

63



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGON

**“INTEGRACIÓN DEL SERVICIO DE VÍDEO
MPEG EN REDES ATM”.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN
P R E S E N T A:
JUAN ARTURO TÉLLEZ MONTES**

**ASESOR DE TESIS.
ING. DAVID B. ESTOPIER BERMÚDEZ**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MÉXICO, 2002.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Agradecimientos

A mis padres:

Quienes han sido fundamentales en mi formación, tanto profesional como personal. Puesto que gracias a ustedes, ahora tengo una base bien definida en la cual se sustentan una serie de elementos imprescindibles para la vida, como son: la responsabilidad, la lealtad, la gratitud, etc.

En este trabajo, trato de obtener algo que es de gran importancia para ustedes, y que es una pequeña forma de agradecer todo lo que me han dado a lo largo de mi vida.

Gracias papá, por todas las experiencias y los momentos de alegría que hemos pasado, y que de alguna manera sirvieron de apoyo e inspiración para lograr mis metas.

Gracias mamá, por todas tus atenciones y por la ayuda que me brindaste en mi etapa de estudiante, e incluso en este trabajo, esto es el resultado de todo tu apoyo.

A mi familia:

Quiero agradecer a toda mi familia, por todos los momentos que hemos pasado juntos, y quiero compartir con ustedes esto, que es muy importante para mí, ya que cada uno ha contribuido de una u otra forma para que haya podido alcanzar este logro.

A la UNAM:

Por darme los elementos necesarios para poder superarme y alcanzar mis anhelos, además de ser el complemento de mi formación personal.

Al Ing. David Bernardo Estopier Bermúdez:

Gracias Ingeniero, por todo el tiempo que ocupó en la revisión y desarrollo de esta Tesis, así como por sus sugerencias, ya que en conjunto hicieron un mejor trabajo.

INDICE

	<i>Página</i>
Introducción	1
Capítulo 1 Las redes ATM.	5
1.1 Historia y Desarrollo de la Tecnología ATM	5
1.2 Capacidad de las redes ATM	7
1.3 Celda ATM	8
1.4 Multiplexación TDM y ATM	12
1.5 Ancho de Banda y Asignación de la Celda	15
1.6 Convergiendo las Redes: LAN's y WAN's	18
1.6.1 Los Servicios: Público y Privado	19
1.6.2 Los Negocios: Voz, Vídeo y Datos	20
1.7 Aspectos Clave de ATM	21
1.8 Limitantes de ATM	22
1.9 Nuevos Servicios y Nuevas Tecnologías	24
1.10 Vídeo MPEG en el Foro ATM	29
Capítulo 2 Arquitectura de ATM.	34
2.1 Modelo de Referencia B-ISDN ATM	34
2.1.1 Servicios AAL (1,2, 3 y 5)	39
2.2 Canales y Rutas virtuales	45
2.3 Conceptos de Conmutación	49
2.4 Principios de Señalamiento	51
2.5 Canales Virtuales de Señalamiento	53
2.6 Performance: Uniendo la Voz, Audio, Datos y Vídeo	54
2.6.1 Performance en la Capa de Red ATM	55
2.6.2 Parámetros del Performance ATM	55
2.7 Retardo de la Transferencia de la Celda y Variación del Retardo	56
2.8 Categoría de los Servicios	58
2.8.1 Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service)	60
2.8.2 Conformación y Vigilancia del Tráfico	62
2.8.3 Control del Congestionamiento	63
2.8.3.1 Control de Admisión	64
2.8.3.2 Reservación de Recursos	65
2.8.3.3 Control del Congestionamiento basado en la Tasa	65
2.9 Operación, Administración y Mantenimiento (OAM)	67
2.10 Configuraciones de Referencia	71

	Página
Capítulo 3 Fundamentos de Audio y Vídeo.	74
3.1 Fundamentos de Vídeo	74
3.1.1 Aspectos del Sentido de la Vista de una Persona	74
3.1.2 Espacios de color RGB, YUV y YCrCb	75
3.1.3 Muestreo de los valores de Luminancia y Crominancia	78
3.1.4 Entrelazado	80
3.1.5 Formatos del Vídeo Digital	81
3.1.5.1 Recomendación 601 de ITU-R	82
3.1.5.2 Formato de la Fuente de Entrada y del Intercambio Común (SIF y CIF)	82
3.2 Fundamentos de Audio	83
3.2.1 Aspectos del Sentido del Oído de una persona	83
3.2.2 Términos y Conceptos Básicos	84
3.2.3 Representación Digital del Sonido	88
3.3 Estándar JPEG	92
3.4 Estándar MPEG	96
Capítulo 4 MPEG-2.	101
4.1 Estándares MPEG-2	101
4.2 Vídeo MPEG-2	101
4.2.1 Introducción	101
4.2.2 Conceptos Básicos	102
4.2.3 Sintaxis de la Secuencia de Bits del Vídeo	114
4.2.4 Escalabilidad	117
4.2.5 Niveles y Perfiles del Vídeo MPEG-2	121
4.3 Audio MPEG-2	123
4.3.1 Introducción	123
4.3.2 Capas 1,2 y 3	124
4.3.3 Codificación y Compresión	125
4.3.4 Audio Adiciones	131
4.4 Sistemas MPEG-2	134
4.4.1 Introducción	134
4.4.2 Secuencias del Transporte y Secuencias del Programa	136
4.4.3 Información Específica del Programa	147
4.4.4 Referencia del Reloj de Programa (PCR, Program Clock Reference)	150
4.4.5 Detección de Errores en los Sistemas MPEG-2	151
4.5 Medio de Almacenamiento Digital – Control y Comandos	152
4.5.1 Introducción	152
4.5.2 Operaciones Usuario-Red	155
4.5.3 Mensajes Usuario-Red	157
4.5.4 Operaciones Usuario-Usuario	161

	Página
Capítulo 5 Aplicaciones del Video MPEG-2.	164
5.1 Mundial de Francia 1998	164
5.1.1 El rol de la Compañía General DataComm	165
5.1.2 La Historia Comienza con la FIFA	165
5.1.3 Construyendo la Red	167
5.1.4 Equipo utilizado en Francia 1998	169
5.2 Equipos de Video MPEG-2	175
5.2.1 General DataComm	175
5.2.2 Cisco	181
5.2.3 Nortel	188
5.3 Otras Aplicaciones	196
5.3.1 Educación a Distancia	196
5.3.2 Telemedicina	199
Conclusiones	204
Apéndice A - Estándares de MPEG	207
Apéndice B - Glosario de Acrónimos	210
Bibliografía	218

Introducción

La convergencia de la informática y las telecomunicaciones, está siendo una realidad desde hace tiempo. Las nuevas aplicaciones hacen uso exhaustivo de gráficos, y por lo tanto, necesitan comunicaciones de alta velocidad, con respecto a otros ordenadores conectados a su misma red LAN, e incluso a redes LAN geográficamente dispersas.

Por tal, se puede decir, que las tecnologías de alto ancho de banda, son necesarias básicamente por 3 razones:

- Incremento del tráfico en los segmentos de LAN locales.
- Comunicación entre segmentos de redes LAN locales y remotas.
- Alto ancho de banda para aplicaciones de escritorio.

Como las LAN's son más frecuentes en el ambiente empresarial, el número de usuarios por LAN incrementó. Y como los usuarios llegan a estar mejor enterados de la capacidad de la LAN, el tráfico por usuario incrementó también. Ambos factores incrementaron el tráfico en las redes LAN's locales. En muchos casos, los administradores de red, distribuyeron la carga, segmentando una LAN grande, en varias subredes pequeñas, usando puentes o ruteadores. Sin embargo, cada uno alcanzó la capacidad máxima de la red, así, los administradores necesitaron una solución de alto ancho de banda.

Arquitecturas de cómputo distribuido, basado en minicomputadoras, causó una segunda fuente de tráfico interred, comunicación de LAN a LAN. Como este tráfico incrementó, viejas soluciones, tales como líneas arrendadas a 9.6Kbps y 56Kbps, fueron reemplazadas por capacidades más altas, operación de circuitos T1 a 1.544Mbps. Pero tal incremento de velocidad, viene también en precio. Como resultado, el costo de un circuito punto a punto, llegó a ser un punto signficante, de nuevo económico, un alto ancho de banda de canales LAN y/o WAN, fueron llegando a ser cada vez más necesarios.

Las aplicaciones de escritorio, como Diseño Asistido por Computadora (CAD), Producción Asistida por Computadora (CAM), Bases de Datos, extensión de los límites de LAN's y WAN's, aplicaciones isocronas, o aplicaciones sensibles al tiempo, tal como vídeo o multimedia, requieren de un alto ancho de banda y de un bajo retardo de punto a punto. Como estas aplicaciones crecen en popularidad, los diseños interredes tenderán a soportarlas.

Desafortunadamente, el crecimiento de los requerimientos de las aplicaciones, no han sido necesariamente paralelos al incremento de los recursos. Estudios de mercado en San José California, muestran una gran disparidad entre el crecimiento en LAN's, los dispositivos de interred, los sistemas y el equipo para soportarlos. En los últimos años, el número de segmentos LAN instalados, estaba proyectado para incrementar a un 150%, mientras que dispositivos de interred, tales como puentes o ruteadores, incrementarían un 140%. Desgraciadamente, se esperaba que los presupuestos aumentararan en un 50% durante el mismo periodo de tiempo, y los gastos del personal se elevaran solamente en un 10%. Así pues, el crecimiento de las aplicaciones, requerimientos de soporte, y el tráfico de

interconexión, pondrán en un apuro tecnológico a los administradores de la red. Y en muchos casos, los administradores de la red, tendrán que hacer más con pocos recursos.

El grande ancho de banda, y la economía favorable de las tecnologías de banda ancha, como Frame Relay, SMDS y ATM, ofrecen una salida a este problema. De esta manera, se espera que estas tecnologías carguen con el crecimiento en tráfico de la interconexión, logrando así, salir de las soluciones tradicionales, como son: líneas arrendadas, X.25, y backbones multiplexadores.

Tecnologías de Altas Transmisiones de Paquetes

Este tipo de tecnologías, las cuales dieron origen a todas las arquitecturas de banda ancha, pueden ser divididas en dos categorías: Tecnologías Frame Relay y Cell Relay. La tecnología Frame Relay, usa una unidad de longitud variable para la transmisión de datos. En otras palabras, el tamaño de una trama transmitida en una LAN o en una WAN, puede variar, dependiendo de la cantidad de información proveniente del proceso del protocolo de la capa más alta. Las tramas pueden contener miles de octetos de información de usuario. Como resultado, los efectos del procesamiento de la trama, como el header y el trailer, los cuales normalmente contienen direcciones, errores de control, y otra información administrativa, es usualmente insignificante.

Por otra parte, la tecnología Cell Relay, usa una longitud fija de celdas, usualmente 53 octetos de longitud. (Un octeto es una unidad de datos de 8 bits de longitud). Las celdas típicamente utilizan 5 octetos para el header, seguidos por unos 48 de carga. Como resultado, el porcentaje de procesamiento es relativamente alto. Pero, porque las celdas tienen una longitud fija, pueden ser transmitidas (y por lo tanto recibidas) en intervalos regulares. Esto, es benéfico para aplicaciones sensibles al tiempo, como puede ser la voz paquetizada, el vídeo o incluso la multimedia.

Los estándares para Frame Relay han sido definidos por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones) y el ANSI (Instituto Nacional de Estándares Americanos). Los estándares de Cell Relay han sido definidos por la ITU-T como parte de este trabajo en Tecnologías B-ISDN y ATM. Además, la IEEE ha definido un estándar MAN para Cell Relay, el IEEE 802.6.

Tecnologías de Conmutación

Las interredes tradicionales, constaron de una colección de estaciones de trabajo y LAN's, conectadas por enlaces WAN, como son las líneas arrendadas. Dos tipos de tecnologías hacen la conexión: Tecnologías de conmutación y Servicios que conectan el equipo del usuario final a la red.

Las tecnologías de Banda Ancha (Broadband) usan tres tipos de tecnología de conmutación: Conmutación de Circuitos, Conmutación de Paquetes, y Conmutación de Celdas.

La tecnología más reciente, redes de circuitos conmutados, garantiza al usuario final una cantidad predeterminada de ancho de banda. Un circuito telefónico, es un ejemplo de una conexión de un circuito conmutado. Cuando se realiza una llamada, varios sistemas de conmutación, portadora de intercambio local (Local Exchange Carrier, LEC) y la portadora de intercambio (Inter-Exchange Carrier, IXC), establecen una conexión entre el emisor de la llamada y el receptor. Una vez que todos los switches establecen la conexión, el teléfono remoto comienza a sonar. La conexión punto a punto es completada cuando la parte receptora contesta.

Una conexión de circuito, puede consistir de una ruta física y una virtual. La conexión física, es la ruta para la transmisión eléctrica u óptica, a través de varios elementos de conmutación. Esta ruta puede cambiar con las condiciones de la red, tales como, enlaces caídos, rutas congestionadas, etc. La conexión virtual, describe la ruta entre los puntos finales, pero no necesariamente con referencia a la ruta física. Y una ruta física entre Denver y Nueva York, por ejemplo, puede tener un switch intermedio en Chicago, pero la conexión virtual sigue siendo de Denver a Nueva York. El usuario final, no necesita saber la parada intermedia, tan larga como sea, no afecta los parámetros de comunicación, como serían el retardo y el throughput (cantidad de datos a transmitir por un canal).

Existen dos tipos de conexiones virtuales: Permanente y Conmutado. Una conexión virtual permanente (PVC) es análoga a una línea arrendada, en la que el carrier establece y mantiene siempre la conexión. Para cambiar un PVC, necesitas llamar al carrier, quien entonces cambia la configuración de la red. Una conexión virtual conmutada (SVC), es similar a una llamada telefónica; es iniciada por la disposición de un mensaje de llamada enviado por el emisor.

Las redes de paquetes conmutados, mejoraron la conmutación de circuitos, permitiendo la asignación dinámica del ancho de banda disponible en una LAN o WAN. Las estaciones de trabajo, transmiten paquetes de información, los cuales están conmutados dentro y fuera de los concentradores, servidores, puentes, etc., hasta que alcanzan su destino. La longitud del paquete, puede variar dependiendo de la velocidad de la transmisión, protocolos de la red, y otros factores inherentes en la red.

Hoy, los administradores, han llegado a comparar las tecnologías de conmutación de paquetes, con la conmutación de celdas. La conmutación de celdas, fija la longitud de los paquetes en un valor pequeño. Esta tecnología ofrece la ventaja de un retardo o latencia predecible, y un throughput más alto.

Uno de los dos servicios, es usado para conectar el equipo del usuario final a la red: Orientado a Conexión o no Orientado a Conexión. El servicio orientado a conexión, usado por Frame Relay y ATM, requiere de procedimientos para establecer la llamada y definir la ruta. Una llamada telefónica es un ejemplo de un servicio orientado a conexión. En contraste, el servicio no orientado a conexión, usado por SMDS, confía en la información de direccionamiento dentro de cada paquete, que cada nodo de conmutación examina para determinar la ruta apropiada. Enviar una letra, la cual incluye ambas direcciones, fuente y destino, es un ejemplo de un servicio no orientado a conexión.

Así, podemos decir, que en el México actual, las necesidades de comunicación y transmisión de información, han crecido enormemente, y en un corto tiempo, la tecnología ha permitido que el volumen de datos y la rapidez con que estos se transmiten, sea cada vez mayor. El mundo de las telecomunicaciones, avanza a pasos agigantados, ofreciendo múltiples alternativas para los distintos problemas que se presentan, y muchas veces, la última tecnología, no es la que mejor se adapta a resolverlos, ya que cada una tiene sus ventajas y sus desventajas. México está experimentando la globalización en el ámbito de las telecomunicaciones, muchas empresas tanto nacionales como extranjeras, comienzan a ofrecer sus servicios, por tal motivo, es necesario, estar informados de los puntos a favor y en contra, que envuelve a cada tecnología, para poder compararlas, lo que nos permitiría tener un punto de referencia más amplio al momento de decidir cual de ellas utilizar. Lo que sí es predecible, es que en un futuro próximo, seremos testigos de una mayor migración de las redes hacia ATM.

Hasta ahora, en México han predominado las redes privadas, debido a la falta de una oferta pública importante de redes de transmisión de datos. Sin embargo, el panorama está cambiando a raíz del fin del monopolio de la telefonía de larga distancia, y podemos esperar que el uso de las redes públicas se incrementará muy rápidamente. Las compañías, podrán delegar sus servicios de telecomunicaciones a empresas especializadas, y enfocarse a ser más productivas. Las empresas de telecomunicaciones, ofrecerán una ancha gama de servicios con diferentes velocidades y tarifas, adaptándolos a los requerimientos de sus clientes, y ofreciendo soluciones globales para atender a la máxima necesidad de hoy: la comunicación constante y simultánea de datos, voz y vídeo a cualquier parte, en cualquier momento, y sobre todo, con la mejor calidad.

La presente Tesis, reúne varios elementos de estudio, en los que se encuentra la Tecnología ATM, la cual tiene entre sus grandes virtudes, la transmisión de todo tipo de información por los mismos medios (Voz, Datos y Vídeo). Otro de los temas, son los formatos de Audio y Vídeo, de los cuales se mencionan sus principales elementos a considerar. Así mismo, se trata el estándar MPEG-2 y algunas de sus posibles aplicaciones.

En el Capítulo 1, se hace referencia a la Historia, Transmisión, así como la convergencia de los Servicios y Negocios en las Redes ATM. En el Capítulo 2, se hace mención de la Arquitectura de ATM, en esta parte ya se hace un análisis más a fondo de la Tecnología ATM, viendo su modelo de Referencia, los Servicios AAL, Calidad de Servicio, etc. En el Capítulo 3, se estudian todos aquellos elementos que se toman en cuenta para el audio y vídeo, elementos como: valores de Luminancia y Crominancia, el Formato Digital, Términos y Conceptos, entre otros. Para el Capítulo 4, se lleva a cabo un estudio del estándar MPEG-2, desde los Conceptos Básicos, pasando por el audio y los Sistemas MPEG-2, hasta los medios de almacenamiento. En el Capítulo 5, es posible apreciar una aplicación en la cual se hizo uso de esta Tecnología (Mundial de Francia 1998), haciendo mención de las características de los equipos utilizados, además de otros equipos existentes de Compañías alternas (Cisco y Nortel).

Capítulo 1 Las Redes ATM

1.1 Historia y Desarrollo de la Tecnología ATM

Las redes de modo de transferencia Asíncrona (ATM, Asynchronous Transfer Mode) comenzaron como una idea en las mentes de un grupo de técnicos (esencialmente, personal de compañías telefónicas), alrededor de 1986. Estos individuos, veían a lo lejos esta tecnología enfocándola entorno a la industria de la computación. La demanda de redes más rápidas para proveer velocidades más altas en los sistemas finales (usuarios) y la necesidad de redes con ancho de banda más altos, con el fin de tener la capacidad de transportar determinado tipo de archivos y aplicaciones (el DOS mismo, fue desde 360 k a los 7 MB para MS-DOS 6.22 en menos de 10 años), dejan entonces, a los proveedores de servicios, en una posición incomoda. Los proveedores <el recurso tradicional para las soluciones de la red en todas las organizaciones> enfrentaron la perspectiva de una aproximación rápida del futuro, la cual, podría dejarlos con demandas de clientes que tal vez no podrían cubrir. Ellos no tendrían altos anchos de banda y soluciones en bajos retardos a vender, a menos que las inventaran.

La necesidad era en ambos elementos: no sólo una tecnología con un alto ancho de banda, sino la rápida conmutación que tendría que llevar los bits desde un enlace de alto ancho de banda y ponerlos en otro enlace, dentro de la red, muy rápidamente. Trabajando dentro de la ITU (entonces la CCITT) y un grupo de estudio propio, estos técnicos, rápidamente llegaron con una familia de redes digitales de alto ancho de banda, basadas en fibra óptica, y de estrategias de multiplexación y conmutación para conectar estas vías como una completa arquitectura de red. El sistema completo, fue especificado en una serie de estándares publicados en 1988 como una parte de la CCITT ("Blue Books").

El alto ancho de banda de líneas digitales, fue un conjunto de estándares de enlaces de fibra, conocidos como Jerarquía Digital Síncrona (SDH, Synchronous Digital Hierarchy). En los Estados Unidos, SDH fue conocido como SONET, desde el desarrollo principal que recae en Bellcore. La diferencia entre SDH y SONET fue principalmente en la terminología, no en su función.

La tecnología de multiplexación y conmutación que fue especificada especialmente por SDH y SONET, fue el modo de transferencia asíncrona. ATM fue un método de construcción y operación de redes, que fundamentalmente lo diferenció de cualquiera que había sido utilizado antes. Había una muy buena razón para esto.

ATM fue un intento por sobrepasar la tendencia del sistema final y la expansión del tamaño de la aplicación. Los diseñadores, también intentaron asegurarse de que esta tecnología, sería lo suficientemente ágil para permanecer delante de las redes de banda ancha y de las demandas de retardo, sin importar que tan rápido crecieran en el futuro. Hicieron esto, no cambiando la tecnología que formó la red sino la red que implementaría la tecnología. Esto necesita una cierta explicación.

En el pasado, el tipo de red que una organización construía, dependía fuertemente de la distancia recorrida. Si la red enlazaba un sistema final localizado a una milla ó más lejos, una red de área local (LAN) sería viable. Para distancias más largas, una red de área amplia (WAN) fue usualmente

utilizada, aunque varios grupos intentaron enlazarse a menos de 60 millas con una red de Arca Metropolitana (MAN). El punto es que, el hardware, software, y protocolos usados para construir cualquiera de estas redes fueron únicos para esa red.

Esto significa que el hardware, software y protocolos diseñados para funcionar sobre una LAN, podrían no estar hechos para trabajar sobre una WAN sin cambios extensos, o un completo nuevo tipo de tecnología de red instalado en la mitad. Por ejemplo, enlazando dos LAN's, requeriríamos de una WAN entre ellas con un router que esencialmente se desempeñara como un dispositivo de ambos tipos, como un nodo LAN y como un nodo WAN al mismo tiempo.

Esta tecnología fue diseñada para ser fundamentalmente diferente. Alineando los enlaces de red con SONET, las redes ATM fueron basadas en un grupo de estándares, hardware interoperable, software, e implementaciones de protocolos, que podrían suplir un mayor ancho de banda apropiadamente para las tasas de Gigabit, si fuera necesario. Basando la tecnología de la multiplexación y conmutación en ATM, el resultado fue hacer el procesamiento de retardo del modo de red fin a fin, una porción insignificante en la propagación del retardo (la cual no puede ser tratada debido a la velocidad de los apremios de la luz).

Las redes ATM/SONET, fueron diseñadas para mantener los sistemas finales y las aplicaciones en dos caminos relativamente sencillos. Primero, el ancho de banda de la fibra, podría siempre ofrecer suficiente tasa de bits sin procesar para continuar con otro proceso. Segundo, los nodos de la red podrían ser tan rápidos como los sistemas finales mismos.

La primera decisión que se debía tomar para el desarrollo de este tipo de redes, era si las celdas (paquetes en terminología ATM), debían ser de tamaño fijo o variable. La decisión final fue de celdas tamaño fijo, puesto que esto permite mayor velocidad de conmutación.

La segunda decisión que se debía tomar, era la longitud de las celdas. Esta decisión, era tremendamente importante, puesto que el llegar a un acuerdo en el tamaño de las celdas, tenía que permitir el desarrollo de servicios de banda ancha de ámbito mundial. La razón principal por la que había diferentes puntos de vista respecto al tamaño de la celda, era que existían diferentes filosofías entre los varios países en la aplicación inicial de esta tecnología.

En Estados Unidos, se pensaba que las aplicaciones para ATM, debían soportar celdas relativamente grandes de 64 bytes para datos, y una cabecera de 6 bytes. Sin embargo, algunos países en Europa, eran partidarios de cabeceras entre 2 o 4 bytes, y 16 o 32 bytes para datos, dado que estos tamaños son más apropiados para tráfico de voz.

Finalmente, se llegó a un acuerdo de compromiso en Junio de 1989, consistente en definir el tamaño de la celda en 53 bytes, de los cuales 5 (la media entre 4 y 6) son para la cabecera y 48 (la media entre 64 y 32) para datos.

En cuanto a la transmisión de datos, se puede apreciar que la infraestructura internacional, esta basada principalmente en equipos de conmutación de paquetes (Paquet Switching), al soportar una multitud de protocolos sincrónicos como: X.25, DECnet, TCP/IP, Frame Relay, etc., que en su mayoría fueron desarrollados hace más de 10 años.

En el mundo de las telecomunicaciones, siempre ha estado presente la necesidad de disponer de redes cada vez más rápidas y más baratas. Esta necesidad, se hace más patente hoy en día con la disponibilidad de PC's y estaciones de trabajo, y con la aparición de aplicaciones multimedia.

Con el desarrollo de técnicas de conmutación, de compartición del ancho de banda y de transmisión mediante fibra óptica, se están haciendo realidad redes que, además de sus altas prestaciones, permiten la integración de servicios bajo una misma interface de usuario.

Al parecer, todo se inclina hacia una infraestructura que permita la mezcla de todas las tecnologías y protocolos de voz, vídeo y datos actualmente existentes, y que al mismo tiempo, ofrezca una vía de evolución hacia el futuro, en el cual las aplicaciones requerirán de mayor ancho de banda. La infraestructura del futuro ya existe y se llama ATM.

1.2 Capacidad de las Redes ATM

Existen varias razones por las que ATM ha atraído la atención de vendedores tan diversos como fabricantes de concentradores LAN, ruteadores, así como de las compañías de televisión por cable. Esto ha sucedido en un período de tiempo relativamente corto.

Para entender esto, es necesario mirar las limitaciones de los esquemas y tecnologías de las redes existentes y mostrar exactamente como las redes ATM tenderán a dirigirlos. En esto radica su atracción: no hay negocio interesado en la tecnología, pero si en obtener un margen competitivo sobre sus rivales de negocio.

Entonces, no es una cuestión de si " esta organización no puede ofrecer hacerlo ", sino de " esta organización no puede permitirse no hacerlo, porqué la competencia si lo hará ".

Esta tecnología, obtiene esta "magia" de la habilidad potencial para mezclar los diferentes tipos de redes (voz, vídeo y datos), dentro de una gran red físicamente descanalizada. Este método de multiplexación de celdas, define el concepto de un "Modo de Transferencia Asíncrona" (Asynchronous Transfer Mode). Asíncrono, se refiere a la habilidad de la red para enviar solamente los datos asociados con una conexión, cuando hay datos reales para enviar. Esto en contraste, otra vez para las redes canalizadas, donde incluso si un canal esta desocupado, un patrón de bits especial. ("llamado regularmente, el patrón de bit "ocioso" ó "vivo") debe de ser enviado en cada time slot (ranura de tiempo) representando el canal. De lo contrario, el receptor no será apto para recobrar la presente información en otros time slot. Esta es la esencia de las redes de modo de transferencia asíncrona.

Un modo de transferencia ha sido definido como la técnica principal de transmisión, multiplexación, conmutación, y recibimiento de la información en una red. Muchos, lo utilizan de una manera más restrictiva. De hecho, cada tecnología de comunicación, desde la telefonía a la TV por cable, han tenido su propio " modo de transferencia", aunque se habla muy poco de esto, en estos términos, porque es muy obvio. El "Modo de Circuitos" es para voz: desocupas el teléfono

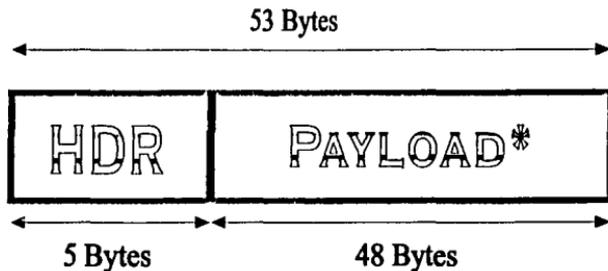
(dispositivo terminal) y marcas el número (dirección de red). El "Modo de paquetes" es para datos: lleva los datos del usuario desde un cliente LAN (dispositivo terminal) y añade un encabezado con información del destino (dirección de red) para un servicio no orientado a conexión (Connectionless Services), o un identificador de circuito para servicios orientados a conexión. Hasta ahora, el modo de transferencia de red estuvo especializado para funciones de red.

Esta es la clave para entender que para esto esta ATM. Una red de paquetes que podría no ser construido usando paquetes de voz, desde este paquete el "modo de transferencia" fue diseñado y optimizado para datos. Claro, esto tiende a ser un recurso muy ineficiente (ancho de banda, etc.) de usar. Poniendo la voz y datos en el mismo T1 canalizado, no ayuda realmente, esto solo disfraza el problema.

Todos estos métodos envuelven el uso sincrónico de la red. ATM, en contraste, esta estructurado para trabajar de manera asincrónica. Los términos sincrónico y asincrónico tan aplicados para referirse al modo de transferencia hacia el proyecto de multiplexación: mezclan el tráfico de muchos recursos juntos, en la misma ruta física de la red. En un modo de transferencia sincrónica, cada fuente es asignada a un ancho de banda fijo basado en posición: una banda de frecuencia en FDM o en un time slot (ranura de tiempo) TDM. ATM no esta basado en la posición en toda una corriente de datos: un encabezado identifica que tipo de tráfico es y hacia donde va. Todo el tráfico se envía basado en la demanda, es decir, puede ser que en un determinado momento se asigne un mayor ancho de banda a la aplicación que así lo requiera, esto, sin llegar a perjudicar la transmisión de las otras aplicaciones. Por lo tanto, una red ATM no es un servicio dependiente: trabaja tan bien para voz y video, así como para datos. No es inflexible: como los requerimientos para disminuir el ancho de banda para video (la "ociosa" pantalla azul VCR, por ejemplo), las redes ATM pueden ajustarlo fácilmente. Esto no es ineficiente: los recursos asignados ahora para una conexión de voz, por decir algo, pueden ser usados después para transmitir datos. Todo en esta tecnología esta basado en la conexión, sin canales, tal como lo hace la tradicional Multiplexación por División de Tiempo (TDM, Time Division Multiplexing).

1.3 La Celda ATM

Toda la red esta basada en la celda, como la unidad de intercambio de datos (Ver Figura 1). Una celda se define como un bloque de información de longitud fija, lo que ha causado cierta confusión. Todos los tipos de redes anteriores usaban un simple flujo de 0s y 1s, los cuales, estaban organizados entre diferentes estructuras dependiendo del servicio y de la red. Esta organización en diferentes estructuras, es hecha aún con las redes ATM, pero en los puntos finales de la red. En el nivel físico (bit) todo es enviado y recibido como celdas: un bloque de bits de tamaño fijo (o "paquete" para muchos).



* El Payload puede incluir algunos bytes de encabezado así como datos.

Figura 1. Diagrama de la Celda.

Son los datos de los usuarios los que principalmente incitaron al establecimiento de servicios de red ATM. El explosivo crecimiento del poder de la PC y de las necesidades de la red ha dejado a muchas organizaciones sin la tecnología para enlazar sus más recientes aplicaciones cliente/servidor juntos. Existen tecnologías disponibles que atenderán estas necesidades, pero solo ATM ofrece fusionar los servicios de voz y vídeo sobre la misma red.

