reproducción de los colores naturales sigue hurtándose a los holografos, aunque se han realizado ciertos progresos de los que hablaremos en seguida.

Los hologramas están dotados de ciertas raras propiedades que parecen desafiar el sentido común. En muchos casos, con sólo parte del holograma se logra reconstruir la totalidad de la imagen. Esto se debe a que graba el mismo frente de onda sobre la superficie entera y repite en cierto modo la misma figura muchas veces. Por consiguiente, iluminando sólo parte del holograma se reconstruye la totalidad del frente de onda, si bien en la práctica la calidad es inferior que si se usa la totalidad de la placa.

También es posible grabar varios hologramas en la misma placa utilizando diferentes haces de referencia o simplemente cambiando el ángulo del haz. Si se graban correctamente, sólo se verá una imagen reconstruida en un momento dado a pesar de que haya otras en la misma película.

### 5.5.3 Hologramas de luz blanca

Lo que hemos descrito hasta estos momentos son los hologramas relativamente simples ideados inicialmente por Leith y Upatnieks. El holograma se construye con un láser y la imagen se reproduce con otro láser. Pero existen también hologramas que no precisan ningún láser para reconstruir las imágenes, aunque si para ser construidos.

Cuando, a principios de los años sesenta, Leith y Upatnieks perfeccionaban su técnica holográfica, en la Unión Soviética Yu N Denisjuk estudiaba el mismo tema desde otro ángulo. Hasta entonces se habían logrado reconstruir imágenes con una luz que *atravesase* el holograma. Denisjuk desarrolló una teoría referente a los hologramas *reflectores* en lugar de transmisores.

Según sus cálculos, debía ser posible reflejar la imagen del holograma e iluminarlo con luz blanca en lugar de láser, es decir, luz procedente de una bombilla común o de un tubo fluorescente. Si bien la luz común está formada por múltiples longitudes de onda, entre ellas se encuentra también la que corresponde exactamente a la del láser utilizado inicialmente y con

ella se puede reconstruir una imagen de un holograma de reflexión, mientras que la luz de las demás longitudes de onda, en efecto, no es utilizada. La imagen, por consiguiente, es de un solo color, a pesar de que la luz utilizada no lo sea.

Denisyuk elaboró su teoría en 1962, pero no pudo demostrarla en la práctica porque carecía de láser. En realidad fueron los norteamericanos George W. Stroke y A. Labeyrie los primeros en producir hologramas de reflexión. Eso ocurría en 1965.

Los hologramas de reflexión permiten la reproducción de imagen a todo color. Para lograrlo es preciso servirse de un mínimo de tres láseres con una variedad suficiente de color para reproducir la totalidad de la gama visible del espectro. Cada uno de los haces de luz produciría un holograma independiente que se superpondría a los demás sobre la misma placa fotográfica. En teoría, por este procedimiento se debería poder reconstruir una imagen a todo color iluminando simultáneamente el holograma con los mismos colores utilizados para elaborarlo, pero en la práctica todavía queda mucho camino por recorrer. Y los hológrafos rusos son los que mayor progreso han realizado en este campo.

#### 5.5.4 Hologramas de Arco Iris

Stephen A. Benton, hológrafo de la Polaroid, ha adquirido una fama considerable por su trabajo en otro tipo de hologramas de luz blanca. Al contrario de los de Denisyuk, los hologramas de Benton son de transmisión y la clave de su técnica ha consistido en *reducir* la cantidad de información contenida en los mismos. Cuando se reconstruye un holograma convencional se utiliza en realidad más información de la necesaria para la formación de una imagen tridimensional. Nuestra sensación de profundidad obedece al hecho de que miramos los objetos con ambos ojos, separados el uno del otro en el mismo plano horizontal. Sin embargo, los hologramas convencionales proporcionan suficiente información para que la imagen sea tridimensional desde cualquier ángulo de visión. Benton ha ingeniado un sistema óptico en el que se conserva la perspectiva horizontal pero se elimina la vertical. Sus imágenes holográficas pueden verse siempre y cuando se miren en el sentido correcto y sin ladear la cabeza, si se colocan en sentido horizontal desaparece la imagen. Lo más importante es que esta técnica permite reconstruir la imagen con luz de cualquier longitud de onda en la gama visible (véase la fig. 5.28).

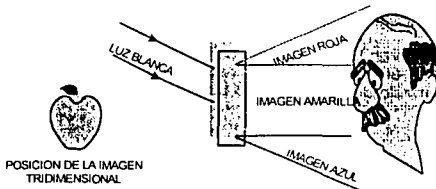


Fig 5.28 Los hologramas de arco iris son impresionados por medio de un láser, pero para reproducir las imágenes impresionadas se iluminan con una luz blanca común (como la de una vulgar bombilla). Dichos hologramas deben su nombre al hecho de que cambian de color según sea el ángulo desde el que se miren. Esto ocurre porque la figura de interferencia grabada en la película difracta la luz de diferentes colores con ángulos distintos, descomponiendo, de la misma manera que un prisma de dispersión, la luz blanca en los respectivos colores que componen su espectro.

Debido a que sólo precisan luz blanca, los hologramas elaborados con la técnica de Benton son luminosos y de fácil reconstrucción. La estructura de los mismos provoca también un efecto secundario interesante: un arco iris de colores dispuestos verticalmente sobre la imagen reconstruida. El color de la imagen varía al desplazar los ojos de arriba hacia abajo. La coloración carece de realismo, pero es sumamente atractiva.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.5.4 El Cine Holográfico

El próximo paso, que será gigantesco, lo constituirá el cine holográfico. Como de costumbre, lo que se ve en las películas no corresponde con exactitud a lo que nos depara el futuro. "A pesar de las expectativas engendradas por ciertas películas populares, como *La guerra de las galaxias*, esas imágenes (móviles) tridimensionales no se proyectarán en el vacío, sino sobre una "pantalla" que constituye de por sí un complejo instrumento óptico", dijo Benton en 1980 en un artículo sobre imágenes holográficas.

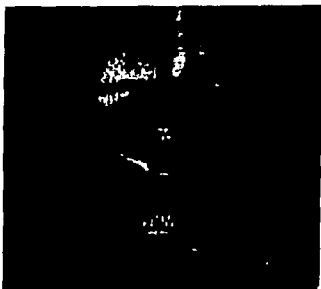


Fig. 5.29 La holografía en el cine

El progreso realizado hasta estos momentos en el cine holográfico es mucho más modesto de lo que sugiere la escena de *La guerra de las galaxias* en la que el robot R2-D2 proyecta la imagen de la princesa Leia (que dicho sea de paso no era un auténtico holograma, sino un efecto especial cinematográfico). El método más divulgado, que se basa en un truco perfeccionado por un hológrafo de San Francisco llamado Lloyd Cross, permite grabar una cantidad limitada de movimientos que en la opinión de ciertos expertos no llegan fácilmente a ser percibidos como tales.

La técnica perfeccionada por Cross, denominada holografía *multiplex*, se basa en la del arco iris de Benton. De la misma manera que una película consiste básicamente en una serie de fotos fijas, un holograma *multiplex* se confecciona grabando una serie paralela de hologramas de arco iris en sentido vertical, de forma que cada uno de ellos corresponda a un cuadro de una película

convencional. La capacidad máxima de los *multiplex* es algo superior a los mil hologramas impresionados sobre una película cuyos extremos se juntan formando un cilindro

Dicho cilindro se ilumina entonces desde el interior con una bombilla corriente y la imagen tridimensional aparece en su interior. Al hacerlo girar, o si se camina a su alrededor, da la impresión de que la imagen se mueve.

Los hologramas *multiplex* han sido utilizados para producir las más espectaculares «minipelículas», aunque con ellos también pueden confeccionarse retratos tridimensionales con fotografías de una persona tomadas desde distintos ángulos, de modo que formen un círculo completo. Y el resultado sería la aparición de una sola imagen tridimensional en el interior del cilindro, que podría ser observada desde cualquier ángulo.

La confección de un holograma *multiplex* es sumamente laboriosa debido a los numerosos hologramas individuales que es preciso impresionar. Sin embargo, se pueden hacer copias del original con mucha facilidad, al igual que con los de arcos iris. Dicha facilidad, unida a su espectacular naturaleza, ha contribuido a su popularidad. Cross y un grupo de hológrafos fundaron la *Multiplex Company* en San Francisco y su trabajo ha sido ampliamente divulgado.

Por estar formados por hologramas de arco iris, los *multiplex* adolecen de la misma falsedad cromática que estos, y por constar de solamente unas mil tomas, duran -a la velocidad de las películas convencionales- menos de un minuto.

Al parecer falta todavía mucho para que puedan realizarse películas holográficas propiamente dichas. Un equipo ruso intenta lograr la reproducción de imágenes móviles holográficas proyectándose sobre una pantalla reflectante especial, que crea a su vez una imagen independiente en cada butaca del auditorio. El espectador se ve obligado a mirar siempre en la misma dirección, lo cual, según Benton (que presenció una proyección) es como tener que ver el espectáculo por el ojo de la cerradura. En 1976, el equipo ruso pasó una película monocromática de 20 segundos en la que una joven arreglaba unas flores, pero sólo cuatro personas podían presenciarla a la vez.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Además, para impresionar cualquier tipo de película holográfica se precisaría luz coherente, por lo que todas las escenas deberían ser filmadas inevitablemente en interiores. Por otra parte, el hecho de iluminar a los actores con luz láser presenta graves peligros para la vista: en las películas holográficas probablemente escasearían los primeros planos.

### 5.5.5 ¿Televisión Holográfica?

Todos los problemas relacionados con el cine holográfico -y muchos más- serían también aplicables a la televisión. En primer lugar, sería necesario disponer de algún medio para transmitir toda la información contenida en los hologramas hasta los hogares de los telespectadores y parece ser que a pesar del progreso realizado en la interpretación de señales su transmisión equivaldría aproximadamente a la de 500 canales de televisión en color. Aun así, sería necesario disponer del equivalente holográfico de una cámara de televisión con una resolución de unas dos mil líneas por milímetro para poder grabar adecuadamente un holograma, lo que en estos momentos está totalmente fuera del alcance de las cámaras existentes.

También sería preciso disponer de algún medio para reconstruir el holograma, que variase su transparencia o reflectividad de acuerdo con la señal transmitida y con una resolución similar a la de la cámara holográfica.

Finalmente, sería necesario disponer de algún medio para reconstruir la imagen a partir de la pantalla holográfica y puesto que la reconstrucción es altamente sensible al ángulo de visión, sólo se podría contemplar la imagen desde ciertos lugares de la sala. Aunque éste no sería sino uno de los problemas de menor importancia.

Los holografos se resisten a admitir la palabra imposible y se interesan todavía por la televisión. Uno de ellos asegura que quizá nuestros nietos lleguen a verla. Otro parece haber afirmado que sería capaz de resolver el problema en un par de años a lo sumo, si dispusiese de la totalidad del presupuesto de las Fuerzas aéreas durante dicho período.

### 5.5.6 Arte, Juegos, Publicidad

El arte y los espectáculos constituyen el uso más visible de la holografía. Sus imágenes tridimensionales atraen la atención del público, lo cual resulta de gran utilidad en la publicidad. Son también muy atractivos ya sea como pendientes o colgados de las paredes de las salas de recepción.



Fig. 5.30 La holografía en la publicidad

Existen numerosas pequeñas empresas dedicadas a la fabricación de joyas holográficas y Stephen Benton calcula que «casi un millón de norteamericanos tienen hologramas en sus casas, en sus despachos, o los llevan colgados como adorno.» Muchos millones de personas los han visto, ya sea directamente en el museo de holografía o en alguna exposición, o indirectamente. Otros creen haberlos visto, pero en realidad lo que han presenciado ha sido alguna imagen tridimensional lograda por algún otro procedimiento, como en el caso de la casa encantada de Disneylandia o en *La guerra de las galaxias*.

Los hologramas han hecho también su aparición en el mundo de los juegos electrónicos. Uno de ellos es el denominado *Cosmos* que ha sido elaborado por Atari, en el que se usan cartuchos intercambiables para programar las diferentes variaciones del juego y en cada uno de ellos se encuentran dos hologramas. Durante el transcurso del juego unos diodos emisores

de luz (LED) reconstruye una imagen holográfica en una pantalla de 90 x 100 mm que se mantiene fija durante la mayor parte del juego, para ser sustituida por otra en los últimos momentos.

Durante su versión del juego de los «marcianitos», se proyecta una panorámica tridimensional de la luna, hasta el momento cumbre en que su imagen es sustituida por la de un monstruo extraterrestre.

Si bien la publicidad y la pornografía constituyen probablemente sus aplicaciones más rentables, el interés de numerosos hologramas radica en el arte. Lamentablemente, la holografía para los artistas en un hueso duro de roer. Son poquísimos los que cuenten con una formación tecnológica y sin embargo la elaboración de hologramas de alta calidad exige conocimientos técnicos avanzados. Además, es preciso disponer de costosos aparatos y generalmente los artistas padecen la pobreza endémica que les ha caracterizado a través de los tiempos.

Para solventar dichos problemas se han perfeccionado ciertos métodos relativamente baratos destinados a la confección de hologramas. En vez de servirse de aparatosas mesas ópticas, por ejemplo, muchos de ellos utilizan cajas de arena. Evidentemente no se trata de los típicos cajones donde acostumbran a jugar los niños en los patios traseros de las casas, sino de un modelo cuyo diseño se atribuye al holografo Gerry Pethick, que consiste en una caja de ladrillos repleta de arena lavada, colocada sobre neumáticos de motocicleta y los componentes ópticos en tubos de plástico parcialmente hundidos en la arena. Los neumáticos evitan que las vibraciones del suelo sean transmitidas a la mesa y la arena le proporciona estabilidad sin transmitir tampoco vibración alguna.

Por lo general los entornos son humildes. Dan Schweitzer y Sam Moree trabajan en los laboratorios holográficos de Nueva York, en los sótanos de un teatro situado en 34 Oeste de la calle Trece de Manhattan. En algunas ocasiones el ruido del teatro les causa problemas, pero los artistas procuran solventar tomando medidas, como por ejemplo la de desconectar el aire acondicionado cuando impresionan algún holograma. El museo de la holografía cuenta también con un laboratorio en el sótano, pero su equipo es más avanzado.

Algunos de los resultados obtenidos son asombrosos no sólo por su novedad, sino también por la imagen artística que contienen. En su obra titulada *Twelve Milliwatt Boogie* el holografo neoyorquino Rudie Berkhout superpuso tres hologramas de arco iris para producir una imagen multicolor de diversas figuras geométricas que flotan en el espacio, cambian de color con los movimientos de la cabeza del observador y en algunos casos distorsionándose debido a las limitaciones de la grabación holográfica. Berkhout denomina los efectos inducidos por la distorsión "hiper espacio" y procura utilizarlos creativamente.

Un paseo por el museo de la holografía permite que uno se dé cuenta de la diversidad existente de imágenes holográficas.

Uno de los principales problemas del personal del museo consiste en instalar los hologramas de forma que consigan los mejores efectos, puesto que la calidad de las imágenes reconstruidas depende enormemente de la iluminación utilizada.

Además de tratarse de un medio creativo, la holografía se utiliza para la preservación de otras obras de arte gracias a su facilidad para detectar tensiones y deformaciones en los cuadros antiguos o en sus telas. La técnica utilizada se denomina interferometría holográfica. No sólo sirve de ayuda a los historiadores del arte, sino que juega también un importante papel en la industria.

### 5.5.7 Hologramas Artificiales

En teoría, la holografía es una técnica óptica de infinitas posibilidades puesto que permite generar el tipo de frente de ondas que se desee. Hasta ahora hemos hablado simplemente de conservar algún frente ya existente con el fin de reconstruirlo más adelante en la producción de una imagen, pero esto no es sino el principio de las posibilidades de la holografía.

Los científicos la ven a veces como el equivalente de la compleja función matemática denominada transformada de Fourier. Sería superfluo entrar en detalles, pero es importante el hecho de que sea posible describir matemáticamente un holograma y el objeto que representa. El modelo matemático permite que una computadora sintetice hologramas, los cuales pueden

ser dispuestos para que representen un objeto específico o, con mayor frecuencia, ciertas operaciones matemáticas.

También es posible servirse de los hologramas para realizar las funciones de complejas lentes, espejos u otros componentes ópticos. Un ejemplo práctico lo constituye el explorador holográfico elaborado por IBM, el cual puede moverse de tal manera que provoque variaciones en la dirección de un haz de luz, haciéndole seguir una forma geométrica determinada que permita leer la información codificada en forma de líneas (CUP) sobre los paquetes de productos vendidos en los supermercados. Con la ayuda de una lente holográfica es posible proyectar información frente a la línea de visión de los pilotos de aviones militares, con el fin de que no se vean obligados a desplazar la mirada para leer sus instrumentos. La función de una lente holográfica es similar a la de una lente normal, pero de un tipo que no sería práctico fabricar.

Hasta estos momentos ni los hologramas generados por computadora ni los elementos ópticos holográficos han encontrado muchas aplicaciones, tanto los unos como los otros adolecen de ciertos defectos para su puesta en práctica, pero ofrecen emocionantes perspectivas si éstos se solventan.

#### 5.5.8 Holografía sin láser

Evidentemente nos hemos referido a la holografía que utiliza láseres, puesto que éstos representan la mejor fuente luminosa para dicho proceso:

pero la holografía es principio general que puede aplicarse a cualquier tipo de ondas, no sólo a las luminosas.

Se han realizado hologramas con la ayuda de microondas y es posible servirse de ondas ultrasónicas (ultrasonidos) para el mismo fin. La holografía acústica cuenta con diversas aplicaciones en la investigación y en ensayos no destructivos.

No olvidemos que el propósito inicial de Dennis Gabor era el de mejorar la resolución del microscopio electrónico. Puede que quienes hayan seguido cuidadosamente todo lo que hemos dicho hasta ahora se pregunten en qué se basaba Gabor para aplicar un proceso típicamente ondulatorio a un haz de electrones, pero el caso es que los electrones comparten algunas de las propiedades de las ondas, al igual que las ondas electromagnéticas comparten las de las partículas. Es posible difractar electrones y la difracción es la base de la reconstrucción de un holograma. Por consiguiente existe también la posibilidad de paralizar en un momento dado un frente de onda de electrones. Paradójicamente, la primera aplicación imaginada por Gabor no se ha convertido, todavía, en una realidad práctica.

#### 5.5.9 Sistemas Holodeck

Desde la creación de la linterna mágica de 1890, el primer sistema estereoscópico popular, la humanidad ha pretendido crear la verdadera ventana de la tercera dimensión a nuestro mundo real. El furor alcanzó grandes proporciones que siguieron con la invención del estereoscopio de polarización, cámaras y proyectores estereó fueron fabricados por las principales compañías y los medios que fueron cautivados.

Uno de estos equipos el viewGraph ha permanecido por casi quince años. En la puerta del año 2000 la tecnología ha creado nuevamente una opción en comunicación visual de 3D con libertad irrestricta de movimiento, sin lentes ni goggles.

#### VisiónStereo

El paralaje horizontal es la facultad predominante del medio en el campo de la 3D. Cuando se observa una escena nuestros dos ojos coordinan la posición de una imagen en la retina por convergencia hacia un objeto central. Este efecto se muestra abajo, donde un objeto oval presenta distintas imágenes a cada uno de los ojos de los espectadores. La estereoscopia clásica recrea este efecto presentando una de las dos imágenes al ojo respectivo.

Con la convergencia apropiada, nuestro proceso visual cognoscitivo agrega comodidad de tridimensionalidad. Este es el método utilizado en el ViewGraph.

El Beam Holodeck es una fusión de holografía y autoestereoscopia, creando una imagen a través del proceso de holografía de haz. El resultado es una pantalla de ventana "realística" permitiendo un espacio 3D totalmente programable. Todavía en construcción, el sistema Holodeck es esencialmente una matriz de pixeles bidimensional que escanea el audience arriba de la velocidad de fusión de imagen visual de 30 Hz. El método de escaneo es dependiente de los parámetros de desempeño, costo y construcción.

En el sistema se emplean tres componentes: una pantalla de imagen tal como LED, FED, DMD u otro arreglo de alta velocidad de modulación, una estructura de enfoque y un sistema de escaneo de haz tal como un arreglo de lentes lenticulares HOEs (Holographic lenses) u otros componentes operacionales efectivos. Cada lente de escaneo de haz provoca que el haz de cada pixel cruce el audience en un treintavo de segundo, esto crea una imagen libre de parpadeo. La resolución de la imagen es independiente de las lentes de escaneo. El método de escaneo HOE representa una solución de bajo costo para sistemas miniatura. Tecnologías alternativas se emplean para diferentes audiencias.

***Nota : Ninguna fotografía puede mostrar la calidad y la profundidad de un holograma, las mostradas en este trabajo son exclusivamente de referencia.***



## 5.6 Multimedia

### 5.6.1 ¿Qué es multimedia ?

La palabra "Multimedia" significa en forma resumida "Varios medios", ha sido utilizada en las últimas décadas en diferentes ámbitos profesionales y educativos para denominar diferentes tipos de técnicas, pero con un mismo concepto: "La integración de distintos medios de expresión y comunicación de manera simultánea para cumplir un objetivo definido". Es por esto que el término "Multimedia" era ya conocido y manejado entre las personas que desarrollan video y televisión, pues estos tipos de producción se auxilian de varios medios o elementos para un mismo programa o video.

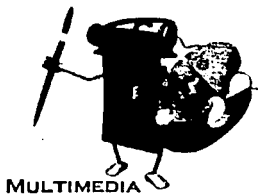


Fig. 5.31 La multimedia como una nueva disciplina tecnológica

De manera similar en los círculos del espectáculo se habla de obras de teatro, conciertos o actuaciones (performance) multimedia, que se refieren a eventos que se auxilian de otros medios, diferentes a los convencionales en su ramo, para lograr un producto más completo, innovador, o espectacular.

Si hacemos una analogía con la transición que se dio entre la radio y el cine o la televisión, observamos que al inicio de la televisión se siguió el mismo modelo de los medios de comunicación anteriores como lo era el teatro y la radio. Los actores o locutores se colocaban frente a la cámara y el micrófono, se movían y hablaban para proyectar su presencia y personajes hacia la audiencia. Se requirió de la llegada de un visionario dispuesto a correr riesgos y experimentar, como lo fue David W. Griffith, para que con una visión fresca se descubriera que también la cámara se podía desplazar y que ciertas transiciones visuales entre escenas eran más efectivas que la continuidad visual que al principio se percibía como indispensable.

Otro cambio importante en los medios televisivos y cinematográficos se derivó del cambio en la estructura de cómo presentar una historia. A pesar de que se pensaba que la audiencia no podría seguir una historia a menos de que se presentase de una manera lineal, la experimentación en el cuarto de edición llevó a la cinematografía a dar una secuencia de segmentos de historias laterales a la principal y de una forma no necesariamente lineal, de manera que ahora nos resulta común que, en el cine y la televisión se nos presente la historia completa a través de contarnos pequeñas historias que al entrelazarse se integran para darnos la visión global.

En el campo de la multimedia interactiva, todavía hace falta mucha experimentación para descubrir y desarrollar el "lenguaje de multimedia". Cada vez se está exigiendo más el construir temas de estudio o bloques de competencia completables en un periodo de tiempo corto, con el requisito adicional de que cada unidad satisfaga una cierta necesidad de información o de conocimiento y que su contenido tenga una aplicación inmediata, ya sea a nivel intelectual o pragmático.

Hablar de multimedia, por lo tanto, es hablar de cambio, y cambio no sólo en las herramientas o tecnologías que utilizamos para diseminar el conocimiento, sino también en la manera en que estructuramos el contenido, tanto en lo que se refiere a los volúmenes de información que ponemos a disposición de los alumnos, como en lo referente a los reactivos que nos llevan a medir la adquisición del conocimiento.

Hay dos factores inherentes a la multimedia que requieren que lo tratemos como un medio de comunicación totalmente nuevo.

El primer factor se refiere a la interfase que es necesario diseñar para lograr sugerir y guiar al usuario a través de los vastos volúmenes de información, expresada en diferentes medios, que es posible almacenar en un sistema de multimedia.

Spongamos que tenemos un sistema que ofrece al usuario la posibilidad de seleccionar el estilo de presentación de información que mejor se adapte a sus características de aprendizaje. Las opciones se enumeran a continuación:

- ✓ Texto - el usuario prefiere leer-
- ✓ Texto y apoyos auditivos - el usuario prefiere escuchar la información
- ✓ Apoyos audiovisuales - el usuario prefiere ser guiado sonora y visualmente a través de la información

Una interfase inteligente debe ofrecer al usuario, además de la posibilidad de seleccionar uno de los estilos de presentación de información, la posibilidad de cambiar la selección en cualquier momento, esto significa que debe permitir la mayor flexibilidad posible para adaptar el sistema a las necesidades y preferencias del usuario.

Adicionalmente, la interfase podría mantenerse al pendiente de las selecciones del usuario, de manera que descubriría que cuando el usuario accesa un tema nuevo, generalmente escoge ser guiado con apoyos visuales y sonoros, y que cuando accesa un tema que ya ha consultado con anterioridad, selecciona leer los textos sin ningún apoyo adicional. Con esto, la interfase se basaría en los patrones de acceso de cada usuario para cambiar el estilo de presentación de la información automáticamente, de acuerdo a los patrones de acceso arriba mencionados.

El segundo factor, es el hecho de que ahora tenemos un medio que nos exige estructurar la información de una manera tal que sea posible accederla linealmente y que al mismo tiempo ofrezca la posibilidad de tener acceso a diferentes secciones de una manera totalmente aleatoria, logrando que cada segmento sea autocontenido y cuente en sí una historia o presente un cuerpo completo de conocimiento o de información.

### 5.6.2 *Hacia los medios digitales*



Fig. 5.32 Multimedia es un concepto asociado con computación

El concepto de multimedia interactiva se empezó a asociar con las computadoras personales a partir del sistema creado por Bill Atkinson para la compañía Apple Computer llamado HyperCard.

HyperCard atrajo tanto a programadores como a diseñadores, educadores, ejecutivos, músicos, productores de video y todo tipo de gente creativa a desarrollar aplicaciones que reunían elementos gráficos, visuales y sonoros en un sistema computacional controlable por el usuario. Pocos meses después de que se introdujo HyperCard al mercado en 1987, empezaron a surgir múltiples aplicaciones desarrolladas con este paquete que incluían desde apoyos a presentaciones hasta sistemas educativos.

Una de las contribuciones más importantes de HyperCard fue su lenguaje de programación. HyperTalk, como se denominó a este lenguaje, que extendió el poder de lograr programar una computadora a personas sin experiencia en esta área, debido a que la sintaxis del lenguaje es muy parecida a la del lenguaje natural.

Hay muchas personas, ideas y tecnologías que han influido en el desarrollo de la tecnología de multimedia. Entre las más importantes están la interfase gráfica y el concepto de "incremento del intelecto" de Douglas Engelbart, los programas que corren en tiempo real y que acercaron la tecnología a los usuarios no programadores, como los sistemas de dibujo interactivo de Ivan Sutherland y los conceptos de hipertexto que desde 1949 propuso Vannevar Bush y que desde 1960 ha ampliado Theodore Nelson.

Entre los factores históricos que nos interesa destacar aquí, sobresale la tendencia hacia la convergencia de los medios de comunicación y la tecnología computacional. Nicholas Negroponte creó en 1979 el Media Laboratory en el Massachusetts Institute of Technology, que actualmente permanece bajo su dirección. El "Media Lab" surgió basado en un modelo de Negroponte que muestra cómo percibía que hacia el año 2000 convergerían tres industrias muy importantes: la industria televisiva y la cinematográfica, la industria de los medios impresos y la industria de la computación.

Desde hace al menos cinco años hemos observado que ya no son sólo esas tres industrias las que están convergiendo, sino que también se ha agregado la industria de las telecomunicaciones. En el núcleo de todas las tendencias que están siguiendo los medios de comunicación y de computación, está la tecnología de multimedia.

Durante los últimos años muchas de las empresas de la industria de la comunicación han invertido recursos humanos y financieros en buscar cómo extender sus servicios para apoyarse de las computadoras y los servicios de telecomunicación. Por otro lado, las empresas telefónicas y de telecomunicaciones han estado explorando cómo integrarse a la creciente industria de los servicios de información basados en computadoras y a la industria de la televisión por cable. También, la industria televisiva y cinematográfica ha estado generando inclusive programas en CD-ROM que ofrecen diferentes alternativas para acceder información mientras se ve un programa o se juega con un sistema interactivo. Por otra parte, las empresas dedicadas a los videojuegos han invertido bastante para generar reproductores que optimizan el video digital y en nuevas producciones que aprovechan este nuevo medio.

El común denominador en todos los casos es que ciertamente las funciones de los medios de información de comunicación, de telecomunicación y de entretenimiento están convergiendo. El medio del futuro es el digital, un medio rico en opciones para presentar la información con multimedia y para controlar cómo acceder y obtener la información.

Debido al gran auge del cómputo en los últimos años, el término "Multimedia" es asociado directamente con las computadoras, olvidando que el concepto era usado con anterioridad, por lo que algunos autores defienden la postura de que: " Si no es interactivo, no se puede llamar Multimedia , lo cual es totalmente válido si se refiere a " Multimedia en cómputo ", pero esto no es indispensable si se refiere al término "Multimedia" en forma genérica.

En términos generales, se considera que Multimedia es la integración, en forma simultánea, de distintos elementos como: Hipertexto, Animación, Juego, Imágenes, Audio, Video, dispositivos electromecánicos, etc. controlados por medio de la computadora, permitiendo la interacción entre esta



fig. 5.33 Multimedia integra audio, video y datos

última y el usuario.

La función de los multimedia es la de propiciar una comunicación más efectiva motivando al usuario por medio de lo que ve, escucha y hace, a que sea más participativo en el aprendizaje y esto le permita elevar su poder de retención.

### 5.6.3 Multimedia por su Función



Fig. 5.34 Software Multimedia en CD-ROM

Se pueden clasificar los entes relacionados con la multimedia por su función, de la siguiente manera:

- 1) Equipo Multimedia.- Se refiere a aquellas empresas que se dedican a comercializar todo el software y hardware necesarios para el desarrollo de multimedia como: tarjetas digitalizadoras, tarjetas de video, pantallas sensibles al tacto, etc., inclusive las que venden equipos completos ( computadora, dispositivos y paquetería instalada ) pero que no realizan ningún tipo de desarrollo.

- 2) Multimedia de Desarrollo en General.- Aquellas empresas que cuentan con equipos Multimedia y ofrecen los servicios de desarrollo de elementos multimedia, comúnmente: digitalización y edición de imágenes, audio y video ; animación en 2 y 3

dimensiones, etc. El producto de estos servicios puede ser utilizado posteriormente en un " sistema multimedia " o con fines distintos.

- 3) Multimedia de Desarrollo para Multimedia.- Aquellas empresas dedicadas a la producción de sistemas multimedia ", desde la elaboración del guión, desarrollo, documentación hasta la instalación y evaluación del sistema, en el equipo de entrega recomendado.