Esta tecnología es fácil de entender: es simplemente un método para transmitir información que es generada por una aplicación usando celdas de longitud fija. La parte "asíncrona", se refiere a la frase "como llega", en la definición. Las "celdas" (cells) están relacionadas al concepto de "Cell Relay". Bastante de la tecnología de celdas en ATM, esta muy relacionada al sistema de conmutación de paquetes (Packet Switching, como se le conoce en inglés). Esto es, un método de red orientado a conexión, basado en switches como nodos de red, sin ruteadores (routers).

Como se menciona, la estructura de las celdas constan de 53 bytes, los cuales están divididos en dos partes, la primera lo conforman los primeros 5 bytes para la cabecera, la segunda parte la constituye los siguientes 48 bytes para la sección de información del usuario (conocida como payload), y otra información que requiera la aplicación. Los bytes son enviados fuera de la red, un byte en una secuencia de tiempo, desde el byte 1 al byte 53 (Figura 2). Ya que el "propietario" (ownership) de las celdas no esta determinado por la posición en la corriente de datos, esta determinación del propietario, es una función del encabezado de la celda.

En ATM existen dos tipos de conexiones principalmente, de usuario a red (UNI, User Network Interface), así como la conexión de red a red (NNI, Network Node Interface), es posible apreciarlas en la Figura 3. Las estructuras de las celdas para ambos tipos de conexión son idénticas, excepto por los 4 bits de GFC (Generic Flow Control) que son utilizadas solamente por las conexiones UNI, de este modo existen hasta 12 bits de VPI (Virtual Path Identifier) para las conexiones NNI, el resto de los bits son comunes para ambos tipos de conexión y son:

- 16 bits de VCI (Virtual Channel Identifier) Identificador de Canal Virtual.
- 3 bits de PTI (Payload Type Indicator) Información de Usuario.
- 1 bit CLP (Cell Loss Priority) Prioridad de Celda Perdida y
- 8 bits de HEC (Header Error Control) Control de Errores de Cabecera.

La combinación de VPI/VCI determina la dirección de la celda, el VCI tiene significado local solamente, y puede ser combinado de conmutador a conmutador. El VPI identifica un grupo de VCI que comparte la misma conexión virtual. En términos físicos se podría pensar que los VCI's representan un grupo de conductores eléctricos que comparten la misma tubería o VPI, y que pueden cambiar de un lugar a otro al ser interconectados en puntos intermedios.

Estos dos identificadores, el VCI y el VPI, establecen un camino y un canal virtual entre el origen y el destino, esta es una información que han de llevar todas las celdas para que los conmutadores puedan encaminarlas.

El campo reservado para VPI, es de 8 bits, mientras que el reservado para el VCI es de 16, como se mencionó, por lo tanto, por cada camino virtual puede haber 65536 canales virtuales.

El PTI identifica el tipo de información contenida en la celda: de usuario o de control y manejo.

El CLP identifica la prioridad de la celda, si el CLP es igual a 1, la celda puede ser descartada en caso de que ocurran congestiones en la red.

Por último, el HEC permite la revisión de los 5 bits del encabezado y es capaz de corregir errores de 1 bit. Diferentes experimentos, han demostrado que las posibilidades de que se descarte una celda, debido a errores de un bit en el encabezado, es de 10-12.

La cabecera de las celdas ATM, es usada para identificar celdas pertenecientes al mismo canal virtual, otro uso de este campo es para determinar el inicio de la celda.

Las capas de adaptación ATM (las AAL), son usadas para soportar varios servicios y proveer funciones específicas de servicio. Estas AAL's de información específica, son contenidas en el campo de información de la celda.

El valor de la cabecera (por ejemplo VCI y el VPI) se asigna durante la solicitud de la conexión, cuando conmuta desde una sección a otra. En el ruteo hay dos tipos de conexión, por ejemplo, conexión del canal virtual (VCC) y conexión de la ruta virtual (VPC). Un VPC es un agregado de VCC's.

El identificador de celda ATM, por ejemplo el identificador de ruta virtual, el identificador de canal virtual y el identificador de tipo de información (PTI, Payload Type Indicator), es usado para reconocer una celda ATM, sobre un medio físico de transmisión.

El parámetro de calidad de servicio (QoS, Quality of Service), incluye pérdida de la celda, la demora y la variación de la demora, incurren por los efectos de la celda a las conexiones en una red ATM. La calidad de servicio se refiere a la capacidad de las estaciones fuente para solicitar y

obtener el ancho de banda que necesitan de la red, y la capacidad de la red para administrar el ancho de banda en forma eficiente para todas las estaciones fuente.

La excesiva reserva de recursos por un usuario afecta el tráfico para otros usuarios. Así el rendimiento debe ser vigilado en la interfase usuario-red, para un uso funcional del parámetro de control en la red

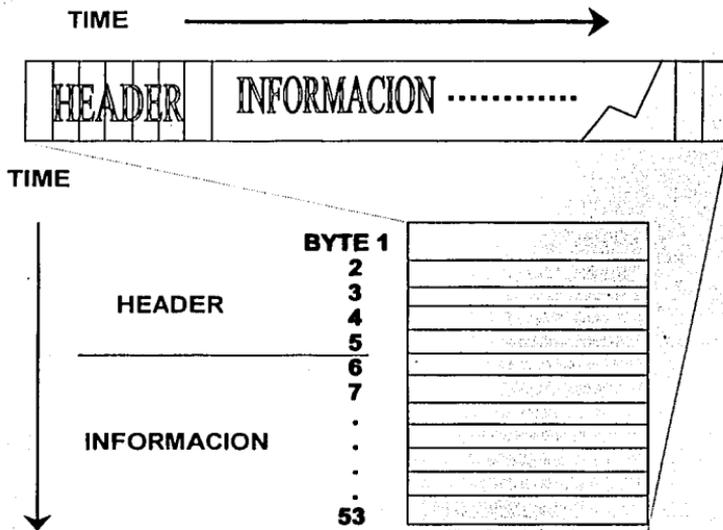


Figura 2. Estructura de la Celda ATM.

La estructura de la cabecera de la celda ATM, se muestra en la Figura 3. Oficialmente, esta es la "cabecera de la celda de B-ISDN interface usuario-red (UNI, por sus siglas en inglés User-Network Interface). Es importante notar que los bits en cada byte son numerados del 8 al 1, de izquierda a derecha. El bit 8 es el bit más significativo, significando esto, que tiene el valor más alto cuando es expresado como un número binario (base 2). Los bytes son enviados sobre la red ATM, del bit más significativo (bit 8) al bit menos significativo (bit 1). También la mayoría de los bits en la cabecera, 24 de cada 40, son usados para identificar una conexión de red jerárquica (el campo VPI/VC1). El dato es empaquetado dentro de las celdas que son de tamaño fijo y enviados a la red. Este uso de celdas por los datos "como llegan", ha llevado a etiquetarlo como "ancho de banda por

demanda" (bandwidth on demand) siendo aplicado a ATM. Eso hace más flexible el uso del ancho de banda disponible cuando es compartido por varios usuarios. El término asignación flexible del ancho de banda (flexible bandwidth allocation) es técnicamente más adecuado, pero "ancho de banda por demanda" se ajusta más en círculos ATM.

ATM es a veces referido como "Multiplexación" o incluso en documentos poco recientes como "Multiplexación por División de Tiempo Asíncrona" (Asynchronous Time Division Multiplexing). Ambos términos fueron utilizados para referirse a ATM, cuando los estándares estaban aún en desarrollo.

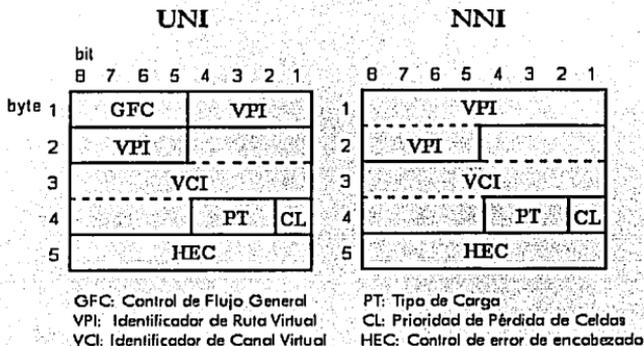


Figura 3. Encabezado de la Celda ATM.

1.4 Multiplexación TDM y ATM

La Figura 4, muestra como trabaja la tradicional Multiplexación por División de Tiempo (TDM). Se refiere como la estrategia más eficiente para multiplexación de señales digitales, en comparación a las señales analógicas. TDM trabaja teniendo asignado un time slot (ranura de tiempo) de longitud fija para cada entrada de usuario. Esto es, por lo tanto, Modo de Transferencia Sincrona (STM, por sus siglas en inglés Synchronous Transfer Mode), ya que cada slot esta sincronizado para cada entrada de un time slot de usuario.

No hay necesidad de identificar los bits del usuario en la corriente de datos. En STM, el propietario de los bits esta determinado por la posición. Sin embargo, si los bits de un usuario no han llegado para complementar el time slot, esto no puede ser dado a otro usuario. Un patrón de bit "ocioso", debe ser enviado en cada canal (en cada time slot) para mantener sincronizado el envío y la recepción. Por lo cual, este método puede resultar en un buen reparto del ancho de banda

(Bandwidth) "ocioso", y el usuario C en la figura 4 debe esperar hasta el próximo time slot para enviar datos, aunque cualquiera de los otros usuarios estén listos para enviar información.

Obviamente, no hay manera en STM para asignar el ancho de banda por demanda a usuarios individuales, o enviar los datos como llegan.

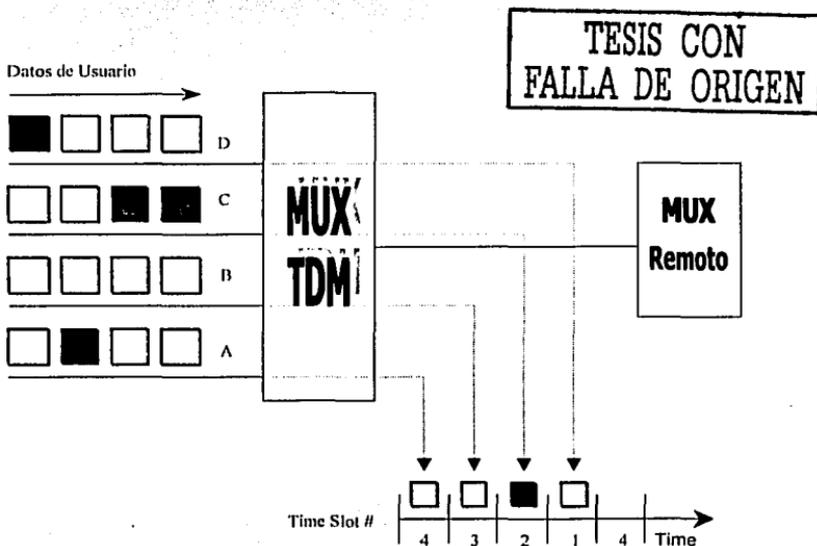


Figura 4. Multiplexación por División de Tiempo.

En contraste, la multiplexación ATM se muestra en la Figura 5. Este tipo de multiplexación trabaja teniendo un número fijo de celdas por unidad de tiempo disponible para datos de usuario. Cada celda tiene los 5 bytes de header, del cual su principal propósito es identificar las celdas pertenecientes al mismo "Canal Virtual" (Virtual Channel) o conexión. Note, que el header de la celda, determina la identificación del dato y no la posición del time slot, como en la multiplexación por División de Tiempo.

Así mismo, las celdas son transmitidas de acuerdo a como es llamada en ATM, la "necesidad instantánea" del usuario. Los patrones ociosos y canales STM han sido eliminados, para beneficios de ambos, el usuario (quien obtiene y envía datos más rápido) y para el proveedor de servicios de red (quien obtiene una mayor eficiencia del uso del ancho de banda de la red). En la figura 5 el

usuario C obtiene dos celdas y el usuario B ninguna por el momento. El multiplexor ATM lleva los datos y los añade al header. Finalmente, el enlace al nodo de intercambio local (nodo de red) puede ser basado en fibra, pero también puede ser cobre, coaxial, etc.

La longitud de la celda es solamente de 53 bytes. En contraste el tamaño más pequeño permisible de una trama en una LAN Ethernet es de 64 bytes. La longitud tan pequeña de la celda es debido a varios aspectos. Básicamente, es un compromiso entre las necesidades de las aplicaciones de voz y de datos, así como de transferencia de archivos. La idea completa, es evitar los largos e impredecibles retardos, esperando paquetes largos para terminar la transmisión. Este proyecto da aceptables retardos de voz, pero ha sido mostrado, muy ineficiente para la transferencia de datos en velocidades menores a un T3 (45Mbps).

La corta longitud de esta celda, también permite "emulación de circuitos" para DS0 en 64 Kbps, DS1 en 1.544 Mbps, DS3 en 45 Mbps y video digitalizado en varias tasas de bits, dependiendo del estándar de compresión. ATM esta dirigido a redes sobre enlaces corriendo 155 Mbps, conocido como SONET. A esta velocidad, una celda de 53 bytes tarda solamente alrededor de 27 microsegundos: $(53\text{bytes} \times 8\text{ bits}) / 155.52\text{ Mbps} = 2.726\text{ microsegundos}$. Cualquier retardo pasa cuando una celda esta siendo transmitida es muy corto.

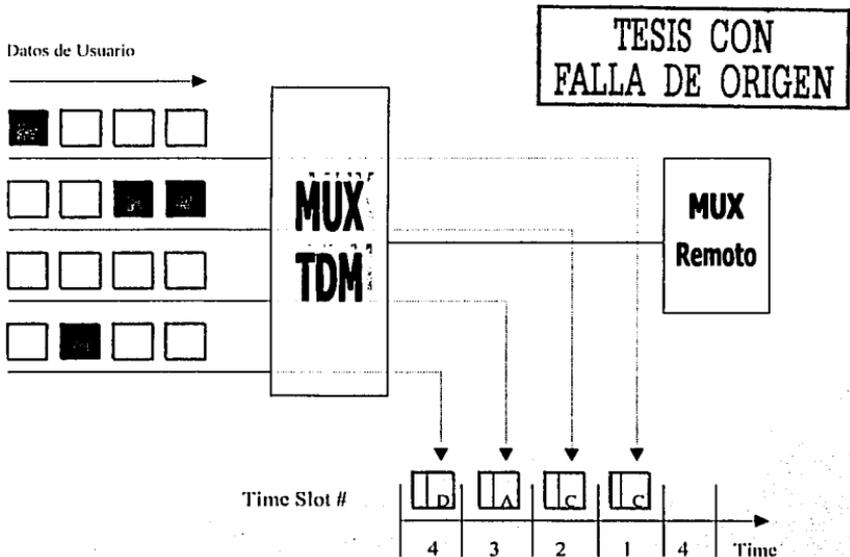


Figura 5. Multiplexación ATM.

1.5 Ancho de Banda y Asignación de la Celda

ATM también, es una técnica de multiplexación, que permite soportar, no solamente aplicaciones sensibles al tiempo, sino varias aplicaciones, y sin canales.

Para señales de vídeo, ATM puede asignar todas las celdas disponibles a un usuario. Esto da un ancho de banda (sobre un STS-36 corriendo a 155 Mbps) de alrededor de 135.168 Mbps:

44 celdas/trama 8,000 tramas/seg. 48 bytes/celda 8 bits/byte.

Desde la nueva TV de alta definición (HDTV, High Definition TV) con MPEG 3 (Motion Picture Experts Group), la compresión necesita alrededor de 30 Mbps.

Por supuesto que este tipo de red, no tiene que asignar todas las celdas a un usuario. Esta es la esencia de cualquier proyecto de multiplexación. Si un transporte digital, por ejemplo, genera 8,000 tramas de transporte por segundo, ya cada usuario es asignado una celda por trama, una trama de cada 8,000 de un segundo es una trama cada 125 microsegundos. No importa cual es la tasa de datos, porque el transporte será de manera más rápida.

Si el usuario obtiene una celda por trama, 8,000 veces por segundo, entonces el usuario podría tener 3.072 Mbps:

8,000 tramas/seg. 48 bytes/celda 8 bits/byte.

El Overhead asociado podría ser de 320 Kbps:

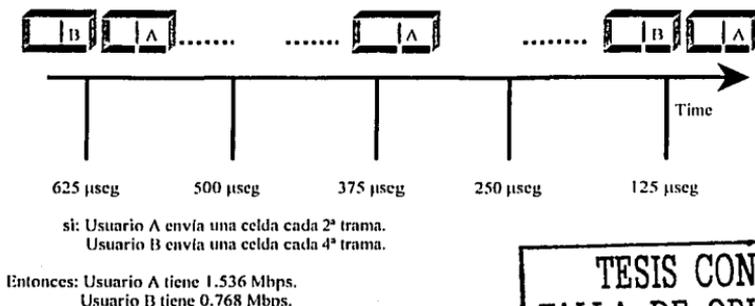
8,000 tramas/seg. 5 bytes/celda 8 bits/byte.

No muchos equipos de red operan a 3.072 Mbps, pero un dispositivo ATM de usuario final, puede incluso asignar anchos de banda más bajos. No hay un requisito, que diga que un usuario tenga una celda por cada trama de transporte, la mayoría de los cuales serán generadas en una tasa de 8,000 tramas por segundo. Para explicar esto, supongamos que un usuario A envía una celda cada segunda trama (en cualquier tasa de datos SONET, esto es consistente: solamente el número de usuarios potenciales variará) y un usuario B envía una celda cada cuarta trama. Las tasas de datos son:

Usuario A: $1.536 \text{ Mbps } (3.072 \text{ Mbps} / 2)$ (T1)

Usuario B: $0.768 \text{ Mbps } (3.072 \text{ Mbps} / 4)$ (FT1)

Esto es ilustrado en la Figura 6.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 6. Ejemplo de una tasa de datos de un usuario final ATM.

ATM se predispone como adecuada para todo, de altas a ciertas bajas velocidades. Pero cabría preguntar: ¿qué sucede con la voz?. Suponga un usuario C que envía una celda cada 48ª trama. Esto se resuelve con un ancho de banda de 64 Kbps, o 3.072 Mbps / 48. Esto, pasa a ser el ancho de banda del canal de voz PCM DS-0.

Desde luego que, las celdas son enviadas una vez cada 6,000 μseg, lo cual puede decirse que es 48 X 1285 μseg, o 6 milisegundos (1 / 1000 de segundo). También, la celda tiene 48 bytes para información. Muchas palabras PCM son puestas dentro de una celda. Un canal de voz DS-0 genera un byte en 125 μseg (8,000 por segundo). Para llenar una celda (recordando que el tamaño es fijo), se necesitan 48 bytes, o 48 muestras de voz. Esto llevará:

$$48 \cdot 125 \mu\text{seg} = 6,000 \mu\text{seg} = 6 \text{ milisegundos}$$

En ATM, esto es conocido como el retardo de paquetización de la voz, y se muestra en la Figura 7.

A simple vista, ATM parece tan limitada como otras tecnologías existentes. Con esto, quedaría preguntar: ¿Qué tan factible es ATM, si las celdas tienen que ser asignadas a usuarios en una tasa constante y conocida?, ¿Dónde está el ancho de banda por demanda?

Pero ATM, puede permitir a usuarios operar en "modo de circuitos" o en "modo de paquetes". El modo de circuitos (la voz es un ejemplo) es también conocido como "Tasa de Bits Constante

(CBR, Continuous Bit Rate)". El modo de paquetes (casi todos datos) es una "Tasa de Bits Variable (VBR, Variable Bit Rate)". El punto sustancial para ambos modos, es la compatibilidad con equipos de redes existentes, así como de servicios de red.

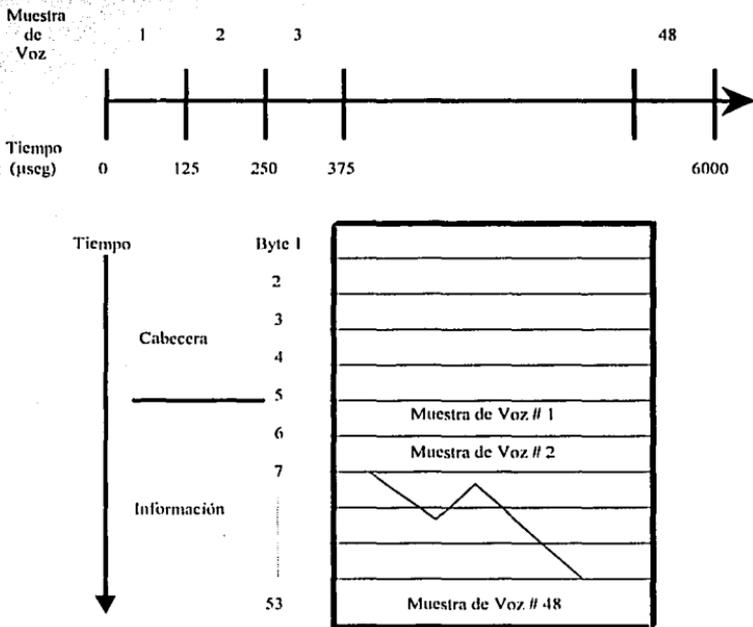


Figura 7. Retardo de Paquetización de la voz.

Como ejemplo, en la Figura 8, se muestra un usuario A corriendo a 1.536 Mbps (Tasa DS-1, 24 x 64 Kbps) en modo de circuitos, siendo garantizada una celda cada segunda trama. Un usuario B esta corriendo a 0.768 Mbps (una tasa fraccional T1) en modo de circuitos, siendo garantizada una celda cada cuarta trama.

El resto del ancho de banda (y es grande) esta disponible para la disputa entre otros usuarios. Estos usuarios están corriendo en modo de paquetes. ATM puede ser tan flexible y creativo como usuarios necesiten modo de circuitos y modo de paquetes.

Si ATM es la última tecnología en redes, habilitando organizaciones para construir "redes" y así permitir usuarios de la red ATM a establecer conexiones basadas en casi cualquier parámetro de ancho de banda y retardo, entonces, ahí debe haber una manera de converger LAN's y WAN's, redes públicas y privadas, voz, vídeo y redes de datos. ATM debe converger todos estos esquemas concurrentemente separado, en uno solo.

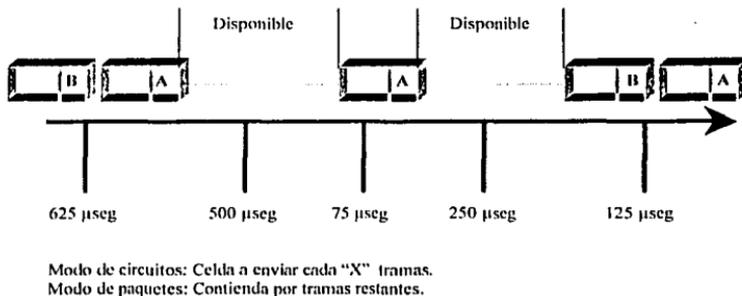


Figura 8. Ejemplo del modo de circuitos.

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

1.6 Convergiendo las Redes: LAN's y WAN's

ATM fue diseñado por gente WAN para aplicaciones WAN. Algo curioso sucedió en el camino de ATM hacia la estandarización ITU. Fue básicamente "frenada" por los vendedores de LAN. Este es el mismo grupo detrás de otras tecnologías de red de altas velocidades, tales como Fast Ethernet y desarrollos relacionados con LAN.

Lo que estos vendedores vieron en ATM, fue la habilidad para asignar ancho de banda de manera flexible y en porciones más grandes, así como el soporte para vídeo y otras aplicaciones sensibles de tiempo. Tratando estas características para incrementar la velocidad de las LAN (10 Mbps a 100 Mbps) pareció una solución vista a corto plazo. ATM estaba disponible, y esto fue un estándar ITU.

Los vendedores de LAN lo tomaron. Una LAN moderna consiste en una tarjeta de Interfase de Red (NIC's, Network Interface Card), cableado en estrella, y de un concentrador (Hub) central, dispositivo para engancharlos a todos juntos. Implementando ATM en el concentrador, los vendedores de LAN podrían esencialmente crear una red ATM, la cual consistió de una sencilla conmutación del nodo de red ATM: el concentrador (Hub) mismo. El cambio sería hecho internamente y permanecer transparente al cableado existente y a las tarjetas NIC.

Los usuarios que necesitan un ancho de banda más alto podrían intercambiar las NIC LAN por una NIC ATM.

Los vendedores LAN no necesitaron, o aún no querían específicamente SONET. Ellos quisieron el soporte de ATM sobre el mismo cableado en estrella (usualmente UTP o STP, pero no fibra), que fuera para LAN, y minimizar el costo de la transición a los usuarios. ATM llegó a ser "separado" de SONET, y comenzó a ser visto para implementaciones LAN.

Ahora, la combinación de ATM de una tecnología puramente WAN a una tecnología LAN-WAN es casi completa. Ya que las funciones y protocolos básicos de ATM no fueron alterados, la única diferencia real entre una WAN ATM y una LAN ATM es el soporte del transporte físico, con excepción de la fibra. Algunos vendedores se propusieron soportar SONET mismo, dentro de las premisas de los clientes.

Muchos productos han sido desarrollados para habilitar una tarjeta NIC en un sistema final (estación de trabajo), para generar una celda ATM y enviar no sólo a través de la ciudad (sobre MAN's), o a través del país (sobre WAN's), sino al escritorio próximo mando el mismo hardware, software, y protocolos, en su viaje.

1.6.1 Los Servicios: Público y Privado

Las organizaciones tienen tradicionalmente implementadas sus redes, comprando el ancho de banda requerido de los carriers (portadores de servicios) en la forma de renta de líneas privadas punto a punto, y proveen sus propios nudos de red en la forma de switches y routers comprados a proveedores de equipo. Estas redes privadas que se conforman, son hoy, la forma más común de construir una red. Los ruteadores son los nodos de red para las redes de datos, y los PBX's (Private Branch Exchange), son los nodos de red para las redes de voz en muchas organizaciones.

Los carriers han intentado periódicamente oponerse a este movimiento, ofreciendo servicio de datos a lo largo de líneas X.25 para atraer a estas organizaciones de regreso sobre la red pública. Esto, permitiría a los carriers hacer más eficiente el uso del ancho de banda de su red, el cual es normalmente perdido cuando es vendido como líneas privadas.

Por supuesto que, las organizaciones se han resistido a este esfuerzo por parte de los carriers, prefiriendo el control y seguridad ofrecidos, implementando redes privadas, a la conveniencia y penetración ofrecida implementando redes privadas, a la conveniencia y penetración ofrecida por

un servicio de red pública, de voz o datos. Por ejemplo, X.25 fue percibido como la limitante de la elección de protocolos de la organización a exactamente uno: X.25 o nada. ATM tiene el potencial para cambiar esta situación efectivamente, uniendo los servicios de red públicos y privados.

La arquitectura de ATM, consiste de hardware, software, y protocolos, es lo mismo si es implementada en una red privada por una organización o en una red pública por un carrier. La organización no puede quejarse de que las opciones son limitadas, ya que ATM entregará todos los servicios existentes. Los carriers no pueden quejarse por perder ancho de banda en líneas privadas, ya que ATM multiplexa asincrónicamente, asignando el ancho de banda, basado en un "instante real requerido" del usuario, acorde con el Foro ATM y la documentación ITU.

ATM es ATM, sea pública o privada, y las celdas ATM, son fácilmente enviadas desde una LAN ATM privada, hacia una red ATM pública, sin cambios o modificaciones significantes.

1.6.2 Los Negocios: Voz, Video y Datos

Ahora en todas las organizaciones, la voz, videoconferencia, y redes de datos, son implementadas completamente por separado. Si ellos tienen cualesquiera partes en común, es generalmente sólo al hecho de que todas estas redes usan canales E1's.

No únicamente ATM, ofrece la capacidad para unir todas estas redes separadas a una organización, ofrecen estas mismas capacidades a la voz, video, y la red pública de datos, los proveedores de servicios.

Los proveedores de servicio de la red de voz, ahora no solamente están interesados en proveer las comunicaciones de voz por teléfono, sino en aplicaciones de voz, tales como mensajería y envío de llamadas (Call Forwarding). ATM ofrece estos servicios, los cuales serán aún más fragmentados que ahora, pero también, una oportunidad para ofrecer estos servicios de forma estandarizada, de proveedor a proveedor.

Claro que, todas las compañías de teléfonos, ahora, están interesados en ofrecer "video por marcación de tonos" (video dial-tone). El video por marcación de tonos, dará a los clientes, la habilidad para ver películas por demanda, y acceder a otros servicios, tales como compras desde la casa, que ha sido un servicio solamente exclusivo de las compañías de TV por cable.

Estos servicios de video son ofrecidos ahora por las compañías de TV por cable. Todas estas compañías están considerando ofrecer los servicios de voz también. Conocido como "teléfono por cable" (Cablephone), muchas pruebas están en curso en los Estados Unidos. De hecho, estudios indican, que tanto como el 33% de los suscriptores de TV por cable, podrían actualmente preferir obtener el servicio de teléfono a través de estas compañías de cable.

Los servicios de datos son ofrecidos a través de compañías tales como Compuserve o Prodigy. Proporcionan servicios de correo electrónico (e-mail), compras por catalogo (Catalog Shopping), noticias personalizadas (customized news), y acceso a Internet, son todas las cosas que las

compañías telefónicas y las de TV por cable quisieran ofrecer también. Estos servicios son usualmente accedidos a velocidades bajas vía un arreglo de marcación a través de compañías telefónicas locales. Sin embargo, en muchos lugares alrededor del mundo, el acceso a Internet está disponible en tasas de T1 (1.5444 Mbps) o E1 (2.048 Mbps), según el lugar.

En estos momentos, todos estos negocios construyen redes muy diferentes: las compañías telefónicas construyen redes de voz, las compañías de TV por cable construyen redes de cable coaxial, etc. Si la industria de las telecomunicaciones continua en la tendencia hacia una completa desregulación, cualquier compañía podrá ofrecer cualquier servicio que pueda proveer.

Habrà una "convergencia" de la voz, vídeo, y servicios de datos. ATM es la única tecnología que sería eficiente para construir nuevas compañías que desean "llevar lo que sea" dentro de sus redes nuevas. ATM puede entregar de manera adecuada los servicios de voz, vídeo y datos sobre la misma red física.

Esta es la promesa de ATM: una "Tecnología de Integración".

1.7 Aspectos Clave de ATM

Existen varios aspectos clave de las redes ATM. Estos son listados en la siguiente Tabla 1.

• Soporte para todo tipo de servicio
• Completa arquitectura de red
• Muy altos anchos de banda y retardos bajos
• Nueva forma de construir redes
• Última tecnología de convergencia

Tabla 1. Aspectos clave de ATM.

1) Soporte para todo tipo de servicio.

ATM soportará todos los servicios existentes, tales como la voz digitalizada, y está diseñando el soporte para todo tipo de futuros servicios también. Una vez que se haya diseñado una red que sea capaz de entregar bits en casi cualquier tasa, con una pequeña adición al retardo de propagación, el trabajo estará esencialmente completo.

Ningún servicio puede pedir más. El soporte para aplicaciones sensibles al tiempo, faltante en muchas otras tecnologías de redes de alta velocidad, está presente en ATM. De hecho, tal soporte fue una meta clave del diseño.