### 5.6.4 Tipos de Sistemas Multimedia

Los programas que se han desarrollado en el Laboratorio de Multimedia, se pueden clasificar en tres grandes grupos según el tipo de información que manejan:

- 1) Programas con información de tipo funcional, orientados al servicio público y que permiten a los usuarios el acceso simplificado a la información utilitaria que corresponde a sus necesidades y expectativas. Como ejemplo están los programas informativos en tiendas y centros comerciales.



Fig. 5.35 Software didáctico

- 2) Programas con información de tipo didáctica, que implica la presentación y transmisión de conocimientos en el campo cultural, científico, técnico y profesional, por ejemplo: Programas educativos, de difusión, simuladores o de capacitación de personal.

- 3) Programas con información de tipo persuasiva. Su función persuasiva predomina sobre la función informativa y didáctica. Se trata de programas de propaganda y publicidad comercial que buscan el impacto de la imagen sobre la sensación, conduciendo al espectador al terreno de la seducción visual y psicológica con el fin de promover algún producto o servicio.

### 5.6.5 Elementos de Multimedia

Un sistema multimedia esta integrado por varios elementos; a continuación se presenta una breve definición, enfocada a Multimedia, de los principales elementos:

- **TEXTO.** Segmento de información representado por un conjunto de caracteres que transmite un mensaje en forma escrita.
- **IMAGEN FIJA.** Cada una de las pantallas que se utilizan como área de comunicación visual con el usuario y cuyo diseño define la importancia de las partes que la componen (digitalizaciones, botones, textos, etc.)
- **AUDIO.** Información representada en forma de ondas sonoras con el fin de transmitir mensajes al usuario, tanto explicativos como conceptuales.
- **IMAGEN EN MOVIMIENTO.** Proyección sucesiva de una serie de imágenes fijas secuenciales a cierta velocidad que da la sensación de movimiento a la vista del ojo.
- **HIPERTEXTO.** Es un sistema que permite conectar pantallas de información usando ligas para asociarla. En un sentido más sofisticado es un ambiente de cooperación en el trabajo, comunicación y adquisición de conocimiento.

Dependiendo del objetivo de cada sistema multimedia será necesario integrar otros elementos, que se consideran secundarios por su especificidad, entre ellos se tienen a los programas ejecutables (\*.exe,\*.com), las bases de datos, interfases a sistemas electromecánicos, etc.

Sin duda alguna, un sistema multimedia puede ser la solución a muchos problemas de enseñanza-aprendizaje, e inclusive ser una manera innovadora y más retribuyente de presentar un tópico al alumno. Desde luego gran parte del éxito operacional de un sistema de este tipo dependerá de una buena planeación y metodología en la realización del sistema. El desarrollo de multimedios es un trabajo interdisciplinario y requiere de un equipo de profesionales en distintas áreas. De acuerdo con la complejidad y los recursos con que se cuenten, será el número de personas que intervengan en un proyecto.

### 5.6.6 Software



Fig. 5.36 Software multimedia funcional

- **SOFTWARE DE AUTORIA.-** Programas que permiten crear sistemas multimedia, integrando información visual y auditiva en la computadora, para que sea manejada a través de ella, y de acuerdo a los intereses del usuario; algunos ejemplos son: LinkWay Live!, HSC Interactive, Action!, ToolBook, AVC, AuthorWare, Director, IconAuthor, Visual Basic, etc.
- **SOFTWARE DE DISEÑO.-** Programas para diseñar, desarrollar, editar, y animar toda la información visual, tanto ergonómica como conceptual, que será utilizada por el sistema multimedia. Ejemplos: Animator Pro, AutoCad, 3D Studio, CorelDraw, TOPAS, Photo Styler, Fractal Painter, etc.
- **SOFTWARE DE PROPOSITO ESPECIFICO.-** Son los programas propios a las tarjetas y periféricos de cada sistema

multimedia, cuya función principal es manejar a éstos. Por ejemplo: ColorLab, FotoShop, GrabTest, etc.

• **SOFTWARE DE PROPOSITO GENERAL.**- Dentro de este rubro se consideran todos aquellos programas auxiliares cuya única función utilitaria es el producto que se obtiene de ellos y que forma parte del sistema multimedia. Ejemplo: Procesadores de texto, convertidores de archivos (de imágenes, audio y video), compiladores (C, Pascal), etc.

• **UTILERIAS.**- Todos aquellos programas que permiten realizar: de forma rápida y eficiente, la administración de archivos y directorios; hacer transferencias de información entre computadoras; optimización de los recursos que se tienen en la computadora, etc (RAR, XtreeGold, PCtools, Norton, LapLink, etc).

### 5.6.7 Hardware



Fig. 5.37 Sistema de bocinas para aplicaciones multimedia

En el área de Multimedia es importante tener presente que los requerimientos de hardware que se necesitan para desarrollar un sistema, la mayoría de las veces, son superiores a los necesarios para reproducirlo. Es por eso que se clasifica al hardware por su función en:

• **Hardware de desarrollo.** Se considera a aquel necesario para llevar a cabo la obtención y realización de los elementos en formato digital, que requiere el sistema multimedia, y que no siempre es

necesario para su reproducción. Dentro de este rubro se encuentran: todas aquellas tarjetas digitalizadoras de señales analógicas de audio, video e imagen fija; procesadores de alto poder como 80486, Pentium, ALPHA, etc.; coprocesadores matemáticos Int el. Weitek, etc.; además de grandes capacidades de memoria RAM y Disco duro. Es importante recalcar que en la actualidad la tecnología MMX, es la que posee la infraestructura adecuada para desarrollar eficientemente aplicaciones de multimedia, esto obviamente para procesadores de compañías como: Intel, AMD, Cyrix, etc

• **Hardware de reproducción configuración de entrega.** Para decidir la configuración de entrega, debe tomarse en cuenta el tipo de programa o sistema a desarrollar y contemplar aspectos como: capacidad de almacenamiento de disco duro y tiempo de acceso a la información, tales como texto, gráficos, video, sonido, etc.; capacidad de memoria RAM, resolución que se va a manejar y cantidad de colores; dispositivos adicionales (bocinas, videocaseteras, videodiscos, CD-ROM, dispositivos electromecánicos, etc.); ejecuciones en tiempo real, simulaciones, etc. Los diferentes componentes de los equipamientos deben ser de empleo comercial generalizado, probado y fácilmente reemplazables cuando ocurran cambios de tecnología; su mantenimiento debe de ser accesible, contemplando además, la necesidad de controlar dispositivos periféricos no digitales, como motores, interruptores, etc. Dependiendo de los recursos



Fig. 5.38 PC multimedia

económicos con los que se cuenta para invertir en la compra de un equipo y de los elementos de multimedia que integran el sistema, los equipamientos estarán basados en computadoras personales con procesadores PENTIUM II, PENTIUM III, PENTIUM IV, ATHLON , de preferencia con monitor SVGA, UVGA o multisincrónico, pantalla sensible al tacto, un reproductor DVD, un disco duro de gran capacidad y equipadas con las tarjetas adecuadas para exhibir en un solo monitor señales de formato VGA y NTSC.

Tiene como objetivos el diseño y uso de interfaces que utilicen varias formas de presentar y obtener la información en su interacción con el ser humano. Presentaciones que faciliten el entendimiento de lo presentado.

Se ocupa del manejo de voz, sonido, gráficas, imágenes, tanto estáticas (dibujos, fotografías) como en movimiento (animación por computadora, video por computadora). Otras formas de desplegar y transmitir información a un ser humano. Diferentes interfaces hombre-máquina. Incluye: diseño de simuladores para entrenamiento.



Fig. 5.39 Sistema portátil multimedia

#### 5.6.8 Aplicaciones

De entre todas las aplicaciones de multimedia que han surgido, es interesante observar que una muy baja proporción está orientada a modelos educativos que aprovechan la tecnología con plenitud. Sin embargo, es cierto que, como nunca antes en la historia, en la actualidad se requiere que la educación formal capacite a los estudiantes para aprender a aprender.

Para determinar qué estamos tomando como tecnología de multimedia consideramos sólo aquellos sistemas que integran de alguna manera al menos 3 de los 5 tipos de datos de un sistema digital multimedia (texto, gráfico, audio, video y animación). Y con base en la complejidad de su desarrollo y el estilo de uso de los sistemas, podemos dividir sus aplicaciones en la educación en cuatro categorías principales.

1. *Sistemas de referencia*
2. *Sistemas de apoyo a la enseñanza*
3. *Sistemas de apoyo al aprendizaje*
4. *Ambientes de aprendizaje*

#### 5.6.9 El video en la multimedia

Se ha hecho mucha publicidad alrededor de la introducción a finales de 1996 de la aparición de los CD's de alta densidad (HD CD's) y los Discos Versátiles Digitales (DVD's). La tecnología de la información predice que para el año 2001 los norteamericanos demandarán alrededor de 110 millones de unidades. Existen, en este momento, más de 9500 títulos disponibles en CD-ROM y se esperan crecimiento hasta 1.1 billones de drives instalados en todo el mundo.

Muchos de los sistemas multimedia en proyección están considerando la demanda de consumidores para servicios de video en demanda (VOD) para pagar los costos del sistema de distribución de la red.

Esta es una fuente de financiamiento insegura, al menos por dos razones :

1. No está totalmente claro que una tecnología o sistema será el preferido por el mercado masivo.

2. Si se prefiere solamente un sistema para liberar el servicio, se considerará que no existe la suficiente demanda potencial que garantice la inversión.

Una estimación encontró que los suscriptores de VOD observaron un promedio de dos y media películas por mes, a 3-4 dólares por película, lo que redujo una venta de 90-120 dólares por suscriptor. Sin embargo, tales rangos son todavía bajos considerando que el costo del sistema de distribución es de alrededor de 500-1500 dólares por casa lo que pone en claro que la inversión para el pago de una red de distribución tomará mucho tiempo.

### La multimedia en la casa

Asumamos que el mercado masivo demandante de servicios multimedia se ha establecido ya. ¿Cómo habremos de configurar una casa con sus diferentes dispositivos y terminales multimedia? ¿Qué tipo de sistemas de distribución serán utilizados? Probablemente, la TV y la computadora se entremezclarán para la utilización de servicios interactivos. Es muy claro que existen dos modelos dominantes en la competencia por el mercado multimedia casero: La TV modelo computadora y la computadora modelo TV.

Si bien las computadoras dominan actualmente la escena de la multimedia interactiva, es totalmente posible que la TV pueda arrebatársela si los fabricantes empiezan a explotar las ventajas naturales de la TV y solucionan sus desventajas, no hay que olvidar que la TV todavía reina como el dispositivo de entretenimiento del hogar.

En recientes anuncios los fabricantes han demostrado haberse dado cuenta de que la tecnología de CD se ha convertido en un componente crítico de la nueva edad multimedia. Los principales fabricantes han anunciado que empezarán a incluir sistemas de CD en sus equipos de TV.

Thomson, uno de los más grandes fabricantes de equipos ha dado un paso más adelante al anunciar que en sus equipos de TV incluirá sistemas DVD para observar películas y otros títulos multimedia.

Sony y otros fabricantes han anunciado también planes para la fabricación de equipos portátiles para CD's que puedan ser conectados a los equipos de TV existentes (o computadoras) con precios de lanzamiento muy accesibles en el rango de 200-300 dólares.

La aprobación de estándares para las cajas de sobreponer (set-up box) por parte del Consejo de la Industria Visual de Audio Digital (DAVIC) se constituyó como el primer paso para la producción en masa de estos dispositivos, cuyos precios habrán de oscilar entre 300-400 dólares.

Otras firmas están pensando en los equipos con la multimedia interconstruida, los gigantes de la industria como Sony, Mitsubishi, Thomson, están planeando incluir la circuitería necesaria para este acceso en algunos de sus modelos, con lo que permitirán que sus clientes naveguen por internet solamente con su control remoto y desde el sofá de su sala. Y para tareas donde se requiera teclear mensajes largos, también dispondrán de un teclado inalámbrico.

En contraparte, IBM, Oracle y otros fabricantes han anunciado la introducción de dispositivos de cómputo baratos que en realidad se tratan de PC's muy básicas, las cuales pueden trabajar con los equipos de TV como monitores.





# CAPITULO VI

## Video digital de Alta Definición en redes ATM

### 6.1 Introducción

En los capítulos anteriores se ha presentado un panorama global de lo que es la tecnología directamente relacionada con lo que es el mundo de las redes y el de la videocomunicación digital, las tecnologías que convergen en ella, las diferentes opciones de servicio que están surgiendo alrededor del video y el amplio panorama que se vislumbra hacia un futuro cercano, tanto como alternativas de entretenimiento como por sus capacidades para constituirse como fuentes de información.

Sin embargo, el único denominador común que referencia a todas estas tecnologías es que los datos son representados digitalmente. Todavía flota en el aire una pregunta, ¿Cómo habrán de operar juntos el mundo de las redes de datos y el del video digital?. Lo cierto es que en el futuro cercano habrá más de una respuesta a esta pregunta.

En el momento actual podemos pensar en toda la gama de servicios donde el video digital es empleado:

- Redes de servicios basados en TV por cable
- Servicios basados en redes de telecomunicaciones
- Servicios satelitales de transmisión digital (DBS) y directa al hogar (DTH)
- Servicios de transmisión digital terrestre
- Servicios comerciales en línea
- Servicios basados en Internet

Mirando la lista anterior podemos pensar en dos tendencias que la industria está siguiendo a fin de incorporar el video digital en los servicios de información futuros .

Una tendencia es el uso de video digital en aplicaciones de amplia difusión (broadcast). Estas aplicaciones "broadcast" usualmente están basadas en cable o métodos de distribución terrestre o satelital. La simple aplicación "broadcast" está cambiando hacia servicios mejorados como el video en demanda (NVod - Near Video on Demand) o de pago por evento (PPV - Pay Per view), por otra parte, el Video Totalmente Interactivo en Demanda (IvoD) es todavía un objetivo a largo plazo.

La otra tendencia que se está siguiendo es incorporar el video digital en sistemas de información basados en redes de datos, con protocolos relativos a Internet como los mecanismos de liberación más comunes. En este caso los paquetes de datos no solamente transportan texto e imágenes sino también información de audio y video.

La siguiente tabla muestra algunos de los pros y contras de las dos tendencias.

TABLA 6.1 Pros y Contras de las tendencias del manejo de video digital

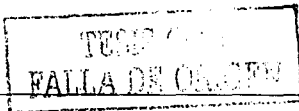
	Pros	Contras
<b>Tendencia Broadcast</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto ancho de banda en redes de cable</li> <li>• Equipos televisores ya disponibles</li> <li>• Ancho de banda garantizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de interactividad</li> <li>• No existen estándares de tecnología para el canal de retorno</li> <li>• No hay estándares para servicios de datos en redes de cable/satelite</li> <li>• Diferentes desarrollos técnicos regionales/nacionales</li> </ul>
<b>Tendencia a Comunicaciones de datos/Internet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándares maduros para comunicación interactiva</li> <li>• Estándares de facto para interfaces de usuario (Web)</li> <li>• Cobertura internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay estándares para servicios de datos en redes de cable/satelite</li> <li>• Ancho de banda limitado</li> <li>• Todavía existen problemas para garantizar calidad de servicio</li> <li>• No desarrollado inicialmente para servicios de tiempo real como el video</li> </ul>

Ambas tendencias están, por supuesto, soportadas por diferentes grupos, los cuales están tratando de establecer estándares y especificaciones para su propio conjunto de aplicaciones .

Por un lado tenemos a los radiodifusores de televisión , redes de cable e industria satelital, los cuales están tratando de hacer del video digital y también de los servicios de datos, un acierto dentro de su infraestructura digital. Por otro lado está la industria de las telecomunicaciones y de los datos, tratando de utilizar y mejorar los sistemas de información actuales para incorporar también los componentes de video

Así que en este preciso momento, no existe un estándar único, una sola manera de incluir video digital en las redes de telecomunicaciones o datos. Es más, podemos ver diferentes organizaciones trabajando al respecto. El Foro ATM, por ejemplo, trabaja en la manera de como transportar datos de video MPEG en celdas ATM y en la manera en que la señalización del foro ATM deberá ser utilizada para liberar video a la red. La fuerza de tarea de ingeniería de Internet (IETF) empezó a trabajar en la definición de la forma en que los paquetes de datos IP deberán de ser transportados sobre redes de cable de TV y de como transportar datos MPEG con los protocolos IP. Otros grupos como el DAVIC (Digital Audio Video Council) , la ITU (International Telecommunications Union), la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) y la DVB (Digital Video Broadcasting) también han trabajado para definir estándares enfocados al manejo del video sobre redes de datos.

Más adelante echaremos una mirada a estos esfuerzos de estandarización. Por lo pronto, y de acuerdo a los objetivos de este trabajo, nos enfocaremos a tratar al video como una señal digital que deberá ser integrada conjuntamente con otro tipo de información, en redes de datos, empleando para ello el modo de transferencia asincrónica - ATM.



## 6.2 Ventajas del uso de ATM como transporte de video

En el Cap. 4 se vio que ATM ofrece características especiales que ubican a esta tecnología como una de las opciones más robustas para el manejo de video digital de alta definición. En las siguientes páginas se habrán de presentar detalles concretos de cómo integra esta tecnología el video para su transmisión.

Las tecnologías para el manejo de redes de video combinan la codificación MPEG-2 con sistemas de transmisión ATM y tecnologías de switcheo. Tales tecnologías permiten la transición de los sistemas de transmisión analógicos actuales a infraestructuras de redes de video totalmente digitales. La tecnología de redes de video sobre ATM abre una nueva era para las transmisiones de video en términos de costo, capacidad, administración y flexibilidad.

Las redes terrestres ATM cada vez tienen mayor cobertura en todo el mundo, con las tecnologías de redes de video actuales, el video de calidad broadcast puede ser transmitido a velocidades menores de 15 Mbps sobre ATM. Un enlace ATM típico de fibra puede transportar desde 155 Mbps hasta 4.8 Gbps. Esto se traduce entre 10-300 conexiones en una sola fibra. Con multiplexaje por división de longitud de onda, es posible que entre 160 y 4800 conexiones puedan ser transmitidas sobre la misma fibra. Con tales densidades de transmisión, se espera que muchas de las actuales transmisiones de distancias cortas se muevan en el futuro cercano a redes ATM utilizando compresión MPEG-2.

Las transmisiones de video a grandes distancias también se verán beneficiadas con ATM, ya que normalmente la señal que se origina en un punto posee múltiples destinos, por ejemplo, en la transmisión de algún juego de basquetbol existen al menos tres lugares a los que llega la señal de video: el sitio en que se genera la señal, una red de distribución y al menos un sitio que suba la señal al satélite para su distribución. Cuando las señales de video son enviadas a relativamente pocas localidades, las facilidades de multicast que ofrece ATM pueden optimizar el uso del enlace sobre la red.

Dependiendo de la topología de la red, es concebible que el uso neto del ancho de banda (suma del ancho de banda total consumido sobre los enlaces de la red) no se verá excedido en mucho por el uso de una sola transmisión y será menor que el de múltiples enlaces punto a punto como los utilizados actualmente.

En un capítulo anterior se definió a ATM (Asynchronous Transfer Method) como un conjunto de estándares internacionales para el envío de grandes cantidades de información, tanto de voz como de datos y video, simultáneamente sobre el mismo canal a velocidades de miles de veces más rápidas que las que son posibles hoy en día. ATM puede transportar virtualmente todos los formatos de comunicación electrónica desde E-mail y llamadas telefónicas, hasta transmisiones de video de alta calidad.

ATM representa la base tecnológica de las redes del futuro, fue definida por la ITU como un vehículo para las redes de banda ancha del futuro (B-ISDN) las que habrán de intentar convertirse en la red universal para el transporte de toda clase de servicios, consolidándose en la tecnología de vanguardia, necesaria para las redes de la siguiente generación.

Es importante recordar que ATM fue percibida primero como un servicio de transporte de gran ancho de banda para servir a las aplicaciones emergentes. Hoy día debido a la flexibilidad de la tecnología ATM, su rol original ha derivado también a ofrecerse como una alternativa tecnológica para redes de área local ante otras opciones tales como FDDI y redes MAN, además de ser un back bone natural de alta capacidad.

Comparada con las estructuras de red existentes ATM ofrece varias ventajas adicionales, siendo las más importantes las siguientes:

- Independencia de las aplicaciones
- Manejo eficiente del ancho de banda
- Integración LAN-MAN-WAN
- Granularidad del ancho de banda
- Ancho de banda dinámico
- Calidad de conexión variable

Debido principalmente a esas cualidades es que ATM ha recibido mucha atención dentro de la industria de las tele/datacomunicaciones en los últimos años y ahora también en la industria del video. Veamos los detalles de cada uno de los seis puntos anteriores.

### 6.2.1 Independencia de las aplicaciones

Con el uso de ATM solamente se necesita una red para cubrir los diferentes tipos de servicios ya que puede transportar diferentes clases de información con características diferentes, es decir:

#### Datos.

Velocidad de datos variable o constante. La transferencia de datos, tales como conexiones LAN, que a veces se presenta como ráfagas de tráfico en periodos cortos, típicamente dentro del rango de milisegundos. La transferencia de datos normalmente se da de 64 kbps a 10 Mbps, pero en principio no tiene límite, actualmente en realidad, la red opera desde 155 Mbps hasta 622 Mbps.

#### Voz .

Ancho de banda constante de 64 kbps caracteriza los requerimientos de transferencia de voz.

#### Video .

El video, desde el video de baja calidad tipo VHS ( o más bajo) hasta el video de alta definición o de calidad estudio, cuyas demandas de ancho de banda en formato no comprimido van desde 180 a 270 Mbps y con formato comprimido MPEG-2 requieren anchos de banda de 6 a 80 Mbps. El comportamiento a ráfagas del tráfico y la variabilidad de la velocidad del video normalmente son más bajos que en el caso de conexiones de transferencia de datos.

La combinación de todos los tipos anteriores de señales o aplicaciones multimedia (véase cap. 5), podrían dar por resultado aplicaciones del tipo de TV interactiva, tele compras, tele-educación, o transmisión de otros tipos de servicios multimedia, incluyendo textos, imágenes, sonido, video y posiblemente otros tipos de información.

El hecho de que una sola red pueda transportar todos estos tipos de información, con diferentes demandas de ancho de banda, comportamiento a ráfagas, etc. , se debe principalmente a la tecnología ATM.

### 6.2.2 Eficiencia del ancho de banda

En contraste al "modo de transferencia sincrónico" (STM) o "multiplexaje por división de tiempo"(TDM) como normalmente es llamado, (ver CAP 1), ATM utiliza el ancho de banda de una conexión de una manera mucho más eficiente. TDM basa su operación en las redes telefónicas, utilizando la tecnología PDH. Con TDM el ancho de banda de una conexión dada se comparte de una manera fija entre los usuarios. TDM garantiza el ancho de banda requerido con un retardo constante aceptable, pero es ineficiente en el uso de la capacidad de transmisión. En ATM el acceso a la red es en principio ilimitado, dependiente solamente de la capacidad de canal disponible, esto es referido como "multiplexaje estadístico"

### 6.2.3 Integración LAN-MAN-WAN

ATM es muy bien utilizado en redes LAN, MAN y WAN. Combinado con el hecho de que ATM es independiente de los protocolos de la capa física y cables, las celdas ATM pueden ser transportadas sobre todas las redes. Esto reduce drásticamente la necesidad de conversión de protocolos, como se hace cuando utilizando otras tecnologías, se requiere transportar tráfico LAN

sobre conexiones WAN. Aún más, la independencia de las capas físicas significa que la base instalada de cableado actual pueda ser reutilizada.

#### 6.2.4 Granularidad del ancho de banda

Actualmente los usuarios y los diseñadores de redes manejan "bloques discretos" con respecto a los anchos de banda disponibles. Tales bloques normalmente están basados en múltiplos de 64 kbps, siendo de 2, 8 o 34 Mbps. Con ATM las cosas se manejan en forma diferente, ya que aquí la red puede ser ajustada durante la llamada a las demandas de ancho de banda de la aplicación, ya que la unidad mínima de información son los 48 bytes de datos útiles de la celda ATM. En la práctica, los requerimientos de ancho de banda, entre otros parámetros se definen al momento en que es establecida la conexión.

#### 6.2.5 Ancho de banda dinámico

Cuando es iniciada una conexión, los requerimientos de ancho de banda, en términos de velocidad y comportamiento a ráfagas, son "negociados" con la red vía los procedimientos de señalización. Si las demandas cambian durante la llamada, los parámetros de conexión pueden ser renegociados. Además, al usuario le puede ser facturado por el ancho de banda que utilice. Expresado en una forma sencilla, se le cobra por el número de celdas que utilice. Finalmente, ATM no tiene un límite con respecto al ancho de banda, ya que depende únicamente de la capacidad de los componentes de la capa física en un momento dado. Actualmente los anchos de banda disponibles hacia el usuario final, están dentro de los siguientes rangos : de T1/E1 (1.5/2 Mbps), T3/E3 (45/34 Mbps), 25.6 Mbps, OC-3 (155 Mbps) y OC-12 (622 Mbps).

#### 6.2.6 Calidad de conexión variable

Es posible para el usuario especificar que "Calidad de servicio" (QoS) desea de la red. Si por ejemplo, un nivel moderado de variación del retardo de la celda es un problema menor para el servicio utilizado, esto puede ser especificado cuando la conexión es iniciada, y posiblemente renegociada después de acuerdo a como se desee. De esta manera, para el usuario significará pagar solamente por lo que necesita, dando oportunidad a que la red se utilice más eficientemente.

### 6.3 Características del tráfico de video digital

Las redes de datos tradicionales fueron diseñadas para manejar aplicaciones de datos tanto interactivas como tipo batch, pero no fueron construidas para manejar tráfico de imágenes, voz o video. Las nuevas aplicaciones están demandando nuevos conjuntos de requerimientos a las redes de comunicación.

#### 6.3.1 Características del tráfico de video "full motion"

El tráfico de imágenes, conceptualmente, es similar al tráfico de datos con una diferencia principal, las imágenes son muy grandes comparadas con las tradicionales pantallas de caracteres, por ello, las imágenes son transmitidas como grupos de tramas o paquetes. El tiempo de respuesta es importante, no solamente dentro de los requerimientos de respuesta humana normal. Menos de un segundo es bueno, hasta cinco segundos es tolerable y más de cinco segundos es francamente inconveniente.

TABLA 6.2. Retardo Promedio y Tolerancia al jitter para aplicaciones de voz y video bidireccionales

Tipo de aplicación	Aplicación	Promedio de tolerancia al retardo (mseg)	Promedio de tolerancia al jitter (mseg)
Bajo perfil	64 kbps videoconferencia	300	130
	16 kbps voz comprimida	30	130
Alto perfil	1.5 Mbps video MPEG NTSC	5	6.5
	256 kbps voz MPEG	7	9.1
Extremadamente alto perfil	20 Mbps video HDTV	0.8	1

Sin embargo, debido a que el tráfico de imágenes es típicamente iniciado por un operador humano al introducir algún tipo de transacción, el despliegue de imágenes será relativamente infrecuente debido a que el usuario necesita de algunos instantes para mirar la información de la pantalla antes de solicitar la siguiente imagen. En el futuro próximo, aplicaciones como los "libros o periódicos en línea" con ilustraciones, podría instar a los usuarios a saltar a través de sus páginas, lo que involucrará pantallas consecutivas de muchas imágenes y por sobreconsecuencia representaría una sobrecarga a la red de datos.

Los sistemas de video despliegan la información como una secuencia de imágenes fijas llamadas cuadros. Cada cuadro consiste de un cierto número de líneas de información. Los dos sistemas predominantes de televisión analógica utilizan 625 líneas a 25 cuadros/segundo (PAL) o 525 líneas a 30 cuadros/segundo (NTSC).

En principio, el tráfico de video es parecido al tráfico de voz, una vez que se establece una conexión se transmite un tren de datos continuo a más o menos una velocidad constante hasta que ya no se necesite más la conexión.

En realidad, aunque haya muchas similitudes, el transporte de video en una red de paquetes es un problema muy diferente del que se da al transportar voz.

A través de la historia de la TV se ha transmitió el video sobre canales fijos, sin embargo, la información contenida en un cuadro de video es inherentemente variable. El punto interesante sobre la información de video es que la mayoría de los cuadros son ligeramente diferentes del cuadro anterior. Por ejemplo, si una imagen fija es transmitida a través de un sistema de video, todo lo que necesitamos transmitir es el primer cuadro y entonces el contenido de información de cada cuadro subsecuente es de un bit, ya que con un bit es suficiente para indicar que el cuadro actual es igual al anterior.

Ahora, si una imagen de video toma una escena, por ejemplo un salón, se requiere una velocidad de 1 bit por cuadro para mantener la misma imagen en pantalla. Tan pronto como una persona entre y camine a través del salón, hasta entonces habrá más información requerida en la transmisión, aun cuando mucha de la área de imagen permanecerá in-afectada. Si la cámara efectúa un "paneo" a través de la sala, entonces cada cuadro será diferente del anterior, pero todo lo que ha sucedido es que la imagen se ha movido, con lo que muchos pixeles se han movido en la misma proporción y quizá no se necesite retransmitir todo el cuadro completo.

Parte de lo que estamos hablando es referido como un sistema de compresión (véase Capítulo 2). Cuando una imagen fija es examinada, veremos que gran parte de la imagen contiene áreas de repetición. Cualquier línea particular (o punto) parecerá que tiene solo pequeñas diferencias con el que está a su lado. Dentro de una línea habrá muchas instancias de repetición tales como colores uniformes y texturas. De tal manera que una vez que se puede determinar la redundancia y una vez comprimida, se verá que una imagen estática contiene una cierta cantidad de información, que podría variar desde un bit hasta quizá algunos millones de bits.

El resultado neto de la explicación anterior, es la conclusión de que la velocidad requerida para la transferencia de información de video es fundamentalmente variable. Esto sugiere que un canal de



velocidad variable (tal como una red de paquetes) podría ser una mejor alternativa que la que se tendría con un canal de velocidad fija tal como un canal TDM, para tráfico de video.

### 6.3.2 Consideraciones de Temporización

El tráfico de video es parecido al de voz en un aspecto importante, es isócrono. Los cuadros (o líneas) son liberadas a la red a una velocidad constante y cuando son desplegadas en el otro extremo, deberán ser desplegadas a la misma velocidad. Pero las redes de paquetes tienden a liberar los datos a una velocidad dispareja ( esto a veces es llamado "jitter de paquete"). Algo necesita hacerse en el extremo receptor para mantener el flujo de paquetes a una velocidad constante. Como con la voz, esto puede hacerse insertando un factor de retardo planeado (como una cola de paquetes) en el receptor.

### 6.3.3 Redundancia

Aún más que la voz, el video es en verdad muy redundante. Las pérdidas o corrupción de unos cuantos bits es imperceptible. La pérdida de unas pocas líneas no es mucho problema, ya que desplegamos la línea desde el cuadro previo sin cambios, muchas veces las pérdidas no serán detectadas. Aunque las pérdidas de uno o dos cuadros aquí y allí no impactará mucho debido a que nuestros ojos apenas lo notarán, es claro que esto deberá ser más notorio cuando el video es codificado y comprimido digitalmente. La pérdida o corrupción de paquetes tendrá un efecto mucho mayor (debido a que los datos ahora son mucho menos redundantes).

### 6.3.4 Aplicaciones de Video

Las principales aplicaciones de video en la actualidad son unidireccionales, tales como la televisión o el cine, en este caso la cantidad de retardo que podríamos insertar al sistema, sin detrimento alguno del servicio podría ser grande, quizá diez segundos o más. Otras aplicaciones de video interactivo tal como el videoteléfono es un poco diferente, en este caso, una persona habla con otra acompañada de una imagen. Para este caso específico, aunque la comunicación de voz es, en sentido lógico, half-duplex (ya que solamente una persona habla a la vez), la parte de video es full-duplex, ya que siempre tendremos señal de video en ambos extremos. Sin embargo, la sincronización de la voz con el movimiento de labios no es muy crítica. Mucha gente no detecta una diferencia de 120 ms entre la imagen y el sonido en esta situación.

### 6.3.5 Video Digital en una red de paquetes

En la discusión anterior se concluyó que las redes de paquetes son un medio natural para transmisiones de video. Pero ciertamente no las "tradicionales" redes de paquetes. Muchas, si no es que la mayoría de ellas, no tienen suficiente capacidad para manejar aunque fuese solamente una señal de video. A fin de operar apropiadamente una red de paquetes para procesamiento de video la red de comunicaciones deberá poseer algunas características importantes como :

1. *Capacidad suficiente.* La capacidad de tráfico de la red deberá ser suficiente para manejar varias señales de video juntas, de otra manera se pierden los beneficios de compartir los recursos.
2. *Un retardo de punta a punta apropiado a la aplicación* (ver tabla 6.2). Esto varía un poco según sea la aplicación. Para el tráfico unidireccional no importa que tan alto sea el retardo. El video interactivo necesita que el retardo del tránsito de la señal sea aproximadamente el de la voz, aunque no necesita estar sincronizado exactamente a la voz.



3. *Jitter de paquete mínimo.* Las irregularidades en la velocidad de liberación de paquetes necesitan ser disminuidas por medio de buffers y un retardo.

### 6.3.6 Fuente de codificación jerárquica

Todas las redes de capacidad finita alcanzan la congestión en varios momentos. Pero con el video (como con la voz) no se puede alentar la velocidad de entrada a la red a fin de controlar la congestión (como se hace en las redes de datos) debido a que las tramas de video que arriban muy tarde, son simplemente basura. Si la red esta congestionada lo mejor que podemos hacer es simplemente tirar algunos paquetes hasta que la red regrese a su estado normal. Si esto ocurre muy ocasionalmente, entonces los usuarios de los servicios de voz o video, no se verán afectados, pero si sucede muy seguido, entonces el sistema se vuelve inutilizable.

Una manera de contrarrestar la congestión es codificar la información (voz o video) en paquetes, de tal manera que la información se divida. La información esencial para el despliegue del cuadro se codifica en un paquete separado de la información que simplemente mejora la calidad. Esto significa que algunos paquetes contienen información esencial y otros información menos esencial. Los paquetes pueden ser marcados en el encabezado, de manera que la red descartará solamente paquetes no esenciales durante los periodos de congestión. Esta técnica (originalmente inventada para el manejo de paquetes de voz) es llamada "Codificación de Fuente Jerárquica" (HSC - Hierarchical Source Coding) y tiene la ventaja obvia de permitir al sistema continuar la operación básica durante periodos de congestión.

El concepto es muy simple, imagine que un byte particular de datos codificados representa el nivel de intensidad de un punto particular de la pantalla. Una simple técnica HSC podría tomar los cuatro bits de más alto orden y enviarlos dentro del paquete (marcado como esencial) y los cuatro bits de bajo orden en un paquete diferente (marcado como no esencial). En el caso normal cuando los paquetes arriban al destino el byte es reconstruido. En el caso de congestión, quizá el paquete que contiene los bits de bajo orden ha sido descartados. El receptor asumirá entonces que los cuatro bits de bajo orden han sido perdidos y los tratará como ceros. El resultado es que dará 16 niveles de intensidad para el punto particular en vez de los 256 niveles que hubieran estado disponibles si el paquete no hubiera sido descartado. En la práctica, las técnicas HSC necesitan ser diseñadas en conjunto con los métodos de codificación y compresión con lo que esto podría ser realmente muy complejo.

### 6.3.7 Control de Errores

El peor problema en el procesamiento de video es el "jitter" de paquete (retardos erráticos en la liberación de paquetes). La recuperación de errores de enlace para retransmisión de datos no se usa dentro de las redes de paquetes que contienen video. Lo mejor que puede hacerse con paquetes erróneos es descartarlos inmediatamente. Fallas de ruteo debidas a errores en el campo de destino del encabezado puede tener efectos catastróficos. Los paquetes deberán tener un campo de secuencia de chequeo de trama el cual deberá ser chequeado cada vez que el paquete viaja sobre un enlace y el paquete es descartado si se encuentra un error.

Hay una pregunta acerca de qué hacer en el lado receptor cuando un paquete esperado no arriba debido a errores de congestión en la red. Se ha sugerido que utilizando un paquete de tamaño muy corto, o una celda, con un código de corrección de errores se podría tener una técnica útil. Desafortunadamente, mientras esta técnica podría contra restar errores aleatorios de un solo bit, no es una forma satisfactoria para solucionar la pérdida de varios paquetes en un grupo.

La mejor técnica para manejar errores en video involucra el utilizar la información del cuadro previo y cualquiera que haya sido recibido como cuadro presente, a manera de construir una aproximación de la información perdida. Una estrategia práctica podría ser solamente continuar desplegando la correspondiente línea del cuadro previo, o si únicamente una línea se perdió, extrapolar la información de las líneas hacia cualquier lado de la que se perdió.

### 6.3.8 Sonido de Alta Calidad

El sonido de alta calidad (calidad CD estéreo) involucra una muy alta velocidad de información. Los Cds regulares utilizan una velocidad en bits de 4 Mbps. Codificar el sonido es en principio, el mismo problema que para la voz pero con algunas diferencias de la red

El sonido de alta calidad (tal como la pista sonora de una película) es continuo, a diferencia de la voz cuya existencia se da en "ráfagas".

La velocidad que se requiere es mucho más alta ( pero las mismas técnicas de compresión que se utilizan para la voz también operan aquí).

El principal requerimiento es que (como el video y la voz) el sonido de alta calidad sea liberado a la red a una velocidad constante y recuperado en el receptor a una velocidad constante.

## 6.4 ATM , MPEG-2 y el video digital de alta definición

### 6.4.1 Capas de adaptación

Las capas de adaptación de ATM (AAL) tienen como objetivo principal mejorar la adaptación de servicios provistos por la capa ATM (Véase cap. 4) a los requerimientos de las capas altas. Esta adaptación es hecha en el equipo terminal, o adaptador de terminal, es decir, en el lado de la red ATM.

La red ATM, la parte de la red que procesa las funciones de la capa ATM, es independiente de los servicios de telecomunicaciones que la transporta. Esto significa que los datos útiles del usuario son transportados transparentemente por la red ATM, la red ATM no procesa los datos del usuario y desconoce la estructura de la unidad de datos. Esto es conocido como independencia semántica. Hay también independencia de tiempo, como no hay relaciones de temporización entre el reloj de la aplicación y el reloj de la red, la que tendrá la capacidad de manejar cualquier velocidad de aplicación.

La consecuencia de esta independencia es que todas las funciones específicas para los servicios son provistas en la frontera de la red ATM y son ejecutadas por la AAL. Las funciones dentro de la AAL tienen como tarea proveer el flujo de datos enviados desde el usuario a las capas superiores en el extremo receptor, tomando en cuenta cualquier efecto introducido por la capa ATM. Dentro de la capa ATM, el flujo de datos puede ser corrompido por errores en la transmisión o pueden sufrir de variaciones de retardo en las celdas, como resultado de un retardo variable en los buffers o por congestión dentro de la red. La pérdida de celdas o errores en su liberación, son consecuencia de estos efectos y esas consecuencias tendrán un impacto sobre la aplicación. Los protocolos AAL deberán controlar estos efectos. Podría pensarse que para cada servicio de telecomunicaciones, habría una AAL desarrollada, sin embargo, tomando en consideración factores comunes dentro de una gama de posibles servicios de telecomunicaciones, es posible disponer de un pequeño conjunto de protocolos AAL que deberán ser suficientes para las previsiones actuales.

Las AAL realizan funciones requeridas por el usuario y los planos de control y administración. Mapean las PDU's (Physical Data Units) de las capas altas a los campos de información de una celda ATM y viceversa. Las funciones realizadas en la AAL dependen principalmente de los requerimientos de las capas altas. La AAL soporta múltiples protocolos para cubrir las necesidades de los diferentes servicios de usuario, es por ello dependiente del servicio. Algunos ejemplos de servicios provistos por la AAL incluyen:

- Manejo de errores de transmisión
- Manejo de efectos de cuantificación debido a tamaño de campo de la celda de información
- Manejo de pérdidas y errores de inserción de condición de celda
- Control de flujo y control de temporización

La capa AAL esta subdividida en dos subcapas :

1. De segmentación y reensamble

Las funciones primarias son la segmentación de la información de las capas altas a un tamaño manejable por el campo de información de una celda ATM, y el reensamble de contenidos de la información de la celda ATM hacia la información de las capas más altas

2. De convergencia

La función primaria es proveer el servicio AAL-SAP (Service Access Point). Esta subcapa es dependiente del servicio y diferentes subcapas de convergencia podrían ser utilizadas en la parte alta de la misma SAR.

La estructura general de la AAL se muestra en la figura 6.1. En la figura 6.2 se describe la convención de denominación general de la unidad de datos.

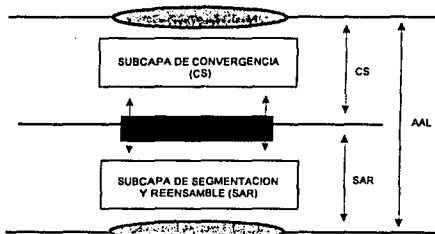


Fig. 6.1 Estructura AAL

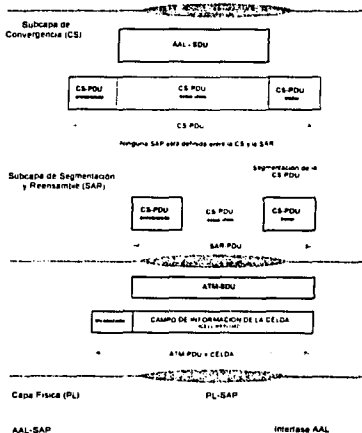


Fig. 6.2 Convención de denominación de la Unidad General de datos

TENE CON FALLA DE ORIGEN

#### 6.4.2 Clasificación de servicios para la AAL

A fin de minimizar el número de protocolos AAL, se ha definido una clasificación de servicios basada en los siguientes parámetros :

- Relación de temporización entre la fuente y el destino
- Velocidad de datos
- Modo de conexión

No están previstas todas las combinaciones de los parámetros anteriores. De esta manera solamente cuatro clases de servicio se han especificado, las cuales se describen en el Cap. 3 (Pag. 142) AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5. Cada una está diseñada para soportar servicios específicos y tener diferentes funcionalidades. La selección de una capa de adaptación utilizable para transportar MPEG-2 sobre ATM necesita tomar en cuenta los requerimientos específicos de los trenes de transporte MPEG-2, tales como eliminación de jitter, detección y/o corrección de errores, minimización de retardo de extremo a extremo para aplicaciones en tiempo real y el soporte tanto de aplicaciones CBR como VBR.

#### Segmentación y reensamble de la AAL-1

Como puede observarse en las explicaciones de referencia, las AAL que se utilizan para el manejo de señales de video son la AAL 1 y la AAL 5.

En la fig. 3.38 (Cap. 3) se muestra la subcapa de segmentación y reensamble de la AAL-1.

#### Subcapa de Convergencia de AAL-1

En la subcapa de convergencia de la AAL-1 se efectúa el manejo de variaciones de retardo de la celda para la liberación de las SDU's al usuario AAL a una velocidad constante. Esta subcapa también puede generar reportes de desempeño cuyas mediciones podrían estar basadas en eventos de pérdidas de celdas y fallas de inserción, subflujo y sobreflujo de los buffers y eventos con errores.

#### 6.4.3 Funciones de la subcapa de convergencia para transporte de señal de video

Las siguientes funciones soportan el transporte de señales de video para servicios interactivos y servicios de distribución.

#### Manejo de información del usuario AAL

La longitud de la SDU-AAL es de un octeto cuando es utilizado el método de corrección. Este método combina corrección de errores hacia adelante (FEC) e intercalado de octetos, para la cual una estructura CS-PDU está definida. El FEC utiliza código Reed Solomon (128,124).

Para aquellos usuarios AAL que requieren transferencia estructurada de datos, existe el parámetro opcional STRUCTURE, que puede ser utilizado cuando el tren de datos del usuario será transferido a la entidad AAL correspondiente organizado en grupos de bits. La CS utiliza un método de transferencia de datos estructurado (SDT).

#### Manejo de la variación del retardo de las celdas

Para soportar esta función se emplea un buffer. En el caso de un subflujo del buffer, podría ser necesario para que la CS mantenga la integridad de la cuenta de bits, insertar un número

apropiado de bits falsos . En caso de un sobreflujo del buffer podría ser necesario para que la CS mantenga la integridad de la cuenta de bits, desechar un número apropiado de bits.

**Manejo de pérdida de celdas y de problemas de inserción**

Las celdas que se detectan como con problemas de inserción son descartadas. A fin de mantener la integridad de la información , podría ser necesario compensar las celdas detectadas como pérdidas por subflujo y procesamiento de secuenciación, por medio de la inserción de un número apropiado de unidades útiles de SAR-PDU falsas.

La información de las celdas pérdidas podría ser recuperada por medio de los mecanismos descritos en seguida.

**Corrección de errores y pérdidas de celdas**

Esta es una función opcional provista para aquellos usuarios que requieran un mejor desempeño ante los errores de bits y pérdida de celdas adicionales a los que se proveen en la capa ATM como los requeridos en servicios de video unidireccional para contribución y distribución.

**Manejo de relaciones de temporización**

Esta función asegura que se libere las AAL-SDU's a un usuario. AAL será a una velocidad constante.

**Métodos de corrección para errores en los bits y celdas pérdidas**

AAL1 aplica un código Reed Solomon (128,124) para corrección de errores. En la CS transmitida, los 4 octetos del código Reed Solomon son adicionados a los 124 octetos de los datos de entrada de la capa superior, dando como resultado bloques de 128 octetos de longitud que son entonces reenviados al acomodador de octetos (Ver Fig. 6.3). El acomodador de octetos es utilizado como sigue :

A la entrada, los 128 bytes que arriban son almacenados fila por fila, a la salida, los octetos son leídos columna por columna. La matriz tiene  $128 \times 47 = 6016$  octetos, correspondiente a 128 SAR-PDU's útiles. Estas 128 SAR-PDU's constituyen un CS-PDU

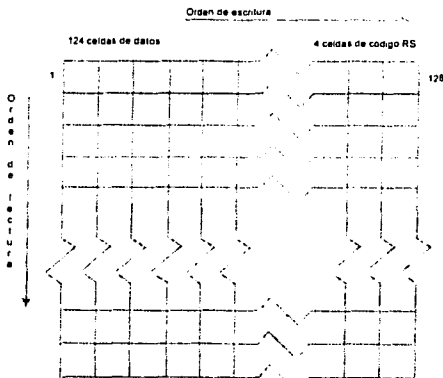


Fig. 6.3 Esquema Reed-Solomon FEC

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Con este esquema es posible corregir :

- ✓ 4 celdas perdidas, o
- ✓ 2 celdas perdidas, 1 byte con errores en cada fila , o
- ✓ 2 bytes con errores en cada fila sin pérdida de celdas.

El overhead es 3.1 % y el retardo es de 128 celdas.

### MPEG-2

Los estándares MPEG-2 no especifican la manera en que un tren de transporte MPEG-2 es transportado sobre una red de comunicaciones . En el mundo ATM, la capa de adaptación es responsable para hacer la operación de la red transparente a la aplicación. Esta capa está dividida en dos subcapas : la de Segmentación y Reensamble (SAR) y la Subcapa de Convergencia (CS). La SAR es responsable de la segmentación de las unidades de datos de protocolos de salida (PDU) dentro de las celdas ATM y del reensamble de las celdas ATM de retorno a las PDU's.

#### 6.4.4 Transporte sobre AAL1

AAL1 fue diseñado para soportar emulación de circuitos sobre redes ATM. Esta es idealmente utilizada para transportar tráfico CBR- Velocidad constante de bits, ya que provee un retardo constante a través de la red utilizando mecanismos de eliminación de jitter en el destino.

AAL1 provee dos maneras de sincronizar los relojes y proporcionar un reloj libre de jitter a la recepción a través del uso de la red, dependiendo del estatus del reloj de servicio CBR AAL1 también ofrece la opción de FEC . Forward Error Correction, el cual puede ocultar el efecto de pérdida de celdas en la red de aplicación.

AAL-1 es actualmente la elección natural para el transporte de tráfico CBR sobre ATM, ya que el tráfico tiene una velocidad constante y necesita un retardo constante de extremo a extremo. Sin embargo hay varias desventajas al utilizar AAL-1 para transporte MPEG-2 :

- AAL1 no puede ser utilizado para transportar velocidades de bit variables (VBR) de trenes de transporte MPEG-2 los cuales parece que serán dominantes en el futuro.
- La técnica SRTS no puede ser utilizada si no esta disponible un reloj de red común, para utilizarse como reloj de referencia. Esto es, AAL1 no puede ser utilizado en redes nacionales consistentes de varias portadoras y relojes desincronizados.
- El método adaptivo para recuperar el reloj requiere un PLL para determinar como esta siendo vaciado el buffer del decodificador. Ya que un PLL es necesario para recuperar el reloj del sistema MPEG-2, el former se vuelve redundante.
- Ya que la señalización esta siendo realizada bajo AAL5, los interfaces de la red ATM necesitarán soportar ambos tipos de capas de adaptación (AAL1 y AAL5).

#### 6.4.5 Transporte sobre AAL5

AAL5 fue diseñado para transportar tráfico de datos sin restricciones de tiempo real sobre ATM. Los errores en la transmisión de las unidades de datos pueden ser detectados, pero no pueden ser corregidos por medio de un método FEC, como el utilizado por AAL1.

AAL5 tiene varias ventajas sobre otras alternativas :

- AAL5 es actualmente la capa de adaptación más comúnmente utilizada en la industria. AAL5 esta siendo utilizada para encapsular mensajes de señalización UNI 4.0 y en muchos casos para transportar tráfico "best effort" a través de la red ATM.
- Utilizando una CS nula, el soporte de hardware de la red puede ser minimizado y entonces la complejidad es movida a la capa de servicio

TESIS CON  
 CALTA DE ORIGEN

- AAL5 puede soportar tráfico VBR MPEG-2. No obstante, también hay desventajas, tales como la carencia de corrección de errores. AAL5 solamente soporta detección de errores, y en el caso de algún error podría descartar la unidad de datos de servicio completo, lo que usualmente amplifica el efecto del error en aplicaciones audiovisuales. Sin embargo, ya que las pérdidas por congestión en una red ATM ocurren en formas de ráfagas, la efectividad del FEC podría estar limitada en cualquier caso.

### AAL tipo 5

La AAL-5 se aplica a fuentes de velocidad de datos variable sin una relación de temporización entre la fuente y el destino. Provee servicios similares a la AAL -3/4 pero posee un overhead reducido (una AAL simple y eficiente). Esta AAL será utilizada para señalización y para frame relay sobre ATM, y también para aplicaciones de datos futuras.

A diferencia de la AAL-3/4, permite 48 octetos del campo de información de la celda para ser utilizado para transporte de segmentos CS-PDU, la única información del protocolo SAR será provista por un bit en el encabezado de la celda ATM. Esto significa que no hay ni multiplexaje ni control de errores en la subcapa SAR. No obstante, existe un campo CRC en la subcapa CS.

Los requerimientos de servicio para funciones de temporización varían ampliamente y podrían estar soportados de varias maneras, basados tanto en servicios de información punto a punto y en facilidades disponibles de la red. Existen similitudes con la AAL-3/4. Los dos modelos de servicio definidos, mensaje y flujo (streaming) son los mismos que aquellos para AAL-3/4. También, similar a AAL-3/4 la subcapa de convergencia de AAL 5 ha sido subdividida en una parte de CPCS y una parte de SSCS.

#### 6.4.6 Paquetes de transporte MPEG-2

Los trenes de transporte MPEG-2 ha sido diseñado para radiodifusión y servicios de contribución. Debido a un pequeño paquete de tamaño de 188 bytes, la resincronización después de pérdidas de transmisión son relativamente directas.

La capa de Sistemas MPEG-2 es el sistema de transportación utilizado para formatear, identificar y transportar los datos de video del encoder al decoder. Provee funciones para multiplexaje de trenes elementales (video, audio, datos) en programas y para el multiplexaje de múltiple programas en un solo tren de datos. El mecanismo principal utilizado en MPEG-2 para propósitos de transportación es la paquetización de trenes de datos continuos combinado con un mecanismo de multiplexaje que produce un tren de datos binario.

En los sistemas basados en paquetes, los datos a ser transportados se rompen en trozos, que forman la parte útil de los paquetes y tienen encabezados que contienen información de control para los sistemas de transmisión. MPEG-2 define dos tipos básicos de paquetes utilizados para dos diferentes tipos de trenes de datos:

- El tren de programa, que combina varias fuentes elementales que encubren a un solo programa
- El tren de transporte

El tren de programa esta enfocado principalmente para usarse con dispositivos CD-ROM y discos duros, mientras que el tren de transporte es utilizado en ambientes de redes.

Una de las características más importantes del tren de transporte es la capacidad para multiplexar y demultiplexar diferentes cadenas de datos de audio y video.

La sincronización entre el audio y el video deberá mantenerse durante el proceso de multiplexaje, lo cual se realiza agregando marcas de tiempo en los datos del tren de transporte.

Los sistemas MPEG-2 distinguen dos clases de trenes de transporte:

- SPTS (Single program Transport Streams)
- MPTS (Multi Program Transport Streams)

## 6.5 Principales organismos de estandarización. Acuerdos de implementación para manejo de video sobre ATM

### 6.5.1 Acuerdo de implementación de Video en Demanda del Foro ATM

El Foro ATM estableció un subcomité técnico con la tarea de trabajar en cuestiones relativas al desarrollo de Servicios Multimedia Audiovisuales (AMS) para operar sobre ATM. El comité técnico AMS, empezó a desarrollar un acuerdo de implementación (IA) para una posible aplicación de video en demanda. La versión 1.0 de este acuerdo de implementación fue finalizado a fines de 1995 y cubre varios aspectos de la transmisión de datos de video o audio por medio de una red de banda ancha basada en ATM.

#### Modelo de referencia del protocolo VoD

El acuerdo de implementación del video en demanda define un modelo de referencia del protocolo, el cual cubre tanto los planos de usuario y control. La fig. 6.1 Muestra el modelo de referencia del protocolo. Nótese, que en este modelo de referencia , ATM y AAL-5 son las capas más bajas de las otras pilas de protocolos.

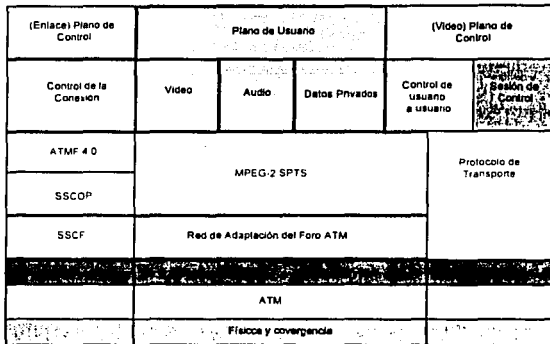


Figura 6.4 Modelo de Referencia del Protocolo VoD del foro ATM

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

#### Red de Adaptación

Posiblemente la parte más importante del acuerdo de implementación del Foro ATM es la definición de como los paquetes del tren de transporte MPEG-2 son transmitidos sobre ATM. El IA define a AAL-5 como la capa de adaptación para ser utilizada por los paquetes de transporte MPEG-2 y también define cómo los paquetes de transporte son mapeados dentro de las SDU's de AAL5. Básicamente los paquetes de transporte de uno a n pueden ser mapeados dentro de una SDU AAL-5. Sin embargo, el IA define todo el equipo que conforme al IA deberá al menos soportar el mapeo de dos paquetes de transporte dentro de una SDU AAL-5. El valor dos es también el valor de default, si la red utiliza PVC's. Si utiliza SVC's, entonces los valores de n son negociables.



El IA especifica las siguientes reglas para  $n=2$

AAL-5 con un servicio específico "nulo" de la subcapa de convergencia deberá ser utilizado.

Una PDU AAL-5 deberá contener dos paquetes TS, a no ser que contenga el último paquete del tren de transporte del programa sencillo.

Una PDU AAL-5 deberá contener solamente un paquete de transporte MPEG-2, si tal paquete de transporte MPEG-2 es el último paquete de transporte del tren de transporte de programa sencillo.

La figura 6.5 muestra el mapeo de los dos paquetes de trenes de transporte dentro de una PDU AAL-5. Nótese por favor, que en el caso de  $n=2$ , los paquetes de transporte necesitan 376 bytes, con lo que son mapeados juntos con el trailer CPCS de 8 bytes dentro de la parte de datos de 8 celdas ATM.

El proceso de mapeo es llamado PCR-inadvertido, debido a que no considera si el paquete contiene o no marca de tiempo PCR. Si los paquetes de transporte contienen un PCR, el proceso de mapeo no define ninguna acción especial, tal como empezar una nueva PDU AAL-5. Esto estuvo bajo una fuerte discusión debido a que el valor para acceder el PCR en el paquete de transporte MPEG-2 no requiere de buffers para garantizar un retardo de acceso constante durante el reensamble de la PDU.

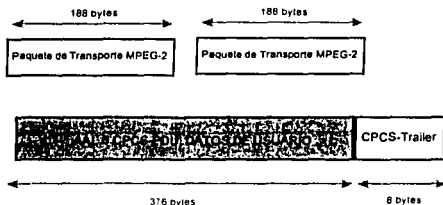


Figura 6.5 Mapeo de paquetes de transporte MPEG-2 de acuerdo al Foro ATM

En el caso de que un error de checksum CRC sea detectado en la PDU CPCS AAL-5 y la longitud actual de la PDU todavía correspondiera a la longitud de campo de del trailer CPCS, es para que el receptor descarte o no descarte esta PDU. Si la PDU completa es descartada, se podría dar la pérdida de un número de paquetes de transporte MPEG-2. Por otra parte, un error más mínimo, podría no tener un impacto serio en la capa superior de los datos útiles. Ya que los sistemas MPEG-2 proveen bits de indicación de error, en el encabezado del paquete de transporte MPEG-2, el error ocurrido podría ser indicado aquí y acciones adicionales podrían ser realizadas por el decodificador MPEG-2.

#### Parámetros de tráfico y de calidad de servicio

Cuando una conexión ATM es establecida para transportar los datos SPTS MPEG-2, un conjunto de parámetros de servicio de calidad y de tráfico tienen que ser especificados. Esto es realizado por medio de los protocolos de señalización de la red de banda ancha. Algunos de los parámetros son negociables al momento de la conexión, pero tienen que ser especificados dentro de la negociación del contrato de tráfico. Para un VCC que está transportando datos MPEG-2, los siguientes parámetros QoS tienen que ser especificados:

- Y Variación del retardo de celda - valores de pico a pico y de tolerancia
- Y Retardo de la transferencia de la celda - valor máximo
- Y Razón de la pérdida de celda (CLR)
- Y Razón de error de celda (CER)

- Razón de bloques de celdas con errores severos (SECBR)

### 6.5.2 Recomendación J.82 del ITU-T

También dentro de la ITU el método de encapsular TSP de MPEG en celdas ATM ha recibido mucha atención. La recomendación J.82 describe el método de utilizar AAL-5. Adicionalmente J.82 describe también un método alternativo utilizando AAL-1 como encapsulación.

Como la calidad del video puede verse influida drásticamente por daños en las diferentes capas de ATM, se han realizado esfuerzos significativos para especificar mecanismos que puedan tratar con este problema. Una solución posible es utilizar la AAL-1 en combinación con ciertos esquemas de corrección de errores. El uso de AAL-1 ofrece una solución a los problemas de jitter dentro de la red, por medio de marcas de tiempo transportadas dentro del campo CSI del PDU SAR. Por medio de esta marca de tiempo es posible emular un escenario constante de extremo a extremo. En la práctica, esto tiene que hacerse por medio de la implementación de circuitos de buffer dentro de los elementos de red, tales como los switches, a fin de disminuir la variación de retardo de la salida de celdas a través de la red. El formato AAL-1 además maneja el problema de pérdida de celdas y problemas de inserción, como un problema que puede ser identificado por medio de un contador de secuencia, también presente en el SAR PDU. Los aspectos de corrección de errores y recuperación de celdas perdidas deberán ser manejados por la transmisión del video digital comprimido MPEG-2. Los mecanismos para lograr esto tienen que estar incluidos en la parte de la especificación AAL, 1363, de AAL-1.

La recomendación J.82 perfila el uso de AAL-1 (así como AAL-5) como se mencionó antes, para transmisión de video a velocidad constante en la B-ISDN. Describe también el uso de AAL-1 en combinación con un esquema FEC, basado en técnica Reed Solomon combinado con entrelazado de bytes.

El FEC se hace sobre un grupo de celdas ATM, específicamente, 31188 paquetes de transporte de bytes son organizados horizontalmente en 47 filas de 124 bytes en una matriz como se muestra en la figura 6.6

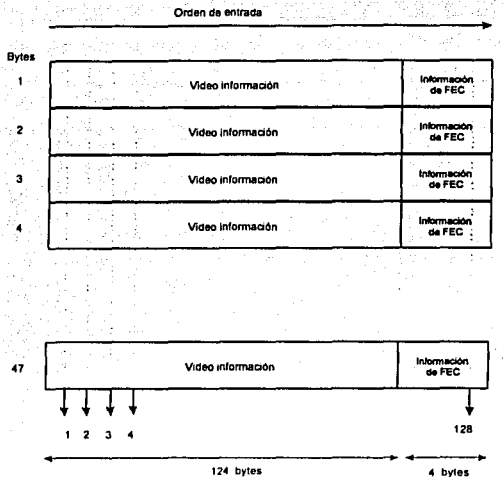


Figura 6.6 Estructura de video e información de FEC en la matriz de entrelazado, utilizada con AAL-1

Por medio de este proceso de entrelazado se obtiene una cierta protección contra grandes ráfagas de errores, como las ráfagas son dispersadas sobre más datos esto también hace más fácil de manejar al mecanismo FEC. Esta estructura esta protegida por la técnica de Reed Solomon (124,128) y 4 columnas de 47 bytes de información FEC son agregadas. La estructura es ahora igual a la AAL-1 CSU PDU La CS PDU es transmitida columna por columna, por medio de 128 AAL-1 SAR PDU". El principio de una nueva CS PDU puede ser identificada por medio del campo CSI en la AAL-1 SAR PDU.