2) *Completa arquitectura de red.*

ATM no es sólo una forma de transmitir bits. Incluye una completa administración de la red, especificando el uso de celdas especiales para la detección y reporte sobre problemas en las redes ATM. Estas celdas de Operación y Mantenimiento (OAM, Operations and Maintenance), deben ser generadas y procesadas por todos los equipos de ATM. Esto en contraste con otras tecnologías, donde la administración de la red es una opción a vender o puede incluso no estar. ATM también tiene su propio protocolo de señalamiento, faltando totalmente en tecnologías tales como FDDI-II.

3) *Muy altos anchos de banda y retardos bajo.*

ATM puede ofrecer a cualquier usuario, virtualmente, cualquier ancho de banda requerido. La red tiene retardos muy bajos, debido al uso de celdas pequeñas y de switches rápidos. ATM, puede también establecer conexiones con muchos anchos de banda bajos, incluso, abajo del nivel de canal de voz (64 Kbps) y aún abajo. Esto es parte de todo el soporte "universal" de servicios que incluye ATM.

4) *Nueva forma de construir redes.*

ATM es un claro rompimiento con el pasado. Más que comenzar con una tecnología más antigua y tratar de adaptar o improvisarla, ATM comienza sobre todo. Esto fue (y aún puede ser) un movimiento arriesgado, pero la rápida evolución de la capacidad y arquitectura de la computadora, produjo un movimiento inevitable.

5) *Última tecnología de convergencia.*

ATM converge el soporte para voz, vídeo y servicio de datos, sobre una red físicamente descanalizada. Con ATM, una organización o proveedor de servicio construye la "red", y los usuarios la usan de cualquier manera o maneras que ellos elijan.

1.8 Limitantes de ATM

Una vez aclaradas las muchas ventajas y los aspectos positivos de ATM, podría parecer que no habría limitaciones de las que pudiéramos hablar. Por supuesto que las hay. Algunas de ellas pueden aún resultar muy difíciles de superar, aún con el mejor esfuerzo de muchos vendedores, e incluso de organizaciones. Estas limitantes son listadas en la Tabla 2.

• ATM será costoso.
• Una tecnología muy diferente
• Desaprobada principalmente en grandes escalas.
• Dificil de implementar en equipos de red.
• Inadecuada su implementación en muchos casos.

Tabla 2. Limitaciones de ATM.

1) *ATM será costoso.*

De hecho, ATM puede ser muy costoso. La participación de tan diversos vendedores, ofreciendo productos ATM, junto con los demasiados clientes potenciales en los diversos mercados, deberían asegurarse de que los productos ATM no son más costosos que muchas otras tecnologías de redes de alta velocidad. Los precios deben bajar rápidamente, mientras que ATM se convierte en la principal tecnología de red.

2) *Una tecnología muy diferente.*

La base de ATM son las celdas donde estriba la fuerza de ATM, así como una debilidad potencial. Esto es debido al hecho de que tecnologías antiguas están basadas en el uso de tramas de longitud variable, o paquetes como la unidad de intercambio de la red. ATM es un cambio básico desde estas tecnologías hacia el mundo del recenvío de celdas. Por lo tanto ATM no puede ser compatible con cualquier tipo de tecnología.

3) *Desaprobada principalmente, en grandes escalas.*

Las grandes redes ATM, con cientos de nodos y miles de conexiones todavía no existen. Muchas tecnologías parecen prometedoras, pero en papel o incluso en el laboratorio, pero no pueden impresionar o entusiasmar a los usuarios cuando están disponibles para su implementación. ATM debe hacer frente al desafío de la aceptación en un futuro cercano. Es decir, provocar el interés por parte de los usuarios, verificando de igual manera las ventajas que obtendrían con esta tecnología.

4) *Dificil de implementar en equipos de red.*

En concepto ATM es perfecto; así como un vehículo igualmente estacionado frente a nuestra casa, sobre el agua, o en el aire. De esta manera sería difícil construir tal carro/bote/avión, que le sea posible estar en tierra, o en el aire, esto es posible con ATM. De

hecho, las dificultades con ATM, no son con las ideas o protocolos, sino las demandas extraordinarias de las locaciones de ATM sobre los procesadores y el software.

5) *Inadecuada implementación en muchos casos.*

Sólo porque ATM es adecuada para muchos casos, esto no necesariamente significa que lo sea para todo. Muchos usuarios no necesitarán de altos anchos de banda y de bajos retardos ofrecidos por ATM, para los próximos años. Muchas redes serían mejoradas para un óptimo desempeño, por un menor costo, siendo menos complejas que el diseño ATM. Por ejemplo, los usuarios necesitan de anchos de banda más altos, pero no necesariamente de retardos más bajos, una solución factible puede ser la tecnología Ethernet de 100 Mbps. No todas las soluciones pueden conducirnos a ATM.

1.9 Nuevos Servicios y Nuevas Tecnologías

El término "multimedia" ha llegado a ser, últimamente, la palabra por demás usada en la industria del procesamiento de la información. Diferentes interpretaciones se pueden encontrar, de lo que la multimedia significa actualmente, pero hablando en general, es una manera de presentar la información haciendo una combinación de imágenes, texto, audio y video. Las aplicaciones de multimedia pueden ser implementadas en una PC, por ejemplo, o pueden ser implementadas en un sistema distribuido basado en algunos tipos de red digital. Si es implementado el control al usuario, la aplicación de la multimedia puede llegar a ser "interactiva".

La interactividad no es algo nuevo en el ambiente de la computación, donde el texto y los gráficos han sido usados para alimentar la información de ida y vuelta, hacia y desde los usuarios por un largo período de tiempo. Algunos de los productos recientemente creados por la multimedia, sin embargo, tanto el sistema como el equipo mismo, requieren de un cierto nivel de performance. Este nivel de performance en los equipos fue recientemente alcanzado. Uno de los muchos aspectos que demanda de un cierto performance, en la multimedia, es indudablemente el video.

Por supuesto que, el video mismo no es nada completamente nuevo. La más importante aplicación del video que conocemos hoy, es la difusión de la TV (TV Broadcasting), y está basada en tecnología analógica. El video digital, sin embargo, fue hasta hace algún tiempo solamente usado en los salones de estudio y producción. Algunos recientes diseños, ambos en técnicas de compresión de datos y tecnologías de red, hicieron posible el uso de del video digital en otros ambientes de aplicación.

Un ejemplo, es el uso del video en redes de datos. El reciente explosivo crecimiento de Internet y de aplicaciones del World Wide Web (telaraña de la red mundial) han causado interés en la integración del video digital dentro del ambiente Internet. Existe, desde luego, una manera fácil de llevar a cabo esto, descargando un archivo con datos de video a la PC de un usuario, y así con un

determinado programa, poder apreciarlo. Esto tiene sentido para clips de vídeo muy cortos, donde el tiempo de descarga pudo ser aceptable. Para ver una película completa, no hay actualmente manera de conseguir, alrededor, el tan llamado vídeo fluido. En este caso, las imágenes de vídeo son enviadas continuamente ("fluido") desde un servidor central a un cliente, donde son decodificados y desplegados tan pronto como lleguen.

Sin embargo, hay algunas ediciones en vídeo que fluyen con protocolos de red de datos. Uno es el hecho de que los datos del vídeo digital que fluyen, exigen un conjunto de requisitos muy específicos de la red. Las secuencias de los datos del vídeo digital son muy sensibles a los retardos y a errores de transmisión, los cuales son causados por las redes de datos, por diferentes razones. También, fluyen datos del vídeo digital por medios de transporte de uno a tres Mbps hacia el cliente, lo cual está más allá de la capacidad del ancho de banda, que las tecnologías de red de acceso residencial para servicios de datos apoyan actualmente. La comunidad Internet, específicamente el Grupo de Trabajo de Ingeniería del Internet (IETF, Internet Engineering Task Force), está intentando dirigir estos puntos.

Paralelo a los esfuerzos de resolver los puntos en la entrega del vídeo digital vía redes de datos establecidas, los operadores del servicio de TV por cable y sus proveedores de la tecnología intentan mejorar las ya establecidas redes de TV por cable con nuevos servicios. El desafío principal en mejorar los servicios de vídeo puro (como TV por cable, TV por difusión terrestre, o TV satelital directo a la casa) es la pregunta de cómo realizar una comunicación bidireccional, o en otras palabras, como implementar una ruta de regreso desde el cliente hacia el proveedor del servicio a fin de permitir la interactividad. Algunas tecnologías muy prometedoras, que pueden resolver esto, se pueden avistar.

Para resumir, los nuevos servicios de multimedia pueden ser realizados (por lo menos) por dos enfoques diferentes, como se ilustra en la Figura 9. El primer enfoque es para iniciar con una comunicación de datos y tecnología de procesamiento de datos a fin de implementar servicios de datos interactivos. Son el World Wide Web, basado en la Internet, y los servicios comerciales en línea que son ofrecidos por diversos proveedores. Estos servicios de datos interactivos estuvieron originalmente basados en texto, pero ahora son implementados con una interface gráfica al usuario. el próximo paso en este proceso del diseño es incluir el vídeo dentro de los servicios.

El segundo enfoque es completar el curso del servicio de difusión televisiva con interactividad. Junto con esto va la introducción de la tecnología digital para la entrega y almacenamiento de la información de vídeo y audio. Una vez que el componente interactivo haya sido añadido, nuevos tipos de servicios pueden construirse. La difusión de la TV estándar, entonces, llega a ser parte de un juego de servicios construidos alrededor del componente fundamental -vídeo digital de alta calidad.

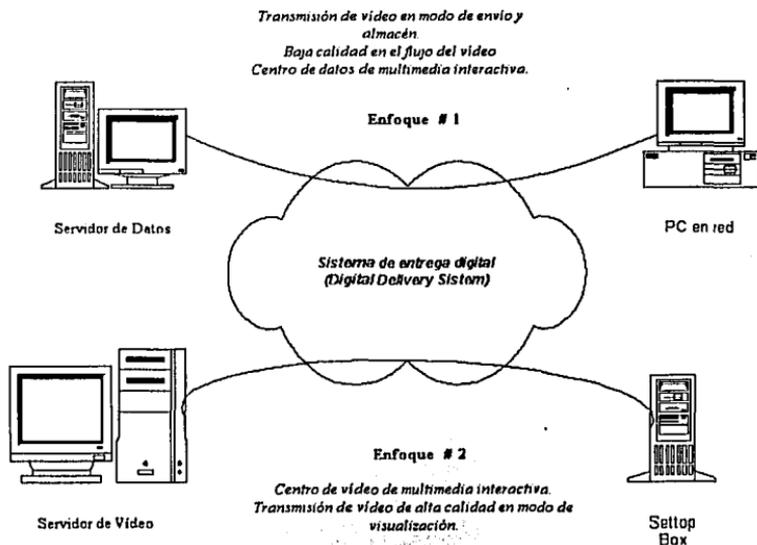


Figura 9. Video en redes digitales.

Ambos enfoques tienen en común el hecho de que ellos usan el video digital para entregar información al cliente, aunque la entrega es implementada de maneras diferentes.

Usando las tecnologías digitales para almacenar, manipular y transmitir la información, ganamos enormes oportunidades para crear nuevos tipos de servicios y procesar la información de nuevas y flexibles maneras. Los servicios que son implementados siguiendo el segundo enfoque, son altamente enfocados en el uso del video como un medio para entregar información. En este enfoque, los servicios están relacionados a la televisión que conocemos ahora, pero ellos añaden nuevos aspectos, tales como el control de usuario o la comunicación bidireccional, en general. Algunos ejemplos de estos nuevos servicios basados en el video están en la Tabla 3.

Si observamos el primer enfoque, el video digital es principalmente usado para mejorar la presentación, intercambio, y entrega de la información. Ver Tabla 4 para aplicaciones que usarán el video como un medio de información adicional.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los nuevos servicios y aplicaciones descritos anteriormente (especialmente los servicios basados en vídeo) tienen en común el hecho de que ellos requieren la entrega de enormes cantidades de datos, típicamente 20-30 imágenes completamente a color por segundo, al cliente. En otras palabras, el contenido que es transmitido es muy complejo y requiere de un ancho de banda bastante considerable para ser entregado al usuario. Sin embargo, el contenido complejo no es la única razón por la que existe la necesidad de un mayor ancho de banda en las redes. Hay por lo menos otros dos puntos:

- La arquitectura de las aplicaciones que usan la red consigue más y más ser orientada al cliente-servidor. Esto requiere más y más comunicaciones, las cuales no son visibles al usuario. Las aplicaciones tienden a ser implementadas por los componentes de software. Esta comunicación esencialmente requiere de ancho de banda.
- El número de clientes y servidores está creciendo rápidamente. La red tiene que arreglárselas con un creciente número de participantes, donde cada participante podría usar aplicaciones de contenido complejo, así como software orientado a la arquitectura cliente-servidor.

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Películas por demanda (MoD, Movies on Demand)	Implementará un servicio de películas por demanda (MoD) que funcionará como un "VCR" (videocasetera) sólo que vía la red. El cliente no tiene que ir a rentar un vídeo a los conocidos videocentros para obtener una película. La película será entregada vía la red. El MoD puede incluir características como adelanto rápido (fast forward), movimientos lentos (slow motion), inicio (start), paro (stop), etc.
Noticias por demanda (News on Demand)	Con las noticias por demanda, el cliente será apto para crear su programa personalizado de noticias. El programa de noticias sería personalizado en términos de la cantidad de información de vídeo, texto y audio. También, solamente noticias sobre temas específicos serían seleccionadas y entregadas.
Vídeo por demanda (NVoD, Near Video on Demand)	El vídeo por demanda (NVoD) es la difusión del mismo programa en diferentes canales, con diferentes tiempos de inicio. El cliente elige el canal donde un programa está por comenzar. Para continuar viendo después de una pausa, el cliente cambia el canal que está una cierta cantidad de tiempo "detrás" del canal que él/ella vio antes. El vídeo por demanda no requiere de un canal de comunicación del usuario hacia el proveedor del servicio, lo cual lo hace relativamente simple para implementar.

Tabla 3. Nuevos servicios de Vídeo.

Aplicación	DESCRIPCIÓN
World Wide Web	Haciendo un click sobre un símbolo, comienza la transmisión del video hacia el navegador (browser) del usuario.
Videoconferencia Personal (Personal Video Conferencing)	El usuario puede disfrutar de una videoconferencia usando una computadora personal (PC).
Videotelefonía de escritorio	El servicio de teléfono común, pero ahora con una interesante adición, que es el contacto visual.

Tabla 4. Aplicaciones de escritorio incluyendo video.

Esta creciente necesidad de un mayor ancho de banda y de un poder de procesamiento, es válida para todas las diferentes partes de una arquitectura del servicio de entrega de video. Esta arquitectura típicamente consiste del (video) sistema servidor, un core o red de transporte, la red de acceso, y el dispositivo del cliente. La Figura 10 muestra estos componentes.

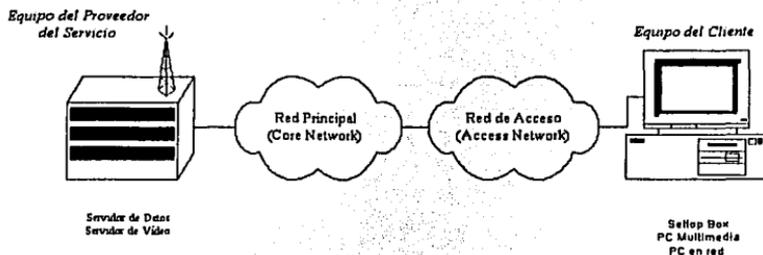


Figura 10. Arquitectura del servicio de entrega.

La industria está direccionando los requerimientos de ancho de banda hacia nuevos diseños y tecnologías de red más rápidas, así como de tecnologías de compresión para el consumo del ancho de banda.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.10 Vídeo MPEG en el Foro ATM

Existe un área para los aspectos de servicio y aplicaciones para trabajos en grupo (SAA, Service Aspects and Applications), la cuál pertenece al Comité Técnico del Foro ATM, cuya función, es el desarrollo de las especificaciones técnicas, que permiten el uso de los servicios multimedia (AMS, Audiovisual Multimedia Services) y de las aplicaciones sobre las capas de Adaptación ATM. De esta manera, el comité técnico de AMS, se ha centrado en el desarrollo de un acuerdo de implementación para el campo emergente conocido como Vídeo por demanda (VoD, Video on Demand), lo cuál puede ser pensado de forma más general, como servicios interactivos de multimedia. La versión 1.0 de esta implementación, fue finalizada a finales de 1995, y cubre varios aspectos de la transmisión de datos de vídeo o de audio, vía una red de banda ancha basada en ATM.

SAA, trabajando en conjunto con la Organización Internacional de Estándares ISO/IEC, con el Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento (MPEG, Motion Picture Experts Group) y con ITU-T, ha adoptado el formato de transporte MPEG-2, como un punto de interoperabilidad para la multiplexación y sincronización de multimedia.

MPEG comenzó en 1988, y ha llegado a ser desde entonces, el mecanismo más universalmente aceptado para codificar (con la opción de ser almacenado) y entregar, los programas de vídeo comprimidos y digitalizados, en tasas de flujo de bits mayores a un Megabit por segundo (1 Mbps). El programa de vídeo, o simplemente programa, se refiere a imágenes en movimiento con audio asociado y sincronizado. Como ejemplo, las películas cinematográficas, en las cuales el audio de la película corresponde a la secuencia de las imágenes en movimiento, así como en los anuncios o comerciales, etc. Ver Figura 11.

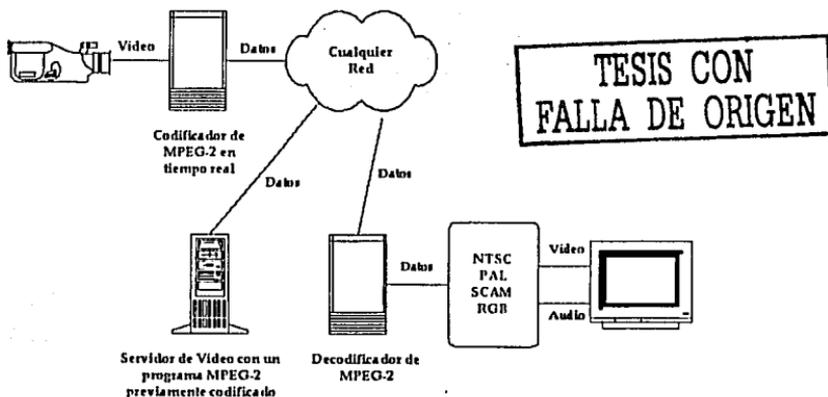


Figura 11. Sistema MPEG-2.

La tasa total de flujo de bits para un programa MPEG, puede ser tan baja como 1.5 Mbps para aplicaciones caseras, como puede ser una típica grabación de vídeo, o tan alta como 15 Mbps para un estudio profesional o una aplicación de televisión de alta definición. Los coeficientes de compresión general, pueden ser tan altos como 100 a 1, contra el programa de vídeo descomprimido, haciendo esto posible, entregar ciertas aplicaciones de vídeo que antes no eran factibles, debido a los altos requerimientos de ancho de banda. Por ejemplo, un vídeo digitalizado sin compresión, podría requerir por encima de los 150 Mbps, resultando un costo de almacenamiento y de entrega. Sin embargo, las técnicas algorítmicas de MPEG, no establecen tasas de bit o coeficientes de compresión para un nivel particular de calidad visual o audible, ni para una aplicación en particular. Más bien, la tasa global de bits, depende de muchos factores, incluyendo la implementación específica y la composición del material de la fuente misma.

En general, las especificaciones MPEG, definen una jerarquía de 2 niveles para una secuencia codificada de bits MPEG: la Capa de Compresión y la Capa de Sistema. Vea la Figura 12.

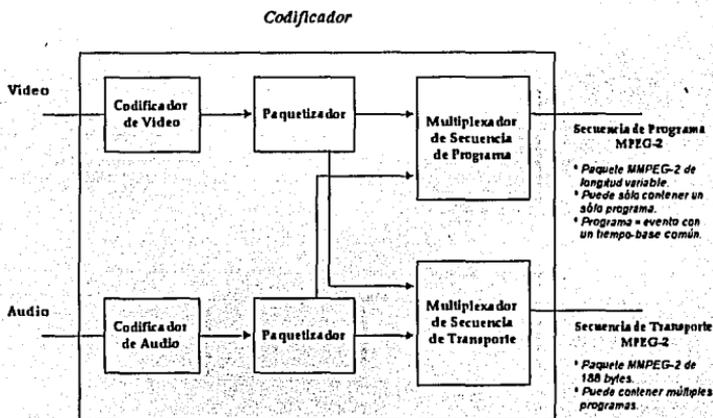


Figura 12. El proceso de codificación de MPEG-2.

En el proceso de codificación (en la fuente, por ejemplo), un programa de vídeo analógico entrante, se divide en componentes de audio y de vídeo, si es necesario, y las muestras de las formas de onda, son convertidas al dominio digital. Una función de la Capa de Compresión MPEG, codifica entonces, el vídeo digitalizado entrante o la secuencia de audio, utilizando una serie de algoritmos y técnicas de compresión. La salida de la función de la Capa de Compresión, es referida como una secuencia elemental MPEG. Puede haber múltiples funciones de la Capa de Compresión de un codificador MPEG. La función de la Capa de Sistema, por su parte, segmenta (empaqueta) y

multiplexa una o más secuencias de bits elementales comprimidas, por ejemplo, un vídeo y una o más secuencias elementales de audio forman una sola secuencia de bits de salida. La empaquetización y la multiplexación, se hace de tal manera, que mantienen la sincronización entre todas las secuencias elementales asociadas con la misma entrada del programa. Un Sistema común de Reloj de Tiempo (STC, System Time Clock), es utilizado a través del proceso de codificación, y la Capa de Sistema, periódicamente muestrea el STC mismo, codifica las muestras como marcas de tiempo (time-stamps), y las fija dentro de la secuencia de bits como parte de la sintaxis de la Capa de Sistema. Los tiempos de presentación, con relación al STC para las tramas codificadas de audio y vídeo, son también codificados como marcas de tiempo (time-stamps) y fijados como parte de la Capa de Sistema.

La secuencia de bits o programa MPEG resultante, puede ser inmediatamente enviado del sistema fuente, o almacenado para una transmisión futura.

En el proceso de decodificación, es decir, en el destino; ver Figura 13, la función de la Capa de Sistema, recupera las marcas de tiempo fijadas en el STC, llamados referencia de programas de reloj, en el caso del Formato de la Capa de Sistema de la Secuencia de Transporte, y demultiplexa y recensambla las secuencias elementales. Las secuencias elementales, son pasadas a las funciones adecuadas de decodificación de la Capa de Compresión y decodificadas. Las marcas de tiempo (time-stamps) recuperadas, se utilizan para ajustar el tiempo-base local, y ver el tiempo-base utilizado para codificar el programa (ver Figura 14). De esta manera, la recuperación apropiada del programa, ocurrirá independientemente de los métodos usados para entregar la secuencia de bits de la fuente al destino. Las secuencias digitales descomprimidas, son finalmente convertidas a una presentación apropiada, por ejemplo, estándares de televisión NTSC o PAL, RGB, VGA, y formatos de audio.

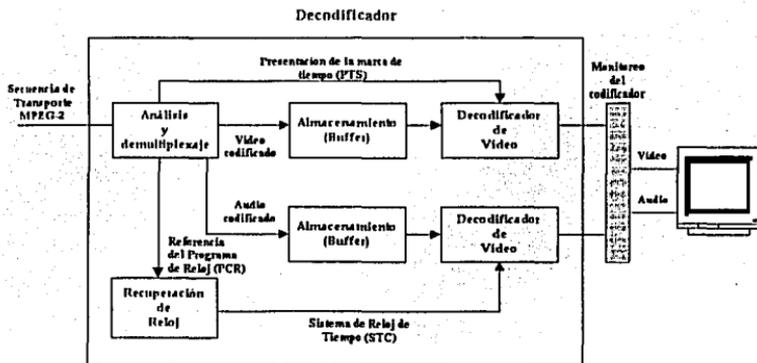


Figura 13. El proceso de decodificación MPEG-2 (muestra de la Secuencia de Transporte).

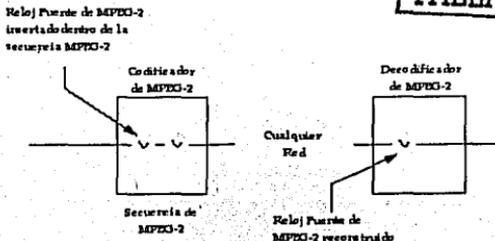


Figura 14. Marcas de tiempo MPEG-2.

La serie de estándares MPEG-1 ISO/IEC 11172, fueron diseñados principalmente para la compresión y almacenamiento de programas de vídeo. Una aplicación práctica, es para la computación de escritorio con los CD-ROMs de vídeo. Las series de estándares MPEG-2 ISO/IEC 13818, amplió el trabajo de MPEG-1. El estándar de compresión del vídeo MPEG, añadió muchas más características y capacidades para aplicaciones de control, tales como la televisión abierta y de un estudio profesional. El estándar del sistema MPEG, agregó una Capa de Sistema más robusta, llamada la Secuencia del Transporte, la cual dirige los requerimientos de transporte de la secuencia de bits MPEG, sobre ambientes heterogéneos, donde la multiplexación de múltiples programas en la misma secuencia de bits pudiera ser requerido, donde los errores de transmisión pueden ocurrir, y donde la recepción y procesamiento de programas MPEG sensibles al tiempo, deben ser llevados a cabo en tiempo real y con una baja latencia. Las últimas capacidades antes mencionadas, son las de mayor interés para SAA y AMS.

MPEG-2 en realidad define dos capas de sistema, la Secuencia de Programa y la Secuencia de Transporte. Una u otra es usada, pero no ambas. La Secuencia de Programa es similar en función a la Capa de Sistema del MPEG-1. La técnica del empaquetado, es decir, la encapsulación y multiplexación de la secuencia elemental de la Capa de Compresión, produce grandes y variados tamaños de paquetes, los cuales, facilitan el análisis del software para esos ambientes que son aptos para hacerlo. Sin embargo, los paquetes grandes hacen que el aislamiento del error y las técnicas del encubrimiento, sean difíciles y también incrementan los requerimientos del almacenamiento (buffer) del receptor/decodificador para demultiplexar y reensamblar las secuencias de bits. En contraste, la Secuencia de Transporte consta de una longitud fija de 188 bytes para los paquetes, lo cual ayuda en el aislamiento del error y disminuye los requerimientos de almacenamiento al receptor, para esos ambientes que requieren de estas características.

Es importante entender, que los estándares de MPEG, fueron desarrollados para ser independientes de cualquier red específica de entrega, para proporcionar un punto de interoperabilidad en ambientes de red heterogéneos. Por ejemplo, una mezcla de redes ATM y las que no lo son, puede ser realizada con sistemas de vídeo por demanda. Por lo tanto, puede haber un cierto traslape de funciones cuando se utilizan redes robustas, tal como ATM. Además, el modelo

del decodificador del sistema MPEG, supone un retardo constante de fin a fin, para la entrega de la secuencia de bits (ver Figura 15). En ambientes como ATM, donde la salida de la celda puede experimentar bailoteos (Jitter) a través de la red, tales como variaciones del retardo de la celda, el bailoteo debe ser compensado en el sistema, usando cualesquiera técnica que sea aplicable.

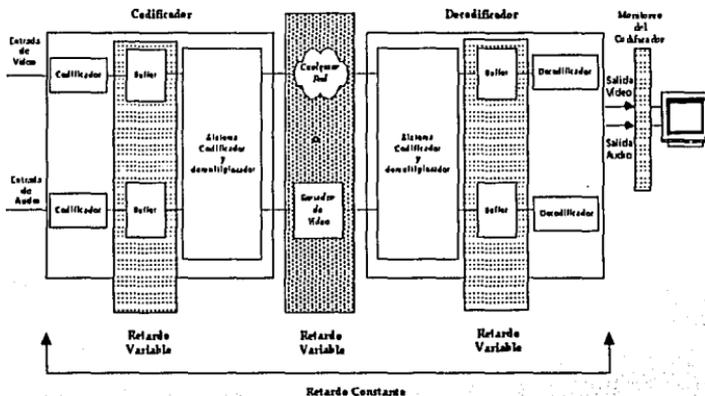


Figura 15. Modelo del retardo constante para una entrega de secuencia de bits MPEG-2.

Los servicios como el vídeo por demanda, también pusieron otros límites sobre el sistema. La entrega continua en tiempo real de la secuencia de bits, previene la posibilidad de una retransmisión de paquetes erróneos. Por lo tanto, técnicas como la codificación de protección del bit, paquetes de tamaño pequeño que minimizan la ocurrencia de error, y la necesidad de aislar el error, deben de ser consideradas.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Capítulo 2 - Arquitectura de ATM

2.1 Modelo de Referencia B-ISDN ATM

La ISDN de banda ancha, con ATM tiene su modelo de referencia, el cual es diferente del modelo OSI, así como del modelo TCP/IP. Este modelo, se puede apreciar en la Figura 16, y bajo una perspectiva arquitectónica, el modelo se divide en tres niveles que ocupan las capas 1 y parte de la 2 del modelo de referencia OSI. Estos niveles se conocen como planos, y se denominan: Plano de control, Plano de Usuario y Plano de Administración. Las funciones de estos planos, los cuáles operan a lo largo de las 4 capas de la arquitectura ATM, se refieren a lo siguiente:

Plano de Usuario

Prevé la transferencia de información del usuario final a través de la red. Este plano tiene que ver en primer lugar con la Capa ATM y la Capa Física <las capas más relevantes para la realización de los servicios Cell Relay en una red ATM>.

El Plano de Usuario, también relaciona a la capa de Adaptación ATM (AAL), los protocolos de las capas superiores y las aplicaciones del usuario final. Sin embargo, ya que la Capa AAL y las capas superiores son específicas a las aplicaciones en uso del usuario final, las celdas ATM de una red, no son consideradas como una parte integral de los servicios Relay.

Plano de Control

Este plano, proporciona el intercambio de la información de señalamiento, entre los puntos finales de ATM (los transmisores y receptores de datos ATM) para realizar la conexión del sistema. El plano de control también, suministra las funciones de control esenciales para los servicios conmutados de ATM.

El Plano de Control, trata con los procesos de señalamiento y ruteo necesarios, para establecer, administrar, y liberar las Conexiones Virtuales Conmutadas (SVC's) entre los pares de comunicación en la red. Este plano también, comparte las facilidades de las capas ATM y Física con el Plano de Usuario.

Plano de Administración

Proporciona las funciones de operación y mantenimiento, así como también, la capacidad para intercambiar información entre el Plano de Usuario y el Plano de Control.

El Plano de Administración desempeña dos funciones principalmente: la *Administración de la Capa* (layer Management), para funciones específicas de la capa, tal como la detección de fallas y anomalías del protocolo; y la *Administración del Plano* (Plane Management), para las funciones de manejo y coordinación relacionadas con la arquitectura de ATM.