Los efectos de utilizar esta protección de errores, son que fuera del grupo de 128 celdas, la pérdida de hasta 4 celdas puede ser corregida, además hasta 2 bytes con error de los 128 pueden ser corregidos.

### 6.5.3 Mapeo de MPEG-2 en AAL-5

La parte de la ITU-T J.82 que está enfocada a AAL-5 sigue al acuerdo de implementación del Foro ATM para VoD, el cual se describió antes.

### 6.5.4 Especificación de la Asociación de Consejo Audiovisual Digital (DAVIC)

Al finalizar el Foro ATM su acuerdo de implementación VoD y el ITU la recomendación J.82, los primeros pasos fueron tomados para definir cómo deberá ser transportado en las redes ATM el video digital. Junto a estas especificaciones, más bloques de construcción como los protocolos de señalización B-ISDN (Q.2931) o señalización de sesiones de aplicación de video (MPEG-2 DSM-CC) fueron desarrollados. Pero aunque estos bloques esenciales de construcción para nuevos servicios multimedia estuvieron bien definidos, las especificaciones de como todos estos bloques deberán de trabajar juntos aun estaba fallando.

Para hacer de los nuevos servicios una realidad, todos los "bloques de construcción" necesitaban estar integrados en un sistema completo. Esta integración esta mejor soportada teniendo una



especie de modelo de referencia en el lugar, el cual describe donde deberán ser colocados los diferentes bloques.

Un modelo de referencia describe las bien definidas entidades pertenecientes al sistema y también describe las interfases entre estas entidades. Además los flujos de información entre las entidades tienen que estar bien definidos. Teniendo en cuenta tal modelo de referencia, la interoperabilidad de los equipos podría mejorar y el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones se podrían ver aceleradas.

El Consejo Audio Visual Digital (DAVIC) fue fundado exactamente con este propósito en mente. Ninguno de los otros grupos de estandarización, como el ISO/IEC-MPEG, Foro ATM, o el ITU, se enfocaron directamente a la tarea de desarrollar un modelo de referencia completo que soporte las nuevas aplicaciones y servicios basadas en audio y video digital. DAVIC fue fundada en 1994 y su lista de miembros incluyen todos los principales fabricantes de computadoras, proveedores de servicio y fabricantes de equipos de video.

DAVIC publicó su primer especificación (Versión 1.0) a finales de 1995. La estructura de la especificación está conducida hacia aplicaciones visionarias, las cuales se supone que serán diseñadas de acuerdo a las especificaciones DAVIC. Debido a esto la especificación DAVIC describe funcionalidades y requerimientos comunes, los cuales casi tienen la certeza de que serán utilizados por aplicaciones multimedia. Por ejemplo, deberá haber un grupo de funciones que traten con el transporte de datos entre el proveedor de servicios y el usuario final. También se requieren algunas funciones para controlar la sesión de aplicación y la aplicación en sí. En la fig. 6.7 se muestran los requerimientos de la aplicación genérica común prevista por el grupo DAVIC. Junto a la especificación de la funcionalidad central y los requerimientos de la aplicación común, el DAVIC describe con alguno detalle ejemplos para las aplicaciones multimedia más comunes:

- Cine en demanda
- Broadcast
- Televenta
- Video en Demanda
- Broadcast programado
- Juegos
- Teletrabajo
- Acceso a internet

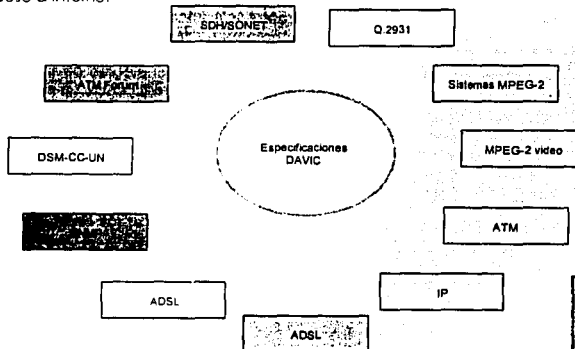


Figura 6.7 Campo de acción DAVIC

Para cada una de estas aplicaciones DAVIC especifica las diferentes funciones que el usuario final podría utilizar o lo que el proveedor de la red tiene que ofrecer. Después de la definición de la funcionalidad principal y las aplicaciones, la parte principal de la especificación DAVIC se describe

con la tecnología y las herramientas que deberán ser utilizadas para realizar las funcionalidades arriba mencionadas. Véase figura 6.8.

<b>Requerimientos Genéricos de Aplicaciones y Servicios</b> Navegación e Interacción Administración de Servicio y Contenido Seguridad				<b>Ejemplos de Aplicaciones</b> Cine en demanda    Juegos Telecompraas    Teletrabajo Broadcast    Karaoke en demanda Video en demanda    Noticias en demanda Broadcast retardado    Acceso a Internet		
<b>Grupos de Función</b>						
Perfil de Usuario	Uso de Datos	Navegación y Selección	Control de Acceso	Sincronización de medios		
Perfil de Usuario	Control de Presentación	Transporte de Bit	Control de Aplicación	Sesión		
Modelo de Referencia de sistema	Arquitectura de Sistema de Proveedor de Servicio	Arquitectura de Sistema de Consumidor de Servicio	Arquitectura de Sistema de Liberación	Protocolos e interfaces Físicas	Representación de Información	Flujo Dinámico

Figura 6.8 Partes de la especificación DAVIC

Una parte muy importante de la especificación DAVIC es la descripción del modelo de referencia del sistema, donde todas las diferentes entidades pertenecientes a un sistema multimedia están definidas, además se introducen puntos de interfase bien definidas entre estas diferentes entidades. Este modelo de referencia del sistema se describe con más detalle después. DAVIC refina el sistema proveedor de servicios, el sistema consumidor de servicio y el sistema liberador con algún detalle, introduciendo arquitecturas de referencia interna y puntos de referencia para cada uno de ellos. Desde un punto de vista de la tecnología de redes, las partes que tratan con el sistema de liberación, la arquitectura y los protocolos es lo más interesante. La parte de los protocolos de la especificación DAVIC lista los protocolos y las tecnologías de la capa física que deberán ser utilizados en las diferentes interfases de un modelo de referencia de sistema DAVIC.

DAVIC considera estas tecnologías como herramientas, las cuales pueden ser combinadas a fin de utilizar los estándares existentes (por ejemplo, alguno creado por el Foro ATM, MPEG o el ITU), pero también introduce nuevos conceptos basados en propuestas de los miembros.

La parte de representación de la información de la especificación DAVIC define que tecnología es utilizada para que clase de monomedia, por ejemplo video MPEG-2 para la información de video comprimido.

La parte de los flujos dinámicos de la especificación, finalmente, pone los flujos de la información definida en una relación. La definición y arranque de sesiones de aplicaciones de video y la transferencia de servicio entre servidores se describen en detalle. En este contexto DAVIC también considera diferentes escenarios de implementación física como ATM, hasta el usuario final o terminación ATM en la red de acceso.

### 6.5.5 Modelo de referencia del sistema DAVIC

El modelo de referencia del sistema DAVIC típico (DSRM) consiste de cuatro bloques principales. El sistema proveedor de contenido (CPS), el sistema proveedor de Servicio (SPS), el sistema consumidor del servicio (SCS) y el sistema de liberación (DS). En el mundo real, el CPS podría ser un sistema servidor de algún estudio de Hollywood, el cual provee de diferentes películas o

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

programas de televisión para ser descargados a algún sistema proveedor de servicios. Este sistema proveedor de servicios podría pertenecer a una compañía de cable, la cual esta ofreciendo un servicio de video en demanda. El sistema consumidor de servicio, podría ser una simple caja adaptadora para decodificar los datos de video que llegan. Los sistemas de liberación son básicamente, las redes que conectan los sistemas proveedores con los sistemas consumidores. Las diferentes versiones de DS podrían ser utilizadas para la comunicación entre el CPS y el SPS en un sentido y el SPS y el SCS en el otro sentido. En el caso de el DS entre el proveedor de servicio y el consumidor, la red podría ser una red de acceso HFC combinada con una red "core" ATM. Entre el proveedor de contenido y el proveedor de servicio podría existir una red ATM basada en fibra ya que ambas organizaciones de negocio podrían tener fibra para la construcción necesaria.

La información que es intercambiada entre los diferentes sistemas puede ser subdividida en el contenido de la información y en control de la información. El modelo de referencia del sistema DAVIC define principalmente cinco flujos de información, etiquetados desde S1 a S5, donde solamente el flujo S1 es utilizado para información de contenido.

Adicionalmente el modelo DAVIC provee interfases bien definidas llamadas puntos de referencia. Los puntos de referencia existen entre los sistemas de alto nivel y también entre las entidades de estos sistemas. Los puntos de referencia son etiquetados desde A0 hasta A11 y se muestran en la tabla 6.3.

De acuerdo a DAVIC el modelo de referencia existe en una región geográfica específica y puede ser combinado con otros modelos en otra región.

TABLA 6.3 Puntos de referencia DAVIC

Punto de Referencia	Descripción
A0 (Interno a STB)	Interfase entre la interfase de la red y otros componentes de un STU. El modelo de referencia para una unidad set top prevee el bloque funcional de una unidad de interfase de red y una parte de proceso de aplicación con la interfase A0 entre ellos.
A1,A1*, A1:	La interfase entre el sistema consumidor de servicios el sistema de liberación SPS-SCS. La interfase podría ser utilizada para conectar la unidad set top a la conexión de red de acceso (por ejemplo un módem ADSL). A1*: La interfase entre una red interna mejorada y el STU.
A2,A3,A4,A5,A6,A7,A8 (Interno a DS)	Interfases internas de los sistemas de liberación A2 y A3 son interfases entre equipos pertenecientes a la red de acceso, A5 a A8 son interfases internas para control y administración. La interfase A4 conecta la red principal con la red de acceso.
A9	La interfase entre el sistema proveedor de servicios y el sistema liberador SPS-SCS. En el caso de video interactivo sobre un servidor por demanda, podría ser un enlace SONET/SDH basado en ATM.
A10	La interfase entre el sistema proveedor de servicios y el sistema liberador CPS-SPS.
A11	La interfase entre el sistema proveedor de contenidos y el sistema liberador CPS-SPS.

MEMORANDUM  
 TALLA DE ORIGEN  
 TRES CON  
 NCO SCS

### Sistema liberador DAVIC

La tarea del sistema de liberación dentro del modelo de referencia DAVIC es conectar al proveedor de contenido vía el proveedor de servicio al consumidor y a la ruta de los diferentes flujos de información. Para hacer esto, el sistema de liberación utiliza diferentes tecnologías de redes, las cuales pueden ser divididas en redes basadas en cable y redes inalámbricas. En el caso de redes

cableadas el sistema de liberación puede ser dividido en varios componentes como la red principal, la red de acceso y eventualmente la red del cliente. La fig 6.9 muestra la estructura de un sistema de liberación basado en cable de acuerdo a DAVIC 1.0.

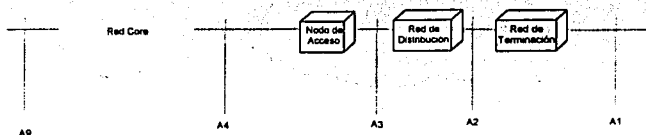


Figura 6.9 Sistema liberador DAVIC

La red principal se utiliza para liberar flujos de información del proveedor de servicios a ciertos puntos (punto de referencia A4) desde el que, la distribución de la información al consumidor es tomada por encima de la red de acceso. La red principal está además diseñada para transportar grandes cantidades de información, a una razonablemente alta velocidad. En la red principal, DAVIC asume el uso de ATM. La red de acceso está diseñada para conectar al usuario final de una forma efectiva en costo, de tal manera que los métodos de acceso compartidos o el reuso de infraestructura de cableado existente (por ejemplo cable de TV o redes telefónicas) don deseables.

#### Los flujos de información DAVIC

DAVIC actualmente define cinco tipos de flujo de información atravesando a un sistema de liberación. Un flujo transporta el contenido, los otros cuatro flujos son utilizados para control y administración del flujo de contenido y del equipo perteneciente a los diferentes sistemas DAVIC.

Las diferentes entidades en el modelo de referencia DAVIC (por ejemplo, el sistema proveedor de servicio, el sistema de liberación, y los sistemas consumidores de servicios) tienen que implementar el procesamiento de los diferentes flujos, tanto de hardware como de software. En la fig. 6.10 se muestra que los flujos S1 y S2 son procesados solamente por el servidor de provisión y el sistema servidor del consumidor, pero S3 y S4 son procesados también en el sistema de liberación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

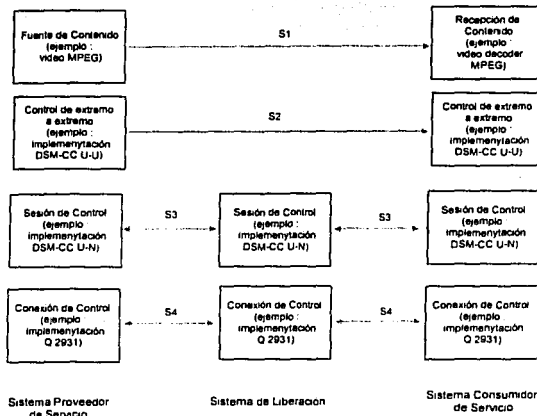


Figura 6.10 Procesamiento de flujos de información DAVIC

TABLA 6.4 Flujos de información DAVIC

Flujo DAVIC	Descripción
S1	Flujo de contenido, consumido por el usuario (Por ejemplo una película)
S2	Flujo de control de la aplicación transportando un protocolo de señalización que altera el desempeño
S3	Control de flujo de sesión transportando un protocolo de control de sesión, alterando el comportamiento/estado del equipo en el SPS y el SCS
S4	Control de flujo de enlace, transportando un protocolo de señalización de red, típicamente alterando el comportamiento/estado del equipo en el SPS y SCS
S5	Flujo de administración, transportando un protocolo de administración de redes

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Flujo S1: Flujo de contenido**

Como se estableció, el flujo S1 transporta el contenido actual de un servicio (por ejemplo una película codificada en MPEG). Dependiendo de la tecnología de la red, la pila de protocolos MPEG es transmitida sobre ATM, o directamente sobre la parte alta de la capa física y de convergencia. El último es utilizado en el caso de sistemas de transmisión por satélite, o tecnologías de redes de acceso, las cuales no soportan ATM. En este caso, el multiplexaje de diferentes programas se convierte en una función de la capa de transporte MPEG-2, mientras que en el caso de ATM, la conexión de canales virtuales puede ser utilizado para los programas de multiplexaje. La arquitectura del protocolo de flujo S1 para una red basada en ATM se resume después.



Datos de Usuario	Audio MPEG	Video MPEG	
MPEG-2 Sección privada	MPEG-2 Tran elemental paquetizado	MPEG-2 Programa específico de Información	
Tren de Transporte de Programas Sencillo			
AAL 5			
ATM			
Capa Física y de Convergencia			

Figura 6.11 Pila de protocolos S1

### Flujo S2 : Control de Flujo

El flujo S2 esta relacionado al flujo S1, pero es utilizado como control de canal por el servicio de contenido. La mejor manera de ilustrar es uso de S2 es una aplicación de cine en demanda, donde el flujo S2 es utilizado para transmitir comandos equivalentes a los de una VCR, tales como fast forward, rewind y pausa. DAVIC define señalización DSM-CC de usuario a usuario, como el protocolo para ser utilizado por S2. DSM-CC de usuario a usuario esta basado en TCP/IP, y se ilustra en la fig. 6.12

DSM-CC Usuario-Usuario
OMG-CDR
OMG-UNO
TCP
IP
AAL5
ATM
Capa Física y de convergencia

Figura 6.12 Pila de protocolos S2

### Flujo S3 ; Control de flujo

El flujo S3 es utilizado para configurar y controlar sesiones de aplicación entre un servidor y un cliente. Siguiendo el ejemplo de una aplicación de cine en demanda , el flujo S3podría ser utilizado para crearlas conexiones S1 y s2 entre el cliente y el servidor. DAVIC se refiere nuevamente a MPEG-2 DSM-CC para ser utilizado como el estándar de comunicación de S3. No obstante , en este caso es la parte de la red de usuario DSM-CC.

La especificación DAVIC 1.0 solamente utiliza un subconjunto de las secuencias de comando definidas en la especificación de usuario a red DSM-CC. La especificación DSM-CC define un escenario donde el servidor inicia una conexión al cliente. En DAVIC 1.0 este escenario no esta previsto, así que DAVIC solamente utiliza un subconjunto de las secuencias de comando DSM-CC, los mensajes y los descriptores de servicio DSM-CC.

### Flujo S4 : Control de flujo

El flujo S4 es el control de la conexión de la capa de red entre el cliente y el servidor. Es utilizado para establecer y liberar una conexión entre el servidor (o cliente) y el sistema de liberación. DAVIC especifica que la señalización BISDN deberá ser utilizada para esta tarea. Las variantes de la señalización del Foro ATM no son consideradas en la especificación DAVIC 1.0. Nótese que para

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

el flujo S4, DAVIC 1.0 siempre trata con la comunicación entre el equipo terminal y la red y por ello no esta considerando los protocolos de señalización NNI.

Como para el flujo S3 y DSM-CC, solamente un subconjunto de la recomendación Q.2931 de la ITU-T esta soportada dentro del flujo S4. Esto es cierto para los mensajes definidos, flujos de mensajes y elementos de información. Por ejemplo, DVIC 1.0 utiliza solo puntos de conexión y no considera definiciones de punto a multipunto.

#### Flujo S5 : Flujo de administración

El flujo S5 es utilizado por la red y el sistema de administración. DAVIC considera tanto SNMP y CMIP recomendado este último por el ITU-T para ser utilizado para estas funciones. SNMP deberá ser utilizado para liberar los componentes del sistema. DAVIC 1.0 define un MIB para STU, la cual es parte de la especificación DAVIC 1.0. Para el sistema proveedor de servicios, la MIB-2 esta definida para ser utilizada. La Fig 6.13 resume los protocolos para ser utilizados por la administración de la red de un elemento de red que soporta ATM. En el caso de que el sistema no soporte ATM, Ethernet o HDLC pueden ser utilizados en las capas más bajas.

#### Capas Físicas en el sistema de Liberación DAVIC

Las capas físicas que están actualmente definidas para ser utilizadas en el sistema de liberación se muestran en la tabla 6.5. Dependiendo de la parte del sistema de liberación que el flujo esta atravesando, la capa física podría cambiar. Por ejemplo, el flujo S1 podría utilizar la capa física SONET/SDH en la red principal, pero en la red de acceso la capa SDH/SONET es remplazada con la capa física de una implementación FTTC.

TABLA 6.5 Capas Físicas DAVIC y sus correspondientes velocidades

Red Central Capa Física	Velocidad	Red de acceso Capa Física	Velocidad
SDH-STM-1	155.52 Mbps	PSTN	Max. 28.8 kbps
SDH-STM-4	622.08 Mbps	ISDN	2X64 kbps
SONET OC-3c	155.52 Mbps	ADSL	Max 7 Mbps A la bajada Max. 640 kbps A la subida
SONET OC-12	622.08 Mbps	FTTC	Hasta 50 Mbps A la bajada 1.62-19.44 Mbps a la subida
PDH J2	6.312 Mbps	HFC (QAM)	Entre 19-51 Mbps A la bajada
PDH E3	34.368 Mbps	HFC (QPSK)	1.544 Mbps a la bajada 256 kbps o 1.544 Mbps

#### 6.5.6 DVB and DAVIC

El Proyecto DVB (Digital Video Broadcasting) es una organización enfocada al desarrollo de una familia global de estándares para televisión digital. Esta organización ha estado activamente involucrada en el desarrollo de estándares específicos para liberar audio, video y servicios de datos sobre redes de cable y LMDS. Aquellos estándares que comparten estos esfuerzos incluyen DVB-c (solamente cable) y DVB-RCCL.

DVB ha utilizado el conjunto de estándares ETSI para definir las capas OSI relacionadas a la provisión de servicios interactivos sobre redes de cable y LMDS.

TESIS CON  
 RALTA DE ORIGEN

El DVB-RCCL (Return Channels for Cable and LMDS) quien ha utilizado las especificaciones relativas a las capas dependientes de la red ha trabajado en estrecha relación con el grupo de pasa banda del DAVIC a fin de liberar el mismo estándar para cable. El resultado de estos esfuerzos es la reciente adopción por el DAVIC de este estándar para aplicaciones de módem para cable. Este es un paso importante hacia la producción de especificaciones comunes entre el DVB y el DAVIC.

Estos estándares han sido ratificados por el ITU como ITU J83 annex A para ETS 300 429 e ITU-T J 112 annex A para ETS 300 800.

Estos estándares encabezados por el DVB y DAVIC han sido satisfactoriamente adoptados por los principales cuerpos internacionales de estándares y proveen de una estructura para liberar servicios interactivos a las cajas set top además de liberar datos a alta velocidad a los módems de cable. Las grandes compañías multinacionales han apoyado estos estándares y están empezando a hacer demostraciones y a liberar sistemas hoy en día.

## 6.6 Tecnologías de acceso

El mecanismo de distribución que se encarga de cubrir los últimos kilómetros al usuario final es uno de los principales problemas cuando se trata de implementar una red de video. Los nuevos servicios digitales de video poseen requerimientos hacia la red que son relativamente demandantes en términos de ancho de banda para servicios como el video en demanda, también en términos de interactividad. Este mecanismo deberá ser eficiente en costo, para hacer atractivos los nuevos servicios al usuario final. Al mismo tiempo, y sobre el mismo medio se buscará proveer otros servicios como el teléfono o la comunicación de datos. La red de acceso conectará al usuario final con la red principal, realizando la distribución de los servicios arriba mencionados.

Para que una red de video digital de alta definición pueda ser más que una tecnología de laboratorio o en el mejor de los casos una bonita solución para aplicaciones locales o tipo campus, y que pueda salir y llegar hasta el público común como una solución masiva, es indispensable disponer de las funciones básicas de las redes de acceso.

Las redes de acceso efectúan esencialmente las funciones de transporte de datos de la red principal al usuario final y para los nuevos servicios de video interactivo, también en la dirección inversa. Este enlace de referencia es conocido dentro del argot de las redes como la "última milla" al usuario final. Las redes de acceso transportarán no solamente los servicios basados en video digital comprimido MPEG-2, sino también otros tipos de servicios como acceso a internet, telefonía y otros servicios emergentes.

Una multitud de diferentes arquitecturas en redes de acceso han sido bosquejadas y especificadas por el DAVIC entre otros. La razón de que no exista una especificación de red de acceso universal es que muchas arquitecturas de cableado diferente ya están instaladas. La inversión que representan estas instalaciones hace necesario tratar de integrarlas dentro de las especificaciones. Esto es, digamos que cuando menos se requeriría de mucho tiempo y dinero instalar una nueva red de cableado a todos los usuarios dentro de alguna área, situación que se tratará de evitar hasta donde sea posible.

Las diferentes estructuras de redes de acceso tales como :

- Red híbrida de coaxial-fibra (HFC - Hybrid Fiber Coax)
- Fibra al borde (FTTC - Fiber to the Curb)
- Fibra al hogar (FTTH - Fiber to the Home)
- Línea de suscripción digital asimétrica (ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line)
- Sistemas de Distribución Multipunto y Multicanal (MMDS - Multichannel Multipoint distribution Systems)

Todas estas estructuras de acceso poseen características diferentes que hacen de cada una de ellas la mejor elección bajo ciertas circunstancias y una opción menos buena bajo otras.

La estructura genérica completa se describe en la figura 6. 14

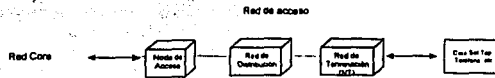


Figura 6. 14 Modelo de red de acceso genérico

La red de acceso consiste normalmente del nodo de acceso local conectado a la red principal (vía un LEX instalado en la periferia de la red principal), la red de distribución y la terminación de la red (NT) localizada en el usuario final.

El nodo de acceso en una red basada típicamente en ATM, actúa como el punto de conexión hacia la red principal. Realiza funciones de conversión de velocidad de línea y de formato de protocolo de transmisión hacia y desde la red de distribución.

La red de distribución toma el cuidado del transporte y la distribución de las señales hacia y desde los usuarios finales. La red puede ser inalámbrica o estar basada en fibras ópticas, cables de par trenzado de cobre o cables coaxiales, o cualquier combinación de ellos. Las redes basadas en cable pueden ser de topología estrella o un medio compartido.

La terminación de la red (NT) es considerada como el punto de demarcación entre el dominio público y el dominio privado. La terminación de la red puede ser un NT pasivo (es decir, una caja sobre la pared, sin ninguna funcionalidad, además de ser el punto de conexión del equipo del usuario). En los casos donde se requiere más funcionalidad, como por ejemplo conversión entre los tipos de medio, el dispositivo es llamado un NT activo.

### 6.6.1 Tipos de redes de acceso

Las tecnologías de redes de acceso pueden ser agrupadas todas sobre un mismo nivel, como se muestra en la figura 6. 15.

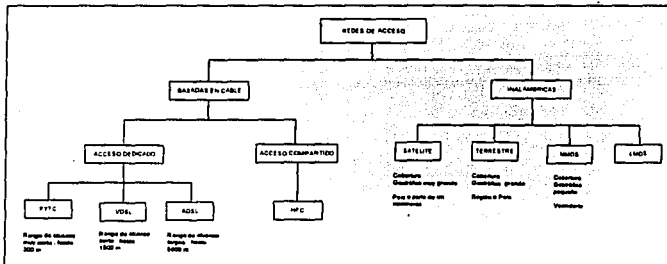


Figura 6. 15 Tipos de redes de acceso

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Se pueden clasificar dependiendo de si la red es inalámbrica o basada en cable. Dentro de las tecnologías basadas en cable se puede hacer una distinción adicional de acuerdo a la topología utilizada. HFC está basada sobre acceso a un medio compartido, mientras que tecnologías tales como FTTC, ADSL y VDSL utilizan accesos dedicados (es decir, arquitectura estrella donde cada usuario posee un cable dedicado entre su premisa y la oficina central o ONU). Dentro de este grupo de tecnologías una distinción adicional puede hacerse sobre la cobertura geográfica posible

de cada tecnología. Como un ejemplo, FTTC típicamente alcanza 300 metros aproximadamente, mientras que ADSL puede cubrir hasta 5-6 km entre la oficina central y el usuario final. Una distinción similar puede hacerse con las tecnologías inalámbricas, por ejemplo, los broadcast de satélite pueden cubrir una área de miles de kilómetros mientras que LMDS cubre solamente unos cuantos kms. Deberá ser notado que el satélite y la distribución terrestre son tecnologías bien establecidas para transmisión en una manera distributiva esencialmente utilizadas en el presente para servicios broadcast. En este sentido difieren de las otras tecnologías mencionadas antes, como FTTC, LMDS, que son relativamente nuevas tecnologías las cuales pueden acomodar dos vías de flujo de información, no únicamente distribución (es decir, broadcast) Para redes terrestres y satelitales para acomodar servicios interactivos, se ha definido un camino de retorno, el cual podría ser por medio de líneas telefónicas o líneas N-ISDN.

Es importante darse cuenta que aún hay cierta ambigüedad en el significado de los diferentes tipos de redes de acceso. No hay un "único" tipo de redes de acceso, como un estándar global para por ejemplo HFC. Se ha estado tomando y aún se sigue tomando, varios acercamientos a lo que es HFC, así como para otros tipos de redes de acceso. La estructura completa es similar pero muchos de los detalles son realizados en forma diferente.. Típicamente aspectos tales como el armado de tramas, sin importar que las celdas ATM sean transportadas sobre la red de acceso o no, utilizan el espectro de frecuencias y el ancho de banda podría diferir de implementación a implementación. Como existen múltiples variantes de las redes de acceso mencionadas, se tratará con las tecnologías de las redes de acceso principalmente en el nivel general.

### 6.6.2 FTTC

La FTTC utiliza una estructura basada en fibras ópticas desde la oficina central, conectada a la red principal ATM, hasta el borde, donde las unidades de red óptica (ONU's) están localizadas. Las fibras transportan típicamente servicios digitales , tales como VoD. El flujo de información de bajada pasa de la red principal ATM via un switch (LEX) antes de que entre a la red de acceso via el nodo de la oficina central. El flujo de subida sigue el mismo camino pero en dirección contraria. Las ONU 's son conectadas también a la oficina central via un cable coaxial. Este cable sirve para dos propósitos; primero, para transportar las tradicionales señales analógicas de TV y segundo para energizar las ONU 's. En la figura 6.16 Se ilustra la arquitectura FTTC. El aspecto de energía es esencial, especialmente si la telefonía es transportada sobre la red. Los requerimientos para el sistema en términos de disponibilidad de calidad de servicio se vuelve crítica cuando el servicio es de vital importancia tal como la telefonía, servicio que deberá estar disponible en caso de corte de energía.

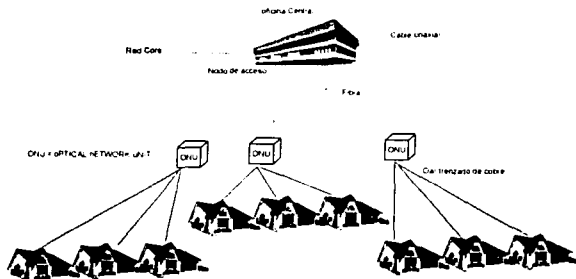


Figura 6. 16 Estructura de red de acceso de Fibra hasta la periferia

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cada ONU esta conectada en una estructura estrella a relativamente pocas casas, típicamente entre 4 y 16, pero en algunos casos hasta 128 o 256 (es decir, cada una de estas casa tiene su propio cable dedicado a la ONU). La distancia entre la casa y la ONU normalmente esta dentro del rango de 50-100 metros hasta cerca de 300 metros. El medio puede ser par trenzado de cobre o cable coaxial. Diferentes métodos de modulación son utilizados para proveer anchos de banda relativamente altos en un modo asimétrico.

El acercamiento bosquejado en la especificación DAVIC, describe un escenario con celdas ATM encapsuladas, moduladas con 16-CAP para lograr de 12.96 hasta 51.84 Mbps en la dirección de bajada y 1.62 hasta 19.44 Mbps en la dirección de subida via modulación QPSK.

El entramado de las celdas ATM en la red de acceso incluye entre otras cosas un campo FEC basado en método RS, para mejorar la corrección de errores. Otra técnica para mejorar la corrección de errores incluye el entrelazado convolucional y la aleatorización de los trenes de bits. El entremezclado convolucional "revuelve" los bytes con lo que es posible que las ráfagas de errores sean esparcidas sobre más tramas. Esto está más en relación con la forma en que los algoritmos RS hacen para poder corregir los errores, con lo que el número de errores por trama es el más bajo. La aleatorización de los trenes de bits se realiza aplicando una cierta secuencia de bits pseudo aleatoria (PRBS) repetitivamente. Esto hace posible enviar la señal con una distribución espectral muy parecida sobre el nivel físico. A la FTTC también se le conoce como Video Digital conmutado (SVD-Switched Digital Video).

### 6.6.3 ADSL/VDSL

Para transportar servicios de Video en demanda (VoD), la tecnología ADSL utiliza la infraestructura de par trenzado de cobre existente, la cual es utilizada en la actualidad, principalmente para comunicación telefónica. Esto se logra aplicando diferentes esquemas de modulación tales como la Modulación en Amplitud sin Portadora (CAP- Carrierless Amplitude Modulation) o Multitonos discretos (DMT-Discrete Multitone) para lograr cada vez más altas capacidades. Ver figura 6.17. La infraestructura, en realidad, puede transportar solamente un programa de video digital comprimido MPEG-2 a la vez, debido a los 6 Mbps que es el límite en términos de ancho de banda a la recepción. Lo que significa, que si el usuario deseara switchear de canal, esto tendría lugar físicamente en la oficina central más que en la caja set top, por ello, la opción lógica sería utilizar a ADSL para VoD y aplicaciones de datos interactivos como acceso a internet, más que para servicios "broadcast."

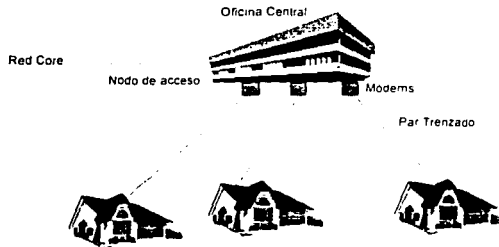


Figura 6.17 Estructura de red de acceso ADSL

MEDIO DIGITAL  
 PARA LA  
 TRANSMISIÓN  
 CON  
 ORÍGEN

Diferentes variantes de ADSL han sido definidas : ADSL-1, ADSL-2 y ADSL-3. Las tres variantes son diferentes en velocidad y en la distancia que pueden cubrir.

- ADSL-1 puede transportar 1.5 Mbps en la dirección de recepción y 16 Kbps en la dirección de transmisión, típicamente en distancias de hasta 6 km.
- ADSL-2 puede transportar 3.2 Mbps en la dirección de recepción y 64 kbps en la dirección de transmisión, típicamente en distancias de hasta 4 km
- ADSL-3 puede transportar 6.3 Mbps en la dirección de recepción y 64 kbps en la dirección de transmisión, típicamente en distancias de hasta 4 km

Adicionalmente a esto, el cable puede transportar información de voz e información N-ISDN, obteniendo una capacidad de transmisión de aproximadamente 7.2 Mbps en la dirección de recepción y 642 kbps en la dirección de transmisión para ADSL-3. Los flujos de información diferente son colocados en diferentes partes del espectro de frecuencia que es utilizado por el par trenzado de cobre para transportarlos. Típicamente, la información digital de recepción tal como video digital comprimido, puede ser transportado en la parte superior del espectro (el cual normalmente varía de 0 a 420 KHz) mientras que la información de la trama superior puede ocupar la parte media y finalmente la parte de voz/ISDN puede ocupar la parte baja. ADSL opera de acuerdo al estándar ANSI T1.413.

Una tecnología que es muy similar a ADSL es la VDSL. Sin embargo VDSL es capaz de transportar anchos de banda mayores desde 10 Mbps y posiblemente hasta aproximadamente 50 Mbps, pero en distancias más cortas de hasta aproximadamente 1500 metros.

#### 6.6.4 HFC

La estructura de la red de acceso HFC es en muchos aspectos muy similar a la estructura FTTC, aunque la fibra óptica no llega hasta el usuario final. El material de video/interactivo digital comprimido es transportado vía fibra desde la oficina central hasta la ONU (Optical Network Unit) la cual también es alimentada con el cable coaxial. La estructura HFC utiliza una topología de medio compartido desde la ONU al usuario final, en contraste a la topología estrella utilizada en FTTC como se muestra en la figura 6.18. El cable coaxial entre la ONU y el usuario final sirve como un vecindario, normalmente de pocos cientos de casas. Un problema potencial con HFC es que todo el ruido de la red de medios compartidos se concentra en la ONU, esto puede convertirse en un problema cuando se implementa el canal de retorno para comunicación interactiva.

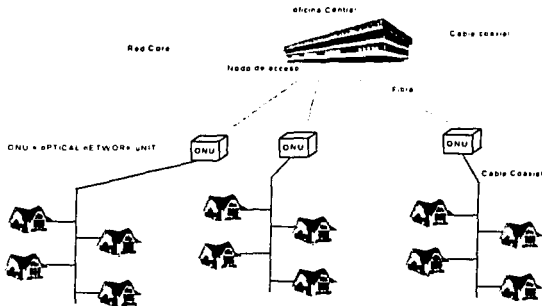


Figura 6.18 Estructura de red de acceso híbrida Fibra-coaxial

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

El acercamiento descrito en la especificación DAVIC, bosqueja un escenario donde el cable coaxial, de pocos kilómetros de longitud, transporta señales analógicas PAL o NTSC en banda base así como señales de video digital moduladas en QAM a la recepción. En la dirección del canal a la transmisión la información es modulada en QPSK de los usuarios a la oficina central (ONU). La topología es del tipo de medio compartido. Para evitar colisiones, cuando más personas tratan de utilizar los mismos recursos y para permitir un acceso más equitativo en la dirección del canal de retorno se utiliza un protocolo de control de acceso al medio (MAC) similar al que se ve en las técnicas LAN de Ethernet. Son implementadas técnicas para mejorar el manejo de errores de una manera similar a las que se ven en la estructura FTTC.

### 6.6.5 FTTH

La estructura FTTH es considerada como la solución óptima para proveer el ancho de banda más alto hasta el usuario final, comparada con otras tecnologías de redes de acceso. Esta es sin embargo, también la única que parece tomará el tiempo más largo para su implementación debido simplemente al costo de implementación relativamente alto y al hecho de que la mayoría de los hogares actualmente están conectados ya sea con par trenzado de cobre o cables coaxiales o ambos y no con fibra.

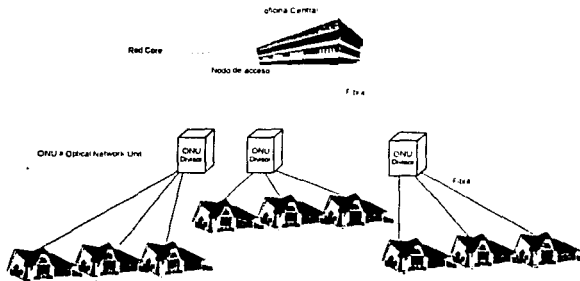


Figura 6.19 Arquitectura de Fibra al Hogar

Las implementaciones FTTH típicamente tienen pequeños grupos de casas conectadas directamente vía fibra en la dirección de recepción. En el mismo punto de la oficina central, la fibra es dividida para llegar hasta las casas en forma individual. Un escenario con una conexión de 622 Mbps multiplexada en TDM para cuatro canales de 155 Mbps podría verse como un ejemplo. En el sitio del cliente, la NT podría necesitar efectuar una conversión óptica/eléctrica antes de que las señales lleguen a la caja set top. Existen todavía algunos puntos abiertos, acerca de como deberá hacerse la arquitectura a la recepción además de como deberá de ser energizado el divisor/ONU.

### 6.6.6 Distribuciones satelitales y terrestres

Las transmisiones satelitales han sido empleadas para distribución de video analógico desde hace mucho tiempo. Los satélites son muy bien utilizados para cubrir grandes extensiones geográficas, típicamente áreas con diámetros de miles de kilómetros.

REVISO NO FTTH,  
 TESIS COM  
 NO BIENEL



Los satélites pueden ser utilizados para transportar señales comprimidas de video MPEG. Las señales a la recepción de la red principal (basadas o no en ATM) son transmitidas vía un estación de subida, utilizando modulación QPSK junto con algunos mecanismos que incrementen su inmunidad a los errores tales como convolución y RS basado en FEC. Los satélites operan en la banda de los GHz y un canal típico puede transportar cerca de 38 Mbps de datos útiles, suficientes para 5-8 canales de video comprimido de calidad normal "broadcast" conjuntamente con los canales de audio asociados, tablas, etc.

Los satélites fueron hechos con las aplicaciones "broadcast" en mente, por lo que para permitir a los satélites transportar información para aplicaciones interactivas han sido implementados canales de retorno aleatorios. Esto no está aún bien especificado, no obstante otra manera es implementar los canales de retorno por medio de los POTS existentes o líneas ISDN.

Las transmisiones terrestres han sido utilizadas también desde hace algún tiempo considerable para propósitos de distribución de video analógico, cuentan con una cobertura algo más pequeña que la que podemos ver con las redes de satélites. La transmisión terrestre típicamente cubre una área de alrededor de 100 km de diámetro por transmisor, dependiendo de la ubicación del sitio.

Diferentes acercamientos se han tenido para tratar de resolver la pregunta de ¿Cómo hacer que las redes terrestres transporten video digital?. La especificación DVB-T es un ejemplo. La radiodifusión terrestre utiliza la parte del espectro de VHF y UHF (desde cerca de 40 MHz hasta 800 MHz) y cada canal toma 8 MHz (en Europa) o 6 MHz (en Estados Unidos y México). Mientras que la distribución analógica terrestre utiliza principalmente modulación AM y FM, la transmisión de TV digital involucra otras técnicas de modulación como COFDM, como se describe en DVB-T (Estándar DVB).

Similar a la implementación satelital, la distribución terrestre no maneja directamente el canal de retorno necesario para la implementación de servicios interactivos. Aunque si bien, una solución final no existe, una posibilidad podría ser utilizar POTS o líneas N-ISDN de igual manera que como se vio en el escenario satelital y en MMDS.

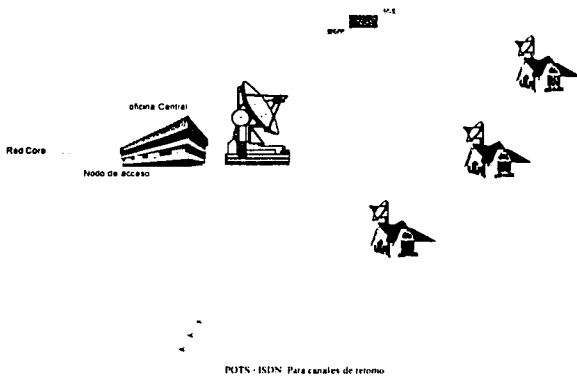


Figura 6. 20 Sistema de distribución basado en satélite

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.6.7 MMDS/LMDS

MMDS puede verse como una manera de obtener un acceso rápido para los usuarios finales a un costo relativamente bajo. No se requiere de poner en órbita ningún satélite ni de instalar cables, ya que por este medio es más rápido y menos caro de instalar que una red completa de FTTC o HFC. MMDS esta basada en transmisiones terrestres de rango corto hacia la dirección de recepción. Normalmente la banda de frecuencia esta entre 2.5 GHz y 2.7 GHz, transportando de 100 a 200 canales de video digital comprimido, utilizando para ello diferentes tipos de modulación, incluyendo QAM. Alternativamente hasta 30 canales de video analógico pueden ser transportados.

La antena transmisora cubre una pequeña "celda" de usuarios finales dentro de 50 kms desde la torre de transmisión. Los usuarios tienen que tener línea de vista con el transmisor a fin de asegurar que la señal de microondas llegue eficientemente. Esto puede producir algunos problemas como que la calidad del servicio se vea afectada negativamente si obstrucciones físicas bloquean la señal de las microondas en su camino hacia el usuario final. Hacia la dirección de transmisión, las líneas existentes de POTS/ISDN son utilizadas para transportar la retroalimentación de los usuarios interactivos.

Un funcionamiento similar es el del llamado MDS local (LMDS), el cual cubre una área geográficamente más pequeña por transmisor que MMDS, típicamente de solamente unos pocos kms desde la base de la estación. Como en MMDS la base de la estación tiene que estar dentro en la línea de vista con los usuarios. La diferencia esencial con MMDS es que en LMDS es que no solamente la información a la recepción sino también a la transmisión puede ser transportada vía el enlace de microondas, esto es, no se utilizan líneas POTS/ISDN para la señal de regreso. La frecuencia operativa normalmente está arriba de 10 GHz y el ancho de banda de cada canal es de 1-2 MHz. Las bandas de frecuencia más baja del enlace son utilizadas típicamente para transportar señales a la transmisión (moduladas como QPSK diferencial) que ocupan la parte superior del espectro.

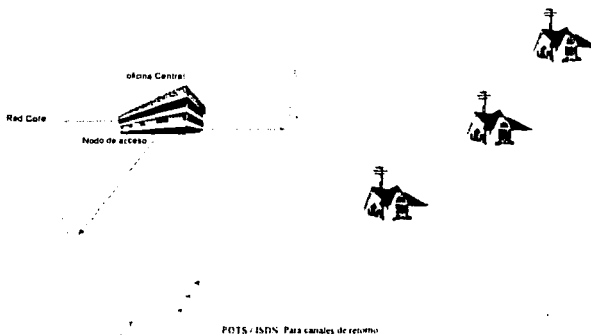


Figura 6.21

Estructura de acceso de red MMDS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **6.7 El Video Digital sobre ATM y sus perspectivas de utilización**

Uno de los aspectos más interesantes de la tecnología es cómo los inventores, o en el caso de ATM los especificadores, conciben la tecnología y cómo los vendedores y usuarios son convencidos a utilizarla.

Existen varios métodos para proveer una conexión de banda ancha. La conexión de banda ancha por medios satelitales con equipos de calidad de estudio produce una excelente conexión de video de alta calidad, pero los costos del equipamiento y de los medios de transmisión son bastante altos. Avances recientes en las tecnologías de cómputo y telecomunicaciones han aumentado el interés en los sistemas de video comprimido que transmiten información sobre las redes telefónicas actuales reduciendo con ello los costos del manejo del video de alta calidad.

ATM una de las tecnologías de redes de alta velocidad más recientes que fue desarrollada considerando las necesidades de trabajo colaborativo, es decir, la integración de nodos dispersos con procesamiento independiente.

ATM es también una tecnología orientada a conexión que requiere por ello que el ruteo sea establecido antes de que se puedan intercambiar datos. La tecnología ATM puede proveer tanto PVC's como SVC's, algunas de las ventajas de desempeño que este protocolo de señalización ofrece son :

- Ya que la llamadas SVC ATM son establecidas dentro de la red ATM, no se requiere un switch de video separado para enlazar una sesión específica entre los sitios del usuario final.
- Las SVC's permiten un ruteo en demanda que libera al usuario de costosas conexiones dedicadas

### **6.7.1 Beneficios de costos**

El servicio de ATM provisto por medio de conexiones SVC's provee de dos ventajas de costo principales :

En un contraste a una red de enlaces dedicados, donde el pago de accesos deberá hacerse mensualmente se use o no el canal, con ATM SVC's el ancho de banda puede ser comprado en cantidades y duración de acuerdo como se requiera.

Muchas tarifas de servicios SVC's de ATM no están sujetas a cargos por distancia.

### **6.7.2 Topología general de un sistema de video interactivo sobre ATM**

Los componentes principales de una topología de videoconferencia sobre ATM incluyen :

- Nube de Switching ATM
- Backbone de Swites
- Equipos de acceso a la red
- Equipo transmisor/receptor de la señal de video

La figura siguiente ilustra una solución ATM consistente de una red de video interactivo de cuatro sitios con transporte de datos privados LAN. Los datos del video de la sesión son empaquetados en formato digital y enviados a un dispositivo de switcheo ATM. Debido a los grandes anchos de banda y a las velocidades que la red puede manejar, los sitios podrían utilizar simultáneamente dispositivos ATM para multiplexar servicios adicionales (tales como los datos LAN) dentro del tren de datos ATM. En este ejemplo el dispositivo de switcheo multiplexa el audio y el video de la sesión de videoconferencia con los datos de la LAN para transmitirlos todos juntos a la nube ATM.

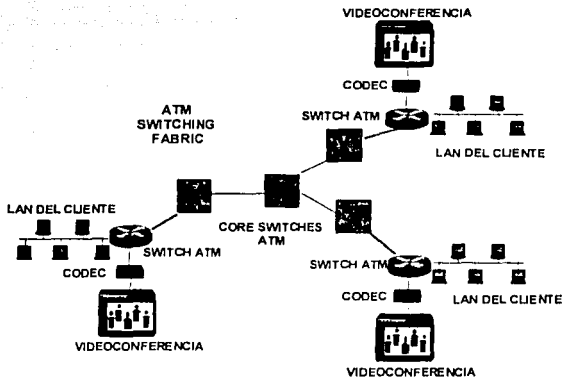


Figura 6.22 Red de videoconferencia ATM de banda ancha

El codec (compresor-descompresor) es el equipo que permite que las señales de video/audio puedan ser transportadas sobre la red de comunicaciones. El codec recibe las señales analógicas y la codifica (digitaliza y comprime). El codec también decodifica (descomprime y la convierte a analógica) la señal recibida. En soluciones de banda estrecha, el procesamiento genera una señal de imagen y sonido de calidad comercial. La consecuencia más obvia es que se tiene una imagen "saltona" con un retardo en el audio de 0.2 a 2 segundos.

Sin embargo utilizando una solución ATM con codecs MPEG, se puede proveer de un video de alta calidad con una conexión transparente.

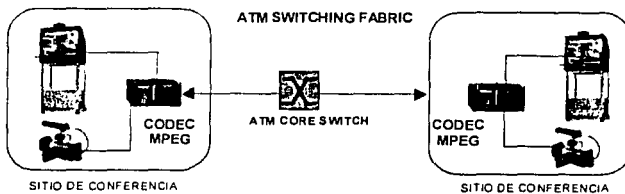


Figura 6.23 Componentes básicos de un sistema de videoconferencia básica punto a punto

TESIS CON  
 FOLIA DE ORIGEN

**Elementos de organización y administración**

Un componente clave en cualquier sistema de videoconferencia es un sistema de itinerario que permita al personal apropiado programar el inicio de las conferencias. Existen dos escenarios que proveen los diferentes niveles de acceso organizado.

### Administración Centralizada

Muchos sistemas proveen de una única solución de red de control centralizada, inflexible y básica que no soporta que se programe en el sitio remoto. La figura siguiente ilustra este tipo de sistema donde el requerimiento mínimo de componentes para dos sitios de conferencia provee acceso al control de la red solamente en el sitio del controlador.

### Administración descentralizada

Esta solución provee de flexibilidad en la programación incrementada. El sistema que se describe abajo permite la programación de cada sitio de conferencia vía un programa corriendo en una PC local. Cada sitio puede remotamente programar una sesión de videoconferencia con otros sitios disponibles.

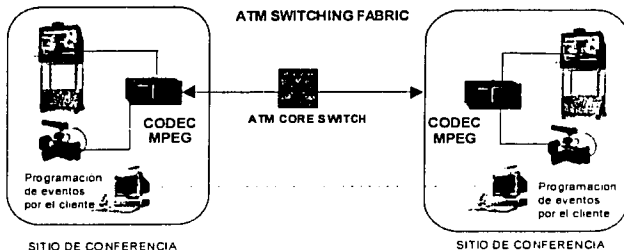


Figura 6.24 Sistema con administración descentralizada

### Conferencia entre sitios múltiples

Una red de videoconferencia deberá acomodar múltiples sitios y tener la flexibilidad para mantener conferencias simultáneas entre cualesquiera sitios seleccionados. Si más de dos sitios están para ser vistos durante una sesión, una sesión de vista continua es necesaria. Esto requiere encoders adicionales y los decoders respectivos al número de fuentes de video y monitores de video utilizados.

### Sesión de vista continua

En la práctica una sesión de 2 a 5 sitios participantes tiene que prever la conducción o manejo de un anfitrión o instructor. El modelo de videoconferencia que se describe abajo utiliza cuatro sitios de sesión con vista continua. Una sesión de vista continua requiere que cada lugar posea un monitor dedicado a cada sitio participante. Por ejemplo, el sitio A podrá observar todo el tiempo a los sitios B, C y D.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

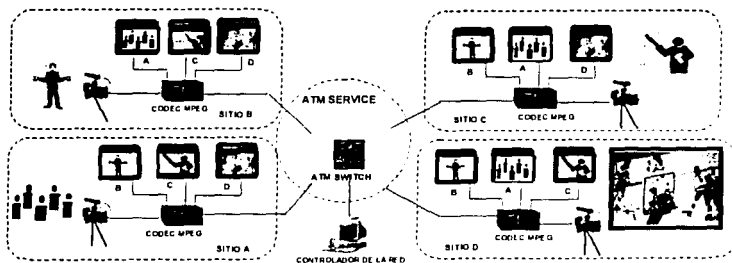


Figura 6.25 Configuración típica de vista continua para cuatro sitios

### Solución empresarial. Solución tipo LAN.

#### Manejo de video sobre redes locales Emulación LAN

La emulación LAN (LANE) define una interfase de servicio para interconexión de sistemas abiertos (OSI) con protocolos de capa 3 que es idéntica a las LAN's existentes, encapsulando el envío de datos a través de la red ATM en el formato de paquete LAN MAC apropiado.

Actualmente LANE no define una encapsulación separada para paquetes FDDI, los paquetes de este tipo son mapeados dentro de LAN's que emulan Ethernet o Token ring (ELAN's) utilizando técnicas existentes de puenteo traslacional. Debido a que utilizan el mismo formato de paquete, los dos estándares más prominentes de las nuevas LAN's, Fast Ethernet (100 base T) y la IEEE 802.12 (100 VG-Any LAN), pueden ser mapeadas sin ser cambiadas dentro de los formatos y procedimientos LANE Ethernet o Token ring.

LANE soporta una rango de tamaño máximo de paquete, correspondientes al tamaño máximo Ethernet, paquetes Token ring de 4 Mbps y 16 Mbps y a el valor de default MPDU para IP sobre ATM. Típicamente el tamaño de MPDU depende del tipo de LAN que esta siendo emulada y del soporte provisto por los switches LAN puenteados a la ELAN. Una ELAN sıklamente con hosts ATM nativos, opcionalmente podría utilizar cualquiera de los tamaños de MPDU disponibles, aunque el tamaño corresponda al tamaño de MPDU en uso dentro de una LAN real que está siendo emulada. Todos los clientes de emulación LAN (LECs) dentro de una ELAN dada deberán utilizar el mismo tamaño de MPDU.

#### 6.7.3 Diseño de la LANE

Quando se diseñan LANE's, el primer punto se centra en la escalabilidad de los servidores de emulación LAN (LES's) y los servidores de broadcast y servidores desconocidos (BUS's). Actualmente todas las transmisiones multicast residen en el BUS para liberación a todos los clientes de emulación LAN (LEC's) dentro de una ELAN dada.

En una red Cisco ATM, el ruteador opera como el BUS para una ELAN dada. Si el ruteador soporta múltiples ELAN's, éste soporta múltiples procesos BUS.

Actualmente Lane es la única tecnología ATM que maneja paquetes de video multicast.

TESIS CON  
 CALA DE ORIGEN

## ATM en modo nativo

Los protocolos ATM de modo nativo *bypasean* la encapsulación de dirección de MAC. En el modo nativo los mecanismos de solución de direcciones mapean las direcciones de la capa de red directamente dentro de las direcciones ATM, y los paquetes de la capa de red son entonces transportados a través de la red ATM. Actualmente IP es el único protocolo para el que el trabajo de modo nativo extensivo ha sido hecho.

Desde la perspectiva de correr aplicaciones multimedia, una de las razones que más animan a correr protocolos de modo nativo es el soporte a la calidad de servicio. LANE deliberadamente oculta a ATM, así que cualquier protocolo de capa de red que opere sobre ATM no puede tener acceso a las propiedades de calidad de servicio de ATM y por ello deberá utilizar una velocidad de bits sin especificación (UBR) o solamente conexiones de velocidad de bit disponible (ABR)

## Diseño de ATM nativa

Como se mencionó antes, la LANE es la mejor opción para manejo de tráfico "best effort" (esto es, tráfico ABR) pero no es la mejor opción para aplicaciones que requieren un servicio de red más predecible tales como las aplicaciones multimedia CBR y VBR. Para estas aplicaciones, es mejor correr ATM nativo. En un ambiente nativo ATM el video digital y el audio se envían a un multiplexor de servicios que segmenta los trenes de audio y video en celdas y las reenvía hacia los clientes conectados a ATM que reciben los trenes MPEG-2, que es una aplicación VBR.

### 6.7.4 Aplicaciones multimedia en redes ATM

Dentro de una red ATM las conexiones son jerarquizadas en varios tipos de calidad de servicio: velocidad constante (CBR), la mejor opción para aplicaciones que requieren un servicio de red más predecible (UBR). La mayoría de las aplicaciones multimedia son CBR o VBR. Las aplicaciones de video CBR se han diseñado para correr sobre líneas tradicionales de 64 kbps. Con ATM el video CBR es transportado utilizando emulación de circuitos, lo que significa que el switch ATM deberá soportar emulación de circuitos.

Las aplicaciones de video VBR son más comúnmente vistas en ambientes tradicionales LAN, tienen un comportamiento más de ráfagas que las aplicaciones CBR. Las Aplicaciones VBR a veces son referidas como video paquetizado. Los algoritmos de compresión como MPEG genera una salida VBR que es paquetizada sobre una LAN. En ATM las aplicaciones VBR pueden correr utilizando LANE o pueden correr nativamente utilizando IP sobre ATM.

MPEG-2 es un caso especial de VBR que puede correr directamente sobre ATM. En este caso hay una capa de convergencia de MPEG-2 a ATM en la que la información MPEG-2 es trasladada a celdas ATM.

Dependiendo del tipo de servicio ATM solicitado, la red espera liberar garantías de la mezcla particular de elementos de servicio que se especifican en la configuración de la conexión.

En la UNI 3.0/3.1 los parámetros de tráfico y calidad de servicio solicitada para una conexión no pueden ser negociadas en la configuración ni pueden ser cambiadas durante la vida de la conexión. La UNI 4.0 soportará la conexión de la negociación de la calidad de servicio.

## ATM Multicasting

Existen dos tipos fundamentales de conexiones ATM :

- ✓ Conexiones punto a punto, las cuales conectan dos sistemas terminales ATM. Tales conexiones pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
- ✓ Conexiones punto a multipunto, las cuales conectan una sola fuente y sistemas terminales (conocidos como nodos raíz), hacia múltiples sistemas terminales destino (conocidos como hojas). La replicación de celdas se realiza dentro de la red por los switches ATM en los que la conexión los divide en dos o más ramas.

## 6.8 Alternativas comerciales para el manejo de video sobre ATM

### 6.8.1 GDC APEX®

Módulos de interfase de línea para servicios multimedia

#### Características:

- Sistema basado en estándares de compresión
- Soporta estándares NTSC y PAL
- Canal de datos para compartición de ventanas o aplicaciones interactivas
- Administrable vía SNMP, Telnet o terminal ASCII

#### Resumen del producto

El MMS (Multimedia Multipoint Server ) permite ofrecer servicios multimedia sobre infraestructuras ATM y además provee de una interfase a redes no - ATM por medio de gateways. Como se muestra en el diagrama, La solución que este fabricante ofrece posibilita el disponer de soluciones para aplicaciones multimedia e interactivas tales como educación a distancia, telemedicina, videoconferencia, así como aplicaciones de un solo sentido como seguridad y monitoreo de áreas riesgosas.

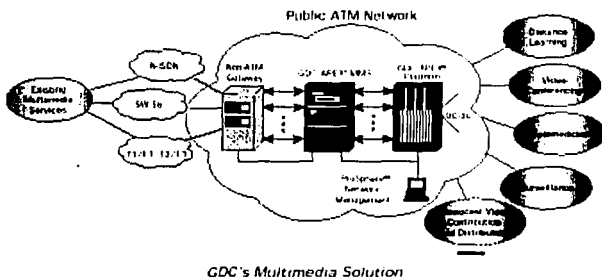


Figura 6.26 Solución Multimedia GDC

La familia de productos VIP son módulos de interfase de línea desarrollados para la integración de aplicaciones multimedia sobre ATM, permitiendo diferentes técnicas estandarizadas de compresión de video.

**VIP-1 - MJPEG.** El módulo VIP-1 soporta aplicaciones multimedia utilizando Motion-JPEG.

**VIP-2 H.320 .** El módulo VIP-2 implementa video ITU-T H.320 para manejo de videoconferencia. Este módulo incluye codificación, decodificación, compresión, descompresión, multiplexaje y demultiplexaje de señales de audio, video y datos, junto con señalización de control para transporte de trenes de bits sobre ATM.

**VIP-4 - MPEG-2 .** El módulo VIP-4 permite manejar aplicaciones para transporte de video de banda ancha MPEG-2. El módulo soporta submuestreo de croma 4:2:0 para video calidad "broadcast" y dos canales de transporte de audio (estéreo). También soporta configuraciones de cuadro I e I-P para aplicaciones interactivas de bajo retardo, así como configuraciones de cuadro IBP para ancho de banda más bajo y aplicaciones de transporte de video de alta calidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### Operación Multimedia.

De manera integrada, las interfases multimedia operan entre las fuentes de video, audio y datos y el switch ATM. Los módulos de video consisten de una tarjeta de interfase de línea (VIP) y una tarjeta controladora de Emulación de video (VE). El módulo de interfase de línea VIP trabaja en conjunto con la tarjeta VE para proveer capacidad de multimedia total a una velocidad de datos constante (CBR) por medio de circuitos virtuales utilizando adaptación AAL-1. Los módulos VIP comprimen la señal de video basada en parámetros seleccionables por el usuario y transmiten la señal sobre un circuito virtual. También combinan y transmiten una señal de audio y un canal de datos de usuario. Los módulos VIP-2 y VIP-4 realizan esto sobre un solo circuito virtual, el VIP-1 requiere de dos circuitos virtuales separados, uno para el video y otro para el audio y los datos. Todos los módulos VIP poseen un segundo puerto TIA-232-E para control local y administración

### Gateway No - ATM

El MMS puede interconectarse también por medio de un gateway no-ATM con codecs basados en H.320, como los que se utilizan en aplicaciones de banda angosta (N-ISDN) y redes de líneas privadas.

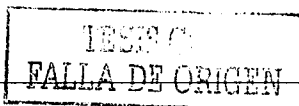
### Administración de la red.

La configuración, diagnóstico y administración para los módulos VIP puede manejarse por medio del sistema de administración Pro Sphere, propietario de la marca.