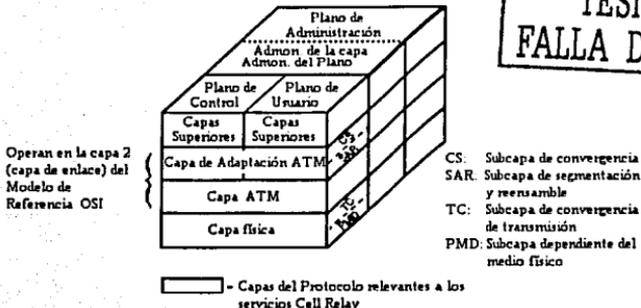


Figura 16. El Modelo de Referencia B-ISDN ATM.

- **Capa Física (Physical Layer)**

La capa más baja del modelo, es la física, y se divide en dos subcapas: *Convergencia de la Transmisión* (TC, Transmission Convergence) y la del *Medio Físico* (PM, Physical Media). Esta capa se encarga de controlar las señales físicas, ya sean ópticas o eléctricas, e independizarlas de las capas superiores, adaptándolas al medio de transmisión. ATM se diseñó para que sea independiente del medio de transmisión. Esta capa hace referencia solamente a las funciones que son totalmente dependientes de los medios físicos. Estas funciones dependientes de los *medios físicos* (PMD, Physical Media Dependent), incluyen toda la transmisión de bits y todas aquellas funciones de alineación de bits para transmitir 0s y 1s a través del enlace. Así mismo, el código de línea se lleva a cabo en esta capa, y si la señal eléctrica del dispositivo está siendo enviada sobre un enlace óptico, ésta conversión se realiza aquí también.

En donde sin duda, el medio físico más común en las redes ATM, es la fibra óptica, la cual tiene sus orígenes en la década de los 90's. En 1985 por ejemplo, Bellcore comenzó a trabajar en un estándar llamado *SONET* (Synchronous Optical Network, red óptica síncrona). Más tarde el CCITT se unió al esfuerzo, que en 1989 produjo un estándar SONET y un conjunto de recomendaciones paralelas del CCITT (G.707, G.708 y G.709). A las recomendaciones del CCITT se les llama *SDH* (Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona), pero difieren de SONET únicamente en detalles menores.

El diseño de SONET tenía algunas metas. Antes que nada, tenía que hacer posible la interconexión de redes de diferentes portadoras. El logro de esto, requirió que se definiera un estándar de señalización común, con respecto a la longitud de onda, la temporización, la estructura de tramas y otras consideraciones. Así mismo, se necesitaron medidas para unificar los sistemas digitales estadounidense, europeo y japonés, todos los cuales se basaban en canales PCM de 64 Kbps, pero combinados en formas diferentes (e incompatibles). También, tenía que proporcionar un mecanismo para multiplexar varios canales digitales, por un lado, continuar con la jerarquía a gigabits/seg y más allá, y por otro, se necesitaba una forma estándar de multiplexar canales más lentos en un solo canal

SONET. Y por si esto fuera poco, tenía que proporcionar apoyo para las operaciones, la administración y el mantenimiento (OAM). Los sistemas anteriores no lo hacían muy bien.

Cabe destacar que, aunque se menciona que la velocidad estándar de ATM es de 155 Mbps, es posible realizar transmisiones a partir de E1's. Inclusive, ATM sería capaz de llevar a cabo transmisiones menores a esta velocidad, por citar un ejemplo, a 64 Kbps, pero surge un inconveniente, que por características propias de esta tecnología, específicamente en términos de overhead, alentaría este tipo de enlaces, es decir, al grado de ser preferible no emplear ATM para un enlace de este tipo. Podemos decir entonces, que no es recomendable hacer uso de ATM para transmisiones menores a un E1.

En la Tabla 4, se muestra la jerarquía de multiplexación de SONET. Aunque ATM a 155 Mbps incluye el soporte para las redes de área local que utilicen UTP Categoría 3, 4 y 5, así como el STP Tipo 1. Se definieron tasas de STS-1 a STS-48. La portadora óptica que corresponde a cada STS-n se llama OC-n, pero bit por bit es la misma. Los nombres de SDH son diferentes y empiezan en OC-3, porque los sistemas basados en CCITT no tienen una tasa de transmisión cercana a los 51.84 Mbps. La portadora OC-9 está presente porque se aproxima mucho a la velocidad de uno de los principales troncales de alta velocidad que se usan en Japón. Los OC-18 y 36 se usarán en Japón en el futuro.

SONET		SDH	TASA DE BITS
Eléctrico	Óptico	Óptico	(MBPS)
STS-1	OC-1		51.84
STS-3	OC-3	STM-1	155.52
STS-9	OC-9	STM-3	466.56
STS-12	OC-12	STM-4	622.08
STS-18	OC-18	STM-6	933.12
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32

Tabla 4. Tasas de multiplexación de SONET Y SDH.

Muchos medios físicos, requieren del código Manchester por ejemplo, o de cualquier otro esquema, para proporcionar una sincronización, desde el transmisor hasta el receptor. Si es necesario, esta información de temporización de bits, es proporcionada por esta capa. Note, que varios medios tales como, la fibra óptica, el coaxial mismo, o incluso el cable UTP, pueden ser soportados en diversas configuraciones de red, y velocidades, con ATM. Como originalmente concebido por la CCITT en 1988, ATM fue relacionada con redes de fibra, y de lo que el Foro ATM se encargó de independizar a la capa física ATM de las redes de fibra óptica.

La subcapa *Convergencia de la Transmisión*, realiza cinco tareas específicas para la capa ATM:

1. - *Generación/Recuperación de la trama de transmisión.*

Si las celdas sin procesar, se envían sobre un sistema de transmisión de tramas, tal como un T3, la subcapa *TC* empaqueta las celdas dentro de la trama de transmisión del receptor, y desempaqueta las celdas de la trama en el lado del receptor.

2. - *Adaptación de la trama de transmisión.*

El proceso anterior, requerirá el conocimiento del esquema de la trama empleado en la conexión. Esta estructura de la trama, debe ser "adaptada" para el transporte de las celdas ATM.

3. - *Delimitación de la celda.*

La subcapa *TC*, debe proveer algunos mecanismos, al receptor, para detectar los límites de la celda desde la entrada del flujo de bits.

4. - *Generación/Verificación de la secuencia HEC.*

El control de error en ATM, es empleado en la cabecera de la celda. Un byte de control de error de la cabecera (Header Error Control), es usado para este propósito. El transmisor genera el *HEC*, y el receptor lo chequea. Si una celda falla en la comprobación del *HEC*, es descartada para prevenir que la celda sea conmutada a un destino incorrecto.

5. - *Delimitar la tasa de celdas.*

Un servicio de datos por ráfagas, puede pasar mucho tiempo desocupado, por lo que después intenta transmitir demasiados datos de una sola vez. Durante estos periodos ociosos, la subcapa *TC* insertará celdas "ociosas" especiales en el transmisor, y las borrará en el lado receptor. Sólo celdas "no-ociosas" son pasadas a la capa ATM misma.

• *Capa ATM (ATM Layer)*

La capa ATM, se puede decir que, es el corazón de la red. Las siguientes funciones, definen lo que la mayoría de la gente piensa de una red ATM.

1. En esta capa se multiplexan (mezclan) las celdas sobre el mismo enlace físico. Las celdas multiplexadas, son distinguidas por los nodos de la red (switches ATM), y en el destino, por medio de los campos de la cabecera, los cuales identifican las Rutas Virtuales (VP's, Virtual Paths) y Canales Virtuales (VC's, Virtual Channels), éstos últimos serán vistos más adelante.
2. La capa ATM, debe interpretar la entrada del identificador *VP* (VPI, VP Identifier) y del identificador *VC* (VCI, VC Identifier), en un enlace para un *VCI/VP* apropiado en la salida del enlace. Estos nuevos pares, están localizados en la cabecera de la celda, cuando es conmutada a la salida del enlace. Los valores son obtenidos de una tabla en el switch. Esta tabla, se construye

en tiempo de conexión, por los mensajes del protocolo de señalamiento en el Plano de Administración de ATM.

3. En los puntos finales de las redes, la capa ATM genera e interpreta las cabeceras de las celdas. Solamente el campo de información de una celda ATM es aún pasada a las capas superiores. En la Figura 17 se puede apreciar la estructura de una Celda ATM.
4. Únicamente sobre el lado *UNI* de la red, la capa ATM provee un mecanismo de Control de Flujo Genérico (*GFC*, Generic Flow Control), para el acceso al medio. La función del *GFC*, no está disponible ni definida en la interfaz del Nodo de Red (*NNI*, Network Node Interface) entre switches ATM. Los cuales se trataron (*UNI* y *NNI*), en el Capítulo 1.3.

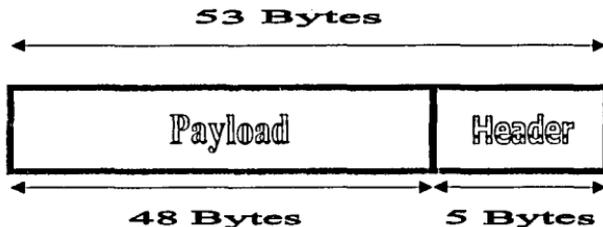


Figura 17. Estructura de una Celda ATM.

Esta capa tiene que ver con las celdas y su transporte; define la organización de las celdas e interpreta los campos del encabezado. Responsable del routing y el multiplexado de las celdas a través de los Canales y Rutas Virtuales. También es misión suya, el control del flujo de datos y la detección de errores ocurridos en la cabecera, pero no en los datos.

- **Capa de Adaptación AAL (ATM Adaptation Layer)**

Esta capa se encarga de las relaciones con el mundo externo. Acepta todo tipo de información heterogénea y la segmenta en paquetes fijos de 48 bytes, a la velocidad que fue generada por los usuarios. Sólo se encuentra en los puntos terminales de la red. Según el modelo OSI, maneja en la capa 2, las conexiones entre la red ATM y los recursos no ATM, pertenecientes a los usuarios finales. En una red de este tipo, se distinguen dos tipos de nodos: los *terminales* que proporcionan los puntos de acceso a los usuarios finales, y los nodos de conmutación responsables dentro de la red del *routing* de las celdas.

El AAL es un servicio independiente, y es usada para adaptar la capa ATM a los servicios que estarán usándolos. Hay dos subcapas en la capa de Adaptación ATM llamados: la *subcapa de Convergencia* (CS, Convergence Sublayer) y la de *Segmentación y Reensamble* (SAR, Segmentation and Reassembly).

La CS, proporciona el mecanismo para mezclar los diferentes requerimientos de voz, vídeo y datos, definiendo un número de "Clases de Servicio" (Classes of Service), con los parámetros apropiados para cada servicio. Estos son usados para ofrecer los parámetros apropiados de Calidad de Servicio (QoS) en la conexión.

2.1.1 Servicios AAL (1, 2, 3 y 5)

La capa AAL proporciona una gran variedad de servicios que se clasifican según tres parámetros que relacionan origen y destino: *sincronización, velocidad y conexión*. Dependiendo de la combinación de estos tres parámetros el CCITT ha definido cuatro clases de servicios:

AAL 1

Es el protocolo usado para transferir tráfico *Clase A*, es decir, tráfico orientado a conexiones de tiempo real y con tasa de bits constante, como audio o vídeo sin compresión. Los bits son alimentados por la aplicación a una velocidad constante y deben entregarse en el otro lado a la misma velocidad constante, con retardo, fluctuación y carga extra mínimos. La entrada es una corriente de bits, sin límites de mensaje. Para este tráfico no se usan los protocolos de detección de errores como el de parada y espera porque los retardos que generan las terminaciones de temporización y las retransmisiones no son aceptables. Sin embargo, las celdas faltantes se informan a la aplicación, que entonces, si lo desea, puede tomar sus propias medidas para recuperarlas.

AAL1 tiene una subcapa de convergencia y una subcapa *SAR*. La primera detecta celdas perdidas y mal introducidas. (Una celda mal introducida, es aquella que se entrega al destino equivocado, como resultado de un error no detectado en el identificador de su circuito virtual o de su trayectoria virtual). Esta subcapa también, amortigua el tráfico de entrada para proporcionar entrega de celdas a una tasa constante. Por último, la subcapa de convergencia divide los mensajes o la corriente de entrada en unidades de 46 o 47 bytes que se entregan a la subcapa *SAR* para su transmisión. En el otro extremo se extraen estas unidades y se reconstruye la entrada original. La subcapa de convergencia de AAL1 no tiene ninguna cabecera de protocolo propia.

En contraste, la subcapa *SAR* de AAL1 sí tiene un protocolo. Los formatos de sus celdas se muestran en la Figura 18. Ambos formatos comienzan con una cabecera de 1 byte que contiene un número de secuencia de celdas de 3 bits, *SN*, para detectar celdas perdidas o mal introducidas. A este campo le sigue un número de protección de secuencia (es decir, suma de comprobación) de 3 bits, el *SNP*, basado en el número de secuencia, para permitir la corrección de errores individuales y la detección de errores dobles en el campo de secuencia. Esta suma usa una comprobación de redundancia cíclica con el polinomio $x^3 + x + 1$. Un bit de paridad par que cubre el byte de cabecera reduce aún más la posibilidad de un número de secuencia equivocado. Las celdas AAL1 no necesitan llevar 47 bytes. Por ejemplo, para transmitir voz digitalizada que llega a razón de 1 byte cada 125µseg, el llenado de una celda con 47 bytes implicaría la recolección de muestras durante 5.875 mseg. Si este retardo antes de la transmisión es inaceptable, pueden enviarse celdas parciales. En este caso, el número de bytes de datos reales por celda es igual para todas las celdas, y se acuerda por adelantado.

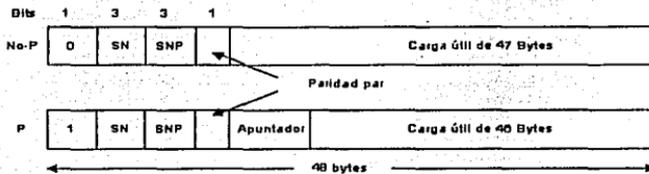


Figura 18. Formato de celda del AAL 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las celdas *P* se usan cuando deben preservarse los límites de los mensajes. El campo de apuntador sirve para indicar el desfase del comienzo del siguiente mensaje. Sólo las celdas con un número de secuencia par pueden ser celdas *P*, por lo que el apuntador está en el intervalo de 0 a 92, para que apunte dentro de la carga útil de su propia celda o de la que sigue. Nótese que este esquema permite que los mensajes tengan una cantidad arbitraria de bytes, por lo que pueden enviarse mensajes continuamente y no necesitan alinearse con los límites de la celda.

El bit de orden mayor del campo apuntador se reserva para uso futuro. El bit inicial de cabecera de todas las celdas de número impar forma una corriente de datos usada para la sincronización del reloj.

AAL2

La AAL1 se diseñó para corrientes de datos sencillas en tiempo real, orientadas a conexiones, y sin detección de errores, excepto por celdas faltantes o mal introducidas. Para el audio o vídeo puro sin compresión, o cualquier otra corriente de datos en la que unos cuantos bits alterados de vez en cuando no representan un problema, es adecuada la AAL1.

En el audio o vídeo comprimido, la tasa puede variar considerablemente con el tiempo. Por ejemplo, muchos esquemas de compresión, transmiten un marco completo de vídeo y luego envían durante varios marcos sólo las diferencias entre los marcos subsiguientes y el último marco completo. Cuando la cámara es estacionaria y nada se mueve, los marcos de diferencia son pequeños, pero cuando la cámara está haciendo una panorámica rápida, son grandes. Además, los límites de los mensajes deben conservarse para que pueda reconocerse el comienzo del siguiente marco completo, aún en presencia de celdas perdidas o datos erróneos. Por estas razones se requiere un protocolo más complejo. Se diseñó para estos fines el AAL2.

Como el AAL1, la subcapa *CS* no tiene un protocolo, pero la subcapa *SAR* sí. El formato de celda *SAR* se muestra en la Figura 19; tiene una cabecera de 1 byte y un apéndice de 2 bytes, dejando espacio para 45 bytes de datos por celda.

El campo *SN* (Sequence Number, número de secuencia) sirve para numerar las celdas en orden a fin de detectar celdas faltantes o mal introducidas. El campo *IT* (Information Type, Tipo de Información) indica que la celda es el comienzo, la mitad o el fin de un mensaje. El campo *LI* (Length Indicator, Indicador de Longitud) indica el tamaño de la carga en bytes (puede ser menor a 45 bytes). Por último, el campo *CRC* es una suma de comprobación de la celda completa que permite detectar errores.

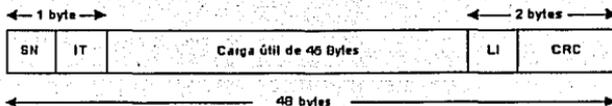


Figura 19. Formato de celda AAL 2.

AAL ¼

Originalmente, la ITU tenía protocolos diferentes para las *Clases C y D*, servicios orientados a la conexión y servicios sin conexión para transporte de datos sensibles a pérdidas y errores, pero no dependientes del tiempo. Luego la ITU descubrió que no había necesidad real de dos protocolos, por lo que los combinó en uno solo, el AAL ¼.

El AAL ¼ puede operar de dos maneras: corriente o mensajes. En el modo de mensajes, cada llamada de la aplicación al AAL ¼, inyecta un mensaje en la red. El mensaje se entrega como tal, es decir, se conservan los límites del mensaje. En el modo de corrientes no se conservan los límites. El análisis siguiente se concentrará en el modo de mensajes. En cada modo hay disponibles transporte confiable y no confiable (es decir, sin garantía).

Una característica del AAL ¼ no presente en los otros protocolos es la multiplexación. Este aspecto del AAL ¼ permite que viajen por el mismo circuito virtual múltiples sesiones (por ejemplo, sesiones interactivas remotas) de un solo host, y que se separen en el destino.

La razón por la que es deseable esta facultad es que las portadoras con frecuencia cobran por cada establecimiento de conexión y por cada segundo que permanece abierta la conexión. Si un par de hosts tienen abiertas varias sesiones simultáneas, dar a cada una su propio circuito virtual, será más caro que la multiplexación de todas ellas en el mismo circuito virtual. Si un circuito virtual tiene suficiente ancho de banda para manejar todo, no hay necesidad de más de uno. Todas las sesiones que usan un solo circuito virtual, reciben la misma calidad de servicio, ya que ésta se negocia para cada circuito virtual.

Esta cuestión, es la verdadera razón por la que originalmente había formatos AAL 3 y AAL 4 separados: los estadounidenses querían multiplexación y los europeos no, así que cada grupo creó su propio estándar. Después, los europeos decidieron que ahorrar 10 bits de cabecera no valían el precio de que Estados Unidos y Europa no se pudieran comunicar.

A diferencia del AAL1 y el AAL 2, el AAL ¼ tiene tanto un protocolo de subcapa de convergencia como uno de subcapa SAR. Los mensajes de hasta 65,535 bytes entran en la subcapa de convergencia desde la aplicación; primero se rellenan a un múltiplo de 4 bytes, y luego se les agrega una cabecera y un apéndice, como se muestra en la Figura 20.

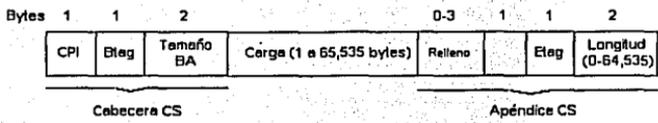


Figura 20. Formato de mensaje de Subcapa de Convergencia del AAL 1/2.

El campo *CPI* (Common Part Indicator, Indicador de Parte Común) indica el tipo de mensaje y la unidad de conteo de los campos *tamaño BA* y *longitud*. Los campos *Btag* y *Etag* sirven para enmarcar los mensajes. Los dos bytes deben ser iguales y se incrementan en uno en cada mensaje nuevo enviado. Este mecanismo verifica si hay pérdidas o mala introducción de celdas. El campo *tamaño BA* se usa para asignación de buffers; indica al receptor, la cantidad de espacio de buffer a asignar par el mensaje antes de su llegada. El campo de longitud, da nuevamente la longitud de la carga útil; en el modo de mensaje, debe ser igual al *tamaño BA*, pero en el modo de corriente puede ser diferente. El apéndice también contiene un byte no usado.

Una vez que la Subcapa de Convergencia ha construido el mensaje y le ha agregado una cabecera y una cola, como se indica en la Figura 20, pasa el mensaje a la subcapa *SAR*, que lo divide en bloques de 44 bytes. Nótese que, al manejar multiplexación, la subcapa de convergencia puede construir varios mensajes internamente al mismo tiempo, y pasar bloques de 44 bytes a la subcapa *SAR*, primero de un mensaje, luego de otro, en cualquier orden.

La subcapa *SAR* inserta cada bloque de 44 bytes en la carga útil de una celda cuyo formato se presenta en la Figura 21. Estas celdas se transmiten entonces al destino para su reensamble, tras lo cual se lleva a cabo la verificación de la suma de comprobación y se realiza alguna acción, de ser necesario.

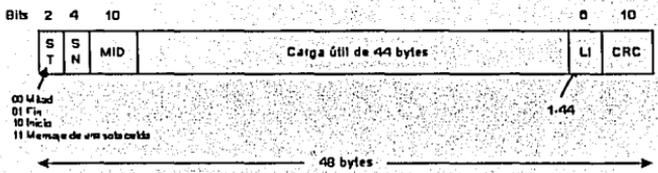


Figura 21. Formato de celda AAL 1/2.

Los campos de la celda AAL 1/2 son los siguientes. El campo *ST* (Segment Type, Tipo de Segmento) sirve para enmarcar los mensajes; indica si la celda inicia un mensaje, está a la mitad de él, es la última celda o si es un mensaje pequeño (es decir, de una sola celda). Sigue un número de secuencia de 4 bits (*SN*), para detectar celdas faltantes o mal introducidas. El campo *MID* (Multiplexing ID, Identificador de Multiplexación) sirve para llevar el registro de la sesión a la que pertenece cada celda. La subcapa de convergencia puede tener varios mensajes, pertenecientes a diferentes sesiones, en buffer al mismo tiempo, y que puede enviar partes de estos mensajes en cualquier orden que desee. Todas las partes de

los mensajes que pertenecen a la sesión / llevan / en el campo *MID*, para poderlos reagrupar correctamente en el destino. El apéndice contiene la longitud de la carga útil y la suma de comprobación de la celda.

Nótese que la AAL ¼ tiene carga extra de dos capas de protocolo: 8 bytes que se agregan a cada mensaje y 4 bytes que se agregan a cada celda. En resumen, no es un mecanismo recomendable para mensajes cortos.

AAL 5

Los protocolos AAL 1 a AAL ¼ se diseñaron en gran medida para la industria de las telecomunicaciones y fueron estandarizados por el ITU sin mucha realimentación de la industria de la computación. Cuando la industria de la computación finalmente despertó y comenzó a entender las implicaciones de la Figura 21, surgió un cierto grado de preocupación. La complejidad y la ineficacia generadas por dos capas de protocolo, aunadas a la suma de comprobación extrañamente corta (sólo 10 bits), hizo que algunos investigadores inventaran un protocolo de adaptación nuevo. Lo llamaron *SEAL* (Simple Efficient Adaptation Layer, Capa de Adaptación Sencilla y Eficiente), lo que sugiere qué pensaban estos diseñadores de los anteriores. Tras cierto debate, el Foro ATM aceptó el *SEAL* y le asignaron el nombre AAL 5.

La AAL 5 ofrece varios tipos de servicio a sus aplicaciones. Una posibilidad es el servicio confiable (es decir, entrega garantizada con control de flujo para evitar desbordamiento). Otra posibilidad es el servicio no confiable (es decir, sin entrega garantizada), con opción de descartar o pasar a la aplicación (reportando como malas) las celdas con errores de suma de comprobación. Se apoyan tanto la unitransmisión como la multitransmisión, pero la multitransmisión no ofrece entrega garantizada.

Al igual que el AAL ¼, el AAL 5 reconoce tanto el modo de mensajes como el modo de corriente. En el modo de mensajes, una aplicación puede pasar un datagrama de 1 a 65,535 bytes de longitud a la capa AAL para la entrega a su destino, ya sea con garantía o con el mejor esfuerzo. A su llegada a la subcapa de convergencia, se rellena un mensaje y se le entrega un apéndice, como se muestra en la Figura 22. La cantidad de relleno (0 a 47 bytes) se selecciona para hacer que el mensaje completo, incluido el relleno y el apéndice, sea un múltiplo de 48 bytes. AAL 5 no tiene una cabecera de subcapa de convergencia, sólo un apéndice de 8 bytes.

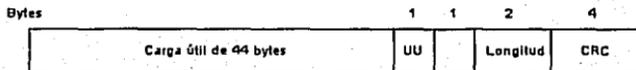


Figura 22. Formato de mensaje de la Subcapa de Convergencia de AAL 5.

El campo *UU* (User to User, Usuario a Usuario) no lo usa la capa AAL misma, una capa superior puede usarlo para sus propios fines; por ejemplo, números de secuencia o multiplexación. La capa superior en cuestión, puede ser la subparte específica para servicio de la subcapa de convergencia. El campo de *longitud* indica el tamaño de la carga útil real, en bytes, sin contar el relleno. Se usa un valor de 0 para abortar el mensaje actual a medio camino. El campo *CRC* es la suma de comprobación

estándar de 32 bits del mensaje completo, incluido el relleno y el apéndice (con el campo *CRC* en 0). Se reserva un campo de 8 bits del apéndice para uso en el futuro.

El mensaje se transmite pasándolo a la subcapa *SAR*, que no agrega cabeceras ni apéndices; en cambio, divide el mensaje en unidades de 48 bytes y pasa cada una de ellas a la capa *ATM* para su transmisión. También, le indica a la capa *ATM* que establezca un bit en el campo *PTI* de la última celda, de manera que se conserven los límites del mensaje. Puede argumentarse que ésta es una mezcla incorrecta de capas de protocolo, pues la capa *AAL* no debería estar usando bits de la cabecera de la capa *ATM*. Hacerlo, viola el principio más básico de la ingeniería de protocolos y sugiere que las capas debieron diseñarse de manera diferente.

La ventaja principal de *AAL 5* sobre la *AAL 3/4* es una eficiencia mucho mayor. Si bien el *AAL 3/4* agrega sólo 4 bytes por mensaje, también agrega 4 bytes por celda, reduciendo la capacidad de carga a 44 bytes, una pérdida del 8% en mensajes grandes. El *AAL 5* tiene un apéndice ligeramente más grande por mensaje (8 bytes), pero no tiene carga extra en cada celda. La falta de números de secuencia en las celdas se compensa con la suma de comprobación más grande, que puede detectar celdas perdidas, mal introducidas o faltantes, sin necesidad de números de secuencia.

En la comunidad Internet, se espera que la manera normal de comunicarse con las redes *ATM*, será el transporte de paquetes *IP* en el campo de carga útil de la *AAL 5*.

Las clases de servicios establecidos por la *ITU* se muestran en las siguientes Tablas.

	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
Relación de usuarios	Sincronizada		No sincronizada	
Tasa de bits	Constante	Variable		
Modo de conexión.	Orientado a conexión			Sin conexión

Parámetros en los que se relacionan las Clases de Servicio:

PARÁMETRO DE LLAMADA	PARÁMETRO DE CONEXIÓN	CLASE A	CLASE B	CLASE C/D
Tasa	Velocidad pico	X	X	X
	Velocidad media	-	X	X
	Tamaño ráfaga	-	-	X
Retardo	Medio	-	-	X
	Máximo	X	X	-
Seguridad	Probabilidad de pérdida	X	X	X
	Probabilidad de error	X	X	-

Tipos de AAL definidas para cada Clase de Servicio:

CLASE	AAL	CARACTERISTICAS	EJEMPLOS
A	1	Velocidad constante, origen y destino intercambian información de sincronismo, los errores se detectan pero no se recuperan.	Circuitos punto a punto Telefonía, Imágenes.
B	2	Transferencia de información generada a velocidad variable, pero sincronizada, los errores se detectan pero no se recuperan.	Vídeo por demanda, Difusión TV.
C & D	3/4	Para datos sensibles a las pérdidas de celdas aunque no al retardo. Fueron dos AAL diferentes, hoy unificadas.	Frame Relay TCP/IP, WWW.
C & D	5	Es una mejora del tipo 3/4 que reduce el overhead en cada celda y mejora la detección de errores.	LAN Emulation, Internet.

El futuro parece inclinarse a AAL 5, pero aún tiene cabida para algunas mejoras. Los mensajes AAL 5, debieron tener un número de secuencia y un bit para distinguir los mensajes de datos y de control, para que pudiera usarse como protocolo de transporte confiable. Inclusive había espacio desocupado para ellos en el apéndice. Tal como está, para un transporte confiable, se requiere además la carga adicional de una capa de transporte, cuando pudo haberse evitado.

Cada Celda al ser transmitida, lleva implícita la Clase de Servicio, es decir, que el formato de celda de AAL se introduce en el campo de Payload (información del usuario) de cada Celda, tal como se puede apreciar en la Figura 23.

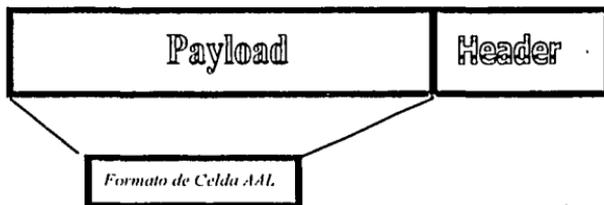


Figura 23. Formato de la Celda ATM con el tipo de Clase de Servicio.

2.2 Canales y Rutas Virtuales

ATM es una arquitectura de red que usa transportes de red descanalizados. Claro que, el tráfico debe aún ser identificado como voz, vídeo o datos, con la intención de preservar los parámetros de calidad de servicio (Quality of Service) requeridos para cada servicio por separado. Desde el momento en que no hay canales físicos para distinguir el tráfico en una red ATM, su lugar es ocupado por las conexiones lógicas. En lugar de los canales de voz o vídeo, tienen conexiones de voz o de vídeo. Estas conexiones lógicas, son establecidas y mantenidas, por una estructura de identificadores que se componen de dos partes: el Canal Virtual (Virtual Channel) y la Ruta Virtual (Virtual Path).

Los canales virtuales (VC's) y las Rutas Virtuales (VP's), son parte de toda la estructura de la ISDN de banda ancha (B-ISDN). ATM es el transporte de red para B-ISDN, y los VC's y VP's forman las funciones de la capa de transporte ATM a nivel lógico, a diferencia de las funciones de transporte a

nivel físico, los cuales envían bits sobre un medio específico. Un VC es "un concepto usado para describir el transporte unidireccional de celdas ATM, asociadas por un valor de identificador único" (CCITT I.113). Este identificador único. Este identificador único es el VCI. Note que el VCI es válido en una dirección. Un VP, es "un concepto usado para describir el transporte unidireccional de celdas, las cuales, pertenecen a los canales virtuales que están asociados por un valor de identificador en común" (CCITT I.113). Este es el VPI. Note que el VPI es también válido en una dirección.

Los VCI's, están en los encabezados de las celdas, y son jerárquicos: varios Canales Virtuales pueden formar una Ruta Virtual. Las celdas corren a lo largo de la Ruta de Transmisión en una red ATM. Ver Figura 24. En la cabecera de la celda están los campos VCI y VPI. La ruta de transmisión puede comprender varias Rutas Virtuales, aunque esto no es necesariamente cierto. Estas Rutas Virtuales pueden, a su vez, estar comprendidas de varios Canales Virtuales. De esta manera, podemos decir que, los VC's y VP's, además de formar una manera útil de distinguir los tipos de tráfico (pero no la única forma), y los diferentes destinos, ellos forman un método para establecer y usar otros dos conceptos en ATM: la idea del Enlace Virtual (Virtual Link) y la Conexión Virtual (Virtual Connection).

Un Enlace de Canal Virtual, es un transporte unidireccional de celdas, desde el lugar donde un VCI es asignado, hasta el lugar donde éste es interpretado (switched) o removido. De la misma forma, un Enlace de Ruta Virtual, está limitado por los puntos en la red donde el valor VPI es asignado, interpretado o removido. Los enlaces sobre VC's o VP's, son sólo las rutas sobre la red, donde los valores VCI o VPI permanecen igual. Los lugares donde cambian establecen los puntos finales del enlace.

Obviamente, los sistemas del usuario final estarán formados por más de un Enlace VC y un Enlace VP, en la mayoría de los casos. Así, la concatenación de estos Enlaces de Canales Virtuales, es conocida como una conexión de Canal Virtual (VCC, Virtual Channel Connection), y una concatenación de Enlaces de Rutas Virtuales es llamada una conexión de Ruta Virtual (VPC, Virtual Path Connection). Una conexión en una red ATM, guía todas las celdas a lo largo de la misma ruta sobre la red, y cada conexión consiste de una serie de enlaces, todos los cuales tienen un valor constante de los campos VCI o VPI en el encabezado de la celda. Una conexión tiene muchos valores consecutivos de VPI y VCI en los encabezados de sus celdas, pero siempre la misma serie, ya que ellos fabrican su camino a través de la red. La multiplexación y conmutación, en este tipo de redes, es siempre hecha primero, en los VP's y luego en los VC's. Esto está basado en su relación jerárquica.

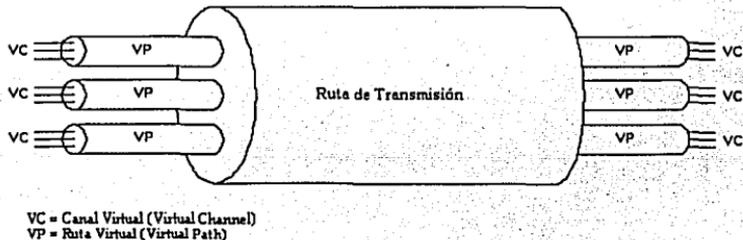


Figura 24. Rutas de Transmisión ATM.

En otras redes orientadas a la conexión, tal es el caso de X.25 y Frame Relay, tienen identificadores de conexión, pero estos son sólo campos, sin una estructura como los VPI's y VCI's. Básicamente, el campo VCI identifica de forma dinámica las conexiones asignadas, y el campo VPI identifica de forma estática las conexiones asignadas.

En la red ATM orientada a conexión, un VCI es asignado para establecer una llamada por un canal de señalamiento. Esto tiene solamente significado local, en el enlace entre Switches ATM (significa que otros switches pueden estar usando el mismo valor de conexión en otros enlaces), y es interpretado switch por switch por una tabla de búsqueda en la red. Cuando la conexión es liberada, el valor del VCI puede ser rehusado por otras conexiones. Sin embargo, la B-ISDN permite conexiones "semi-permanentes" entre puntos finales también. En anteriores documentos de la ITU, la Ruta Virtual se conocía como Red Virtual. Los nodos ATM usarán los valores VPI asignados a los clientes, para switchear el tráfico entre los sitios de los clientes. De esta forma, esto facilitará al nodo ATM switchear una ruta completa entre los sitios del cliente, mejor que simplemente Canal por Canal. El uso típico de los valores VPI y VCI se muestra en la Figura 25.

La figura señala una red ATM, que consta de tres nodos de red (switches) y de tres sitios de clientes. Naturalmente, pueden existir muchos más clientes adjuntos a cada switch ATM, y muchos más switches en la red entera, pero esto es un esquema simplificado. Como tal, la figura no muestra los enlaces físicos entre los nodos de red, sino solamente los enlaces lógicos VPI/VCI.

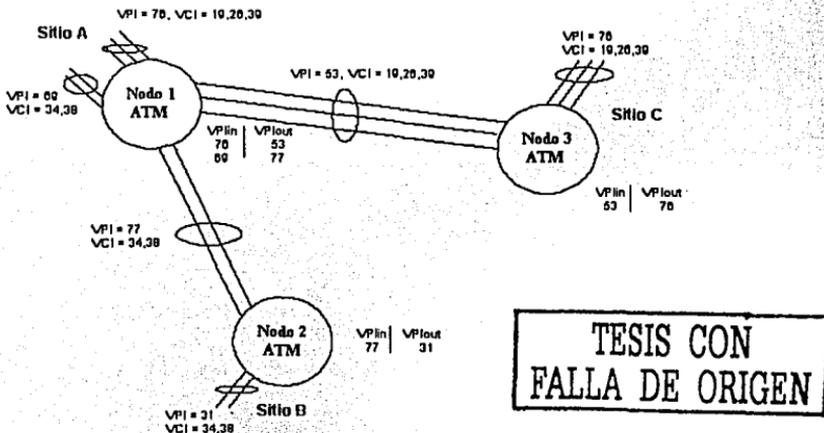


Figura 25. Uso de los valores VPI y VCI.

La Figura, muestra la tabla de interpretación de los VPI/VCI en cada switch de los nodos de red. Por supuesto que, en una aplicación real existen muchos más valores en la tabla, de hecho, la red entera muestra los valores VPI/VCI, así como la tabla de interpretación desde un punto de vista específico. Esta es la perspectiva de un usuario desde un sitio 'A' de la red en el lado de la salida solamente. "De

salida" se refiere al hecho de que la Figura es precisa solamente cuando un usuario, en el sitio A, está enviando celdas. Apreciando las conexiones desde el punto de vista de cualquier otro usuario, o del tráfico entrante, cambiarían las cosas radicalmente.

Así es como la red ATM usa los valores VPI/VCI en la cabecera de una celda para entregar tráfico a través de la red. Los proveedores del servicio de red han acordado con los usuarios en el sitio A, o al tiempo en el que el servicio fue provisto, o por medio de un protocolo de señalamiento, que cuando el sitio A envía celdas al sitio B, el sitio A genera celdas con el campo VPI en el encabezado de la celda puesto a 69. También, el proveedor del servicio ha configurado la red (de nuevo, o por un previo arreglo o por un protocolo de señalamiento), así que las celdas generadas por los usuarios en el sitio A con VPI=76 serán entregadas al sitio C. Por lo tanto, las conexiones indicadas en los campos VPI llevan los lugares de los destinos de los canales físicos. Este es el equivalente de un Circuito Virtual Permanente (PVC, Permanent Virtual Circuit) en una red conmutada de paquetes.

Los canales mismos son representados por los valores del campo VCI. Los valores VCI pueden ser establecidos por señalamiento o por un previo arreglo, como son los VPI's. Sin embargo, desde que los VCI's están para representar recursos "dinámicos", los VPI's serán establecidos en las condiciones de servicio, y los PVC's y VCI's serán configurados por un protocolo de señalamiento (SVC's: Switched Virtual Circuit). Note que los términos "PVC" y "SVC" no son términos por sí mismos de ATM, sino que son analogías útiles para los arreglos de las conexiones ATM actuales. En la Figura 25, el sitio A actualmente ha definido un VCI=34 y 38 contenido dentro de un VPI=69 y corriendo hacia el sitio B. El sitio A, también ha definido un VCI=19, 26 y 39 dentro de un VPI=76 y éstos terminan en el sitio C.

Aquí es como al enviar celdas con cualquier combinación de VPI y VCI establecida, encuentran su camino a través de la red hacia los sitios B y C. El Nodo 1 procesará todas las celdas recibidas del sitio A en el enlace físico. La tabla mostrada (VPIin/VPIout) es una versión bastante abreviada de la información asociada con el enlace físico hacia el sitio A en el Nodo 1. El switch ATM, interpretará el campo VPI de la celda que llega desde el sitio A basándose en la tabla y en la salida de la celda en el enlace de salida apropiado. En este caso, una celda con un VPI=76, sin tomar en cuenta el valor del campo VCI, será conducida por el enlace hacia el Nodo 3 con un VPI=53. En el Nodo 3, la celda con un VPI=53 será llevada hacia el sitio C con un VPI=76, como se muestra en sus tablas. En tal caso, el sitio C reconocerá esas celdas llegando con un VPI=76 que están entrando del sitio A.

El mismo proceso ocurre cuando el sitio A envía celdas al sitio B. Las celdas se están enviando hacia el Nodo 1 con un VPI=69. Estas celdas se envían por el puerto de salida hacia el Nodo 2 con un VPI=77. El Nodo 2 convertirá las celdas con VPI=77 a VPI=33 para enviarlas hacia el sitio B. Note que no hay un requisito para que el VPI transmisor corresponda con el VPI receptor. Ni la conmutación o el procesamiento fue realizado en los campos del VCI. Simplemente viajaron basándose en la conmutación de los VPI's.

Este ejemplo fue muy simple, los nodos ATM no cambiaron los campos VCI. Sería posible enviar celdas con VPI=76 y un VCI=26, no hacia el sitio C, como se hizo, sino hacia el sitio B. Esto implicaría una segunda tabla de búsqueda e interpretación. Aunque la conmutación del VPI es muy poderosa y rápida, los VPI's mismos, tienen significado local únicamente, en el sentido de que muchos nodos ATM pueden tener un VPI=77 asignado, mientras ellos proporcionan diferentes enlaces de entrada y salida.

Sin embargo, existen algunas limitaciones. Es decir, ahí serán muchos enlaces de sitios de usuarios entrando al Nodo 1. El campo VPI es de solamente 8 bits, dando solamente 256 posibilidades de valores VPI únicos. Además, de que un segundo enlace debe ser instalado. No son los sitios adjuntos a un switch en particular la cuestión, sino el número de destinos. Por ejemplo, si el sitio A, tiene una red muy grande y necesita Conectividad para 300 sitios remotos, un enlace no será suficiente, porque solamente 256 sitios pueden ser direccionados con VPI's. Los VCI's tienen más flexibilidad, ya que el campo VCI es de 16 bits de ancho, dando alrededor de 64,000 conexiones VCI únicas de sitio a sitio. Una alternativa, es usar subconjuntos de VCI para conectar grandes números de sitios (por ejemplo: 1-1000 para el sitio B, 1001-2000 para el sitio C, etc). Pueden aún ser vistos como "semi-permanentes", pero los nodos de red tienen mucho más trabajo que hacer para establecer estas rutas de sitios dinámicamente. Por ahora, ambos, el Foro ATM y la ITU limitan el uso del VPI para la conectividad del sitio sin capacidad de conmutación.

Otra limitación, es el hecho de que entre los nodos de red, el campo VPI es extensible, pero solamente a 12 bits.

Esto da un total de 4096 VPI's entre los nodos de red ATM, pero no más. Ya que muchas interfaces de red de usuario estarán adjuntas a un nodo de red, esto es necesario, porque de otra manera ahí tendría que haber un enlace switch a switch para todos los enlaces de usuario, cada uno transporta solamente 265 VPI's. Para evitar esto, el campo VPI es extensible a 4096, así que pueden transportar los VPI's por hasta 16 ($16 \times 256 = 4096$) enlaces de interfaz de red de usuario. Entonces, ¿16 es adecuado para grandes redes de ATM?. De nuevo, la conmutación proveería una posible solución, pero esto también incrementaría la carga de procesamiento en los nodos de la red.

2.3 Conceptos de Conmutación

Podemos decir que ATM es una tecnología de multiplexación y conmutación de celdas, que combina los beneficios de la conmutación de circuitos (capacidad garantizada y retardo de transmisión constante) con los de la conmutación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para tráfico intermitente). Esto provee un ancho de banda escalable, desde unos pocos megabits por segundo (Mbps) a varios gigabits por segundo (Gbps). Porque de su naturaleza asíncrona, ATM es más eficiente que tecnologías síncronas, tal como la multiplexación por división de tiempo (TDM), la cual se analizó en el capítulo 1.

El diagrama de red de la Figura anterior, mostraba los nodos de red ATM que actuaban como switches de VP's. En este caso, aunque los VPI's cambiaron en cada nodo, los VCI no. Así que la interpretación del VPI fue realizada por una simple tabla de búsqueda en cada nodo de la red.

Estos "switches VP" terminan los enlaces VP previamente definidos, y por lo tanto deben interpretar los VPI's entrantes a los VPI's de salida. Esto, a veces es referido como una "Red Virtual", porque la asignación y uso de los canales virtuales es hasta los usuarios finales, y la red ATM proporciona la conectividad entre los sitios. Esto puede ser útil para aplicaciones de LAN a LAN, cliente/servidor o de una red basada en el rutco. Un switch VP es exhibido en la Figura 26.

El switcheo VP no es la única posibilidad para un nodo de red. Estos nodos de red pueden también switchear Canales Virtuales, aunque esta función debe ser construida por encima de la función de switcheo de VP. Estos switches VC y VP, terminan ambos enlaces VC y VP (de otra manera no se obtendrían los Canales Virtuales). Ahora la interpretación del VCI es posible, de nuevo basado en una

tabla de búsqueda, normalmente en una tabla por separado. Es importante notar que, TODAS las celdas asociadas con un valor VPI/VCI, en particular en el encabezado de una celda, son transportados a lo largo de la MISMA RUTA (así que la secuencia de celdas -primera en enviar, primer celda recibida- es preservada). No existe el ruteo dinámico en una base de celda por celda. (Esta función debe ser provista por un mecanismo por separado en el switch de ATM). Mientras que el ruteo dinámico pudo ser provechoso para los datos (especialmente datos sin conexión), causaría estragos entre las celdas separadas para voz/video/audio, donde no existe un mecanismo de secuencia de bits en el equipo del usuario final. Esto es un aspecto importante y que no debe ser ignorado o minimizado. Queda el hecho de que las redes basadas en estándares ATM, hacen extraordinarios esfuerzos para dar retardos constantes, y entregas secuenciales para aplicaciones CBR tal como el audio, vídeo y voz sin compresión. Un switch VPI/VCI completo se presenta en la Figura 27.

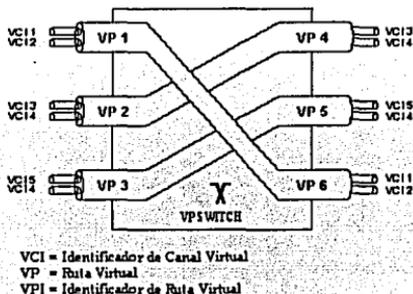


Figura 26. Switcheo de VP's.

Mientras se habla de los switches ATM, es adecuado mantener en mente que estos dispositivos son, como su nombre lo indica, switches no ruteadores. Recuerde que la diferencia en el ruteo, radica en que las decisiones de los enlaces de salida, salto por salto, son llevadas a cabo basándose en la información incluida en el header de la celda, y cada celda es enviada repetidamente a través del proceso de ruteo en cada nodo. En el switcheo, todas las decisiones del enlace, salto por salto, son hechas antes de tiempo, y los recursos son asignados en este punto. Así que no son necesarias otras decisiones, más que una tabla de búsqueda dinámica. La información del header puede mantenerse al mínimo.

Otra ventaja que tienen las redes basadas en el switcheo, es el uso de la entrega secuencial. Si la entrega de los datos, no se garantiza que sea secuencial, como pueden ser las redes inalámbricas o basadas en el ruteo, puede que un destino reciba la celda 1 y 3, pero no la 2, por lo que el destino deberá esperar a que la celda 2 aparezca. En este sentido, un retardo adicional debe construirse en el destino para permitir esto. De otra forma, la celda 2 puede estar "perdida" en la red (por la falla de un ruteador, o del mismo enlace, etc.) y nunca llegar. El intervalo de "timeout", debe ser balanceado entre la necesidad de esperar una celda fuera de secuencia y la ineludible petición al transmisor de enviar la celda faltante.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

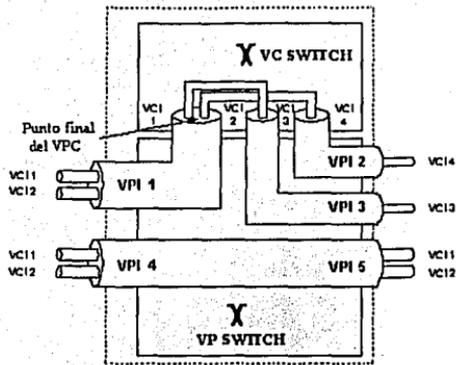


Figura 27. Switcheo de VP's y VC's.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las redes orientadas a la conexión o basadas en el switcheo, no tienen limitaciones. Con la entrega secuencial garantizada, si el destino recibe la celda 1 y luego la celda 3, la celda 2 debe estar perdida en la red. El paso inmediato a seguir, puede ser llevado por el destino para corregir este error. Esto puede implicar notificar al transmisor que se requiere una retransmisión, pero no necesariamente.

Los switches ATM toman decisiones, basándose en la información de una tabla de VPI/VCI.

2.4 Principios de Señalamiento

Las redes sin conexión, emplean un sofisticado protocolo de ruteo para actualizar las tablas almacenadas en sus nodos de red, tal como La Primer Ruta más Corta (OSPF, Open Shortest Path First). Estos protocolos pueden añadir una gran cantidad de tráfico a la red, y esencialmente corren independientemente desde los usuarios de la red misma.

En las redes de switcheo ATM, las cosas son diferentes. La información sobre los Canales Virtuales almacenados en los nodos de red, se obtienen de los usuarios mismos. Existen muchas maneras en que un usuario puede informar a la red ATM, que conexiones VPC's o VC's, necesitan ser actualizados en la red. Este proceso completo, es conocido como "Control de llamada", donde una "llamada", es cualquier conexión en la red.

La forma más simple de hacerlo, es a mano. Es decir, el usuario del servicio de red ATM, simplemente anota todas las conexiones necesarias en un papel, por así decirlo, para proporcionárselo al representante del proveedor del servicio de red. El ISP puede entonces, configurar las tablas en la red, e informar al usuario los VPI's y VCI's a utilizar. (Es necesario también, configurar el software local para generar los encabezados de las celdas con estos valores en los campos VPI/VCI, o el mismo ISP podría realizarlo).

Este proceso es conocido como actualización de las conexiones "en tiempo de servicio", y tiene la ventaja de ser un proceso sencillo. Estas conexiones pueden ser cambiadas en el futuro, pero tiende a ser un proceso lento, confiando en la coordinación de muchas partes.

Por otra parte, puede haber un protocolo de señalamiento, que corra entre el equipo local del cliente (CPE, Customer Premises Equipment) y el nodo de red ATM. Este protocolo debe ser un estándar, de manera que los dispositivos mismos se actualicen, mantengan, cambien, y terminen las conexiones a través de la red. Así, el CPE envía un mensaje al nodo de red local (al cual está directamente asociado), el cual es un mensaje de petición de conexión con el lugar remoto. El nodo de red actualiza la ruta y, si la conexión es aceptable para la red (por ejemplo, que el destino aceptara la conexión), otro mensaje es enviado de vuelta al origen con las líneas de "conexión ok, usar VPI=45, VCI=86".

Es posible también, requerir de un acceso "híbrido". En este caso, los VPI's pueden ser asignados, en la provisión del servicio, en una base de por sitio, y los VCI's pueden ser actualizados por medio de algún tipo de protocolo de señalamiento. En el presente estándar de la ITU, para las implementaciones de las redes ATM, usa los VPI's de manera "permanente" para la conectividad de los sitios (por ejemplo, un VPI por edificio), y los VCI's para conexiones "dinámicas" entre los usuarios de esos sitios.

Recordemos, que los VCI's son asignados dinámicamente entre los usuarios en las conexiones de la Ruta Virtual (Redes Virtuales). ATM usa el mismo concepto de señalamiento de salida (es decir, el señalamiento no es realizado sobre un canal usado para trafico) que es usado en ISDN de banda angosta, N-ISDN. En lugar de un "canal D" físico para el señalamiento, ATM (y B-ISDN) usa un canal de señalamiento lógico. Este señalamiento, es realizado en ATM, por celdas que se envían del usuario a la red y viceversa.

Claro que, el señalamiento necesario en la red es mucho más complejo que una red de voz o datos, conectada punto a punto. ATM está diseñada para conocer los requerimientos del ancho de banda de TODOS los servicios de la red. Así que, debe soportar tales tipos de conexiones como punto a multipunto (para servicios de vídeo, donde una celda que se envía dentro de la red, sea entregada a un cierto número de nodos) e incluso multipunto a multipunto (para arreglos complejos de voz o videoconferencia).

Porque de la amplia gama de capacidades de las redes ATM, el señalamiento debe ser capaz de llevar a cabo ciertas cosas. Debe poder establecer, mantener y liberar los VCC's de los usuarios actuales e incluso los VPC's estáticos, para el flujo de la información. Debe saber negociar (y tal vez volver a negociar) el propio trafico y las características del servicio de una conexión. Estas son justamente funciones obvias, pero otras son más sutiles.

ATM permite llamadas de multiconexión entre usuarios, transfiriendo voz, imagen, y datos simultáneamente. Estas conexiones pueden ser establecidas "en el aire", cuando sea necesario, durante la conexión de la llamada. La conferencia es necesaria en algunas aplicaciones, y el vídeo usualmente requerirá múltiples puntos finales. El vídeo es altamente "asimétrico" también, con muchos bits de salida y pocos (si hay) de entrada.

La mayoría del trabajo sobre un estándar para el protocolo de señalamiento ATM, está siendo realizado por el Foro ATM, en este aspecto no ha ayudado en gran parte la ITU.

2.5 Canales Virtuales de Señalamiento

En la interfaz Usuario-Red (UNI, User Network Interface), el señalamiento es controlado por Canales Virtuales dedicados, usados para los mensajes de señalamiento. Cuatro tipos diferentes han sido especificados, cada uno sirve a un propósito diferente para los diversos tipos de tráfico y de conexiones. Uno de estos Canales Virtuales de Señalamiento (SVC's, Signaling Virtual Channels) es indispensable: existe solamente un Canal Virtual de Meta-Señalamiento (MSVC, Meta-Signaling Virtual Channel) permanente por interfaz de usuario. Es decir, todos los usuarios (y puede haber hasta 256), en el enlace del nodo de red local, usan el MSVC para el señalamiento.

En la interfaz Red-Red (NNI, Network-Network Interface), el plan de señalamiento aún está en desarrollo. Muy probablemente, adaptará los principios de señal NNI sobre las redes de señalamiento de la telefonía nacional existente. Aunque es más completo en el nivel UNI, el proyecto del señalamiento ATM tiene muchas formas posibles de implementación, aún si alguna estuviera en el dispositivo extremo de la red (terminal), o en el equipo local del cliente, "PBX de ATM", o incluso en ambos.

Los cuatro tipos de SVC's comienzan con el MSVC. El cual es bidireccional en ambos sentidos, el usuario puede señalar a la red, y la red puede señalar al usuario. Puede usar uno y solamente un SVC. El Meta-Señalamiento es un concepto muy nuevo, y muchas implementaciones recientes de redes ATM (incluyendo las basadas en estándares del Foro ATM) no incluirán el uso del Meta-Señalamiento y los MSVC's.

Hay también dos SVC's de Broadcast: General y Selectivo. Ambos son unidireccionales, significando esto, que la red únicamente señalará al usuario sobre estos SVC's. El SVC de Broadcast General, es un medio rápido para que la red envíe una señal a todos los puntos finales de señalamiento, en la interfaz del usuario. Por lo tanto, solamente un SVC es necesario (y de hecho requerido).

Los SVC's de Broadcast Selectivo, pueden ser muchos, y son usados por la red para señalar todos los puntos finales apropiados a la misma "categoría del perfil de servicio" (CCITT Q.932), por ejemplo, todos los puntos finales de vídeo. Los SVC's de Broadcast General, son usados por el nodo de red ATM para "aquí hay algo que todos deben saber" – escribe los mensajes, y los SVC's de Broadcast Selectivo son usados para "aquí hay algo que todos los usuarios de voz deben saber" – escribe los mensajes. Puede haber varios SVC's de Broadcast Selectivo en una UNI, dependiendo de los servicios soportados en ese enlace por el nodo de red ATM.

Después de todo, los SVC's punto a punto, son la forma general en que los puntos finales señalan la red (y viceversa), controlando los VCC's y VPC's para la transferencia de datos (aunque los VPC's probablemente serán establecidos estáticamente [a mano], por lo menos en las implementaciones iniciales de ATM). Habrá muchos SVC's punto a punto, que controlarán los mensajes de protocolo, entre los usuarios y los nodos de red local en una red ATM. Los cuatro tipos de VC's de señalamiento UNI en ATM, son detallados en la Tabla 5.

TIPO DE SVC	DIRECCIONALIDAD	NÚMERO DE SVC'S
Canal de Meta-Señalamiento	Bidireccional	1
SVC de Broadcast General	Unidireccional	1
SVC de Broadcast Selectivo	Unidireccional	Varios posibles.
SVC punto a punto	Bidireccional	Uno por punto final de señalamiento.

Tabla 5. VC's de Señalamiento UNI ATM.

2.6 Performance: Uniendo Voz, Audio, Datos y Vídeo

Una red ATM construida para el transporte simultáneo de voz, audio, vídeo y datos, debe tener características aceptables en el performance, para cada tipo de servicio. Desgraciadamente, cada uno de estos servicios, tiene diferentes requerimientos a considerar para un número de parámetros cruciales. Algunos de estos parámetros son mostrados en la Tabla 6.

ATRIBUTO:	VOZ	DATOS	VÍDEO
Ancho de banda	Baja	Varia	Alta
Tolerancia al retardo	Baja	Varia	Media
Tolerancia al error	Alta	Baja	Media Baja (*)
Ráfagas	Ninguna	Muchas	Ninguna Muchas (*)

* Si se usa compresión.

Tabla 6. Uniendo voz, datos y vídeo.

Esto no será fácil. No es sólo un problema de ancho de banda, es más que eso. En términos de los efectos del retardo, tolerancia al error, y las "ráfagas" de datos, cada servicio tiene su propio requerimiento distintivo.

La compresión de la voz, audio y datos ahora llega a ser en "ráfagas" mismas. Esto no ayuda al problema, sólo lo mueve. ATM ha definido un número de parámetros de performance, que harán que el performance de la capa ATM, sea aceptable para cada uno de los diferentes servicios.

2.6.1 Performance en la Capa de Red ATM

En una red ATM, el performance de la entrega, esta separada del performance del transporte fundamental. Los errores de bits pueden ocurrir, y los retardos pueden variar de medio físico a medio físico, pero las celdas ofrecen algunas detecciones y corrección de errores. Una celda con un bit erróneo (por ejemplo, un bit 0 enviado pero un bit 1 recibido), en ella no es el único mal resultado posible en la red. Los errores de celda que no son detectados en el header, pueden convertirse en celdas mal dirigidas, apareciendo en conexiones equivocadas. Mientras que el retardo de la transferencia de celdas es un parámetro muy importante, especialmente para los servicios de voz y vídeo "en tiempo real", la variación del retardo actualmente es más importante. Algunos parámetros de la Capa ATM para el performance, están definidos como una proporción (unos buenos/unos malos), otros están definidos como una tasa (número de ocurrencias por unidad de tiempo).

En la ITU-TSS (CCITT) Recomendación I.35B (para el ancho de banda) define cuatro cosas posibles que pueden suceder cuando una celda entra a la red:

1. *Celda entregada satisfactoriamente.* Una celda llega al destino con un retardo menor a un tiempo T del retardo de la celda. Sin implicaciones de error hechas en la información de la celda, solamente el header. Note que una celda, para ser considerada entregada satisfactoriamente, debe llegar dentro de un periodo especificado, y no sólo sin algún error.
2. *Celda errónea.* Una celda llega con por lo menos un bit de error detectado en la información de la celda. Otra posibilidad es una celda gravemente errónea, donde el campo de información iguala los errores de bits a N. ($N > 1$, no especificado por la ITU aún, pero muy probablemente el valor sea $N = 2$).
3. *Celdas perdidas.* Una celda que o nunca llega, o llega después del tiempo T de retardo de la celda, en cuyo caso es descartada en el destino.
4. *Celda insertada.* Una celda que contiene un error en el header que no fue detectado, o es mal dirigida por el nodo de ATM, y por lo tanto se presenta en el destino equivocado.

2.6.2 Parámetros del Performance ATM

Los siguientes parámetros caracterizaran completamente el performance de cualquier red ATM. Por medio de los valores de estos parámetros, a través de la red, un administrador tiene toda la información necesaria para tomar decisiones en relación al performance de la red. Estas decisiones, implican tomar acciones para asegurar la disponibilidad de la red a los usuarios, y que las presentes conexiones estén recibiendo un servicio adecuado (basándose en la Clase de Servicio).

1. *Proporción de Celdas perdidas.* Es la proporción del número de celdas perdidas, para la suma del número de celdas entregadas satisfactoriamente y de las perdidas.
2. *Proporción de la inserción de celdas.* Es el número de celdas insertadas (un "evento de la entrada de la celda") en la red, dentro de un periodo de tiempo especificado (o tal vez por una segunda conexión). Este es el parámetro oficial del performance definido por la ITU. El Foro ATM, enfatizando la dificultad de definir un periodo de tiempo estándar para todas las redes

ATM, ha redefinido la tasa de inserción de celdas como una proporción. La proporción de inserción de celdas, es medida como el número total de celdas mal entregadas en una conexión dividida por el número total de celdas mal entregadas, más el número total de celdas enviadas sobre la conexión.

3. *Proporción de celdas gravemente erróneas.* Es la proporción de celdas gravemente erróneas (quizás definidas como celdas con más de un error de bits en el header) para el número de celdas entregadas exitosamente.
4. *Capacidad de transferencia de celdas.* Es el número máximo de celdas, entregadas con éxito, que suceden sobre una conexión específica durante una unidad de tiempo (probablemente un segundo).
5. *Retardo de la transferencia de la celda.* Tiene dos componentes: el retardo de la transferencia de la celda, significa un promedio aritmético de un número especificado de los retardos de la celda. La Variación del Retardo de la Celda (CDV, Cell Delay Variation) es más crítico. Esta es la diferencia entre una observación específica del retardo de la celda y el promedio. Veremos que esto causa la mayoría de los problemas, especialmente con los requerimientos de la voz y el video en tiempo real (de hecho, cualquier aplicación de tasa de bits constante o servicio).

El Grupo de trabajo para la Administración de la red del Foro ATM, ha tomado éstos parámetros de la ITU y propuso varias modificaciones nuevas a lo largo de las líneas de la proporción de la inserción de celdas. Ninguna de éstas, sin embargo, ha alcanzado actualmente, la jerarquía del cambio de la proporción de la inserción de celdas. El Foro ATM ha también propuesto extensiones a estos parámetros para servicios específicos, la videoconferencia por ejemplo.

2.7 Retardo de la Transferencia de la Celda y Variación del Retardo

Ya que no es una exageración decir que el propósito principal de ATM es dar patrones aceptables en el retardo del tráfico para la voz, vídeo y datos, sobre la misma red física, hablaremos de lo que se entiende por "aceptable".

Una celda se envía desde una fuente A ("evento de la entrada de la celda", en un lenguaje estándar de ATM) y llega a un destino B ("evento de la entrada de la celda"). Entre los nodos de red y los enlaces que hay. Los enlaces tienen un retardo de propagación característica (llamado el NVP: Propagación de Velocidad Nominal) y los nodos de red tienen una variación extensa del retardo de procesamiento (debido al tiempo de procesamiento del switch).

En los efectos de que, todos estos son combinados, el tiempo desde que el primer bit se envió de la fuente A, hasta que el último bit llega al destino B, es el retardo de la transferencia de la celda. Si este excede el tiempo T después del cual una celda debe ser supuestamente entregada, la celda que llega es descartada por el receptor, haya o no error. Esto se ilustra en la Figura 28. ¿Cuál es valor máximo de T, entonces? Nadie puede asegurarlo, y nadie lo sabrá hasta que una gran cantidad de redes ATM estén construidas y llegue a ser común.

Redes ATM prematuras, ciertamente casi pusieron el máximo valor permisible de T tan alto que sería extremadamente improbable que cualquier celda fuera descartada en el destino debido al tiempo T

excedido. Una cifra de dos o tres segundos (una eternidad en velocidades ATM) ha sido frecuentemente mencionada. Sin embargo, el parámetro más importante puede ser la variación del retardo de la celda.

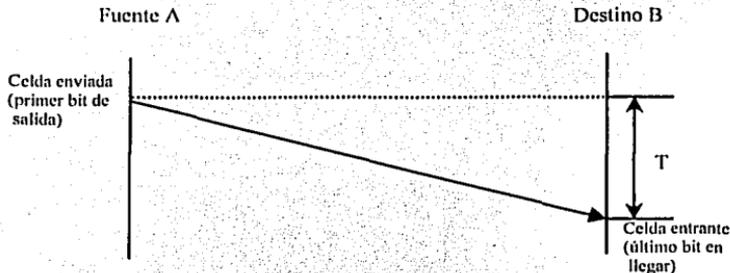


Figura 28. Retardo de la transferencia de la celda ATM.

La variación del retardo de la celda (CDV) en la red, se refiere al hecho de que algunas celdas serán rápidamente conmutadas a través de la red, pero otras celdas pueden llevarse más tiempo, debido tanto a los efectos como a la congestión del nodo de la red. Esto tendría un notable efecto sobre aplicaciones de tasa de bits constante (CBR).

Por ejemplo, la voz digitalizada, debe comúnmente tener una tasa de bits constante de 64 Kbps. Estos bits, siempre están fluyendo en esta tasa sobre un canal de voz en una red T1. Mientras sea un canal dedicado punto a punto, no existe variación en el retardo (esto no es estrictamente cierto, pero los retardos de procesamiento, están limitados por la ITU a menos de 450 microsegundos por switch de un circuito).

CDV, quiere decir que, es posible que una celda, conteniendo voz digitalizada, es retardada una cantidad variable de tiempo cuando se envía a través de la red. El equipo receptor, en una red de voz digitalizada, procesará las muestras de voz recibidas, basándose en un patrón de arriba constante para las muestras. La voz es distorsionada, si las celdas llegan en intervalos cada vez más grandes (llamado "dispersión") o en intervalos cada vez más cortos (llamado "agrupamiento"). Por lo tanto, un retardo consistente a través de la red, es absolutamente crucial, para proveer aceptables servicios de voz.

El mecanismo para proveer este retardo consistente, sobre una extensa red ATM de retardos variables, es conocido como "condicionando la red". Tiene el potencial para ser un aspecto crítico, para la aprobación de la red entre los usuarios de los datos.

2.8 Categoría de los Servicios

Después de un buen tiempo de prueba y error, ya para la especificación 4.0 de ATM, estaban claros los tipos de tráfico que llevaban las redes, y los tipos de servicios requeridos por el cliente. En consecuencia, el estándar se modificó para listar explícitamente las categorías de servicio comúnmente usadas, a fin de permitir a los proveedores de equipo optimizar sus tarjetas adaptadoras y los switches, para algunas o todas estas categorías. Las categorías de servicios seleccionadas como importantes se muestran en la Tabla 7.

CLASE	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
<i>CBR</i>	Tasa de bits constante	Circuito T1.
<i>RT-VBR</i>	Tasa de bits variable: tiempo real	Videoconferencias en tiempo real.
<i>NRT-VBR</i>	Tasa de bits variable: tiempo no real	Correo electrónico multimedia.
<i>ABR</i>	Tasa de bits disponible	Consultas al Web.
<i>UBR</i>	Tasa de bits no especificada	Transferencia de archivos en segundo plano.

Tabla 7. Categoría de los servicios ATM.

La clase *CBR*, pretende simular un alambre de cobre o una fibra óptica (sólo que a un costo mucho mayor). Los bits se ponen en un extremo y salen por el otro. No hay comprobación de errores, control de flujo, ni ningún otro proceso. No obstante, esta clase es esencial para hacer una transición suave entre el sistema telefónico actual y los sistemas B-ISDN del futuro, ya que los canales PCM de grado de voz, los circuitos T1 y la mayor parte del resto del sistema telefónico, usa la transmisión de bits síncrona de tasa constante. La clase *CBR* también es adecuada para todas las demás cadenas interactivas (es decir, en tiempo real) de audio y vídeo.

La siguiente clase, la *VBR*, se divide en dos subclases: la de tiempo real (*RT-VBR*) y la de tiempo no real (*NRT-VBR*), respectivamente. La *RT-VBR* es para servicios que tienen tasas de bits variables en combinación con requisitos muy estrictos de tiempo real, como el vídeo comprimido interactivo (por ejemplo, videoconferencias). Debido a la manera en que funcionan el MPEG y otros esquemas de compresión, con un completo frame base seguido de una serie de diferencias entre el frame actual y el frame base, la tasa de transmisión varía intensamente en el tiempo. A pesar de esta variación, es esencial que la red ATM no genere ninguna fluctuación en el patrón de llegada de las celdas, ya que esto causaría que la imagen apareciera inestable. Es decir, tanto el retardo medio de las celdas, como la variación del retardo de las celdas, deben estar cuidadosamente controlados. Por otra parte, aquí es tolerable un bit o celda perdida, de vez en cuando, y lo mejor es ignorarlo.

La otra subclase, *NRT-VBR*, es para tráfico en el que la entrega a tiempo es importante, pero la aplicación puede tolerar una cierta cantidad de fluctuación. Por ejemplo, el correo electrónico multimedia, normalmente se almacena temporalmente en el disco local del receptor, antes de presentarse en pantalla, por lo que cualquier variación en los tiempos de entrega de las celdas, se eliminaría antes de visualizarse el correo electrónico.

La categoría de servicio *ABR*, se diseñó para trabajo en ráfagas, cuya gama de ancho de banda se conoce aproximadamente. Un ejemplo típico, podría ser su uso en una compañía que conecta sus oficinas mediante un conjunto de líneas arrendadas. Normalmente, la compañía puede seleccionar entre instalar suficiente capacidad para manejar la carga pico, lo que significa que algunas líneas están

ociosas parte del día, o instalar la suficiente capacidad para la carga mínima, lo que conduce a congestionamientos durante la parte más atareada del día.

El uso del servicio *ABR*, evita tener que comprometerse con un ancho de banda fijo. Con la *ABR* es posible decir, por ejemplo, que la capacidad entre dos puntos siempre será de 5 Mbps, pero puede tener picos de hasta 10 Mbps. El sistema garantizará entonces 5 Mbps todo el tiempo, y hará lo posible para proporcionar 10 Mbps cuando sea necesario, pero sin prometer nada.

La *ABR*, es la única categoría de servicio en la que la red proporciona tasa de retroalimentación al transmisor, solicitándole que disminuya la velocidad al ocurrir congestionamientos. Suponiendo que el transmisor respeta tales solicitudes, se espera que la pérdida de celdas del tráfico *ABR* sea baja. Viajar por *ABR*, es un poco como volar por lista de espera: si hay asientos sobrantes, los pasajeros en lista de espera son transportados sin demora, si hay capacidad insuficiente, tienen que esperar (a menos que esté disponible un poco del ancho de banda mínimo).

Por último, la *UBR*, que no hace promesas y no realimenta información sobre los congestionamientos. Esta categoría se adapta bien al envío de paquetes IP, puesto que el IP tampoco hace promesas respecto a la entrega. Se aceptan todas las celdas *UBR* y, si sobra capacidad, también se entregan. Si ocurren congestionamientos, se descartan las celdas *UBR* sin realimentación al transmisor, y sin esperar que el transmisor reduzca su velocidad.

Continuando con la analogía de la lista de espera, con el *UBR*, todos los pasajeros en lista de espera llegan a abordar, pero si a medio camino el piloto ve que se agota el combustible, los pasajeros en lista de espera, son arrojados sin miramientos por la salida de emergencia. Para hacer atractiva la *UBR*, las portadoras tienden a hacerla más barata que las otras clases. Para aplicaciones que no tienen restricciones de entrega y quieren llevar ellas mismas su propio control de errores y de flujo, la *UBR* es una elección razonable. La transferencia de archivos, el correo electrónico y las noticias del USENET, son candidatos potenciales para el servicio *UBR*, puesto que ninguna de estas aplicaciones tiene características de tiempo real.

Las propiedades de las diferentes categorías de servicio se resumen en la Tabla 8.

CARACTERÍSTICAS DE SERVICIO	CBR	RT-VBR	NRT-VBR	ABR	UBR
Garantía de ancho de banda	Si	Si	Si	Opcional	No
Adecuado para tráfico en tiempo real	Si	Si	No	No	No
Adecuado para tráfico en ráfagas	No	No	Si	Si	Si
Realimentación sobre congestionamientos	No	No	No	Si	No

Tabla 8. Características de las Categorías de Servicio ATM.

2.8.1 Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service)

La calidad del servicio es un asunto muy importante para las redes ATM, en parte porque se usan para tráfico en tiempo real, como audio y video. Al establecerse un circuito virtual, tanto la capa de transporte (por lo común un proceso de la máquina host, el "cliente") como la capa de red ATM (por ejemplo, un operador de red, la "portadora") deben ponerse de acuerdo en un contrato que defina el servicio. En el caso de una red pública, este contrato debe tener implicaciones legales. Es decir, si la portadora está de acuerdo en no perder más de una celda por cada mil millones y pierde dos celdas cada mil millones, el cliente puede reclamar esta situación como un incumplimiento de lo pactado.

El contrato entre el cliente y la red tiene tres partes:

1. El tráfico que se generará.
2. El servicio acordado.
3. Los requisitos de cumplimiento.

Vale la pena apuntar que el contrato puede ser diferente para cada sentido. En una aplicación de video a solicitud, el ancho de banda necesario para el control remoto del usuario al servidor de video, podría ser de 1200 bps. En el otro sentido podría ser de 5 Mbps. Cabe señalar que, si el cliente y la portadora pueden acordar los términos, o si la portadora es incapaz de proporcionar el servicio deseado, no se establecerá el circuito virtual.

La primera parte del contrato es el *descriptor de tráfico* que caracteriza la carga que se generará. La segunda parte del contrato especifica la calidad del servicio deseada por el cliente y acepta la portadora. Tanto la carga como el servicio, deben formularse en términos de cantidades medibles, para que el cumplimiento pueda determinarse objetivamente. Decir simplemente "carga moderada" o "buen servicio", no es suficiente.

Para hacer posible tener contratos de tráfico concretos, el estándar ATM define una serie de parámetros de QoS, cuyos valores pueden negociar el cliente y la portadora. Para cada parámetro de Calidad de Servicio, se especifica el desempeño del peor caso y se requiere que la portadora lo cumpla o lo mejore. En algunos casos, el parámetro es un mínimo; en otros es un máximo. Nuevamente, la calidad del servicio se especifica por separado para cada sentido; algunas de las más importantes se listan en la Tabla 9, pero no todas aplican a todas las categorías de servicio.

Los primeros tres parámetros especifican la rapidez a la que quiere transmitir el usuario. La *PCR* (Peak Cell Rate) es la rapidez máxima con la que el transmisor planea enviar celdas. Este parámetro puede ser menor que lo permitido por el ancho de banda de la línea. Si el transmisor planea sacar celdas cada 4 µseg, su *PCR* es de 250, 000 celdas/seg, aun si el tiempo real de transmisión de celdas puede ser de 2.7 µseg.

La *SCR* (Sustained Cell Rate), es la tasa esperada o requerida de celdas promediada en un intervalo de tiempo grande. Para el tráfico CBR, la *SCR* será igual a la *PCR*, pero para las demás categorías de servicio será sustancialmente menor. La razón *PCR/SCR* es una medida de las ráfagas del tráfico.

La *MCR* (Minimum Cell Rate) es la cantidad mínima de celdas/seg que el cliente considera aceptable. Si la portadora es incapaz de garantizar esta cantidad de ancho de banda, debe rechazar la conexión. Cuando se solicita el servicio ABR, el ancho de banda real debe estar entre la *MCR* y la *PCR*, pero puede variar dinámicamente durante el tiempo de vida de la conexión. Si el cliente y la

portadora acuerdan establecer la *MCR* en 0, entonces el servicio *ABR* se vuelve similar al servicio *UBR*.

La *CVDT* (Cell Variation Delay Tolerance) indica la cantidad de variación que habrá en los tiempos de transmisión de las celdas; se especifica independientemente para la *PCR* y la *SCR*. Con un origen perfecto que opera a la *PCR*, cada celda aparecerá exactamente $1/PCR$ después de la previa. Ninguna celda llegará temprano y ninguna llegará tarde, ni siquiera un picosegundo. Para un origen real que opera a la *PCR*, habrá un poco de variación en los tiempos de transmisión de las celdas. La cuestión es: ¿cuánta variación es aceptable?, ¿Puede llegar una celda 1 nseg antes?. La *CDVT* controla la cantidad de variabilidad aceptable.

PARAMETRO	SIGLAS	SIGNIFICADO
Tasa de celdas pico	PCR	Tasa máxima a la que se enviarán celdas
Tasa de celdas sostenida	SCR	Tasa de celdas promedio a largo plazo
Tasa de celdas mínima	MCR	La tasa de celdas mínima aceptable
Tolerancia de variación de retardo de celdas	CVDT	La fluctuación de celdas máxima aceptable
Tasa de pérdidas de celdas	CLR	Fracción de las celdas perdidas o entregadas demasiado tarde
Retardo de transferencia de celdas	CTD	El tiempo que se lleva la entrega (medio y máximo)
Variación de retardo de celdas	CDV	La variación en los tiempos de entrega de celdas
Tasa de errores de celdas	CER	Fracción de las celdas entregadas sin error
Proporción de bloques de celdas con errores severos	SECBR	Fracción de los bloques alterados
Tasa de mala inserción de celdas	CMR	Fracción de las celdas entregadas a un destino equivocado.

Tabla 9. Algunos de los parámetros de Calidad de Servicio.

Los siguientes tres parámetros, describen características de la red y se miden en el receptor. Los tres son negociables. La *CLR* (Cell Loss Ratio) es autoexplicativa. Mide la fracción de las celdas transmitidas que no se entregan en absoluto, o que se entregan demasiado tarde, siendo inservibles por lo mismo (por ejemplo, en el tráfico en tiempo real). El *CTD* (Cell Transfer Delay) es el tiempo promedio de tránsito del origen al destino. La *CDV* (Cell Delay Variation) mide la uniformidad con que se entregan las celdas.

Los últimos tres parámetros QoS, especifican características de la red, y generalmente no son negociables. La *CER* (Cell Error Ratio) es la fracción de las celdas que se entregan con uno o más bits equivocados. La *SECBR* (Severely-Errored Cell Block Ratio) es la fracción de bloques de N celdas en los que M o más celdas contienen errores. Por último, la *CMR* (Cell Misinsertion Rate) es la cantidad de celdas/seg que se entregan al destino equivocado debido a un error no detectado en la cabecera.

La tercera parte del contrato de tráfico, indica lo que constituye el cumplimiento de las reglas. De hecho, esta parte del contrato se negocia entre las partes y se dice qué tan estrictamente se harán cumplir las primeras dos partes.

2.8.2 Conformación y Vigilancia del Tráfico

El mecanismo para usar y hacer cumplir los parámetros de Calidad de Servicio, se basa (en parte) en un algoritmo específico, el algoritmo genérico de tasa de celdas (*GCRA*, Generic Cell Rate Algorithm), y se ilustra en la Figura 29. Este algoritmo funciona revisando cada celda para ver si se ajusta a los parámetros de su circuito virtual.

El *GCRA* tiene dos parámetros. Estos especifican la tasa de llegada máxima permitida (*PCR*) y la cantidad de variación de ésta que puede tolerarse (*CVDT*). El recíproco de la *PCR*:

$$T = 1/PCR$$

Es el tiempo mínimo entre arribo de celdas, como se muestra en la Figura 29(a). Si el cliente está de acuerdo en no enviar más de 100,000 celdas/seg, entonces:

$$T = 10 \mu\text{seg}$$

En el caso máximo, llega una celda puntualmente cada 10 μseg . Para evitar los números muy pequeños, se trabajará con microsegundos, pero dado que todos los parámetros son números reales, la unidad de tiempo no importa.

Siempre se permite a un transmisor espaciar celdas consecutivas a intervalos mayores que T , como se indica en la figura 29(b). Cualquier celda que llegue más de T μseg después de la previa, cumple con lo establecido.

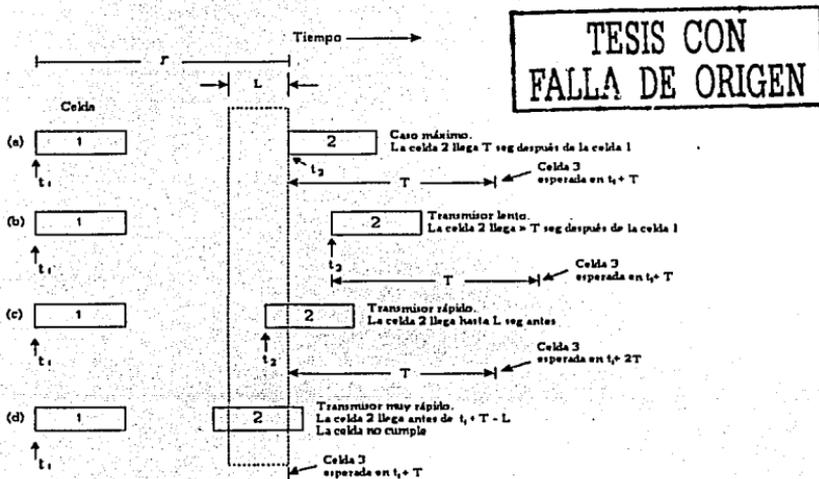


Figura 29. El algoritmo genérico de tasa de celdas (*GCRA*).

El problema surge cuando los transmisores que tienden a salir en falso, como en la Figura 29(c) y (d). Si una celda llega un poco antes:

$$(a \ t_1 + T - L, \text{ o después})$$

cumple, pero se espera la siguiente celda a $t_1 + 2T$, (no a $t_2 + T$), para evitar que el transmisor envíe cada celda L μ seg antes, y por tanto aumente la tasa de celdas pico.

Si llega una celda más de L mseg antes, se declara como incumplidora. El tratamiento de las celdas incumplidoras es responsabilidad de la portadora. Algunas portadoras simplemente las descartan; otras las guardan, pero establecen el bit CLP para marcarlas como de baja prioridad, a fin de permitir a los switches que descarten primero las celdas incumplidoras en caso de un congestionamiento.

De hecho la Figura 29 es parte del Capítulo 2.8.1.

2.8.3 Control del Congestionamiento

El control de la congestión, ha sido el centro de atención del control del tráfico en las redes tradicionales. De hecho, la mayoría de la gente (o toda), tiene experiencias de congestión, de manera cotidiana, y en cualquiera de sus formas, ya sean los famosos embotellamientos de nuestra Ciudad de México, las largas filas para pagar la cuenta de alguna tienda, las filas de los boletos para entrar al cine, o simplemente, esperando recibir algún tipo de servicio. La congestión, es por tanto, generalmente definida como la condición alcanzada, donde la demanda de recursos excede la de los recursos disponibles, en un cierto intervalo de tiempo. Tomando como ejemplo de la vida real el tráfico, la congestión ocurre porque el número de vehículos deseando utilizar una carretera (demanda), excede el número de vehículos que pueden viajar sobre esa carretera (recursos disponibles), durante una hora-pico (en un intervalo de tiempo).

Pasando ahora a ATM, la congestión, es definida como la condición donde la cantidad proporcionada (demanda) del usuario a la red, está cerca, o excede los límites del diseño de la red, para garantizar la Calidad de Servicio (QoS) especificado en el contrato de tráfico. Esta demanda puede exceder los límites del diseño de los recursos, porque los recursos fueron reservados para ciertas aplicaciones, o a causa de fallas dentro de la red.

En las redes ATM, los recursos que pueden llegar a tener problemas de congestión, incluyen a los puertos del switch, buffers, enlaces de transmisión, los procesos de la Capa de Adaptación ATM (AAL), así como los procesos del Control de Admisión de la Conexión (CAC). Los recursos en los que la demanda excede a la capacidad, son denominados cuello de botella, punto de congestión, o forzando la red.

Aún con la conformación del tráfico, las redes ATM no cumplen automáticamente los requisitos de desempeño establecidos en el contrato de tráfico. Por ejemplo, el congestionamiento en los switches intermedios siempre es un problema potencial, especialmente cuando tienen carga de tráfico. En consecuencia, se ha invertido una buena cantidad de esfuerzo para estudiar el asunto del desempeño y el congestionamiento de las redes.

Las redes deben manejar tanto el congestionamiento a largo plazo, causado por la generación de más tráfico del que puede manejar el sistema, como el congestionamiento a corto plazo, causado por las ráfagas del tráfico. Por ello, se usan varias estrategias diferentes al mismo tiempo. Las más importantes de éstas pertenecen a tres categorías:

1. Control de Admisión.
2. Reservación de Recursos.
3. Control del Congestionamiento basado en la tasa.

2.8.3.1 Control de Admisión

En las redes de baja velocidad, generalmente es adecuado esperar a que ocurra un congestionamiento, y reaccionar a él indicando al origen de los paquetes que reduzca su velocidad. En las redes de alta velocidad, este enfoque con frecuencia funciona mal, pues en el intervalo entre el envío de la notificación y la llegada de la notificación al origen, pueden llegar miles de paquetes adicionales.

Además, muchas redes ATM, tienen orígenes de tráfico en tiempo real que producen datos con una tasa intrínseca. Indicar a una de origen que reduzca su velocidad, tal vez no funcione (imaginemos un teléfono digital con una luz roja: con la presencia de congestionamiento, la luz roja se encenderá, lo cual indicará que la otra persona debe hablar más despacio).

En consecuencia, este tipo de redes hace hincapié en evitar que ocurra el congestionamiento. Sin embargo, para el tráfico CBR, VBR y UBR, no hay ningún control de congestionamiento en absoluto, por lo que un poco de prevención vale más que una buena dosis de medicina. Una herramienta principal para evitar el congestionamiento, es el *Control de Admisión*. Cuando un *host* quiere un circuito virtual nuevo, debe describir el tráfico que va a generar y el servicio esperado. La red puede entonces, verificar si es posible manejar esta conexión sin afectar adversamente las conexiones existentes. Tendrán que examinarse varias rutas potenciales para encontrar una que puede llevar a cabo la tarea. Si no puede localizarse ninguna ruta, se rechaza la llamada.

El rechazo de admisión debe hacerse de la manera más justa posible. No sería justo que un usuario que haga un mal uso de la red, deje fuera a usuarios que tratan de leer su correo. Por lo tanto, si no se aplican controles, una cantidad pequeña de usuarios con gran ancho de banda, puede afectar severamente a muchos usuarios con bajo ancho de banda. Para evitar esto, los usuarios deben dividirse en clases con base en el uso. La probabilidad de negación de servicio debe ser aproximadamente igual para todas las clases (posiblemente dando a cada clase su propio grupo de recursos).

2.8.3.2 Reservación de Recursos

Estrechamente relacionada con el Control de Admisión, está la técnica de *Reservación de recursos* por adelantado, generalmente en el momento de establecimiento de la llamada. Dado que el descriptor de tráfico indica la tasa de celdas pico, la red tiene la posibilidad de reservar suficiente ancho de banda a lo largo de la trayectoria para manejar esa tasa. El ancho de banda puede reservarse haciendo que el mensaje de ESTABLECER, reserve ancho de banda a lo largo de cada línea que atraviesa, asegurándose por supuesto, de que el ancho de banda total reservado a través de una línea, sea menor que la capacidad de esa línea. Si el mensaje de ESTABLECER llega a una línea llena, debe dar marcha atrás y buscar una trayectoria alterna.

El descriptor de tráfico puede contener no sólo el ancho de banda pico, sino también el ancho de banda medio. Si por ejemplo, un *hast* quiere un ancho de banda pico de 100,000 celdas/seg, pero un ancho de banda medio de sólo 20,000 celdas/seg, en principio pueden multiplexarse cinco de tales circuitos en la misma troncal física. El problema es que las cinco conexiones podrían estar ociosas durante media hora, y luego comenzar a trabajar a la tasa pico, causando pérdidas masivas de celdas. Dado que el tráfico VBR puede multiplexarse estadísticamente, pueden ocurrir problemas con esta categoría de servicio. Se están estudiando las posibles soluciones.

2.8.3.3 Control del Congestionamiento basado en la Tasa

Con el tráfico CBR y VBR, generalmente no es posible que el transmisor disminuya su velocidad, aun ante un congestionamiento, debido a la naturaleza de tiempo real o tiempo semi-real inherente del origen de información. Con la UBR a nadie le importa; si hay demasiadas celdas, las sobrantes se descartan.

Sin embargo, con el tráfico ABR es posible y razonable que la red señale a uno o más transmisores, y les solicite disminuir su velocidad temporalmente hasta que la red se pueda recuperar. Es del interés de los transmisores el cumplimiento, ya que la red siempre puede castigarlos deshaciéndose de su exceso de celdas.

La manera de detectar, señalar y controlar el congestionamiento del tráfico ABR, fue un tema importante durante el desarrollo del estándar ATM, con argumentos intensos a favor de varias soluciones propuestas.

Después de rechazar algunas propuestas, por alguna u otra razón, la batalla se enfocó en dos contendientes, una solución basada en crédito y una basada en tasa. La solución basada en crédito esencialmente era un protocolo dinámico de ventana corrediza. Requería que cada switch mantuviera, por cada circuito virtual, un crédito (de hecho, la cantidad de *buffers* reservados para ese circuito). Mientras cada celda transmitida tuviera un *buffer* esperándola, nunca podría surgir un congestionamiento.

El argumento en contra vino de los proveedores de switches. No querían encargarse de la contabilidad para llevar el registro de los créditos, y no querían reservar demasiados buffers por adelantado. La cantidad de carga extra y desperdicio requeridos, se consideró muy grande, por lo que se adoptó el esquema de control de congestionamiento basado en tasa, que funciona como sigue.

El modelo básico es que, tras cada k celdas de datos, cada transmisor envía una celda especial RM (Resource Management, Administración de Recursos). Esta celda viaja por la misma trayectoria que las celdas de datos, pero recibe un tratamiento especial de los switches a lo largo del camino. Al llegar al destino, la celda se examina, actualiza y envía de regreso al transmisor. La trayectoria completa de las celdas RM se exhibe en la Figura 30.

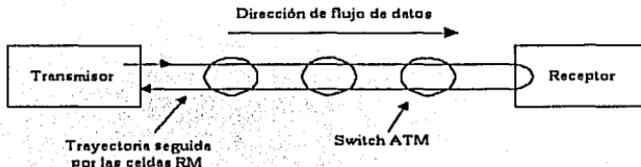


Figura 30. Trayectoria seguida por las celdas RM.

Además, se proporcionan otros dos mecanismos de control de congestiónamientos. Primero, los switches extra cargados pueden generar espontáneamente celdas RM y enviarlas de regreso al transmisor. Segundo, los switches extra cargados pueden establecer el bit PTI central de las celdas de datos que viajan del transmisor al receptor. Sin embargo, ninguno de estos métodos es completamente confiable, pues estas celdas pueden perderse en el congestiónamiento, sin que nadie se dé cuenta. En cambio, una celda RM pérdida será notada por el transmisor cuando no regrese en el intervalo de tiempo esperado. Como nota al margen, el bit CLP no se usa para el control de congestiónamientos.

El control de congestiónamientos ABR, se basa en la idea de que cada transmisor tiene una tasa actual, la ACR (Actual Cell Rate, la tasa de celdas real), que está entre la MCR y la PCR. Al ocurrir un congestiónamiento, la ACR se reduce (pero no por debajo de la MCR). Si no hay congestiónamientos, la ACR se aumenta (pero no por encima de la PCR). Cada celda RM enviada contiene la tasa a la cual le gustaría transmitir al transmisor, posiblemente a la PCR, posiblemente a una menor. Este valor se llama ER (Explicit Rate, tasa explícita). A medida que la celda RM pasa a través de varios switches en su camino al receptor, aquellos que están congestiónados pueden reducir la ER, pero ningún switch la puede aumentar. La reducción puede ocurrir tanto en sentido directo como en el inverso. Cuando el transmisor recibe la celda RM, puede ver la tasa mínima aceptable según todos los switches a lo largo de la trayectoria. Entonces puede ajustar la ACR , de ser necesario, de acuerdo con lo que el switch más lento puede manejar.

El mecanismo de congestiónamiento que usa el bit PTI central, se integra en las celdas RM al hacer que el receptor incluya este bit (tomado de la última celda de datos), en cada celda RM enviada de regreso. El bit no puede tomarse de la misma celda RM, porque todas las celdas RM tienen establecido este bit todo el tiempo.

2.9 Operación, Administración y Mantenimiento (OAM)

ATM tiene una serie de acciones, que deben ser realizadas, con el fin de asegurarse de que los componentes de la red (que pueden ser: hosts, ruteadores, puentes, o cualquier otro dispositivo capaz de comunicar información de estado al mundo exterior) estén funcionando apropiadamente. Son conocidas como las funciones de Mantenimiento y Operación (OAM), o algunas veces funciones de Operación, Administración y Mantenimiento (abreviado OAM). Esas funciones son implementadas por celdas especiales, las cuales fluyen periódicamente sobre la red, entre los diversos componentes de la red.

Recuerde que las redes ATM no son sólo redes de datos, o sólo redes de vídeo, por lo tanto, estas redes no pueden ser manejadas como las redes LAN's y WAN's tradicionales, en donde después de su construcción, el proceso de administración de la red, añadió hardware o software a última hora. Aún con el SNMP (Simple Network Management Protocol), para el manejo de todo, desde los ruteadores hasta los multiplexadores, todavía es posible construir redes complicadas sin la ayuda de un administrador de red, aunque esto no es muy recomendable.

Las redes ATM son diferentes, porque simplemente, no pueden ser construidas sin una administración de la red. Las funciones OAM son parte de la definición de la red. Más que construir una red y añadir en la administración de la red los servicios para datos, o para el vídeo, la red en su esencia, contiene OAM. De hecho, un paquete de administración de la red, contempla el flujo de celdas OAM, las cuales están siempre presentes en la red. Este paquete puede ser comprado a terceros, al proveedor del equipo de red, o simplemente ser escrito por un programador para el usuario.

Dentro de las funciones de operación en una red, podemos mencionar el monitoreo, el cual implica la observación de fallas e invocar comandos correctivos, y/o acciones de mantenimiento para repararlas. Así mismo, debe de tener una cierta referencia del performance, para de esta manera tomar alguna acción correctiva, y/o si es necesario, realizar algún tipo de mantenimiento. Una función operacional clave, implica ayudar a los usuarios a resolver los problemas así como de hacer un uso efectivo de las capacidades de la red.

En cuanto a las funciones de Administración, en primera instancia, una red debe ser diseñada, como privada, pública o híbrida, para que los elementos luego sean ordenados, junto con el programa de instalación y el soporte asociado. Deben desarrollarse planes administrativos para efectuar las actividades de provisión, operación y mantenimiento, esto conlleva soporte de sistemas automatizados para las ordenes de entrada y procesamiento. Una vez que el servicio está instalado, los datos deben ser reunidos para el análisis de tráfico y para el posible uso de las cuentas. De esta forma, basándose en los pronósticos, en los requerimientos de la red y en el análisis del tráfico, los cambios de la red deben ser periódicamente actualizados.

Otro factor es el mantenimiento, en donde una vez que las operaciones han identificado un problema, este debe ser separado y diagnosticado para determinar la(s) causa(s). La solución a los problemas identificados debe ser aplicada en una manera coordinada por las operaciones. Una actividad importante, es la de realizar un mantenimiento de rutina, de tal forma que, las fallas y las degradaciones del performance, sean lo menos común posible.

En las funciones de OAM, también se hace referencia al proceso de suministro o abastecimiento. Donde se hace mención, de que la instalación de todo equipo nuevo, debe estar acompañado de su correspondiente software. Hace hincapié de la necesidad de existir un sitio de soporte para el hardware, mientras que se permita la mejora del software, de manera remota. Los circuitos o líneas de acceso,

además de la instalación de software y hardware, son también parte de esta etapa. Una parte clave en el orden de los procesos, es establecer los parámetros del servicio relacionados a ATM. Esto puede realizarse manualmente, pero la tendencia debería estar hacia la automatización. El paso final de este proceso, es asegurarse de que el desempeño del servicio, va de acuerdo con las expectativas del usuario final.

De acuerdo con esto, se han definido cinco funciones para el flujo de las celdas OAM en una red ATM, las cuáles son:

1. *Monitoreo del performance.* Por medio de esta función, se asegura el funcionamiento normal, a través de chequeos periódicos de las entidades de la red.
2. *Detección de defectos y fallas.* La detección de estos factores (por ejemplo, que estén fallando las condiciones del enlace) produce alarmas según como se requiera.
3. *Protección del sistema.* Esta función excluye de la red, un componente en mal estado, con la finalidad de prevenir la propagación de los problemas.
4. *Información de fallas o del performance.* Esta información se representa actualmente en códigos de error, o reportes que responden a peticiones de la administración de la red, para así, pasar a procesar las indicaciones de las alarmas.
5. *Localización de la falla.* Esta función, se encarga de hacer correr diagnósticos internos o externos, sobre componentes de la red sospechosos.

Cabe mencionar que, la administración de la red se hace desde *estaciones administradoras*, que son, de hecho, computadoras de propósito general, que ejecutan un *software* de administración especial (procesos de SNMP). La estación administradora contiene uno o más procesos que se comunican con los agentes a través de la red, emitiendo comandos y recibiendo respuestas. Toda la inteligencia está en estas estaciones administradoras, a fin de mantener a los agentes tan sencillos como sea posible y minimizar su impacto sobre los dispositivos en los que se ejecutan. Con el propósito de permitir que una estación administradora hable con los diversos componentes, la naturaleza de la información mantenida por todos los dispositivos debe especificarse rápidamente. Por ejemplo, hacer que la estación administradora pregunte a un ruteador su tasa de pérdida de paquetes, no es de utilidad si el ruteador no lleva el registro de su tasa de pérdidas. Por tanto, el SNMP describe (con riguroso detalle) la información exacta de cada tipo de agente que tiene que administrar, y el formato con que éste tiene que proporcionarle los datos. La parte más grande del modelo SNMP es la definición de quién tiene que llevar el registro de qué y cómo se comunica esta información. La Tabla 10 describe mensajes SNMP.

MENSAJES	DESCRIPCIÓN
Get-request	Solicita el valor de una o más variables.
Get-next-request	Solicita la variable que sigue a ésta.
Get-bulk-request	Obtiene una tabla grande.
Set-request	Actualiza una o más variables.
Inform-request	Mensaje de administrador a administrador describiendo la MIB local.
SnmpV2-trap	Informe de interrupción de agente a administrador.

Tabla 10. Tipos de mensajes SNMP.

- **MIB ILMI (Integrated Local Management Interface):** Esta interfaz M1 provee estado, configuración e información de control para una interfaz ATM entre, cualesquiera que sean, dos dispositivos ATM, por ejemplo, dos switches. El MIB ILMI cubre la configuración, estado e información del performance estadístico del circuito virtual y físico.
- **MIB DXI (Data Exchange Interface):** Define el router para la interfaz de la unidad de servicio de datos (DSU) ATM. Este MIB soporta la configuración y la gestión de la interfaz DXI, la cual es básicamente una interfaz M1.
- **MIB LAN Emulation:** El MIB de la Emulación de LAN (LANE) comprende el MIB cliente LANE y al MIB servidor LANE, y es una interfaz de categoría M2. Juntos soportan la LAN Emulada (ELAN, Emulated LAN), y se relacionan con la configuración, fallas, y gestión del performance de los clientes y servidores.
- **MIB M3:** Expresa los objetos para la parte del cliente de una red pública. M3 es una interfaz entre los sistemas de administración de la red pública y privada. El lado de la interfaz de la red privada usa SNMP, mientras que el lado de la red pública usa CMIP. Por consiguiente, se hace uso de una función para la gestión del interdominio para la interoperabilidad.

Debido a la existencia de varios tipos de MIB's M4, haremos mención de sólo algunos:

- **MIB SVC M4:** Precisa los objetos relacionados a ATM para SVC's del otro lado de los NE's (elementos de la red).
- **MIB AAL ATM:** Define los objetos relacionados a la Capa de Adaptación ATM para los NE's en el dominio de la red pública.
- **MIB PNNI (Private Network to Network Interface):** Determina los objetos relacionados a ATM para PNNI.
- **Multiplexor inverso de ATM:** Especifica los objetos para la multiplexación sobre sistemas de transmisión T1.
- **MIB red a red M5:** Delimita los objetos para el intercambio de información de gestión, entre dos diferentes carriers de sistemas de administración de red ATM.
- **MIB de acceso de prueba:** Permite el acceso a control remoto dentro del switch para propósitos de prueba.

INTERFAZ DEL FORO ATM	MIB'S APLICABLES
M1	MIB AtoM, MIB LANE, MIB DXL, MIB's propietarios (MIB's adaptadores de ATM).
M2 (SNMP)	MIB AtoM, MIB LANE, MIB ILMI, MIB CBS, MIB PNMI, MIB's de transmisión (RFC 1406, 1407 y 1595), MIB IMA, MIB RMON, MIB's propietarios.
M2 (CMIP)	MIB de vista de red M4, MIB de lemento de red M4, MIB SVC de M2, MIB de SONET ITU-T y MIB's E1/E3.
M3	MIB M3 y MIB AtoM.
M4 (SNMP)	MIB ILMI, MIB LANE, MIB CES, MIB SNMP M4, MIB AAL ATM, MIB's de transmisión (RFC 1406, 1407 y 1595), MIB IMA ATM y MIB RMON.
MIB M4 (CMIP)	MIB de NE M4, MIB I.751 ITU-T, MIB SVC de M4, MIB AAL ATM, MIB's de transmisión (ITU-T G.704, G.706, G.774, G.826, G.882), Bellecore G.1114 y MIB del Foro NM.
M5	MIB red a red del Foro ATM y MIB carrier a carrier de ETSI NAS-2212.

Tabla 11. Los MIB's para el Modelo del Foro ATM.

2.10 Configuraciones de Referencia

Los diagramas estándar de los componentes de una red ATM tienden a no ser muy claros. Como parte del proceso de creación de B-ISDN, la ITU tomó los componentes e interfaces estándar de la N-ISDN, y sólo añadió una "B" de Banda ancha a cosas tales como el Tipo 2 de Terminación de Red (B-NT2) y la interfaz "T". Vea la Figura 32, ahí existen demasiadas variaciones en éstos diagramas básicos. Todos ellos implican diversos "grupos funcionales" (cajas como B-NT2) y "puntos de referencia" (las líneas entre las cajas). Los puntos de referencia incluyen descripciones de la tasa de bits y el formato de las tramas. Los estándares de la ITU para ATM solamente especificarán las interfaces T y S.

Por esto, es probable que sea de más ayuda describir los componentes de la red y las interfaces definidas por el Foro ATM. Se pueden apreciar en la Figura 33. El Foro ATM hace énfasis en los servicios ATM sobre una área amplia, los cuáles serán provistos por una red pública ATM. (Una red pública es caracterizada por tener la capacidad de poder conectar a un abonado con cualquier otro; por ejemplo, la red telefónica pública.) Pueden existir varios proveedores de servicios de red ATM de larga distancia públicos, exactamente como en la red pública. Estos switches ATM de red pública, se conectarán usando el protocolo "Interfaz inter-carrier" (ICI) como estandarizado por el Foro ATM. Esto asegurará que los usuarios siempre tendrán su interconexión de una manera estándar. Dentro de la red ATM pública, los switches intercambiarán celdas e información de control con la Interfaz del Nodo de Red (NNI).

Puede darse el caso de querer conectar el equipo de un usuario, el cual no utiliza la tecnología de las celdas (tramas de longitud variable), con un nodo de red ATM del otro lado, este equipo de adaptación ATM se comunicará con el nodo de red ATM local sobre una Interfaz Red Usuario (UNI). Sin embargo, esta no es la única posibilidad, un usuario puede comprar equipo ATM para un uso privado, y construir una red ATM dentro de su organización. Aún ahí, habrá un estándar UNI (aunque tal vez no la misma a la UNI pública), pero los switches del cliente local usarán una interfaz diferente, la Interfaz de Nodo de Red Privado (PNNI). Las principales diferencias entre los PNNI y los NNI públicos son en términos del soporte del medio físico, distancias y tasas de bits.

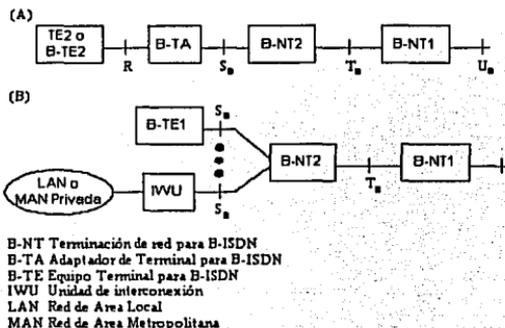


Figura 32. Configuraciones de Referencia.

Actualmente, la única forma de una interconexión entre una red ATM privada y una red ATM pública es con la UNI.

Algo que si es muy claro, es que este tipo de redes tendrá que ser usada en conjunción con otro tipo de redes. Nadie espera que estas redes sustituyan a otras tecnologías de red, de la noche a la mañana. La atracción por enlazar otros tipos de redes con ATM es simple: desde que ATM es una tecnología "red de redes", no hay necesidad de extender la red de Frame Relay o inter-redes LAN. Ambas pueden extenderse donde se requiera sobre una red ATM, la cual no cuida si las celdas contienen transporte de datos de Frame Relay o tramas de LAN.

La implementación de una red ATM, puede ser manejada en consideraciones de ancho de banda puro (por ejemplo, la transferencia de datos a 155 Mbps). Lo más probable, es que serán usadas para la consolidación de por lo menos dos tipos de redes corporativas de backbones previamente separados: inter-redes basada en routers LAN y redes T1 privadas. Una unidad de interconexión (IWU, Interworking Unit) proveerá el accesorio a la red de cada tipo de red. Para las LAN's, esto comúnmente será una tarjeta en un hub, switch, o (menos común) en un router LAN. La IWU para un multiplexor T1 puede ser una caja completamente por separado.

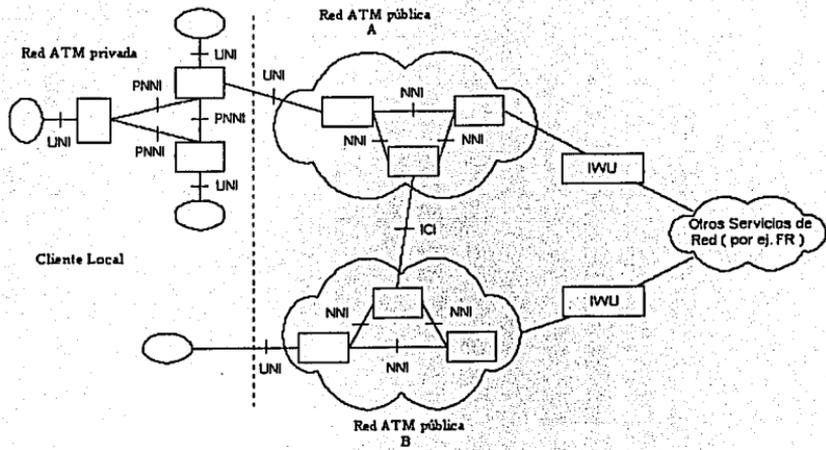


Figura 33. Redes del Foro ATM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3 Fundamentos de Audio y Vídeo

3.1 Fundamentos de Vídeo

3.1.1 Aspectos del Sentido de la Vista de una Persona

La meta a alcanzar por parte del Estándar del Vídeo MPEG-2, es definir el formato de los datos de vídeo a transmitir. Este formato de los datos es el resultado de un proceso de compresión y codificación. Las técnicas de compresión, las cuales se usan en MPEG-2, son un claro alcance basado en el conocimiento que tenemos acerca de cómo el ojo humano y los centros visuales, en el cerebro, llevan a cabo un reconocimiento de las imágenes.

Durante el proceso de ver, el ojo tiene dos tareas principales que cumplir. Primero, el ojo se encarga de reconocer los detalles de una escena, lo cual significa que tiene que percibir la resolución espacial de la imagen. La segunda tarea consiste en reconocer los cambios en la escena, en otras palabras, percibir una resolución temporal de una escena.

El término "ver", se podría decir que sólo describe el efecto de la luz reflejada por los objetos que nos rodean y que entra en nuestros ojos. El ojo mismo, contiene varias partes que procesan esa luz reflejada y generan la imagen que nuestro cerebro puede interpretar. Cuando la luz ha entrado a nuestro ojo, pasa a través de la cornea, el iris y la pupila. Todas estas partes trabajan en conjunto para poner una imagen que ha sido enfocada en el fondo del ojo, lo que conocemos como retina. Una vez en la retina, la imagen puede ser distinguida y procesada por el cerebro. Para procesar la información de la imagen en el cerebro, la retina está equipada de fotorreceptores, los cuales son estimulados de otra forma.

Existen dos tipos diferentes de fotorreceptores: conos y bastones. (Estos nombres están basados en su forma actual). Se descubrió que con los bastones, somos capaces de ver en blanco y negro; mientras que los conos nos dan la capacidad de distinguir entre los diferentes colores que existen. Hay diferentes tipos de conos, los cuales son especialmente sensibles a los colores rojo, verde y azul. Si la luz es reflejada en un gran número de conos, los conos entonces nos permiten obtener una alta resolución espacial de la imagen, desde pequeños cambios en el color pueden ser distinguidos. Los bastones son más sensibles a la intensidad de la luz. Un aspecto importante de los conos y de los bastones, en el contexto del vídeo digital, es su número y su distribución en la retina. Si observamos el centro de la retina, solamente encontraremos conos. Las áreas más alejadas del centro tienen una distribución mucho más alta de bastones. Esta es la razón por la que tenemos que mirar directamente hacia alguna imagen para obtener todos los detalles.

Esto es bastante fácil de entender, y de hecho, algo que la mayoría de nosotros ha experimentado más de una vez. Aunque a ciencia cierta, no sepamos la razón de tal suceso. Esto es, que nuestros ojos son lo bastante capaces de obtener cada detalle del objeto que deseamos observar.

En resumen, tenemos alrededor de 121 millones de bastones y solamente unos 8 millones de conos en la retina. Estos, están distribuidos cerca del centro de la retina. Esto

conduce al hecho de que el ojo tiene la propiedad de que, cuando una imagen incide en la retina, se retiene durante algunos milisegundos antes de decaer. Si una secuencia de imágenes incide a 50 o más imágenes/seg, el ojo no nota que está viendo imágenes discretas. Las técnicas de compresión del vídeo, tal como el tan usado vídeo MPEG-2 o los sistemas de vídeo (es decir, la televisión), utilizan esta baja sensibilidad al color, reduciendo la información del color por imagen. El MPEG-2 usa la Transformación por Coseno Discreto (DCT, Discrete Cosine Transformation) para identificar y posteriormente eliminar los altos cambios de frecuencia en el color.

3.1.2 Espacios de color RGB, YUV y YCrCb

Hasta el momento se ha descrito al ojo humano y su capacidad para reconocer imágenes. Pero pasando ahora a la Tecnología, ¿cómo se describen y se estructuran las imágenes en un equipo digital?. Las aplicaciones de vídeo, tienen que ver con los tan conocidos espacios de color, para definir las imágenes. Un espacio de color es básicamente un modelo teórico que describe como se separa un color dentro de componentes diferentes. Existen dos grandes tipos de espacios de color usados en el vídeo digital: el RGB y el YUV/YCrCb. El RGB es comúnmente utilizado en los ambientes de la computadora, mientras que el YUV/YCrCb esta más relacionado al mundo de la televisión.

Para entender los sistemas de vídeo, es mejor comenzar por la anticuada y sencilla televisión en blanco y negro. Para representar la imagen bidimensional que está frente a ella, como un voltaje unidimensional en función del tiempo, la cámara barre rápidamente un haz de electrones a lo ancho de la imagen y lentamente hacia abajo, registrando la intensidad de la luz a su paso. Al final del barrido, llamado *frame*, el haz hace un re-trazado. Esta intensidad como función de tiempo se difunde, y los receptores repiten el proceso de barrido para reconstruir la imagen. El patrón de barrido que usan tanto la cámara como el receptor se muestra en la Figura 31.

Los parámetros de barrido exactos varían de país en país. El sistema usado en Norte y Sudamérica, así como en Japón tiene 525 líneas de barrido, una relación de aspecto horizontal a vertical de 4:3, y 30 frames/seg. El sistema europeo tiene 625 líneas de barrido, la misma relación 4:3, y 25 frames/seg. En ambos sistemas, no se presentan unas cuantas líneas de arriba y abajo (para aproximar una imagen rectangular a los CRT originales, que eran redondos). Sólo se presentan 483 de las 525 líneas NTSC (y 576 de las 625 líneas de barrido PAL/SECAM).

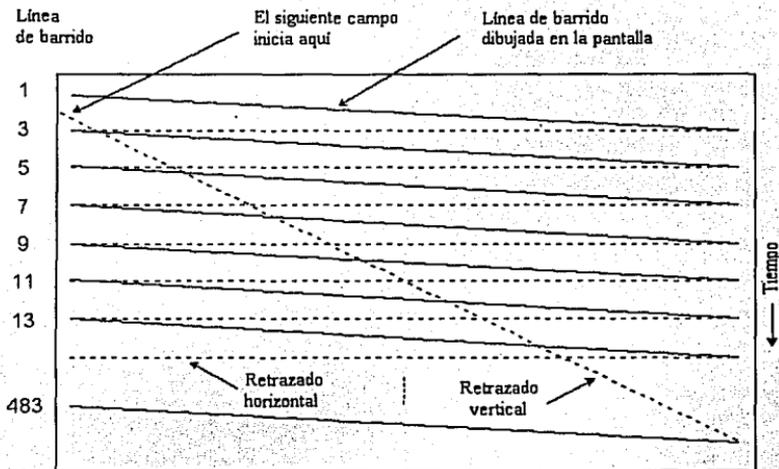


Figura 31. Patrón de barrido usado para el vídeo y la televisión NTSC.

El vídeo de color usa el mismo patrón de barrido que el monocromático (blanco y negro), excepto que, en lugar de presentar la imagen mediante un solo haz en movimiento, se usan tres haces que se mueven al unísono. Se usa un haz para cada uno de los colores primarios aditivos: rojo, verde y azul (RGB). Esta técnica funciona porque puede construirse cualquier color a partir de la superposición lineal de rojo, verde y azul con las intensidades apropiadas.

En el ambiente de la computadora, un número de bits es asignado por cada píxel para llevar información del color. Para reproducir todos los colores que un ser humano puede ver en el mundo real, se encontró que cada componente de RGB debe ser descrito por 8 bits. Esto da como resultado 2^{24} (16,777,216) diferentes colores que pueden ser representados.

Aunque en el momento en que se inventó la televisión a color, eran técnicamente posibles varios métodos de presentación de los colores, el primer sistema de color fue estandarizado en Estados Unidos por el Comité Nacional de Estándares de Televisión, que prestó sus siglas al estándar: *NTSC*. La televisión a color se introdujo en Europa varios años después, y para entonces la tecnología había mejorado significativamente, conduciendo a sistemas con mejor inmunidad contra el ruido y mejores colores. Éstos se llaman *SECAM* (Sequentiel Couleur Avec Memoire, Color Secuencial con Memoria), que se usa en Francia

y Europa Oriental, y *PAL* (Phase Alternating Line, Línea de Fases Alternas), usado en el resto de Europa.

Para que las transmisiones puedan verse en receptores de blanco y negro, los tres sistemas combinan linealmente las señales RGB en una señal de *Luminancia* (brillo) y dos de *Crominancia* (color), aunque usan diferentes coeficientes para construir estas señales a partir de las señales RGB. Hablaremos un poco más de esto en capítulos posteriores.

En los últimos años ha habido un interés considerable en la HDTV (High Definition Television, Televisión de Alta Definición), que produce imágenes más nítidas al duplicar (aproximadamente) la cantidad de líneas de barrido. Estados Unidos, Europa y Japón han desarrollado sistemas HDTV, todos diferentes y mutuamente incompatibles. Los principios básicos de la HDTV en términos de barrido, luminancia, crominancia, etc., son semejantes a los sistemas actuales. Sin embargo, los tres formatos tienen una tasa dimensional común de 16:9 en lugar de 4:3 para lograr una correspondencia mejor con el formato usado para el cine (que se graba en película de 35 mm).

Por lo tanto, la representación más sencilla del vídeo digital es una secuencia de frames, considerando cada uno en una malla rectangular de elementos de imagen, o píxeles. El siguiente paso es usar 8 bits por píxel para representar 256 niveles de gris. Este esquema da vídeo en blanco y negro de alta calidad. Para el vídeo a color, los sistemas usan 8 bits por cada uno de los colores RGB, aunque casi todos los sistemas los mezclan en vídeo compuesto para su transmisión. Aunque el uso de 24 bits por píxel limita la cantidad de colores a unos 16 millones, el ojo humano no puede diferenciar tantos colores. Las imágenes digitales de color se producen usando tres haces de barrido, uno por color. La geometría es la misma que en el sistema analógico de la Figura 31, excepto que las líneas continuas de barrido ahora se reemplazan por elegantes filas de píxeles discretos.

Para producir una imagen uniforme, el vídeo digital, al igual que el vídeo analógico, debe presentar cuando menos 25 frames/seg. Sin embargo, dado que los monitores de computadora de alta calidad, con frecuencia barren la pantalla a partir de las imágenes almacenadas en memoria a razón de 75 veces por segundo o más. Basta con repintar (es decir, redibujar) el mismo frame tres veces consecutivas para eliminar el parpadeo.

En otras palabras, la uniformidad de movimiento la determina la cantidad de imágenes *diferentes* por segundo, mientras que el parpadeo lo determina la cantidad de veces por segundo que se pinta el frame. Estos dos parámetros son diferentes. Esto se aclara cuando consideramos el ancho de banda necesario para transmitir vídeo digital a través de una red. Todos los monitores de computadora usan la relación de aspecto 4:3 para poder usar tubos de rayos catódicos (CRT) económicos de producción en masa diseñados para el mercado de televisión de consumidor. Las configuraciones comunes son 640 x 480 (VGA), 800 x 600 (SVGA) y 1024 x 768 (XGA), una pantalla XGA con 24 bits por píxel y 25 frames/seg requiere una alimentación a 472 Mbps. Ni siquiera el OC-9 es lo bastante bueno para esto, y la conexión de una portadora SONET OC-9 a la casa de todos no es precisamente algo muy lógica y factible. La mejor solución es transmitir 25 frames/seg, y hacer que la computadora almacene cada uno y lo pinte dos veces.

Sin embargo, los espacios de color RGB tienen algunas desventajas. Un problema es el hecho de que las mismas cantidades de bits son necesarios para cada uno de sus componentes y poder crear todos los colores posibles. También, el RGB no es apto para aplicaciones de televisión. En el mundo de la televisión, se hace uso de otro espacio de color, el cual es el *YUV* y el relacionado *YCrCb*.

YUV separa la información del color de forma diferente que RGB. En lugar de poner los colores bajo los componentes de rojo, verde y azul, se divide en intensidad (*Y*) y dos componentes de color (*U* y *V*). El componente *Y*, el cual es básicamente información en blanco y negro, es también llamada *Luminancia*. Los componentes *U* y *V* son llamados *Crominancia*.

Para las aplicaciones de TV, este espacio de color tiene algunas ventajas importantes. Primero, es fácil el soporte para el despliegue de blanco y negro, así como el despliegue a color con este espacio de color. Un despliegue basado en blanco y negro solamente usa el componente de luminancia de la señal, el despliegue a color usará ambos, la información de luminancia y la de crominancia. *YUV* también es capaz de mejorar nuestra percepción, lo cual tiene que ver con el brillo y el color. Finalmente, el espacio de color *YUV* actualmente permite la estructura del procesamiento del ojo humano por la diferenciación de la información visual en dos partes. La técnica de compresión del vídeo, usado en el trabajo de MPEG-1 y MPEG-2 con el espacio de color *YUV*. Relacionado a *YUV*, hay *YCrCb*, la cual es definida por la recomendación ITU-R 601. De nuevo, los valores *Y*, *Cr* y *Cb* pueden generarse fuera de RGB aplicando algunas adiciones y multiplicaciones sencillas.

3.1.3 Muestreo de los valores de Luminancia y Crominancia

En el vídeo digital, por cada píxel hay una información del color en la forma de los valores del componente del color (por ejemplo, *Y*, *Cr*, *Cb*), los cuales están definidos. Sin embargo, para algunas aplicaciones, como la difusión de TV, la información del color puede ser menos precisa que la información de luminancia. Esto, debido a que el ojo es mucho más sensible a la señal de luminancia que a las señales de crominancia, por lo que estas últimas no necesitan transmitirse con tanta precisión. En este caso, es posible asignar la información del color, por ejemplo, sólo a cada segundo píxel. Este método es descrito por la "notación de los dos puntos" ("colon notation"), como por ejemplo, 4:2:2. Esta notación, básicamente describe la relación entre el número de muestras de luminancia y crominancia tomadas cuando se digitalizan las imágenes de vídeo:

- **Tasa de muestreo 4:4:4**

En este caso, la información de luminancia (intensidad) y crominancia (color) están presentes para cada píxel. La Figura 32 muestra las filas de píxeles con la información *Y*, *Cr* y *Cb*, asignada para cada píxel.

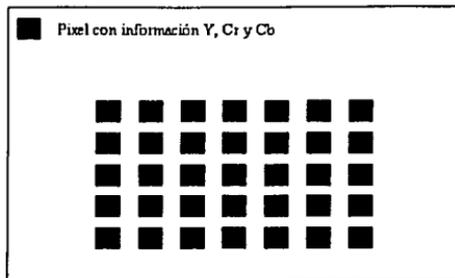


Figura 32. Distribución Y, Cr y Cb para 4:4:4.

- *Tasa de muestreo 4:2:2*

En este caso, la luminancia (intensidad) está presente para cada píxel y la información de crominancia (color) está presente por cada segundo píxel, en dirección horizontal. Este ejemplo se puede observar en la Figura 33.

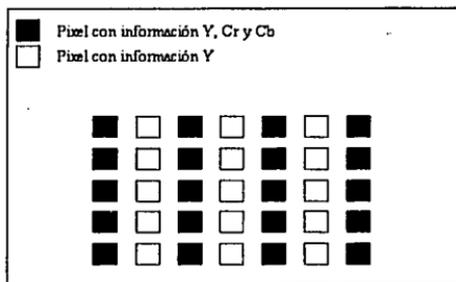


Figura 33. Distribución Y, Cr y Cb para 4:2:2.

- *Tasa de muestreo 4:2:0 y 4:1:1*

El 4:2:0 y el 4:1:1, formatos que reducen también el número de muestras de crominancia. Para la información de crominancia en 4:2:0 y 4:1:1 es sólo disponible para cada cuarto píxel. El formato 4:2:0 es un caso especial de 4:1:1, donde los valores de

rominancia son calculados, y por lo tanto representan un valor que se compensa de las muestras de luminancia. Observe la Figura 34.

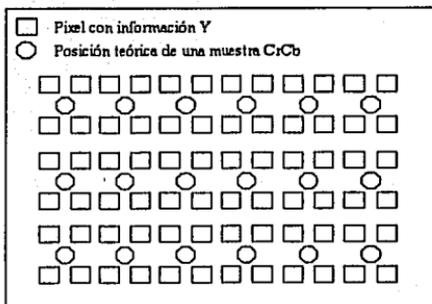


Figura 34. Distribución Y,Cr y Cb para 4:2:0.

En consecuencia, la señal de luminancia puede difundirse a la misma frecuencia que la vieja señal de blanco y negro, y puede recibirse en los televisores de blanco y negro. Las dos señales de crominancia se difunden en bandas angostas a frecuencias mayores. Los aparatos de televisión actuales, por ejemplo, tienen la funcionalidad de controlar éstos parámetros, algunas veces etiquetados como brillo, matiz y saturación (o brillo, tinte y color), con el fin de poder modificar estas tres señales por separado.

3.1.4 Entrelazado

Aunque 25 frames/seg es suficiente para capturar una imagen continua, con esa tasa de frames mucha gente, especialmente las personas mayores, percibe un parpadeo de la imagen (porque las imágenes viejas se desvanecen de la retina antes de la aparición de la nueva). En lugar de aumentar la tasa de frames, lo que requeriría usar más del escaso ancho de banda, se emplea un enfoque diferente. En lugar de presentar las líneas de barrido en orden, primero se presentan las líneas de barrido nones, y luego las líneas de barrido pares. Cada uno de estos medios frames se llama campo. Hay experimentos que muestran que, aunque la gente nota el parpadeo a 25 frames/seg, no lo nota a 50 campos/seg. Esta técnica se llama *entrelazado*.

Por lo tanto el entrelazado es otro término esencial que existe en el contexto del video digital. El entrelazado es una técnica que se utiliza en la TV y en aplicaciones de despliegue en una computadora. Las visualizaciones de la computadora y aparatos de TV, se basan en

la tecnología del Tubo de Rayos Catódicos (CRT), dónde un haz de electrones se usa para crear una imagen. El haz es proyectado en contra de la pantalla de TV, la cual por dentro está cubierta de partículas de fósforo. Donde el haz que golpea las partículas de fósforo, iluminará un punto por un corto período de tiempo.

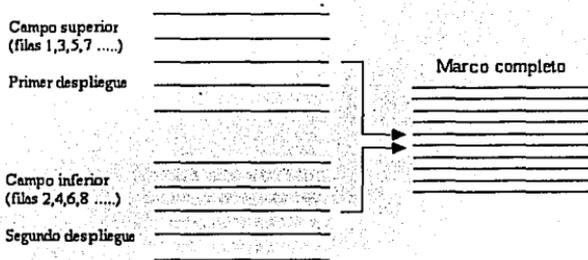


Figura 35. Dos campos formando un frame.

Pero aún aunque el haz de electrones sea movido muy rápidamente a través de la pantalla, las líneas superiores ya se están desvaneciendo en el punto donde el haz alcanza las líneas inferiores. Este desvanecimiento de la imagen sería reconocido por el ojo como parpadeos de la imagen. Para evitar este efecto, se usa el entrelazado. Básicamente, el entrelazado divide una imagen (frame), la cual debe desplegarse, en dos imágenes (los campos), la cual contiene la mitad de la información de la imagen original. La Figura 35 muestra este concepto. El primer campo consta solamente de líneas horizontales impares del frame, las líneas horizontales pares pertenecen al segundo campo. Ambos campos son proyectados dentro del CRT, una después de otra. Sin embargo, cuando el primer campo comienza a desvanecerse, el segundo campo ya ha sido proyectado por el haz, mostrando casi la misma información. Como resultado, el ojo no obtendrá la impresión de un parpadeo. También, el haz solamente necesita la mitad del tiempo para proyectar un campo, y poder luego regresar al tope para proyectar el próximo campo.

3.1.5 Formatos del Vídeo Digital

Si el vídeo es representado digitalmente, existen demasiadas opciones en cuanto a la resolución horizontal y vertical de la imagen, el número de imágenes por segundo, y el número de bits usados para almacenar la información del color. Si diferentes aplicaciones deben manipular el material de vídeo, es necesario que todas estas aplicaciones tengan un entendimiento en común acerca de esos parámetros. Los formatos para vídeo digital más importantes son:

3.1.5.1 Recomendación 601 de ITU-R

La recomendación 601 de la ITU-R (también conocida comúnmente por su antiguo nombre CCIR-601) define los parámetros básicos para la digitalización del video analógico. Esto, por lo tanto cubre ambos estándares de TV, el PAL con 625 líneas por frame y 25 frames por segundo, así como también el NTSC con 525 líneas por frame y 30 frames por segundo. Por lo descrito en la tasa de muestreo 4:2:2 (Tema 3.1.3), una imagen codificada, de acuerdo a la ITU-R 601, tiene 858 (NTSC) u 864 (PAL) muestras por línea, para el componente de la luminancia (Y) y 429 (NTSC) o 432 (PAL) muestras por línea, para ambos componentes de crominancia (Cr y Cb).

Una imagen codificada con la tasa 4:4:4 proporciona 858 (NTSC) u 864 (PAL) muestras para todos los componentes (Y, Cr y Cb). Sin embargo, algunas de las muestras son tomadas durante el periodo en blanco, donde el haz de electrones no está proyectando una imagen. Por lo tanto, el número de líneas y de muestras activas digitales es menor. La Tabla 12 resume las muestras y líneas activas digitales, como está definido en la ITU-R 601.

Tasa de muestreo	Muestras por líneas activas digitales para el componente Y	Muestras por líneas activas digitales para el componente Cr	Muestras por líneas activas digitales para el componente Cb	Bits necesarios por segundo (8 bits por componente, 25 frames/seg y 625 líneas)
4:4:4	720	720	720	270 Mbit
4:2:2	720	360	360	180 Mbit

Tabla 12. Parámetros de la ITU-R 601.

Así mismo, la tasa de muestreo ITU-R 601, también define el espacio de color (spacecolor) que describe las diferentes fórmulas para derivar los valores YCrCb desde los valores de RGB.

3.1.5.2 Formato de la Fuente de Entrada y del Intercambio Común (SIF y CIF)

El Formato de la Fuente de Entrada (SIF) y el Formato de Intercambio Común (CIF) son formatos de vídeo digital, que están definidos por el MPEG-1 y por la Recomendación para vídeo conferencia H.261 de la ITU-T. El Formato SIF especifica la resolución de la luminancia de un frame para un sistema de 360 x 242 pixeles para 30 frames/seg. Para los sistemas de 25 frames/seg, SIF define una resolución de luminancia de 360 x 288 pixeles. El Formato de muestreo para SIF es 4:2:0.

El Formato CIF fue diseñado en el contexto de la Recomendación H.261 de la ITU-T, para tener un formato común, en el cual, serían convertidos los frames basados en PAL y

NTSC. CIF utiliza una tasa de 30 frames por segundo y una resolución de 352 x 288 pixeles para el componente de luminancia. El formato de muestreo en CIF es 4:2:0 también. La Tabla 13 sintetiza los parámetros para SIF y CIF.

Resoluciones Horizontal/Vertical	SIF (30 frames por segundo)	SIF (25 frames por segundo)	CIF (30 frames por segundo)
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

Tabla 13. Parámetros SIF y CIF.

3.2 Fundamentos de Audio

3.2.1 Aspectos del Sentido del Oído de una Persona

El oído humano es verdaderamente un mecanismo complejo, por así decirlo. Cada persona puede oír por medio de las orejas, las cuales obviamente sólo son el punto de inicio. Nuestras orejas cambian el sonido <alterando la presión del aire> en señales que serán "procesadas" e interpretadas por nuestro cerebro. Nuestro sistema auditivo se compone de muchos subsistemas, de los cuales sólo trataremos un poco de lo más relevante, aunque en sí, cada parte de este sistema es importante.

Se dice que el oído es el órgano de la audición y del equilibrio. Cada oído se divide en tres partes: oído externo, oído medio y oído interno. Donde el oído externo está formado por la oreja, el conducto auditivo y el tímpano, las ondas sonoras transcurren por el oído externo hasta llegar a los delicados mecanismos que se hayan en los huesos del cráneo. El oído medio es una cavidad aérea ocupada parcialmente por los pequeños huesos del oído Martillo, Yunque y Estribo, el oído medio está separado del oído interno por una membrana que cierra un orificio, la ventana oval. El oído interno es una cavidad que contiene un líquido conocido como endolinfa y está localizada en el esqueleto del cráneo, incluye los Canales Semicirculares que controlan el equilibrio y el caracol (también llamado cóclea) que controla la audición. De hecho, el líquido que contiene la cóclea, transmite las vibraciones sonoras del mundo exterior al cerebro por medio de impulsos, esto con la colaboración del nervio auditivo. Por otra parte, la función de los Canales Semicirculares es de informar al cerebro de los movimientos realizados por el cuerpo.

Un fenómeno interesante del sentido del oído, es el enmascaramiento: Cuando un tono muy fuerte, en una frecuencia específica, estimula al caracol; las frecuencias cercanas al primer tono elevado no son escuchadas si son menos elevadas. Esto es llamado también

como el "efecto de enmascaramiento". Se puede apreciar en la Figura 36. Se dice que existe una frecuencia elevada en 1.2 KHz. Incluso, aunque hay muchas otras frecuencias presentes y cercanas a este tono dominante, se enmascaran, y nuestro oído no las percibe, debido al tono 1.1 KHz, el cual es 18 dB más débil. El elevado tono de 1.2 KHz no puede, sin embargo, enmascarar el tono a 2 KHz, lo cual es también 18 dB más bajo, como está relativamente lejos del tono de 1.2 KHz, el tono de 2 KHz también tiene un efecto de enmascaramiento en frecuencias cercanas. Se añade el enmascaramiento de los tonos de 1.2 y 2 KHz, así que una curva estrecha razonable entre las frecuencias, enmascararían todas las falsas debajo de ella (no oíríamos nada).

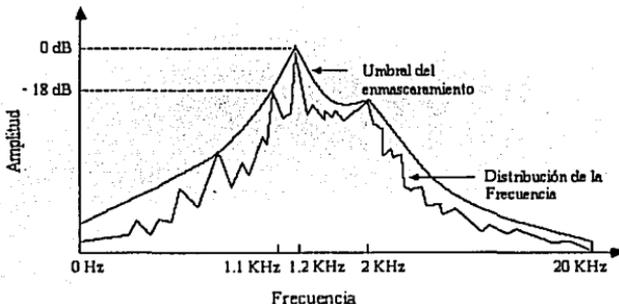


Figura 36. Efecto de enmascaramiento con la frecuencia dominante de 1.2 KHz.

3.2.2 Términos y Conceptos Básicos

- **Sensibilidad de Frecuencia:** Nuestro oído no es igualmente sensible a altas frecuencias, somos más sensibles a frecuencias en el rango de 1 a 3 KHz. Esto no es una sorpresa, ya que en este rango de frecuencias se encuentran la mayoría de los sonidos de "interés" para nosotros, como por ejemplo, la voz.
- **Direccionalidad:** Así mismo, tendemos a ser muy sensibles a la direccionalidad de los sonidos, en el rango de frecuencias de 0.2 - 3KHz. Esto significa que es virtualmente imposible para nosotros decir de donde viene una frecuencia de, por ejemplo, 100 Hz. Puede ser de la izquierda, o puede ser de la derecha, simplemente no podemos decirlo. Este efecto es para algún alcance experto en tonos a altas frecuencias también. Por lo tanto, puede ser, por ejemplo, muy difícil localizar un tono a 10 KHz.
- **Enmascaramiento temporal:** Nuestro oído no sólo enmascara frecuencias que son altas, como ya se explicó. También existe un efecto de enmascaramiento sobre el tiempo en transiciones altas (un cambio 30-40 dB). Si uno oye el disparo de un arma

por ejemplo, no es posible escuchar algo después del disparo. Lo interesante, es que también no es posible escuchar algo antes, esto es llamado pre y post-enmascaramiento. El pre-enmascaramiento es de una corta duración, 2-5 ms; el post-enmascaramiento puede durar hasta 100 ms.

Estas propiedades psicoacústicas de nuestro sistema auditivo son actualmente el punto de inicio donde se llevan a cabo eficientes algoritmos de compresión. Existen, como se ha visto, mucha información auditiva que alcanza nuestro oído, pero la mayoría de nosotros nunca percibirá algo, debido a, entre otras cosas, el efecto de enmascaramiento. Por lo tanto, los métodos de compresión usados en MPEG-1 y MPEG-2 remueve demasiada información redundante para alcanzar sus tasas de compresión.

Por lo anterior, podemos decir entonces, que el sonido es simplemente una propagación de presiones de aire alternas, el cuál en espacio libre se extiende como haz en 3 dimensiones. Es un cambio de velocidad de una molécula de aire a la próxima.

Cuando el sonido viaja a través del aire, lo hace a una velocidad de aproximadamente 342 m/s (a 20° C). Cuando alguien, por ejemplo, realiza un chiflido, esa persona forma ondas de aire que son más altas, con respecto a las presiones de aire que son más bajas, las cuales emanan del chiflido con una cierta frecuencia. Los rangos de frecuencia que un humano puede escuchar, esta normalmente considerado para estar en el rango de 16-20,000 Hz, si es lo suficientemente fuerte. Las frecuencias por encima de los 20,000 Hz, no pueden ser registradas por cualquiera de los sentidos humanos.

Cuando se desea representar el sonido, existen dos maneras en que puede hacerse. Una es representar las amplitudes de la señal como cambios basándose en el tiempo. Esto es conocido como en el "dominio del tiempo" (amplitud contra el tiempo). El segundo método, es representar la amplitud de las diferentes frecuencias en un momento dado. Esto es conocido como en el "dominio de la frecuencia" (amplitud contra frecuencia). Ver Figura 37.

El dominio que uno elija como el apropiado, depende de cuales aspectos de la señal uno desea observar. Si es de nuestro interés el valor exacto de diferentes frecuencias específicas, o si deseamos sólo obtener una vista general de la distribución de frecuencias de una señal dada, el dominio de la frecuencia es elegida. La desventaja, es que uno no puede obtener cualquier información detallada de la forma de onda u otra información relacionada en el dominio del tiempo, fuera de la representación en el dominio de la frecuencia. La representación en el dominio del tiempo, es elegida si uno tiene un interés específico en la forma de onda. Esto, podría incluir interés en diversas indicaciones de distorsión, así como de algunos parámetros (simetría de la señal, picos, tiempos de subida y caída de la señal, promedios o amplitud RMS de la señal, etc.).

Existen varias formas de medir el nivel del sonido (amplitud). Una de las más comunes es medir en decibeles el nivel de la presión del sonido, o dB SPL (decibel Sound Pressure Level). El decibel, es una expresión logarítmica de un nivel dado, comparado con un determinado nivel de referencia. Cuando un nivel de sonido es representado en dB SPL, esto simplemente significa que la presión del sonido (o mejor dicho, un valor promedio

sobre el tiempo) es representada en decibeles, refiriéndose a una presión de referencia de 20 micro Pascal. La razón por la que la amplitud del sonido es normalmente representada en decibeles, es porque este tipo de escala nos permite representar un rango muy amplio en un espacio manejable. Si uno desea representar amplitudes de 0 a 120 dB, esto sería equivalente a un factor de 1,000,000 en una escala lineal. Esto sería totalmente impráctico, ya que los detalles de la señal podrían desaparecer completamente. Como los sonidos de las magnitudes de los 120 dB no son raros (en conciertos por ejemplo), esto también indica que nuestro sentido auditivo cubre un gran rango de amplitudes. En otras palabras, somos capaces de escuchar sonidos con una inmensa diferencia en magnitudes.

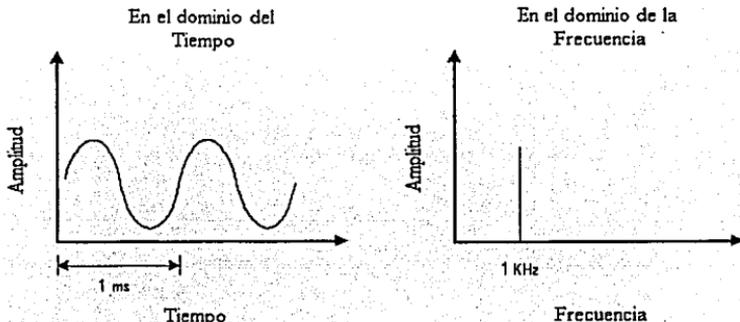


Figura 37. Representación en el dominio del Tiempo y la Frecuencia de la misma señal.

En relación con la reproducción del sonido, con frecuencia conocemos la proporción Señal a Ruido, o SNR (Signal to Noise Ratio). En prácticamente todos los sistemas reproductores de sonido (micrófonos, amplificadores, digitalizadores, etc.), el ruido es introducido a la señal original.

H. Nyquist fue el primero en realizar trabajos acerca de esta proporción (S/N), y dedujo una ecuación que expresa la tasa de datos máxima para un canal sin ruido de ancho de banda finito. Pero en 1948, Claude Shannon llevó más allá el trabajo de Nyquist y lo extendió al caso de un canal sujeto a ruido aleatorio (esto es, termodinámico).

Nyquist demostró que si se pasa una señal arbitraria a través de un filtro pasa-bajas (low-pass) de ancho de banda B , la señal filtrada se puede reconstruir por completo tomando sólo $2B$ muestras (exactas) por segundo. Es inútil muestrear la línea de velocidad mayor que $2B$ veces por segundo porque los componentes de frecuencia más alta que tal

muestreo podría recuperar ya se han filtrado. Si la señal consiste en V niveles discretos, el teorema de Nyquist establece:

$$\text{tasa de datos máxima} = 2H \log_2 V \text{ bits/seg}$$

Por ejemplo, un canal sin ruido de 3 KHz no puede transmitir señales binarias (esto es, de dos niveles) a una velocidad mayor de 6000 bps.

Ahora, si se considera la presencia de ruido aleatorio, la situación se deteriora rápidamente. La cantidad de ruido térmico presente se mide por la *relación señal a ruido*. Si denotamos la potencia de la señal por S y la potencia del ruido por N , la señal a ruido es S/N . Generalmente, la relación misma no se cita; en cambio, se usa la cantidad $10 \log_{10} S/N$. A estas unidades se les llaman decibeles (dB). Una relación S/N de 10 es igual a 10 dB, una relación de 100 es 20 dB, una relación de 1000 es 30 dB y así sucesivamente.

El principal resultado de Shannon es que la tasa de datos máxima de un canal ruidoso cuyo ancho de banda es H Hz y cuya relación señal a ruido es S/N está dada por:

$$\text{número máximo de bits/seg} = H \log_2 (1 + S/N)$$

Por ejemplo, un canal con ancho de banda de 3000 Hz y una relación de señal a ruido térmico de 30 dB (parámetros típicos de la parte analógica de un sistema telefónico) nunca puede transmitir a mucho más que 30,000 bps, no importa cuántos niveles de señal se usen ni qué tan frecuente o infrecuente sea el muestreo. Entonces, podemos decir que el ruido a diferentes frecuencias, se representa de diferente forma. Nótese que con S/N pequeño, el intercambio potencial es aproximadamente lineal, pero para S/N grande es exponencial. El resultado de Shannon se dedujo aplicando argumentos de la teoría de la información y es válido para cualquier canal sujeto a ruido gaussiano (térmico).

Por lo tanto, la amplitud del ruido puede variar entre los diferentes tipos de sistemas. Un clásico ejemplo, es que el ruido en un CD es más bajo en comparación con un disco de vinyl tradicional. La proporción Señal a Ruido, es simplemente la diferencia en magnitud (amplitud) entre la señal actual (música, un discurso, etc.) y el ruido introducido por el sistema. Ver Figura 38. Para los CD's, esta diferencia está normalmente alrededor de los 90 dB. (Así que el "ruido de pista" es 90 dB más débil que la señal). El ruido de pista es comúnmente sólo escuchado en pasajes silenciosos, donde la señal real es demasiado débil para "cubrir el ruido".

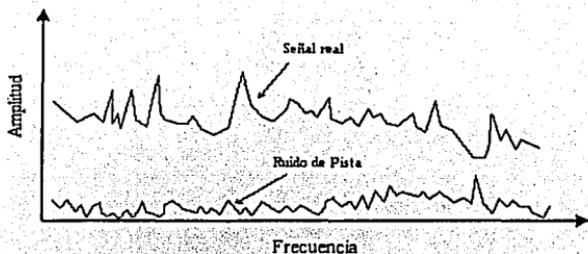


Figura 38. Proporción Señal a Ruido – Señal real y ruido de pista.

3.2.3 Representación Digital del Sonido

En primer lugar, definiremos a una señal como una función univaluada del tiempo; es decir, a cada instante de tiempo (la variable independiente), le corresponde un valor único de la función (la variable dependiente). Este valor puede ser un número real, en cuyo caso se tiene una señal con valor real, o puede ser complejo, para lo que se tendría una señal con un valor complejo. En cualquier caso, la variable independiente (el tiempo) tiene un valor real.

En consecuencia, una señal es simplemente una función univaluada del tiempo, que puede emplearse para representar un voltaje o una corriente, en una situación específica. Sin embargo, pueden haber excepciones, particularmente en análisis que impliquen energía y potencia. De hecho, a una señal la constituyen por ejemplo, el *periodo* (define la duración de un ciclo completo de la señal), la *amplitud* (el valor en términos de voltaje o corriente de una señal), la *frecuencia* (el término que define la repetibilidad de la señal), vea la Figura 39.

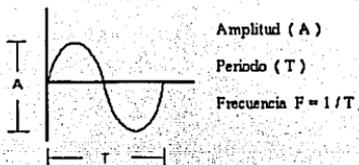


Figura 39. Partes de una señal.

Por lo tanto, una onda de audio (sonido) es una onda acústica (de presión) de una dimensión. Al entrar una onda acústica en el oído, el tímpano vibra, causando que los pequeños huesos del oído interno vibren con él, enviando pulsos nerviosos al cerebro. Estos pulsos los percibe el escucha como sonido. De manera parecida, cuando una onda acústica incide en un micrófono, el micrófono genera una señal eléctrica, que representa la amplitud del sonido como una función del tiempo. La representación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de tales señales de audio es una parte principal del estudio de los sistemas multimedia.

La gama de frecuencias perceptibles por el oído humano va de 20 Hz a 20,000 Hz, aunque algunos animales pueden escuchar frecuencias más altas. El oído escucha de manera logarítmica, por lo que la relación entre dos sonidos de amplitudes A y B se expresa convencionalmente en dB (decibeles) de acuerdo a la relación:

$$\text{dB} = 20 \log_{10}(A/B)$$

Si definimos como 0 dB el límite inferior de la audibilidad (una presión de unas 0.0003 dinas/cm²) para una onda senoidal de 1 KHz, una conversión ordinaria es de unos 50 dB y el umbral del dolor es de 120 dB, lo que representa una gama dinámica de un factor de un millón. Para evitar cualquier confusión, los A y B indicados antes son *amplitudes*.

El oído es sorprendentemente sensible a variaciones de sonido que duran apenas unos milisegundos. El ojo, en cambio, no nota cambios en el nivel de la luz que dura unos cuantos milisegundos. El resultado de esta observación, es que fluctuaciones de apenas unos cuantos milisegundos durante una transición multimedia, afectan la calidad del sonido percibido más de lo que afectan la calidad percibida de la imagen.

Las ondas de audio pueden convertirse a una forma digital mediante un ADC (Analog Digital Converter, Convertidor Analógico a Digital), o por medio de un proceso conocido como PCM (Pulse Code Modulation, Modulación de Código de Pulsos), donde ambos llevan a cabo un proceso similar para obtener la digitalización de una señal, su uso depende de la aplicación. El ADC toma un voltaje eléctrico como entrada y genera un número binario de salida. Es decir, que para poder representar una señal de manera digital, simplemente se muestrea cada ΔT segundos. Pero, si una onda de sonido no es una onda senoidal pura, sino una superposición de ondas senoidales en las que la componente de más alta frecuencia es f , entonces el Teorema de Nyquist se aplica, el cual establece que es suficiente tomar muestras a una frecuencia $2f$. Una frecuencia de muestreo mayor no tiene ningún valor, porque no están presentes las frecuencias mayores que detectaría este muestreo más frecuente.

Las muestras digitales nunca son exactas. Por ejemplo, las muestras de 3 bits permiten sólo ocho valores, de -1.00 a $+1.00$ en incrementos de 0.25. Una muestra de 8 bits permitirá 256 valores diferentes. Una muestra de 16 bits permitirá 65,536 valores diferentes. El error introducido por la cantidad finita de bits por muestra, se llama *ruido de cuantización*. Si éste es demasiado grande, el oído lo detecta.

Dos ejemplos bien conocidos de sonido muestreado, son el teléfono y los discos compactos de audio. La Modulación de Código de Pulsos, como la usada en el sistema telefónico, emplea muestras de 7 bits (Norteamérica y Japón) y 8 bits (Europa), 8,000 veces por segundo. Este sistema da una tasa de datos de 56,000 bps o 64,000 bps. Con sólo 8,000 muestras/seg, las frecuencias por arriba de 4 KHz se pierden.

Los CD de audio son digitales, con una tasa de muestreo de 44,100 muestras/seg, suficientes para capturar frecuencias de hasta 22,050 Hz, lo que es suficiente para la gente. Las muestras tienen 16 bits cada una, y son lineales dentro de la gama de amplitudes. Nótese que las muestras de 16 bits permiten sólo 65,536 valores diferentes, aunque la gama dinámica del oído es de aproximadamente 1 millón si se mide en pasos del tamaño del sonido audible más pequeño. Por tanto, el uso de sólo 16 bits por muestra genera algún ruido de cuantización (aunque no se cubre la gama dinámica completa; no se supone que los CD deban lastimar). Con 44,100 muestras/seg de 16 bits cada una, un CD de audio necesita un ancho de banda de 705.6 kbps para monofónico y 1.411 Mbps para estéreo. Si bien esto es menos de lo que necesita el vídeo, aún así se requiere un canal T1 completo para transmitir sonido estéreo de calidad CD.

De esta forma, resumiendo, podemos decir entonces que el sonido puede ser almacenado y manipulado digitalmente, tal como se vio con los CD's en el capítulo anterior. Por lo tanto, el proceso para almacenar el sonido digitalmente, por lo regular implica tres pasos:

1. Las diferencias de la presión en el aire, es convertido por el micrófono en una serie de niveles alternos de voltaje.
2. El nivel del voltaje es amplificado a un nivel adecuado, y mediante filtros corta las frecuencias que se encuentran fuera del rango, para que puedan ser manipuladas por el convertidor A/D.
3. El convertidor A/D muestrea los niveles de voltaje alternos a un número específico de veces por segundo (frecuencia de muestreo, o f_s) y lo convierte a un código binario con un cierto número de bits (resolución). En otras palabras, la señal es "cuantizada". Ver figura 40.

El tercer paso, podría catalogarse como relevante. En la calidad de audio de un CD, los diferentes niveles de voltaje de entrada, son muestreados por el convertidor A/D 44.100 veces por segundo. Cada muestra es convertida a un valor de 16 bits. El resultado práctico de un CD de audio, es la habilidad para representar de 0-20,000 Hz, con un rango dinámico teórico máximo de aproximadamente 96 dB, debido a la resolución de 16 bits.¹

Se pueden utilizar muchas otras combinaciones de tasa de muestreo y resolución:

¹ Lo siguiente describe la relación entre la resolución en bits y el rango dinámico teórico correspondiente. ("N" es el número de bits):

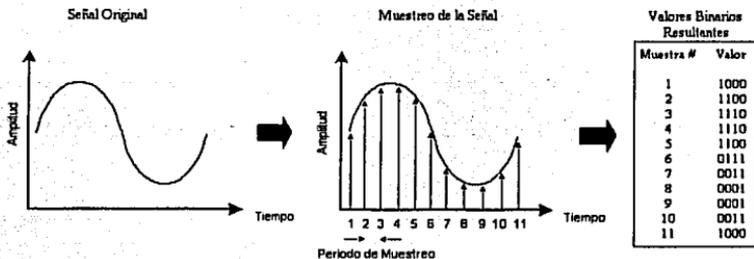
$$\text{Rango Dinámico} = 20 \text{ Log } (2^N)$$

Ejemplo: 16 bits de resolución $\Rightarrow 20 \text{ Log } 2^{16} = 96.33 \text{ dB}$

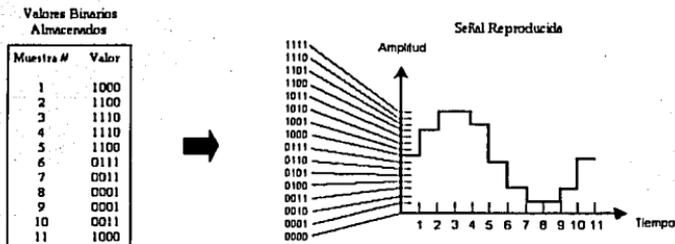
- El factor para elegir la tasa de muestreo, queda en que tan altas son las frecuencias que uno desea representar. Es necesario tener un número mínimo de muestras de una cierta forma de onda, para poder ser recreada. Para ser específicos, en la teoría, el mínimo es de dos muestras por periodo. Esto fue definido por el año de 1924 por el famoso Teorema de Nyquist. Con menos de dos muestras, no es posible reconstruir la forma de onda; esto es válido, no importa cuál es la frecuencia. En realidad, poco más de dos muestras por periodo son usadas como mínimo.

La característica de la resolución estriba en dos factores, en la precisión y el ruido. Entre más alta sea la resolución (mayor número de bits que uno usa para describir el valor de cada muestra), uno puede describir con mayor precisión una amplitud dada y será mas bajo el ruido introducido del proceso A/D - D/A. (La pequeña gran diferencia puede estar entre la amplitud de la señal actual y el valor cuantizado, lo cual es también considerado como ruido. En un proceso A/D ideal, este error estará entre 0 y $\frac{1}{2}$ LSB - en la vida real, esto es normalmente mayor).

Muestreo y Conversión A/D de la Señal Original



Reproducción (D/A) de la Señal Representada en Código Binario



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

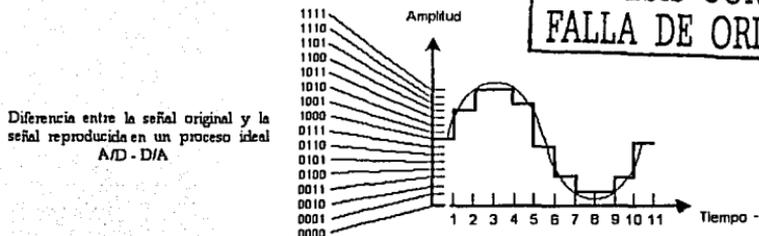


Figura 40. Conversión A/D y D/A (4 bits de resolución) con el resultado del error de cuantización.

3.3 Estándar JPEG

El estándar JPEG (*Joint Photographic Experts Group*, Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía) para la compresión de imágenes fijas de tono continuo (por ejemplo, fotografías), fue desarrollado por expertos en fotografía trabajando con el auspicio conjunto del ITU, la ISO y el IEC, otro grupo de estándares. Es importante para multimedia porque, a primera vista, el estándar multimedia para imágenes en movimiento, MPEG, es simplemente la codificación JPEG de cada marco por separado, más algunas características extra para la compresión intermarcos y la detección de movimiento. El JPEG se define en el Estándar Internacional IS 10918 (ITU-T T.81).

El JPEG tiene cuatro modos y muchas opciones. No obstante, mostraremos sólo el modo secuencial con pérdidas, el cual se puede apreciar en la Figura 41. De igual forma, nos enfocaremos en la manera en que el JPEG se usa normalmente para codificar imágenes de video RGB de 24 bits.

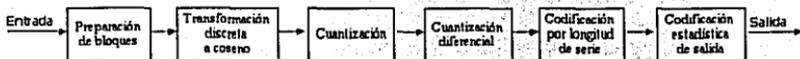


Figura 41. Operación del JPEG en el modo secuencial libre.

El paso 1 de la codificación de una imagen con el JPEG es la preparación del bloque. Para ser específicos, como se muestra en la Figura 42 (a). Puesto que el uso de luminancia y crominancia da una mejor compresión, primero se calculan los parámetros de luminancia Y , y las dos crominancias I y Q (para NTSC), de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$I = 0.60R + 0.28G - 0.32B$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

En PAL, las crominancias se llaman U y V , y los coeficientes son diferentes, pero la idea es la misma. SECAM es diferente tanto de NTSC como de PAL.

Se construyen matrices separadas para Y , I y Q , cada una con elementos en el intervalo de 0 a 255. A continuación se promedian marcos de cuatro píxeles en las matrices I y Q para reducirlos a 320×240 . Esta reducción tiene pérdidas, pero el ojo apenas lo nota, ya que responde a la luminancia más que a la crominancia; no obstante, comprime los datos en un factor de dos. Ahora se resta 128 a cada elemento de las tres matrices para poner el 0 a la mitad de la gama. Por último, cada matriz se divide en bloques de 8×8 . La matriz Y tiene 4800 bloques; las otras dos tienen 1200 bloques cada una, como se muestra en la Figura 42 (b).