TABLA 6.6 Especificaciones VIP

VIDEO	VIP-1	VIP-2	VIP-3
Puertos	Dos jacks BNC de 75 ohms uno a la entrada y otro a la salida	Dos jacks BNC de 75 ohms uno a la entrada y otro a la salida	Dos jacks BNC de 75 ohms uno a la entrada y otro a la salida
Formato de la señal de video	NTSC (RS-170A) o PAL-B/G and PAL-1 @ 5 MHz (CCIR 624)	NTSC (RS-170A) or PAL-B/G and PAL-1 @ 5 MHz (CCIR 624)	NTSC (RS-170A) or PAL-B/G and PAL-1 @ 5 MHz (CCIR 624)
Algoritmo de compresión	Motion JPEG	H 261 como se especifica en H 320	H 263 como se especifica en ISO/IEC 1318.3
Velocidad de cuadro	30 cuadros pr segundo	Hasta 15 cuadros por segundo	30 cuadros por segundo
Fuente de temporización del video	Recepcion interno o local	Interno	Recepcion interno
Patrón de Prueba	Barras de color internas	Barras de color internas de prueba	Barras de color internas de prueba
Ancho de banda de la señal de video	5.0 MHz	5.0 MHz	5.0 MHz
Ganancia de inserción	0 ± 0.5 dB	0 ± 1 dB	0 ± 1 dB
Velocidad	5 10 15 20 25 Mbps	384 kbps	1.5 a 15 Mbps
<b>AUDIO</b>			
Puertos	Estereo dos puertos DB-9 uno de entrada y uno de salida de	Dos puertos DB-9, cada uno conteniendo un canal mono	Un puerto DB-9 soportando un canal estereo, 2 entradas 2 salidas
Formato de señales de audio	16 bits sin comprimir	G 711 G 722, G 728 como se especifica en H 320	MPEG capas 1 y 2
Impedancia	600 ohms balanceado o 10 Kohm desbalanceado	10 Kohm	10 Kohm
Máximo nivel de entrada	20 dbm @ 600 ohms	3.1 V pp	3.1 V p-p
Ganancia de inserción	0 ± 0.5 db	0 ± 0.5 db	0 ± 0.5 db
Crosstalk	< -70 db	< -70 db	< -70 db
Ruido de fondo	< -55 dbm	< -55 dbm	< -55 dbm
Velocidad	1 - 28 Mbps	16 KHz	hasta 1.5 Mbps

El fabricante también ofrece switches para la conformación de la red de transporte, no obstante, éste puede ser provisto por cualquier otra marca.



### 6.8.2 IBM - Media STREAMER

La solución de IBM para el manejo de video sobre ATM consiste de switches ATM, nodos de acceso de video, módulos de distribución de video y un módulo denominado Media Streamer

#### Nodo de acceso de video (VaN)

El nodo de acceso de video (VaN) provee de la liberación interactiva en tiempo real de video de calidad broadcast sobre redes ATM.

Una aplicación VaN típica convierte las señales de audio y video analógico a un formato digital y transmite las señales sobre ATM al punto remoto, decodifica la señal y la despliega en un monitor de televisión.

El nodo VaN provee transmisión y compresión de video de calidad broadcast

Las aplicaciones para la VAN son las aplicaciones típicas de comunicaciones de dos vías que se pueden obtener con cualquier equipo de videoconferencia, tales como :

- Educación a distancia
- Video conferencia
- Telemedicina

La VaN también permite la transmisión de video comercial de televisión para distribución de señales terrestres.

#### Descripción del hardware VaN

El hardware VaN está basada en un backplane de bus EISA y PCI con múltiples adaptadores

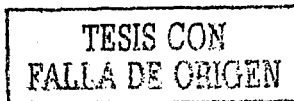
La tarjeta del sistema contiene zócalos ZIF para los procesadores. Los slots, uno EISA uno PCI y cuatro compartidos PCI/EISA proveen conexiones para :

- Adaptadores codificadores MPEG-2
- Adaptadores decodificadores MPEG-2
- Adaptadores ATM
- Tarjeta de red

#### Descripción del software VaN

El software precargado en fábrica a la VaN incluye :

- Sistema operativo OS/2
- TCP/IP con extensiones ATM
- AVS software para configurar y operar la VaN



#### Módulo de distribución de video (VDM)

El módulo de distribución de video (VDM) es un módulo de dos slots para el switch multiprotocolo 8260 de IBM y para el switch de trabajo en grupo 8285 de IBM.

Una fuente de video tal como un video server o una VaN pueden establecer una conexión con uno o más puertos VDM y de esta forma transmitir un tren MPEG-2 a través de la red ATM. El VDM recibe el stream de transporte MPEG-2 del switch ATM y descomprime y decodifica la información de video y las convierte en salidas analógicas de banda base.

El VDM contiene ocho puertos decodificadores MPEG-2 direccionables independientemente. Cada puerto provee video analógico separado en formato NTSC o PAL y audio calidad CD.

#### Características principales

El VDM se conecta al back plane ATM a través del módulo de portadoara ATM. El VDM aparece como un recurso conmutado del switch ATM y funciona como un nodo ATM, soportando señalización UNI 3.1. El módulo VDM tiene las siguientes características :

- Capacidad máxima del agregado de 125 Mbps sobre ocho puertos (15.4 Mbps máximo por puerto)
- Video compuesto analógico separado (NTSC o PAL) y salida de audio estéreo en cada canal
- Ocho puertos de video BNC
- Ocho puertos de audio DIN de 5 pines
- Un puerto de consola DB-9 EIA-232
- Conector backplane ATM

#### Requerimientos del material fuente codificado

Los datos deberán ser recibidos como un stream de transporte MPEG-2 (TS) sobre ATM AAL-5 El Stream de transporte MPEG-2 deberá cumplir con ISO/IEC 13818-1

La tabla de asociación de programa (PAT) y la tabla de mapa de programa deberá ser repetida periódicamente para permitir acceso aleatorio.

El TS de MPEG-2 deberá proveer una velocidad constante. El reloj de referencia deberá de ser 27 MHz + - 810 Hz.

El TS de MPEG 2 deberá contener un soio programa. El programa deberá contener solamente un identificador de video (PID), uno de audio y un PCR PID.

Soporta decodificación de nivel y perfil principales

Soporta video NTSC y PAL

Solamente soporta formato 4:2:0

Soporta las siguientes resoluciones

- NTSC
  - SIF 352x240 pixeles
  - HHR 352 X 480 pixeles
  - CCIR-601 720x480 pixeles
  - Square NTSC 640 X 480 pixeles
  - PAL
  - SIF 352x288 pixels
  - HHR 352x576 pixels
  - CCIR-601 720x576 pixels
- Soporta velocidades de hasta 15 Mbps
  - Soporta trenes de bits de audio de hasta 384 kbps
  - Soporta velocidades de audio de 32, 44.1 y 48 kHz
  - Solamente soporta audio MPEG-1

#### Descripción del MediaSTREAMER

El IBM Media streamer es un servidor de video para el transporte de audio y video en formatos analógico y digital. Este equipo se diseñó para proveer un eficiente almacenamiento y distribución de video y audio codificado digitalmente de calidad profesional

Almacenado típicamente en formato comprimido MPEG-1 o MPEG-2, tanto el audio como el video y los gráficos pueden ser distribuidos a recipientes locales utilizando cableado coaxial o a destinos más alejados utilizando cableado de larga distancia o satélites.

De esta forma el Media streamer es capaz de manejar hasta 42 videos independientes en formato NTSC o PAL y en formato digital a través de ATM hasta 75 recipientes (digitales) diferentes.

El Media streamer puede ser utilizado también para liberar simultáneamente o independientemente de múltiples trenes de video desde un archivo fuente y además del registro de datos de los sistemas satelitales mientras se mandan normalmente los trenes de datos.

### Componentes del sistema

El Media Streamer se compone de dos partes principales : el hardware de streaming y el hardware de control, ambos con su respectivo software. El hardware de streaming comprende un procesador, disco duro y memoria cache de video, el hardware de control consiste de un sistema de control, adaptadores de comunicación y decoders.

El sistema de control puede ser cualquier workstation que pueda efectuar llamadas al Media streamer conectados por medio de una red TCP/IP.

#### Tipos y modelos de MediaSTREAMER

##### IBM MediaSTREAMER Digital System-D11:

La más pequeña configuración de servidor de video, posee un adaptador de streaming de video ATM-155 y 18 Gb de almacenamiento, expandibles a 270 Gb.

##### IBM MediaSTREAMER Digital System-D12:

Una configuración más grande de servidor de video que posee un adaptador ATM-155 y 54 Gb de almacenamiento expandible a 486 Gb.

### 6.8.3 Bay Networks

Este fabricante ofrece un Switch Multimedia una amplia variedad de módulos de interfase que ofrecen servicios de video de alta calidad basados en ambientes LAN Intranet, ideal para soluciones empresariales de arquitectura Ethernet sobre TCP/IP y soportado todo por un ambiente ATM a velocidades de 25 Mbps, además de E1/T1 y OC-3 para redes de área amplia.

El switch ATM soporta una conectividad del backbone a 155 Mbps para proveer una transportación de flujos de video de alto ancho de banda conjuntamente con tráfico de datos.

El switch multimedia es modular y soporta de 6 a 30 estaciones ethernet o de 8 a 20 estaciones ATM, además también ofrece dos interfases ATM preconfiguradas OC-3 para conectividad hacia un backbone.

El chasis modular del switch multimedia soporta la inserción de hasta cinco módulos de conectividad con una sexta bahía dedicada a conectividad OC-3 a un backbone. Los siguientes módulos de conectividad están disponibles :

- Módulo Ether switch de 6 puertos 10 Base -T para establecimiento de capacidad multimedia en grupos ethernet.
- Módulo de 4 puertos ATM25 UTP para conectividad a grupos de usuarios ATM.
- Módulo de 2 puertos seriales de alta velocidad para conectividad WAN E1/T1
- Módulo de 2 puertos ATM de 155 Mbps para conectividad hacia el backbone con dos puertos de fibra multimodo
- Módulo de 2 puertos ATM de 155 Mbps para conectividad hacia el backbone con un puerto de fibra multimodo y uno monomodo
- Módulo de 2 puertos ATM de 155 Mbps OC-3 para conectividad hacia el backbone WAN con un puerto de fibra multimodo y uno monomodo
- Módulo de 1 puerto V-Room, para conectividad a un sistema de videoconferencia

### 6.8.4 Netology

#### Sevidor de video Clearstream 120

Este servidor de video, es quizá una de las pocas alternativas reales que existen en el mercado y que puede soportar el manejo de video de alta definición (HDTV) sobre una red ATM.

El Servidor de Video Clearstream de Netology , utiliza una tecnología propietaria para liberar trenes de video MPEG-2 de hasta 120 MBps sobre una red ATM. El control de este sistema alcanza tal precisión que puede liberar velocidades arbitrarias con una resolución de 1 bit/seg.

El servidor es accedido desde una red local conectada hacia un backbone ATM y consultado por medio de coenxiones ATM directamente a la nube o desde la misma red local.

## **6.9 Propuesta de implementación de una red de video sobre ATM**

A lo largo de los seis capítulos anteriores, se ha presentado una gran cantidad de información referente a las tecnologías de las redes de comunicación y del video digital, la forma como se entremezclan todas juntas con el fin de proveer una solución real y tangible a problemas concretos. Todo el cúmulo de tecnologías, conceptos y tendencias presentadas anteriormente nos permiten hacer una propuesta de solución ante un requerimiento específico. Sin embargo, la aplicación práctica de los conceptos mencionados antes, se vuelve un requerimiento conveniente y necesario, con el fin de sacar del ámbito teórico a los conceptos para llevarlos al terreno de las aplicaciones prácticas.

### **6.9.1 La Telemedicina como propuesta para ampliar la cobertura de servicios de salud**

La telemedicina ha sido definida como el uso de las redes de telecomunicaciones para proveer servicios e información médica a población geográficamente dispersa. Podría ser tan simple como dos profesionales de la salud separados geográficamente, discutiendo un caso clínico por medio de sistemas de comunicación y ayudados por medio de una infraestructura para la transmisión de señales de video, los cuales les permite disponer de toda la información necesaria para realizar diagnósticos o proveer de opiniones acertadas sobre casos específicos.

Las señales de video podrán ser transferidas dentro de un mismo edificio, entre edificios, en la misma ciudad o de un sitio a otro en cualquier parte del mundo.

Una de las aplicaciones principales que se manejan dentro del concepto de telemedicina es la teleradiología, que consiste en el envío de placas de rayos X por medio de la red de comunicaciones. La telepatología es otro uso común de esta tecnología. Las imágenes patológicas pueden ser enviadas de un sitio a otro para consulta y diagnóstico.

Otra aplicación, quizá una de las más importantes, es el video interactivo para la consulta de pacientes en la que son necesarios tanto el especialista como otra persona con conocimientos generales para permitir que se realice la consulta. El equipo de video en ambos sitios, permite que se lleve a cabo una consulta "en tiempo real". Esto significa que el paciente no tiene que viajar a una área urbana para ver al especialista y en muchos de los casos permite la atención del especialista cuando no ha estado disponible previamente. En forma experimental casi todas las consultas de especialidades médicas han podido llevarse a cabo con esta clase de consulta, incluyendo psiquiatría, medicina interna, rehabilitación, cardiología, pediatría, obstetricia, ginecología y en muchas otras especialidades más.

Las enormes posibilidades que ofrece esta tecnología permiten, potencialmente hablando, llevar los servicios de salud a las comunidades más alejadas, donde, mediante un pequeño centro de salud comunitario establecer una red nacional de salud.

La propuesta quizá no posea mucho de novedad ya que en algunas partes de Estados Unidos existen experiencias relacionadas con este concepto, por ejemplo en Oklahoma, el Centro de Salud Comunitaria de Konawa a tomado a su cargo el cuidado de cinco condados rurales, en donde realizan prácticas de telemedicina con especialistas apoyados en la ayuda de practicantes y enfermeras.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Telemedicine Resources "Telemedicine is coming of age" Nancy Brown pag 2 //www.alsp.com

También la Universidad de Texas en Galveston ha iniciado un programa de atención médica intrapenales donde los costos de transportación de los reclusos han sido prácticamente eliminados por medio del uso de un programa de telemedicina.

Algunos hospitales militares y centros de investigación están involucrados en el desarrollo de robots y equipos para aplicaciones de telecirugía, en las que se busca que un cirujano desde algún sitio pueda controlar remotamente un brazo de robot para llevar a cabo una operación quirúrgica en otro lugar. El desarrollo militar de esta tecnología se pretende que sea para uso en campo de batalla y eventualmente se habrá de filtrar al uso doméstico al tiempo que la tecnología sea perfeccionada.

El uso de la telemedicina también puede aportar algunas otras ventajas, además de hacer más accesible los servicios de salud, las consultas a los especialistas desde una clínica rural evita los costos de viaje para los pacientes, al mismo tiempo que abre nuevas posibilidades a los practicantes para que continúen su educación, quienes desde ese medio rural a veces se ven aislados de la posibilidad de conocer los avances más recientes de sus respectivas áreas de especialidad.

#### **Áreas de Aplicación:**

Se puede reconocer fácilmente seis áreas en las cuales la telemedicina tiene una aplicación que resulta aplicable en un contexto actual de la problemática de la salud en nuestro país, estas son :

- *Interconsulta con especialistas.*
- *Atención de pacientes en servicios de urgencia.*
- *Capacitación Interactiva.*
- *Acceso a publicaciones científicas.*
- *Intercambio científico internacional.*
- *Acceso a la red mundial*

#### **Un caso como ejemplo**

Las capacidades de la tecnología en cuestión quedaron manifiestas durante la guerra civil de Bosnia, en la que un muchacho sufrió serias heridas en su cabeza y cara al explotarle una mina. Cuando los médicos locales lograron salvarle la vida, se dieron cuenta que no contaban con el nivel adecuado para una cirugía reconstructiva que se requería.

El muchacho fue llevado al hospital de las Naciones Unidas, el cual estaba equipado con cámaras digitales y enlaces de redes multimedia. Allí los doctores tomaron fotografías y enviaron imágenes detalladas y placas de rayos -X al hospital Souder, vía satélite. Los especialistas en cirugía facial reconstructiva de Estocolmo examinaron las imágenes digitales y crearon diagramas en los que mostraban a los doctores de Bosnia la forma exacta en que la operación debería de proceder.

Previamente a la cirugía, los especialistas de Estocolmo condujeron una sesión de videoconferencia en tiempo real, con el staff médico de Bosnia para discutir los detalles de último minuto y revisar simultáneamente las imágenes digitales. Como resultado, los doctores Bosnios, pudieron aplicar el conocimiento de los expertos Suecos y ejecutar satisfactoriamente la complicada cirugía.

### 6.9.2 Escenario del problema

El Sistema de Salud en México ha concentrado los principales servicios en la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, los principales centros hospitalarios de nuestro país se encuentran en la Cd. de México. Una gran cantidad de mexicanos anualmente recorren a centros hospitalarios de Estados Unidos para su atención, sin embargo, el resto del país se ve privado buenos hospitales, incluso en ciudades importantes, no digamos en las zonas rurales donde los servicios de salud son escasos o prácticamente inexistentes.

Acercar los servicios de salud a la población debería ser una tarea prioritaria de todo gobierno, sin embargo, crear los cuadros de especialistas que requiere el país, construir la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de servicios resulta una labor imposible de cumplir a corto plazo por la gran cantidad de recursos que ésta demanda.

La presente propuesta pretende generar una alternativa que permita "llevar" los servicios de salud a las comunidades más importantes, partiendo de un esquema inicial de cobertura de las principales veinte ciudades de la República, de tal manera que se generen varios niveles de cobertura de servicio, hasta llegar a cubrir los principales poblados que cuenten con un centro comunitario de salud y que además posean al menos cobertura de servicio telefónico.

A manera de identificar la cobertura del servicio se determinará primero el punto de recepción de señales de acuerdo a un esquema de clasificación determinado por el rol que cada institución lleve a cabo dentro de la red de telemedicina.

Con base en las premisas anteriores definimos los siguientes tipos de nodos :

- **Nodos tipo 1** . Instituciones de salud donde se localizan los especialistas y son generadores de información (respuestas) Dentro de este tipo de nodos encontraremos institutos de investigación, universidades, centros de especialidades y grandes hospitales públicos y privados.
- **Nodos tipo 2** . Principalmente instituciones de salud, centros hospitalarios donde se localicen especialistas y pacientes, desde este tipo de nodos se espera se generen consultas hacia los nodos tipos 1, pero también se podrá ofrecer asistencia de los especialistas principalmente hacia los nodos tipo 2, 3 y 4, pero no se descarta la comunicación hacia arriba, es decir hacia los nodos tipo 1, aunque en menor grado. En este tipo de nodos se ubicarán los hospitales generales estatales y nacionales.
- **Nodos tipo 3** . Instituciones donde fundamentalmente se concentren pacientes y médicos con un menor nivel de especialidad. Desde este tipo de nodos se generarán consultas. Dentro de los nodos de este tipo encontraremos hospitales regionales, hospitales y clínicas municipales.
- **Nodos tipo 4** . Es el nodo más pequeño y corresponderá a centros comunitarios de salud, pequeñas clínicas de asistencia a los que acudirán las personas de las comunidades más apartadas de las ciudades. Dentro de este tipo de nodos ubicaremos centros comunitarios de salud, clínicas rurales y pequeños consultorios.

Es importante dejar claro que el objetivo principal de la red de telemedicina es acercar los servicios de salud a la población, y al mismo tiempo servirá para propiciar la educación continua del personal médico tanto del local como el ubicado en los centros tipo 3 y 4. Esta red deberá proveer la infraestructura para la implementación de una red nacional de salud y la creación de sistemas expertos mediante un sistema de bases de datos nacional que integren la información de especialidades para la creación de una gran base de datos nacional, que permita la identificación de los cuadros patológicos recurrentes de acuerdo a la región, edad, sexo, etc. y generar políticas de prevención en salud, planes de asistencia médica integral y con ello planear mejor los planes gubernamentales de asistencia a la población.

### 6.9.3 Visión del problema y de la solución del mismo

Una de las aplicaciones donde se ve involucrado el video como medio principal es la telemedicina, en este tipo de servicio está implícita una red multimedia, la cual deberá poseer la flexibilidad para crecer no solamente en número de nodos, sino también en volumen de información y servicios, por lo que la red de comunicaciones sobre la que esté montada deberá tener una gran capacidad para mover grandes volúmenes de información y además garantizar una buena calidad en las imágenes que se reciban entre nodos, en las que se pueda distinguir sin posibilidad de confusión, las características requeridas de una imagen médica para la realización de un diagnóstico preciso, de cualquier enfermedad sin importar el tipo de especialidad para el que se destine este servicio. Adicionalmente a las mejoras en el intercambio de información médica, la telemedicina reduce los costos de la atención médica tanto para el paciente como para las instituciones, mejorando la atención e incrementando la certeza y confiabilidad de su tratamiento.

Es mandatorio que cualquier alternativa de solución que se plantee deberá satisfacer las necesidades especiales que demanda la aplicación, tales como :

- Aplicación dependiente de la calidad de servicio QoS. Los intercambios de información requieren niveles variables de la calidad del video, es decir, diferentes anchos de banda y diferentes requerimientos de calidad de servicio. La solución deberá manejar estas restricciones a manera de que pueda soportar tráfico multimedia existente, además de comunicación de datos y de voz. Se deberá proveer de un sistema que pueda manejar una alta capacidad de almacenamiento de imágenes médicas tales como imágenes de resonancia magnética (MRI), Tomografías computarizadas (CAT), Tomografías por emisión de positrones (PET), imágenes de dispositivos de medicina nuclear y estaciones de revisión.
- La solución que se proponga deberá también proveer de flexibilidad para interconexión local y WAN y una comunicación multi-site simultánea. Adicionalmente, debido a su carácter pedagógico que se le pretende dar y de intercambio de información, la solución deberá permitir transmisiones tipo conferencia, desde donde se pueda observar, ya sea en tiempo real o en contenido pregrabado, el contenido de video, el cual podrá proveerse en demanda o por programación de acuerdo los planes establecidos para ese fin y transmitirse en un salón de clase. La información almacenada o la señal generada en tiempo real deberá normarse y administrarse por medio de un departamento designado para ese fin.
- La solución deberá preservar la inversión actual y no deberá impactar negativamente servicios existentes, además de hacer consideraciones de migración a futuro a nuevos servicios más eficientes.
- El sistema deberá ser capaz de liberar señales de video de alta definición, esenciales para la observación de procedimientos quirúrgicos, imágenes generadas con equipos de rayos -X, y similares, además deberá poseer una alta calidad de imágenes, suficiente para diagnóstico de enfermedades de la piel, cirugía reconstructiva, microcirugía o de otro tipo que demanden alta calidad de la señal.

### 6.9.4 Propuesta de solución

De acuerdo a la visión del problema y a los requerimientos mencionados con anterioridad, y tomando en consideración principalmente que el tipo de señales que se requieren transportar son principalmente señales multimedia, se determinó la implementación de un diseño de red basado en una arquitectura a base de conmutación de celdas, soportada por un backbone ATM de alta capacidad que asegure el movimiento de grandes volúmenes de información. Desde el backbone



ATM se podrá distribuir las señales hacia switches ATM más pequeños los cuales fungirán como los puntos de acceso a la red de banda base. El suministro de la fuente de información se realizará mediante cámaras de alta calidad y micrófonos conectados a dispositivos que permitan codificar diversas fuentes de información, al mismo tiempo que comprimen las señales para su transmisión.

Siguiendo el esquema del requerimiento, en los nodos tipo 1 se podrá distribuir la señal tanto hacia la red exterior como a la red interior de cada nodo por medio de una infraestructura de red local. En la figura 6.27 se esquematiza el diagrama general de la solución global donde se conectan nodos tipo 1, nodos tipo 2 y nodos tipo 3. En el diagrama de referencia se muestra el esquema jerárquico donde los nodos tipo 1 forman el backbone de la red y el tráfico generado en los nodos inferiores "sube" hacia el backbone.

En todos los nodos de la red existirán switches de acceso, los cuales se encargarán de recibir las señales de audio, datos y video en celdas ATM que serán enrutadas y transportadas por la red hacia el nodo especificado, según sea requerido, y que podrán ser de un nodo tipo 2 y 3 (o incluso tipo 1) los equipos de acceso del nodo destino convertirán las celdas ATM de nuevo en señales de banda base utilizables por el usuario final el cual por medio de convertidores de interface podrá proyectar las imágenes directamente en los monitores de las computadoras o en equipos de televisión para su difusión.

Las interfases entre las señales de la aplicación multimedia y los switches son manejados por dispositivos que permiten manejo de video interactivo, estos módulos efectúan funciones de coder/decoder utilizando alguna técnica de compresión como MPEG-2, MPEG-1, H.320. Para el caso de la aplicación se utilizará MPEG-2, que garantiza el nivel de imagen requerido.

Más adelante se verá que se incluyen otros equipos adicionales a los señalados, que enriquecen las posibilidades de la red, tales como dispositivos de multicast y de almacenamiento, que cubren los requerimientos de entrenamiento .

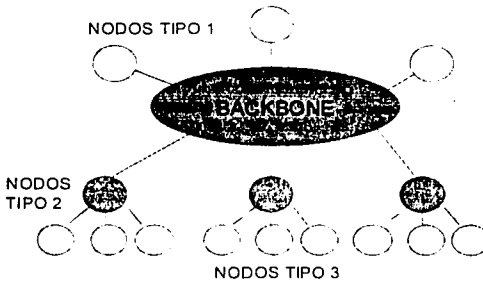


Figura 6.27 Topología general de la red

En la fig. 6.28 se muestra la cobertura de la red donde además se aprecia la topología real y la integración de los nodos secundarios hacia el backbone formado por los nodos tipo 1. Como puede observarse en la figura, la distribución propuesta contempla la inclusión de las tres ciudades más importantes del país, las cuales forman el backbone de la red por medio de los switches principales a los que se conectan regionales tipo 2. En una fase posterior se podrían conectar a estos últimos los nodos tipo 3, de acuerdo al mapa de cobertura inicial siguiendo el mismo esquema de interconexión utilizado para la conexión de los nodos tipo 1 y 2.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 6. 28 Cobertura de la red propuesta

6.9.5 La solución

Implementar una red de video que interconecte los hospitales catalogados como tipo 1 con aquellos definidos como tipo 2 y dejando preparada la infraestructura para interconectar a estos últimos los hospitales tipo 3, sobre una red ATM, misma que les habrá de proveer de señales de video en tiempo real, así como de la reproducción de video almacenado con una calidad lo suficientemente buena para que por medio de monitores se puedan apreciar los detalles requeridos por un médico para que pueda hacer un diagnóstico inequívoco de cualquier patología sin importar el tipo de especialidad médica de que se trate.

Para la realización de esta red se seleccionó equipo FVC.COM principalmente por poseer una plataforma muy amplia de equipos para soluciones de video, por operar de acuerdo a los principales estándares de la industria y tener las mejores características para la transmisión de video de alta calidad.

La solución técnica

Como se indicó antes el diseño de la red se basa en equipo FVC.COM y switches ATM de IBM. Para explicar los elementos de la red y como se interconectan éstos empezaremos por revisar los componentes de la red, los cuales se emplearan en la implementación y se especificarán en cada nodo :

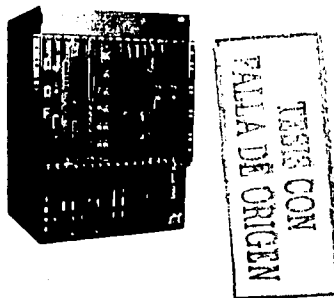


Fig. 6.29 Switch ATM-IBM Modelo 8265

Switches IBM Nways 8265

Para la construcción del backbone ATM se instalarán switches ATM IBM Nways modelo 8265 el cual está diseñado con una arquitectura abierta y enfocado específicamente para el manejo de requerimientos de backbone por su alta capacidad de switcheo.

Switches IBM Nways 8285

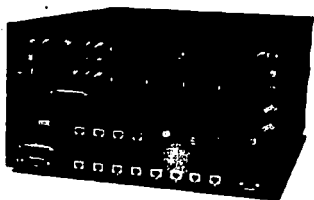


Figura 6.30 Switch de acceso IBM 8285

En cada uno de los nodos principales se instalarán como switches los equipos IBM Nways modelo 8285, ya que se trata de un switch de capacidad adecuada, soporta todos los tipos de AAL, además de manejar CBR, VBR, UBR y ABR. Con una latencia de 30 ms estable a cualquier carga, es un equipo excelente para manejo de aplicaciones en tiempo real. Permite la distribución de relojes y maneja 2000 conexiones bidireccionales por puerto de interfase.

Maneja señalización concurrente UNI 3.0/3.1 y conversión entre 3.0 y 3.1. Soporta SVC así como conexiones multipunto, PVC

Maneja auto-topología, cálculo de rutas dinámicas y trayectorias paralelas, jerarquías de grupos para configuración de redes grandes y complejas.

Tuning en rutas virtuales permanentes para servicios conmutados sobre PVCs. Asignación de VP por QoS, para separación de tipos de tráfico sobre una sola interfase física, sobre diferentes VPs con diferentes QoS.

Interfase de 25.6 Mbps en el modelo base o en módulo de expansión, módulo TAXI de 4 puertos, módulo Flex ATM de 2 puertos de 155 Mbps (SMF,MMF, UTP/STP). Abierto para adiciones de velocidades ATM bajas para conexiones WAN.

Módulo V-Cache

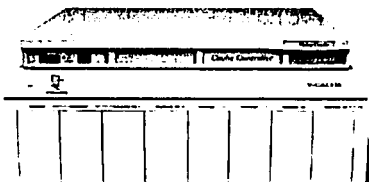


Figura 6.31 Módulo V-Cache de FVC.COM

El FVC.COM V-cache es un módulo que permite el acceso a video almacenado con capacidad de hacer multicast del video para una solución tipo video en demanda. Utilizando QoS sobre el backbone de la red, este modulo de video streaming provee de servicios compartidos de alta velocidad tanto para clientes ATM como Ethernet "atachados" a IP.

El módulo V-Cache forma el cimiento de un repositorio centralizado de conocimiento basado en video cuyo contenido es accesible en el momento

preciso, sobre la base de una intranet corporativa, un backbone tipo campus o NGL. Este módulo es particularmente bien empleado en aplicaciones de video en demanda tales como las que se requieren de entrenamiento dentro de la red de Telemedicina.

El contenido de los módulos V-Cache pueden ser convenientemente administrados y accedidos utilizando una página Web de administración, como centro de la solución DVS (Distributed Video

TESIS CON FALLA DE CALIBRACION

System). Una solución DVS podría soportar hasta dos mil usuarios simultáneos y hasta cuatro mil horas de contenido de video almacenado.

El módulo se conecta directamente al backbone ATM con una tarjeta de interfase OC-3 a 155 Mbps. Las configuraciones internas de los módulos individuales V-Cache soportan hasta 500 horas de video. El V-cache serie 7XXX utiliza disk arrays para habilitar una tolerancia a fallas de alto nivel y disponibilidad del sistema.

El módulo V-Caché es fácil de integrar dentro de un ambiente de video existente ya que aparece como otro drive de la red bajo ambiente Windows. Cualquier reproductor estándar de medio puede ser utilizado en una PC cliente para permitir la reproducción de la información de video.

#### V-Caster

El Módulo V-Caster permite el video en broadcast en vivo a través de una red. El V-Caster se conecta directamente al backbone de la red soportando QoS a fin de liberar video de alta calidad en multicast tanto para clientes ATM como IP.

El Módulo V-Caster se conecta directamente a un backbone de red ATM por medio de una tarjeta UTP de 25 Mbps, emplea un software del mismo fabricante llamado MOS para interfasear los trenes de video a la QoS de ATM. Este producto soporta formatos de video de baja velocidad y de muy alto performance.

Soporta formatos tanto PAL como NTSC. También se emplea como grabadora de video, facilitando la grabación de conferencias en el módulo V-Cache para aplicaciones de entrenamiento.

#### VaN (Video Access Network)

El Nodo de acceso de Video (VaN) de FVC.COM provee calidad de video broadcast sobre redes ATM. La solución VaN libera la calidad requerida para aplicaciones avanzadas como la de telemedicina permitiendo que las reuniones de trabajo sean conducidas eficazmente.

El VaN de FVC.COM implementa el estándar H.310 para transporte de video MPEG-2 sobre ATM para soportar aplicaciones que requieren alta calidad de video. Existen otros módulos VaN para operar con calidades menores, utilizando MPEG-1 y H.320, que solo los menciono, pero que no son aplicables a la solución propuesta.

El VaN soporta el software Video locator de FVC, el cual permite a los usuarios manejar y programar las llamadas a través de una interfase basada en web.

El Video Locator provee administración de llamadas para videoconferencia por medio de múltiples estándares en la misma red, incluyendo H.310, H.320, H.323. El VaN posee capacidades de multipunto para soportar hasta cuatro conferencias multipunto utilizando un solo encoder y múltiples decoders. También soporta video en demanda utilizando el módulo V-Cache y multicast utilizando el V-Caster. El VaN está disponible como una unidad totalmente integrada de sistema roll-about con gabinete carretilla, cámara, micrófonos y periféricos necesarios, o como una unidad de codec solamente.

Se conecta al switch por medio de una tarjeta de interfase a 25 Mbps o 155 Mbps

#### V-NIC

Para las estaciones que deberán conectarse a la red se requiere tarjetas adaptadoras. Las tarjetas de FVC están basadas en procesadores RISC a 25 Mbps, específicamente diseñadas para implementar video en red. La V-NIC esta equipada con un conector MVIP, el estándar de la industria que significa que el equipo es para conectar video en conferencia.

#### La solución operativa administrativa

Adicionalmente a la solución técnica, deberá existir una solución administrativo/operativa misma que deberá establecer los procedimientos operativos, que rijan la operación, los responsables y la

forma en que se habrán de organizar los nodos para establecer la organización necesaria para la explotación de la red.  
En esta propuesta no se cubren estos aspectos.

Descripción de la propuesta

Los diagramas de la red se muestran en las páginas siguientes y en los mismos se puede apreciar los diversos componentes de la red que se sugieren en cada nodo de acuerdo a las necesidades contempladas en el requerimiento inicial.

En la figura 6.32 se muestra el detalle de los nodos principales, donde se puede observar la arquitectura LAN en la que se integran todos los equipos y su interconexión hacia el switch de backbone.

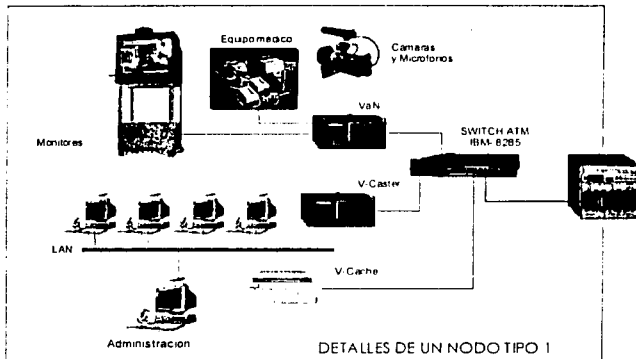


Figura 6.32 Detalle del nodo tipo 1

En la figura 6.33 se muestra el detalle de los nodos remotos. Obsérvese que en estos últimos no se está contemplando la inclusión de una red local, ni de los equipos de streaming y de almacenamiento de contenido. Sin embargo la inclusión del switch deja preparada la plataforma para un crecimiento posterior que podría incluir estos servicios.

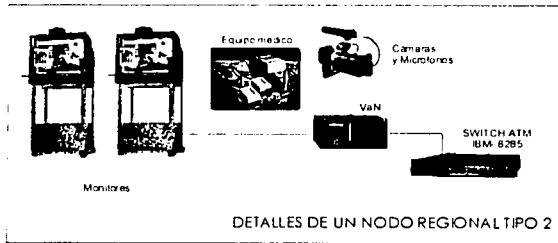


Figura 6.33 Detalle de un nodo tipo 2

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la figura 6.34 puede observarse el diagrama de la red en la parte correspondiente al backbone y los tres nodos principales. El backbone que se está proponiendo se construye con switches IBM-8265 interconectados por medio de canales E-3 si bien el crecimiento de estos canales es factible ya que estos switches pueden conectarse por medio de canales OC-3, la capacidad propuesta es suficiente para el tráfico que podrían generar los nodos regionales. Obsérvese que del backbone se esquematizan las conexiones hacia los nodos tipo 2.

Adicionalmente se está proponiendo una administración "distribuida" en los nodos Tipo 1 misma que también controlaría el uso de recursos de almacenamiento del V-Cache y V-caster.

A nivel local para la interconexión de los nodos Tipo 1 al backbone se propone el uso de interface óptica, o bien UTP, a 155 Mbps.

En la figura 6.35 se muestra la parte complementaria de la red. En este diagrama se puede observar el detalle de la interconexión de los nodos regionales hacia el backbone, el cual se realiza por medio de canales E3 (dónde lo permita la infraestructura) o NXE1 donde la infraestructura pudiera ser deficiente.

Cada nodo contará con una unidad VaN misma que manejará los recursos básicos a la red por medio de un switch de acceso. De igual manera que en los nodos tipo 1 la infraestructura posee capacidad de crecimiento.

#### El equipo adicional

Los equipos de video como cámaras y micrófonos pueden ser adquiridos como unidades completas tipo set, incluso equipos médicos con cámaras y dispositivos especiales para la generación de imagenes médicas para su transmisión directa y equipos altamente especializados y especialmente diseñados para telemedicina como ECG, oftalmoscopios, otoscopios, etc..

#### Detalle del equipamiento utilizado

El equipamiento sugerido contempla exclusivamente el que se señala en los diagramas de las figuras 6.34 y 6.35 y corresponde exclusivamente al equipo de línea. Este equipo es el que se muestra en la tabla siguiente :

##### 3 NODOS TIPO 1

ARTICULO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
1	3	ATM SWITCH BACKBONE	IBM	8265
2	3	ATM SWITCH DE ACCESO	IBM	8265
3	3	VaN	FVC	
4	3	Vcaster	FVC	
5	3	V Cache	FVC	
6	30	Tarjetas V-Nic ATM	FVC	
7	3	Estaciones de administración	Compag	
8	3	Cámara de video	Sony	
9	3	Cámara General	AMD	
10	3	Simuloscopio	AMD	
11	3	E.CG para PC	AMD	
12	3	Dermoscopio	AMD	
13	3	ENT/Otoscopio	AMD	
14	3	Oftalmoscopio	AMD	
15	6	Monitores 29"	Sony	

##### 12 NODOS TIPO 2

ARTICULO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
1	12	ATM SWITCH DE ACCESO	IBM	8265
2	12	VaN	FVC	
3	12	Cámara de video	Sony	
4	12	Cámara General	AMD	
5	12	Simuloscopio	AMD	
6	12	E.CG para PC	AMD	
7	12	Dermoscopio	AMD	
8	12	ENT/Otoscopio	AMD	
9	12	Oftalmoscopio	AMD	
10	24	Monitores 29"	Sony	

TESIS CON  
 CITA DE ORIGEN

Con el fin de garantizar una alta disponibilidad de los servicios es necesario considerar equipo de respaldo que garantice la continuidad operativa. En este caso se sugiere la inclusión del siguiente equipo de respaldo :

## EQUIPO DE RESPALDO SUGERIDO

ARTICULO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
1	1	ATM SWITCH B	IBM	8265
2	2	ATM SWITCH D	IBM	8285
3	2	VaN	FVC	
4	1	Vcaster	FVC	
5	1	V Cache	FVC	
6	3	Tarjetas V-Nic A	FVC	
7	1	Estaciones de ad	Compaq	
8	2	Cámara de video	Sony	
9	2	Cámara General	AMD	
10	2	Simulscopio	AMD	
11	2	ECG para PC	AMD	
12	2	Dermoscopio	AMD	
13	2	ENT/Otoscopio	AMD	
14	2	Oftalmoscopio	AMD	
15	3	Monitores 29"	Sony	

Es conveniente resaltar que los equipos médicos sugeridos son solamente a manera de ejemplificar algunos de los existentes en el mercado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

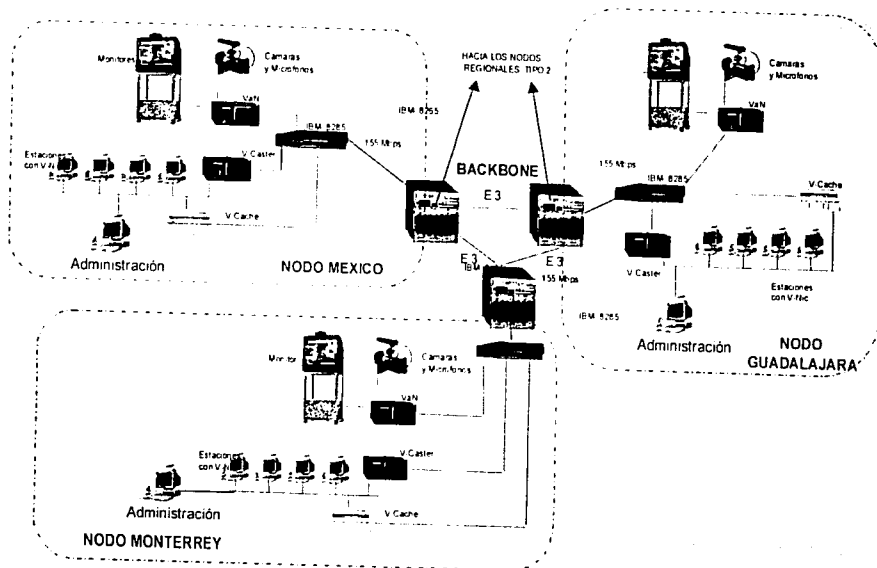


Figura 6.34 DIAGRAMA PARCIAL DE LA RED (Nodos principales)





## Conclusiones y Recomendaciones

El mercado del video con el surgimiento de la televisión digital y nuevas y mejores técnicas de compresión, ha permitido el surgimiento de mayores expectativas para aplicaciones novedosas. La industria del video ha dejado de ser únicamente televisión desde el concepto tradicional de ésta última, para convertirse en una forma de información, nueva, versátil, plena de capacidades para aplicaciones anteriormente imposibles de implementar. El surgimiento de tecnologías como la realidad virtual, las aplicaciones multimedia y otras todavía en fase experimental como la telepresencia, han abierto la caja de posibilidades para el desarrollo de nuevas aplicaciones que conjuntamente con las nuevas redes de banda ancha, permiten pensar, verdaderamente en la sociedad informatizada de la que tanto se ha hablado.

Los cimientos de las redes del futuro esta en pie, el uso del video digital y de las aplicaciones multimedia crece día con día y la tecnología de este nuevo siglo seguramente nos depara muchas sorpresas. Quien haya tenido la experiencia de observar la alta calidad de las imágenes digitales que ya se empiezan a transmitir por algunos canales comerciales en algunos países, seguramente estará de acuerdo en el enorme potencial que encierra la tecnología del video con posibilidades mayores que las de una simple imagen de alta calidad.

Desarrollar una red de video digital es todavía una tarea complicada que requiere de medios de alta capacidad así como de equipos y tecnologías que garanticen un desempeño adecuado a los altos volúmenes de información necesarios para transmitir video de alta definición.

Diversas son las tecnologías actuales que permiten transportar video digital de alta definición, pero la flexibilidad y el potencial que posee ATM lo sitúa como la tecnología más adecuada para el transporte de este tipo de señales, garantizando calidades de servicio que permiten asegurar un desempeño adecuado de la red que utilice a ATM como su medio de transporte.

La principal limitante ahora es el disponer de medios de alta capacidad a precios accesibles, por lo que la consolidación de tecnologías como ADSL, HFC, FTTH, etc. significarán también el punto de partida para la masificación de las soluciones. Los canales actuales basados en SDH, hacen posible la construcción de redes de video pero a costos todavía muy altos, sin embargo el surgimiento de redes públicas ATM posibilitará el desarrollo de redes corporativas, aunque las soluciones de video de alta definición para el público en general deberán esperar todavía algunos años.

Los conceptos expuestos en el presente trabajo nos muestran que es totalmente factible construir redes eficientes que involucren señales de video, que es totalmente posible diseñar y construir redes multiservicio, por lo que seguramente en el futuro cercano veamos el surgimiento de nuevas aplicaciones que involucren el uso de señales de video y el afianzamiento de las redes multimedia. La carrera de la digitalización del contenido de video deberá promover mucho más que señales de alta calidad, el video digital deberá impulsar aplicaciones con mayor contenido de información como el video interactivo o video en demanda, que aportan una visión totalmente diferente de lo que es la televisión que actualmente recibimos.

Es altamente recomendable el revisar a profundidad las diferentes opciones comerciales en equipamiento a fin de determinar las capacidades requeridas de cada componente de la red a fin de no incurrir en inversiones inútiles sobre opciones que posiblemente no se requieran en la solución final.

El hardware ATM es relativamente más caro que muchas de las opciones existentes, por lo que una buena selección de la marca permitirá negociar un mejor volumen de descuento además de crear una infraestructura homogénea que eliminará posibles incompatibilidades entre marcas o que impida aprovechar al máximo el potencial del hardware instalado.

Es recomendable también que el profesional responsable del diseño de la red valore la disponibilidad de la infraestructura de comunicación necesaria en el diseño de una red, a fin de

garantizar antes de la selección de equipos la existencia de los medios de interconexión. Aunque la infraestructura de telecomunicaciones ha crecido en nuestro país a más del doble en los últimos nueve años todavía hay muchas localidades donde no se cuenta con canales digitales de alta capacidad.

### Imágenes para el futuro

Las tecnologías presentes y futuras relacionadas con las telecomunicaciones nos inducen a pensar de una manera diferente a como lo hemos hecho en el pasado. Los avances en tecnologías digitales y en transmisiones por fibras ópticas permiten hablar ahora de velocidades de transmisión y de conmutación menores de una mil millonésima de segundo.

Cada vez hay una conectividad mayor entre los usuarios de una red de telecomunicaciones y también mayor posibilidad de que las diferentes redes sean interconectadas entre sí, por lo cual es posible que en un futuro sea suficiente el estar conectado y tener acceso a una sola red para poder disfrutar de todos los servicios que se ofrezcan al público por medio de cualquier otra red.

Las comunicaciones entre personas tienden a hacerse cada día más independientes del lugar donde se encuentran las mismas, con lo cual se nota una tendencia hacia accesos inalámbricos (y por tanto, móviles o al menos portátiles), hacia las redes que ofrecen la posibilidad de obtener todos los servicios por un medio común. Probablemente seguirán proliferando estos sistemas con accesos que den al usuario cada día una mayor flexibilidad con movilidad.

Las redes de telecomunicaciones tienden a ser redes de "autopistas" de información digital de altas capacidades, y la fuente de información, así como el servicio que se preste, son irrelevantes para la operación de las mismas.

Para una red no hay diferencia entre el transporte de datos correspondientes a voz, datos o imágenes, textos, archivos provenientes de una computadora, o provenientes de otros tipos de fuentes. En el futuro, las redes efectivamente serán redes de transporte inteligente de bits, a velocidades de muchos millones de bits por segundo. Al ser digital el transporte de información, la calidad que podrá ser disfrutada en cada uno de los servicios será muy alta.

La televisión digital es sin duda la televisión del futuro, sin embargo, los desarrollos en esta tecnología se han enfocado hacia aplicar la digitalización de las imágenes para solucionar "problemas analógicos" relacionados con calidad de imagen, resolución de cuadro, forma de la pantalla, etc. La televisión digital por sí sola mejora la imagen y las posibilidades de manipular las señales sin deterioro de ésta.

La clave para el futuro de la televisión es dejar de pensar en ella como la televisión tradicional, ya que el mayor beneficio se logrará si la consideramos en término de bits, recordemos que los bits de datos y los bits de voz son exactamente iguales a los bits de video, ya que finalmente los bits son bits.

¿Qué podría resultar más interesante para el espectador?, mirar un partido de béisbol con la perspectiva que ofrece un asiento cualquiera de la tribuna seleccionable por él, o incluso dentro del campo de juego, consultando información adicional en línea, tales como estadísticas de cada jugador, etc., cuestiones factibles a través del manejo digital de la señales, o en contraposición con la propuesta de ver ese mismo juego con una mayor definición que la actual, aun cuando ésta sea casi como mirar a través de una ventana.

Los sistemas actuales, y los fabricantes de equipos de video todavía continúan pensando que la digitalización de las señales de video deberá servir exclusivamente para lograr la alta definición, pero debemos tener presente que los sistemas digitales pueden crecer y cambiar en forma continua.

La digitalización de las señales de video es la opción para independizarse de patrones rígidos, la resolución es importante, no cabe duda, pero es más interesante aprovechar las bondades de la digitalización para construir un sistema graduable, y no uno que esté atado a una cantidad de líneas de exploración como los sistemas actuales lo proponen.

Con el tiempo la diferencia entre televisión y computación se limitará más a características accesorias y al lugar dentro del hogar que se le haya asignado al equipo, por el momento la opción

de televisión con computadora ha ganado bastante terreno a la computadora con televisión, sin embargo, los expertos opinan que la televisión del futuro en realidad será la PC y aún más, hay quienes afirman que en un futuro no muy lejano no se fabricarán más televisores y lo que habrá serán computadoras con grandes cantidades de memoria y también con gran capacidad de procesamiento.

Cuando se deje de pensar en la televisión digital como un mero asunto de alta definición, se convertirá en un medio verdaderamente diferente, será cuando veamos muchísimas aplicaciones creativas e interesantes.

La computadora está teniendo cada vez más capacidad para manejar video y actualmente se le emplea ya en aplicaciones como videoconferencias, para procesar, reproducir y editar video en forma de datos, publicaciones multimedia, simulación, videojuegos, todo a un paso tan acelerado que frente al lento desarrollo de la televisión convencional se vislumbra claramente como la gran ganadora en la carrera tecnológica.

### El futuro de las redes de transporte

Los avances en tecnologías digitales y en transmisiones por fibras ópticas permiten hablar ahora de muy altas velocidades de transmisión, en realidad hay que pensar en la fibra óptica como en un medio de capacidad casi infinita, limitada solamente por la electrónica que genera y recibe las señales.

El video de alta calidad es una aplicación que demanda altos anchos de banda, la fibra óptica es el medio ideal para cubrir esta necesidades pero incluso técnicas como la ADSL permiten manejar video de muy buena calidad sobre pares de cobre.

Pero la herencia de los medios específicos de cada servicio nos ha llenado de cables para hacer llegar cada servicio a los hogares u oficinas, la voz por pares de cobre, el video por cables coaxiales y los datos por canales de radio, líneas de cobre o fibra. ¿Porque seguir conviviendo con redes de alambres ineficientemente utilizados?, ¿Porqué no aprovechar el mismo canal para que a través de él se reutilicen los medios de acuerdo a la variación de necesidades? El surgimiento de tecnologías como ISDN han sido formas de tratar de aprovechar los medios al máximo integrando todos los servicios por un medio común. Pero debemos reconocer, que todas las redes anteriores a ATM se diseñaron teniendo en mente como transportar servicios de voz, ya que fueron las telefónicas quienes auspiciaron el desarrollo de éstas, pero la digitalización de los servicios cambió de pronto el paradigma, los datos llenaron el medio y se requirieron nuevas formas para manejar los bits de información.

ATM se constituye como la tecnología del futuro, sus características de operación la convirtieron en la solución más adecuada para integrar datos del tipo que sean, independientemente de la fuente que los genera, garantizando un transporte eficiente, aún con aplicaciones tan difíciles de manejar como aquellas de tiempo real como la voz o el video.

El desarrollo de esta tecnología apoyada por grandes fabricantes de equipo la han convertido en el medio más adecuado para el transporte de video. Aplicaciones como la tele-educación, la telemedicina, las telecompras, etc la confirman como la mejor opción para el armado de las redes que permitan manejar estas señales eficientemente.



## Glosario de Términos

### 1-bit color

El número más bajo de colores por pixel en que un archivo de gráficas puede ser almacenado. En un bit de color cada pixel es ya sea blanco o negro.

### 8-bit color/escala de grises

En 8 bits de color, cada pixel tiene 8 bits asignados a él, proveyendo 256 colores o sombras de gris, como en una imagen en escala de grises.

### 24-bit color

En 24 bits de color, cada pixel tiene 24 bits asignados para él, representando 16.7 millones de colores. 8 bits o un byte se asignan a cada componente roja, verde y azul de un pixel.

### Algoritmo

Proceso específico en un programa de cómputo utilizado para resolver un problema particular

### Aliasing

Un efecto causado por el muestreo de una imagen (o señal) a muy baja velocidad. Las áreas de un cambio rápido (alta textura) aparecen como de cambio lento en el muestreo de la imagen. Una vez que el aliasing ocurre, no hay manera segura de reproducir la imagen original de la imagen muestreada.

### Anti-aliasing

El proceso de reducir los pasos escalonados por alisado de los lados donde los pixeles individuales son visibles

### Aplicación

Un software de computadora diseñado para cumplir una necesidad específica

### Artifact

Una degradación indeseable de una imagen electrónica. Usualmente ocurre durante la captura electrónica, manipulación o salida de una imagen.

### ABR (Available Bit Rate)

ABR es una capa de categoría de servicio ATM para la que las características de la capa de transferencia ATM provistas por la red podrían cambiar subsiguiente al establecimiento de una conexión. Un mecanismo de control de flujo es especificado, el cual soporta varios tipos de retroalimentación para controlar la velocidad de la fuente en respuesta a las cambiantes características de transferencia de la capa ATM. Es de esperarse que un sistema terminal que adapta su tráfico de acuerdo con la retroalimentación experimentará una baja pérdida de celdas y obtiene una buena compartición del ancho de banda disponible de acuerdo a una política de especificación de la red.

### ACR (Allowed Cell Rate)

Un parámetro de servicio ABR. ACR es la velocidad en celdas /seg. En la que a una fuente se le permite enviar.

### Address Prefix

Un string de 0 o más bits hasta un máximo de 152 que es la porción que lleva una o más direcciones ATM.

### ANSI (American National Standards Institute)

Un cuerpo de estándares Estadounidense

### AAL (ATM Adaptation Layer)

Una AAL define como son encapsulados los datos en las celdas y como son reconstruidos en el otro extremo. Existen cuatro AAL's definidas actualmente. AAL1 es utilizada para manejar servicios de datos con necesidades de tiempo real, tal como la voz. La AAL2 es utilizada para servicios que requieren soporte de tiempo real pero con velocidades variables, tal como el video comprimido para HDTV. AAL2 no es un estándar aprobado. AAL 3/4 y AAL5 están enfocadas al servicio de datos. AAL5 es un protocolo de bajo overhead bien empleado para servicios LAN o manejo de video.

**AES** (Audio Engineering Society.)

**AMI** (Alternate Mark Inversion)  
El estándar para el formato de señal T1.

**ARP** (Address Resolution Protocol)  
Un protocolo de TCP/IP utilizado para resolver el direccionamiento de las redes locales por mapeo de una dirección física a una dirección IP.

**ATM** (Asynchronous Transfer Mode )  
Tecnología de redes basada en celdas de longitud fija que permite la integración de voz, datos y servicios de video tanto sobre redes LAN como WAN. ATM provee una manera de enlazar una gran cantidad de dispositivos, desde teléfonos hasta computadoras utilizando una red homogénea. Remueve la distinción entre redes locales y de area amplia, integrándolas en una sola red.

**ATM Layer**  
La segunda capa de la pila de protocolos ATM que construye y procesa celdas ATM . Sus funciones tambien incluyen Control de parametros de uso (UPC) y soporte de clases de Calidad de servicio (QoS)

**ATM Loop**  
Flujo de datos desde una entrada ATM a una salida ATM.

**ATM-SAP**  
Punto de acceso de servicio ATM. La interfase física en la frontera entre la AAL y la capa ATM. Ver también : SAP.PHY-SAP

**Atenuación**  
El decremento en amplitud de una señal durante su transmisión.

**Bit**  
Un dígito binario, cantidad digital fundamental que representa ya sea un 1 o un 0 (on u off)

**Bitmap**  
Una imagen hecha de puntos o píxeles. Se refiere a una imagen rastreada, la cual consiste de filas o píxeles en vez de coordenadas de vectores.

**Brillantez**  
El valor de un píxel en una imagen electrónica, representando su valor de iluminación de negro a blanco. Usualmente se define como niveles de brillantez del valor 0 (negro) a 255 (blanco)

**Buffer**  
Una área especial establecida ya sea en hardware o software de uso temporal. Usualmente el buffer más grande permite que la computadora procese mas rapido otros datos

**B-ICI SAAL - B-ICI Señalización de la capa de adaptación ATM**  
Una capa de señalización que permite la transferencia de la señalización de control de la conexión y asegura una liberación confiable del mensaje de protocolo. La SAAL está dividida en un aparte de servicio específico y una parte común (AAL5)

**BECN - (Backward Explicit Congestion Notification)**  
Un tipo de celda de administración de recurso (RM) generada por la red o el destino, indicando congestión o un acercamiento a congestión para el flujo de tráfico en la dirección opuesta a la celda BECN.

**BER (Bit Error Rate)**  
Una medida de la calidad de la transmisión. Generalmente se muestra como un exponente negativo, (por ejemplo  $10^{-7}$ , que significa 1 bit de  $10^7$  estara erroneo).

**BHLI (Broadband High Layer Information)**  
Este es un elemento de información Q.2931 que identifica una aplicación ( o protocolo de la capa de sesión de una aplicación).

**BOM (Beginning of Message)**  
Un indicador contenido en la primera celda de un paquete ATM segmentado.

**BT (Burst Tolerance)**

**BT** aplica a conexiones ATM soportando servicios VBR y es el parámetro límite de GCRA.

**BW (Bandwidth)**

Una medida numérica del tráfico que puede soportar un medio.

**Backup**

El proceso de salvar periódicamente el contenido de una base de datos a disco, cinta magnética u otros medios. Si el sistema falla, el respaldo puede ser utilizado para restablecer los archivos.

**Banda base**

Una transmisión donde las señales digitales son puestas en la línea de transmisión, sin modulación ni utilizando el ancho de banda completo del canal.

**Bandwidth (Ancho de banda)**

Una medida de capacidad, usualmente la capacidad de una línea de comunicación para transmitir voz, datos, video o imágenes a través de una red. El Ancho de banda es expresado usualmente en bits por segundo (bps), miles de bits por segundo (Kbps), millones de bits por segundo (Mbps) o miles de millones de bits por segundo (Gbps).

**Broadband (Banda ancha)**

Un servicio o sistema que requiere canales de transmisión capaces de soportar velocidades mayores que las de la ISDN, en su interfase primaria. La banda ancha es ideal para transmitir datos, voz y video sobre largas distancias utilizando transmisión de alta frecuencia sobre cable coaxial o fibra óptica.

**BISDN (Broadband Integrated Services Digital Network)**

Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha. Generalmente se refiere a accesos ATM a más de 100 Mbps.

**Bit**

Dígito binario. La unidad más pequeña de información en un sistema de notación binaria.

**BNC (Bayonet Neill-Concelman)**

Conector de Bayoneta de Neill-Concelman (BNC). Llamado así por su inventor. Un tipo de conector de cable coaxial utilizado para datos, video y DS-3.

**Bps (Bits por segundo)**

Una medida de la velocidad de transmisión de los datos. Indica el número de bits que viajan a través de un canal de comunicaciones cada segundo.

**Broadcast**

Transmisión de señales sobre un medio con un destino "amplio" hacia todos los nodos de la red y en donde todos los nodos pueden recibir la señal. Tipo las señales comerciales de TV o radio.

**Browser**

Ver Web Browser

**Bytes**

Un conjunto de dígitos binarios (usualmente ocho) los cuales son procesados juntos como una unidad.

**CD**

La abreviación de compact disc o disco compacto, un medio de plástico codificado con láser diseñado para almacenar una gran cantidad de datos. Una gran variedad de formatos de CD están disponibles para utilizarse por las computadoras.

**CD drive**

Un mecanismo para el manejo de grabaciones o reproducción de CDs. Los tipos más comunes son: CD-ROM, MO (magneto-óptico) y WORM (Write Once, Read Many).

CD-ROM (Compact Disc, Read-Only Memory)

Un CD no re-escribible utilizado por las computadoras como medio de almacenamiento para datos.

**CCD-Charged Coupled Device**

Dispositivo acoplado cargado (CCD) convierte la señal en una corriente eléctrica analógica proporcional. Los dos principales tipos de CCDs son los de arreglos lineales utilizados en los escáners, copiadoras digitales, y rastreadores de gráficas y los de arreglos de área utilizados en cámaras de video, cámaras fotográficas digitales y escáners rápidos.

**Croma**

El color de un elemento de imagen (pixel) la croma se forma de tinte más saturación, pero separado de los valores de luminosidad.



**CMS (Color Matching System) (Color Management System)**

Un programa de software (o una combinación de software y hardware) diseñado para asegurar la coincidencia de color y la calibración entre monitores de video o de computadora y cualquier forma de impresión o copiado

**Corrección de Color**

El proceso de corregir o mejorar el color de una imagen

**Convertidor Analógico a Digital (A/D Converter)**

Un dispositivo que convierte información analógica en una serie de números que una computadora puede almacenar y manipular

**Compresión**

Proceso de reducción de los datos para reducir el tamaño de un archivo para su almacenamiento. La compresión puede ser con pérdidas o sin pérdidas. Una compresión mayor es posible con la compresión con pérdidas que con la sin pérdidas.

**Contraste**

Una medida de la razón de cambio de la brillantez de una imagen.

Un alto contraste implica contenido de negro oscuro y blanco brillante

Un contraste medio implica una buena separación del blanco al negro

Un bajo contraste implica una pequeña dispersión de valores del negro al blanco

**CPU (Central Processing Unit)**

Unidad central de proceso. Computadora o chip donde virtualmente es procesada toda la información.

**CAS (Channel Associated Signaling)**

Una forma de señalización de estado de circuito en la que el estado de circuito está indicado por uno o más bits de estatus de señalización enviados repetitivamente y asociados con aquel circuito específico.

**CCS (Common Channel Signaling)**

Una forma de señalización en la que un grupo de circuitos comparten un canal de señalización.

**CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory)**

Utilizado por una computadora para almacenar grandes cantidades de datos. Utilizado comúnmente para aplicaciones interactivas multimedia

**CDV (Cell Delay Variation)**

CDV es una componente del retardo de transferencia de celdas, inducido por buffering y programado de celdas

**CDVT - Cell Delay Variation Tolerance-** Función de la capa ATM que podría alterar las características del tráfico de las conexiones ATM por la introducción de variación en el retardo de las celdas.

**CBDS (Connectionless Broadband Digital Service)**

Término europeo para SMDS

**CBR (Constant Bit Rate)**

Un término ATM. Velocidad Constante de Bit. Un tipo de tráfico de más alta prioridad que garantiza una velocidad de tráfico sostenida a través de una red. Para tráfico CBR un switch ATM primero observa si hay ancho de banda disponible antes de establecer una conexión

**CC**

Celda de Continuidad. Esta es utilizada periódicamente para checar si una conexión está libre o ha fallado.

**CCITT (Comité Consultatif Internationale de Telegraphique et Telephonique) (or International Telegraph and Telephone Consultative Committee).**

Organismo Internacional para la elaboración de estándares de comunicaciones

**Celda**

La unidad de transferencia dentro de ATM. Una celda tiene una longitud de 53 bytes, con 48 bytes para los datos del usuario, el resto es utilizado para direccionamiento y administración de la información.

**Cell Relay**

Cualquier técnica de transmisión que utilice paquetes de longitud fija. ATM, por ejemplo es una versión de Cell Relay que utiliza celdas de 53 bytes. Otras versiones utilizan celdas de longitud diferente

**CEPT**

Un estándar establecido por la Conferencia de Administraciones de Telecomunicaciones y Correos Europeos para transmisiones digitales de alta velocidad (2048 Mbps). Este estándar también es referido como E1.

**Canal**

Nombre genérico para una ruta de señal en particular

**Cámara Digital**

Un dispositivo que captura una imagen en un CCD de tal forma que pueda ser bajado y manipulado en una computadora. Se le llama también cámara sin película.

**CL**

Vea Circuito sin conexión

**CLI**

Comando de interfase de línea

**Codec**

Codificador- Decodificador o Compresión-Descompresión. En ingeniería de comunicaciones un codec es hardware por medio del cual se codifican audio y video analógico para su transmisión en el sitio de emisión y se decodifica a video y audio analógico en el sitio de recepción. En ingeniería de software un codec es un algoritmo que reduce el desperdicio de bytes consumido por archivos grandes

**Circuito sin conexión**

Modelo de interconexión en el que tiene lugar una comunicación sin que se establezca primero una conexión. Ejemplos de circuitos sin conexión incluye las LAN e Internet.

**Conector**

Un plugo o receptáculo (socket) que permite al unirse con su opuesto una conexión eléctrica o mecánica

**CS (Convergence Sublayer)**

Un término de ATM

**CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)**

Un protocolo de capa física usada en Ethernet.

**CSU (Channel Service Unit)**

Un dispositivo de comunicación digital que conecta a un servicio de transporte externo. El CSU termina la línea externa en el sitio del cliente. También provee diagnóstico y permite pruebas remotas.

**Customer Premise**

Ver: sitio.

**Datos**

El nombre genérico de todo los que entra, sale o se almacena en una computadora o sistema que puede procesarla. Todos los datos deberan estar en formato digital.

**Digital**

Un sistema o dispositivo en el que la información es almacenada o manipulada por impulsos de apagado/encendido, de tal forma que cada pieza de información posea un valor exacto o repetible (código)

**Digitalización**

Proceso de convertir información analógica a formato digital para utilizarse por una computadora.

**Disc**

Término utilizado para describir un medio de almacenamiento óptico (video disc, compact disc, laser disc) en oposición a un sistema de almacenamiento magnético

**Disk**

Término utilizado para describir un medio de almacenamiento magnético (floppy disk, hard disk).

**Dithering**

Un método para simular muchos colores o sombras de gris con solamente unos cuantos. Un número limitado de los mismos píxeles de color, que al colocarse juntos se ven como un nuevo color.

**DPI (Dots Per Inch)**

La medida de resolución de un monitor de video basado en una densidad de puntos. Por ejemplo, muchos monitores poseen una resolución de 72 dpi.

**Data Bit**

Vea: Bit.

**DCE (Data Communication Equipment)**

Equipo de comunicación de datos.

**DEC**

Vea : Decoder.

**Decoder**

Una pieza de equipo que descomprime datos digitales y los convierte de formato digital a analógico.

**DS1 (DS-1) DS1A (DS-1A)**

Señal digital de nivel uno. Un formato de las compañías telefónicas para transmitir información digitalmente. Transmisión de señales a una velocidad de 1.544 Mbps , la cual es equivalente a T1.

**DS3 (DS-3) DS3A (DS-3A)**

Señal digital de nivel tres. Un formato de las compañías telefónicas para transmitir información digitalmente. Transmisión de señales a una velocidad de 44 736 Mbps. Este ancho de banda se divide en sistemas de transporte de 28 T1 para un total de 672 canales de 64 kbps.

**Duplex**

Un método de transmisión en el cual las señales se envían en ambas direcciones. También es referido como Full dúplex.

**Ethernet**

Una arquitectura de red local desarrollada por Xerox, DEC e Intel para la transmisión de datos entre computadoras interconectadas. La velocidad de transmisión es de 10/100 Mbps.

**E1**

Vea. CEPT.

**E3**

Un método para transmitir datos digitalmente. E3 se refiere a la señal que es predominantemente utilizada en el mercado internacional de las telecomunicaciones.

**Edge Switch**

Un término ATM. Un pequeño switch ATM, usualmente localizado en la casa del cliente.

**Emulación de Circuito**

Servicio provisto por switches o ruteadores de acceso para transportar llamadas de voz de un PBX o teléfonos digitales sobre una red ATM

**Ethernet**

Arquitectura de redes de área local (LAN) capaz de transmitir información entre computadoras a velocidades de 10 y 100 Mbps.

**Fiber Optics**

Un sistema óptico que utiliza el vidrio o fibras plásticas como medio de transmisión de la luz.

**File**

Una recopilación de información, tal como texto, datos o imágenes almacenadas en un disco o cinta.

**Far End**

La parte del enlace de telecomunicaciones que recibe datos. El Far End recibe los datos transmitidos por el Near End.

**FDI (Fiber Distributed Data Interface)**

Un protocolo e token passing de ANSI, utilizado con canales de un anillo o múltiples anillos de fibra.

**Frame**

Conjunto de time slots consecutivos dentro de un tren de datos en el que la posición de cada time slot puede ser identificado por una referencia a una señal de framing.

**Full Motion Video**

**Transmisión de video que cambia la imagen 30 cuadros por segundo.**

**Gray Level**

La brillantez de un pixel. El valor asociado con un pixel representando su luminosidad del negro al blanco.

**Gray Scale**

Un término utilizado para describir una imagen conteniendo sombras de gris así como blancos y negros.

**GFC (Generic Flow Control)**

Un término ATM. Un campo de 4 bits dentro del encabezado de la celda ATM, la cual soporta funciones de multiplexaje. Su valor de default es 0000, cuando el protocolo GFC no está forzado. El mecanismo GFC esta dirigido a soportar control de flujo simple en las conexiones ATM

**GOP (Group of Pictures )**

Grupo de Imágenes.

**HDTV (High Definition Television)**

Un nuevo estándar que manejará 1125 líneas de barrido, en el estándar de Estados Unidos, en vez de las tradicionales 525 líneas del estándar NTSC. En Europa y el lejano Oriente varia el número de líneas

**Hue**

Un término utilizado para describir un rango completo de colores del espectro. El hue (tinte) es la componente que determina solo que color esta utilizando. En gradientes, cuando utiliza un modelo de color en el que el hue es un componente, puede crear efectos de arco iris.

**Half Duplex**

Un método de transmisión en el que las señales se envían solamente en una dirección. En audio half duplex solamente un sitio puede escuchar a la vez.

**HDB3 (High Density Bipolar 3rd Order)**

Un método para asegurar que una densidad de unos apropiada es mantenida en las líneas CEPT.

**HEC (Header Error Control)**

El HEC descarta celdas cuando están corruptos los encabezados.

**Host**

El host es un sitio que origina una reservación

**Hub Switch**

Un término ATM. Un switch atm grande, usualmente localizado en la oficina central telefónica.

**IDL (Interactive Distance Learning.)**

**Imagen Digital**

Una imagen compuesta de pixeles

**IP (Internet Protocol)**

Protocolo de la capa de red del suite de protocolos de Internet.

**IP Address (Internet Protocol Address)**

Una dirección de Internet única para un sitio

**ISDN (Integrated Services Digital Network)**

Un conjunto de estándares emergente pero no definido totalmente todavía. Combina tanto voz como servicios digitales en un solo medio

**ISO (International Organization for Standardization.)**

**Isochronous**

Dos vías de transmisión sin retardo. Produce una transmisión transparente o sin marcas de audio y video.

**ITS (Intelligent Transport Service)**

**ITU (International Telecommunication Union.)**

**ITU-TSS (International Telecommunications Union-Telecommunications Standards Sector)**

Un grupo local que se reúne cada cuatro años para publicar

**IVS (Interactive Video Service)**

IVS es el proceso que maneja todas las funciones automatizadas de control de la red. Incluye el control automático de los componentes de la red, tales como switches y controladores de sitio.

**JPEG (Joint Photographic Expert Group)**

Comité que formalizó un estándar de almacenamiento y recuperación para imágenes comprimidas de video utilizando algoritmos específicos.

**LAN (Local Area Network.)**

**LAN Emulation**

Servicio provisto por switches o ruteadores de acceso para transportar tramas LAN convencionales sobre una red ATM.

**Link**

Cualquier conexión física de una red entre dos dispositivos separados, tal como un switch ATM y sus puntos terminales asociados o estación terminal

**Loopback**

Un método utilizado para probar equipo aislándolo de otro equipo al cual pudiera estar normalmente conectado. El método toma la señal de salida del equipo a ser probado y la regresa a sí mismo como una entrada a varios puntos de una tarjeta o circuito. Este método puede ser utilizado para aislar la falla de una sola pieza de equipo.

**Luminancia**

La intensidad de la luz de la parte de una imagen producida por una cámara de televisión o de video. También se le llama brillantez.

**Megapixel**

1,048,576 píxeles (cerca de un millón de píxeles)

**Módem (MODulator/DEModulator)**

Un dispositivo que convierte los datos de computadora en señales para su transmisión sobre líneas telefónicas

**Mbps**

Una abreviación de Megabits por segundo. Una transmisión digital de millones de bits por segundo.

**Módem**

Un dispositivo que modula datos digitales de salida para su transmisión sobre líneas telefónicas. Los datos son demodulados por un segundo módem en el otro extremo y regresados a su formato digital original.

**MPEG (Motion Pictures Expert Group)**

Comunmente se refiere al estándar internacional para compresión de audio y video digital. El comité MPEG formalizó un conjunto de estándares genéricos para compresión y codificación de imágenes en movimiento y su audio asociado. Los estándares MPEG no especifican cómo realizar la compresión, sino que más bien describe un conjunto de requerimientos mínimos que el codec MPEG deberá cumplir.

**MPEG 4:2:0**

Se refiere a video comprimido de calidad muy cercana a la de broadcast, con una resolución de 720 X 480 píxeles para video NTSC. Incluye solamente datos de cromina interpolados. Puede ser transportado en canales de 270 Mb/s (Componente de video). Posee una velocidad de datos codificados de hasta 15 Mb/s.

**MPEG 4:2:2**

Se refiere a video comprimido de calidad broadcast con una resolución de 720 X 512 píxeles para video NTSC. Incluye datos completos de cromina. Puede ser transportado sobre canales de 270 Mb/s. Posee una velocidad de datos codificados de hasta 50 Mb/s.

**MTS (Multi-program Transport Stream)**

Un tren de programa direccionable de MPEG

**Network**

Un grupo de computadoras conectadas para comunicar una con otra para compartir recursos y periféricos

**NTSC**

Un formato de video de 60 campos utilizado primeramente en Estados Unidos

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Near End**

La parte del sistema desde donde la señal está siendo transmitida. La parte opuesta de la línea de transmisión es el Far End.

**Network**

Un grupo de equipo y enlaces de tráfico conectados juntos para que puedan comunicarse y trabajar unos con otros.

**Network Topology**

La descripción de las interconexiones de una red.

**NNI (Network-to-Network Interface)**

En una red ATM, la interfase entre un switch ATM y otro, o un switch ATM y un sistema público de switcheo ATM.

**NTE (Network Termination Equipment)**

El equipo de ambos extremos de una línea de suscriptor.

**NTSC (National Television Standards Committee)****OAM**

En ATM se refiere a Operations, Administration, and Maintenance. Los protocolos OAM son utilizados para alarmas y loopbacks.

**OC3 (Optical Carrier Level 3)**

Parte de la jerarquía de transmisión SDH/SONET. Velocidad de transporte de 155 Mbps.

**PAL (Phase Alternating Line)**

Un formato de video de 50 campos utilizado primeramente en Europa

**Periféricos**

Un término utilizado para describir colectivamente accesorios y hardware de computadora, tales como impresoras, modems, escáners, etc.

**Pixel (PIcture ELEMENT)**

El elemento más pequeño de una imagen digitalizada. También es uno de los diminutos puntos de luz que forman una imagen sobre una pantalla de computadora

**Packet Switching**

Una técnica de conmutación en la que no existen trayectorias dedicadas entre el dispositivo de transmisión y el dispositivo receptor. La información es forrajada en paquetes individuales, cada uno con su propia dirección. Los paquetes son enviados a través de la red y reensamblados en la estación receptora.

**Parity**

Un método de detección de errores en paquetes de datos codificados que verifica la seguridad de los datos transmitidos en una transmisión asincrónica. Cuando los datos son recibidos, el byte de datos y el bit extra de paridad son sumados para ver si el total es un número par o impar. Si la suma no coincide con el nivel de paridad establecida, se registra un error de transmisión.

**Payload**

Parte útil de una celda ATM. La información del usuario que viaja dentro de una celda.

**PCR**

En ATM el PCR se refiere a la velocidad pico de celdas. En MPEG, se refiere a la referencia de reloj de programa.

**PLCP (Physical Layer Convergence Protocol)**

Un término ATM. PLCP es la parte de la capa física que soporta la transferencia de una ranura de octetos, octetos de información de administración e información de temporización.

**PNNI (Private Network-to-Network Interface)**

En una red ATM, el protocolo de información de ruteo que permite la comunicación entre switches ATM de diferentes fabricantes, o un switch ATM y un sistema privado de switcheo ATM. Le permite a un switch ATM encontrar una ruta a cualquier otro switch.

**Punto a punto**

Uno de dos tipos de conexiones ATM. La conexión punto a punto conecta dos sistemas ATM estas conexiones pueden ser unidireccionales o bidireccionales.

**Punto a multipunto**

Uno de dos tipos de conexiones ATM. Punto a multipunto conecta un solo sistema terminal fuente (conocido como nodo raíz) a múltiples sistemas terminales destino (conocidos como hojas). La replicación de celdas se hace dentro de la red por medio de switches ATM, los cuales dividen las conexiones en dos o más ramas. Estas conexiones son unidireccionales, permitiendo a la raíz transmitir a las hojas, pero las hojas no pueden transmitir a la raíz o de hoja a hoja en la misma conexión.

**POP (Point of Presence)**

El punto en el que el proveedor de servicios termina los circuitos de los suscriptores para sus comunicaciones.

**Puerto**

Receptáculo de equipo que permite la conexión de algún tipo de cable entre equipos para que los datos puedan ser enviados y recibidos.

**PPP**

Protocolo Punto a Punto. El PPP provee conexiones de ruteador a ruteador y de host a red sobre circuitos síncronos y asíncronos. En esencia el PPP es aproximadamente equivalente a IP, pero permite el uso de TCP sobre una conexión serial.

**Protocolo**

Reglas o acuerdos para la transmisión y recepción de datos entre sistemas electrónicos.

**PVC (Permanent Virtual Circuit)**

Un término ATM. Una conexión ATM que está siempre disponible. Esto es, un circuito virtual que es establecido al momento de la suscripción y siempre conecta los dos mismos puntos de usuario. Una PVC no requiere un procedimiento de llamada

**QoS (Quality of Service)**

Un término ATM. Una velocidad de datos negociada entre dos puntos ATM. La QoS garantiza el tráfico total y la liberación de datos

**Raster**

Las imágenes rastreadas se forman de puntos individuales, los cuales tienen un valor definido que precisamente identifica su color específico, tamaño y lugar dentro de la imagen. (también se les conoce como imágenes bitmapeadas)

**Razón de Aspecto**

La relación de dimensiones de horizontal a vertical de una pantalla o imagen. (TV analógica 4 3. HDTV 16 9, película 4 X 5 5 4)

**Real Time Processing**

Un sistema de procesamiento de datos que responde inmediatamente al usuario

**RGB**

Acronimo de rojo (red), verde (green) y azul, los colores primarios son utilizados para simular color natural en los monitores de computadora y los equipos de television

**RS-232 o RS-232C**

Estandar de comunicaciones de datos seriales. RS-232C es una interfase serial de baja velocidad muy similar al estandar del ITU-TSS V 24, el cual utiliza un esquema de interconexion de un solo lado (desbalanceado). Comúnmente utilizado en telecomunicaciones para conectar computadoras y terminales a módems. El sufijo C se refiere a la versión del estandar RS-232

**RS-259**

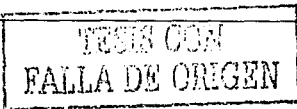
Un estandar de componente de video

**RS-485**

Una conexión de interfase serial de alta velocidad entre equipo de comunicación de datos. La RS-485 especifica las características de una interfase transmisora/receptora multipunto balanceada (diferencial).

**Saturación**

El grado en el que un color no está diluido por luz blanca. Si el color es cien por ciento saturado, no contiene luz blanca. Si un color no tiene saturación es un sombreado de gris



**Smoothing**

Estimado de píxeles con sus vecinos que reduce el contraste y propicia una imagen fuera de foco.

**Square Pixels -Píxeles Rectangulares**

Forma en que despliegan los píxeles las computadoras y que es el más adecuado porque los monitores despliegan píxeles rectangulares.

**SAP (Service Access Point)**

El punto en el que los servicios de una capa se vuelven disponibles a la siguiente capa más alta.

**SAR (Segmentation and Reassembly sublayer)**

Parte de la AAL.

**SCR (Sustainable Cell Rate)**

Promedio de la velocidad de transferencia de celdas ATM. El SCR define la velocidad máxima de tráfico antes de que ocurra la pérdida de celdas. El SCR es negociado entre el proveedor de servicios y el cliente, como parte del contrato de tráfico.

**SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**

Sistema Europeo de Transporte en el que STM-1 corresponde a 155 Mbps, comparable a SONET.

**Segmentation and Reassembly**

El proceso por el que las tramas LAN son convertidas en celdas (segmentación) y reconstruidas a tramas en el destino (reensamble).

**Señal**

Información transmitida sobre un enlace de comunicaciones utilizando impulsos eléctricos u ópticos.

**Síto**

Un punto de un circuito donde un componente es conectado directamente a uno o más componentes dentro de una red. Aplicable también a cualquier sala, o alguna locación donde es originada una sesión o visto un evento.

**SMDS (Switched Multimegabit Data Service)**

Una red pública que interconecta LANs. Debido a que aun está emergiendo, SMDS es actualmente un esquema de red.

**SMPT E (Society of Motion Picture and Television Engineers)****SNMP (Simple Network Management Protocol)**

Un protocolo de interfase que provee control y monitoreo de la red y mantiene estadísticas de la misma.

**SONET (Synchronous Optical Network)**

Un estándar utilizado principalmente en Norteamérica, en el cual OC-3 corresponde a una velocidad de 155 Mbps. Su formato provee de un alto grado de compatibilidad entre servicios LAN y WAN. SDH es un sistema Europeo en el que STM-1 corresponde a 155 Mbps.

**SPTS (Single Program Transport Stream)**

Un término de MPEG-2. El protocolo deseado para un medio de transmisión con errores. Incluye detección de errores, pero no los corrige.

**STM-1 (Synchronous Transport Module 1)**

Un término SONET para un tren de interfase de línea óptica. Incluye framing.

**SVC (Switched Virtual Circuit)**

Un circuito virtual que es establecido en base a una necesidad. Solamente existe durante la vida de la llamada. Un SVC requiere procedimientos de establecimiento de llamadas. También es referido como IVS Dial Tone.

**Switch**

En telecomunicaciones, una pieza de hardware que establece, monitorea y termina conexiones entre dispositivos conectados dentro de una red. Es capaz de enrutar señales entre cualquier entrada y cualquier salida.

**True color (Color verdadero)**

Color que posee una profundidad de 24 bits y 16.7 millones de colores.

**TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)**



Un protocolo diseñado para interconectar una amplia variedad de equipo de cómputo. El IP es utilizado para liberar los datos.

**Terminal**

Un punto en un sistema o red donde un operador podría introducir o recuperar datos, o donde otros elementos del sistema podrían estar conectados directamente.

**Topology**

Vea : Topología de red.

**Tono continuo**

Una imagen donde la brillantez aparece consistente e ininterrumpida. Cada pixel en un archivo de imagen de tono continuo utiliza al menos un byte de los valores de rojo, azul y verde. Esto permite 256 niveles de densidad por color o más de 16 millones de colores mezclados.

**Traffic Link**

Conexiones entre dos switches dentro de una red multiswitch. Cables o líneas privadas sobre las que las señales de audio y video son transmitidas.

**TX**

Transmisión

**UNI (User-to-Network Interface)**

Estandar del ATM Forum que define como CPE privadas interactúan con switches ATM. Una conexión que enlaza directamente un dispositivo de usuario a una red ATM (usualmente a través de un switch ATM). Tambien es el punto de demarcación física y eléctrica entre el dispositivo de usuario y el switch ATM.

**UPC (Usage Parameter Control)**

El UPC norma el tráfico ATM. Si el tráfico no cumple con la QoS especificada, el UPC marca las celdas como de no cumplimiento. Si el ancho de banda es insuficiente, estas celdas marcadas son tiradas por el UPC.

**VBR-RT (Variable Bit Rate-Real Time)**

Un tipo de servicio para transmitir tráfico que depende de la temporización y control de la información. Está caracterizada por las velocidades de celdas promedio y pico. Es utilizable para transportar tráfico tal como video comprimido y audio.

**VC (Virtual Channel)**

Un termino para describir flujo unidireccional de celdas TAM entre puntos de conexión (switchco o usuario final) que comparten un número de identificador comun (VCI).

**VCC (Virtual Channel Connection)**

Definido como una concatenacion de enlaces de canales virtuales.

**VCI (Virtual Channel Identifier)**

Un valor de 16 bits en el encabezado de la celda ATM que provee un identificador único para el canal virtual (VC) que transporta la celda particular. Cada VCI representa un canal entre dos máquinas de comunicación. Sesiones múltiples podrían compartir un canal

**Virtual Connection**

Una conexión establecida entre usuarios finales (fuente y destino) donde los paquetes son reenviados sobre la misma trayectoria y el ancho de banda no esta permanentemente disponible hasta que es utilizado. A veces es referido como circuito virtual.

**VOD (Video on Demand)**

Una tecnología que posibilita a que los clientes remotamente seleccionen y reproduzcan un video transmitido sobre enlaces de comunicación

**VP (Virtual Path)**

Una trayectoria virtual es un conjunto de canales virtuales (VC's) agrupados juntos entre puntos e cruce

**VPC (Virtual Path Connection)**

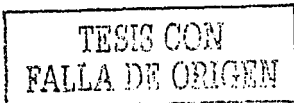
Una VPC es una concatenación de enlaces VP.

**VPCI/VCI (Virtual Path Connection Identifier/Virtual Channel Identifier)**

Una combinacion de dos números , uno para identificar el VP y otra para el VC. Utilizado en redes ATM.

**VPI (Virtual Path Identifier)**

Un valor de 8 bits en el encabezado del header que identifica el VP. Es el segundo de los campos de direccionamiento utilizados por ATM. Un número de canales virtuales podría ser truncado a una trayectoria virtual para facilitar el ruteo



entre switches donde los canales virtuales siguen una trayectoria común. El ruteo utilizando solamente VPI es un requerimiento común de instalaciones WAN.

**WAN (Wide Area Network)**

Una red que típicamente expande la distancia y usualmente utiliza circuitos telefónicos públicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Bibliografía

### Capítulo 1

1. "Sistema de comunicaciones electrónicas"  
TOMASI, Wayne 2a edición  
Prentice Hall, 1996 , México
2. "Introducción a los sistemas de comunicación"  
STREMLER, Ferrel G.  
Addison Wesley-Iberoamericana, 1993, EEUU
3. "Redes de computadoras. Protocolos, Normas e Interfaces"  
BLACK, Ulyess  
Macrobít Ed. , México , 1990.
4. "Aprendiendo TCP/IP en 14 días"  
PARKER, Tim  
Prentice Hall, Mexico , 1995.
5. "Telecommunications and you"  
IBM Staff, 2a Ed  
IBM, Nueva York, 1987
6. "The local network handbook - II"  
UNGARO Colin  
Mc. Graw Hill, Singapore, 1989
7. "Handbook of Communications Systems Management"  
CONARD, James  
Auerbach, USA, 1988.
8. "Satélites de comunicaciones"  
NERI, Rodolfo  
Mc Graw Hill, Mexico, 1989
9. "Design and Analysis of computer communication networks"  
AHUJA, Vijay  
McGraw Hill, Singapore, 1985.
10. "High Speed Networking : An introductory survey"  
International Technical Support Organization, 3a Ed,  
IBM Corporation, USA, 1995.
11. "Catálogo Belden"  
México, 1997
12. "Catálogo RAD"  
México, 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Capítulo 2

13. "ATSC Digital Television Standard. Document A-53"  
Advanced Television System Comitee  
1995
14. "MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards"  
SIKORA, Thomas.  
Hienrich Hertz Institute, Berlin
15. "MPEG-1: Coding of moving pictures and associated audio"  
[www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/mpeg1.html](http://www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/mpeg1.html)
16. "MPEG-2: Coding of moving pictures and associated audio"  
[www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/mpeg2.html](http://www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/mpeg2.html)
17. "Understanding MPEG 2 Digital Video Compression"  
LONG, Mark  
[www.miesol.com](http://www.miesol.com), 1996
18. "MPEG: The Big Squeeze"  
DE PATIE, Jeannette  
Heuris/Pulitzer, 1996
19. "Lessons from the cutting edge : The HDTV experience"  
BELTZ, Cynthia  
[www.calo.org/pubs/regulation/reg16n4b.html](http://www.calo.org/pubs/regulation/reg16n4b.html)
20. "HDTV Television – An Introduction"  
KELIN, J Kuhn  
[www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/hdtv/95x5.htm](http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/hdtv/95x5.htm)
21. "Recent advances in video compression"  
[www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/intro.html](http://www.std.ee.ethz.ch/~rggrandi/intro.html)
22. "An introduction to MPEG Video Compression"  
WISEMAN, Jhon  
[members.aol.com/symbandgrl](mailto:members.aol.com/symbandgrl)
23. "mpeg2encode /mpeg2decode"  
MPEG software simulation group  
[www.mpeg.org/MSSG/Codec/readme.txt](http://www.mpeg.org/MSSG/Codec/readme.txt)
24. "Digital Video Broadcasting : Technology, Standards and Regulations"  
BRUIN, Ronald & Jan Smits  
Ed. Artech House, Norwood USA, 1999
25. "Ser Digital "  
NEGROPONTE, Nicholas  
Oceano, Mexico, 1996.

## Capítulo 3

26. "Frame Relay, Principles and Applications"  
SMITH, Philip  
Addison-Wesley, Great Britain, 1996.
27. "Internetworking Technology Overview"  
ACT-Net & Cisco, USA
28. "The basic Guide to Frame Relay Networking"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Frame Relay Forum  
JT Thibodeau Editor, USA, 1998.

29. "Asynchronous Transfer Mode (ATM) Technical Overview"  
International Technical Support Organization  
IBM, USA, 1995
30. "ATM Update II"  
Anixter White Paper
31. "Internetworking over ATM : An Introduction "  
International Technical Support Organization  
IBM, USA, 1996
32. "ATM Switches"  
COOVER, Edwin R.  
Ed. Artech House, Norwood USA, 1997.
33. "High Speed Networking : An introductory survey"  
International Technical Support Organization, 3a Ed.  
IBM Corporation, USA, 1995.
34. "Communications Technology, Guide for Business"  
DOWNEY, Richard et. Al  
Ed. Artech House, Norwood USA, 1997.

#### Capítulo 4

35. "Telecommunications In Mexico: A Market In Transition"  
By Aileen A. Pisciotta 1  
[http://www.cft.gob.mx/html/la\\_era/art/arpub.html](http://www.cft.gob.mx/html/la_era/art/arpub.html)
36. "Telecommunications in Mexico "  
Kathleen A Griffith  
[http://www.cft.gob.mx/html/la\\_era/art/arpub.html](http://www.cft.gob.mx/html/la_era/art/arpub.html)
37. "Informe anual 1997"  
Telefonos de México  
Telmex, México, 1998
38. "AT&T Líneas privadas digitales"  
[www.alesfrc.com.mx](http://www.alesfrc.com.mx)

#### Capítulo 5

39. "Introducción a la realidad virtual"  
PEREZ, Gerardo  
<http://cecusoc.gdl.iteso.mx/index.html>
40. "Information Superhigway revisited"  
EGAN, Bruce L.  
Ed. Artech House, Norwood USA, 1996
41. "El rayo Laser "  
HECHT, Jeff & Teresi Dick  
Salvat Ed., España, 1989.
42. "H.320 : A quality Requirement Guide"  
VTEL Corporation - News  
[www.vtel.com/newsinfo/resource/white/wpap1.htm](http://www.vtel.com/newsinfo/resource/white/wpap1.htm)
43. "Web TV : Easy,cheap, but what's on?"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

STOLTZ, Craig

[www.washingtonpost.com/wp-srv/interact/longterm/ffwd/ffwd1196/webtv.htm](http://www.washingtonpost.com/wp-srv/interact/longterm/ffwd/ffwd1196/webtv.htm)

## Capítulo 6

44. "ATM & MPEG-2 Integrating digital video into broadband networks"  
ORZESSEK, Michael & Peter Sommer  
Prentice Hall PTR, USA, 1998
45. "Cable Television in the United States - An Overview -"  
CICIORA, Walter Ph.D., 2a Ed.  
CableLabs, USA, 1995.
46. "IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation"  
International Technical Support Organization, 3a Ed.  
IBM Corporation, USA, 1997.
47. "An Analysis of MPEG Encoding Techniques on Picture Quality  
A Video and Networking Division", White Paper  
CROOKS, Roger  
Tektronix, USA, 1998
48. "LAN-Based Video A User's Perspective" White paper  
DAVIES, Michael  
Madge Networks, UK, 1998
49. "Video Access Node (VaN)"  
FVC.COM Datasheet, 1998
50. "V-Caster Module"  
FVC.COM Datasheet, 1998
51. "V-Cache Module"  
FVC.COM Datasheet, 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN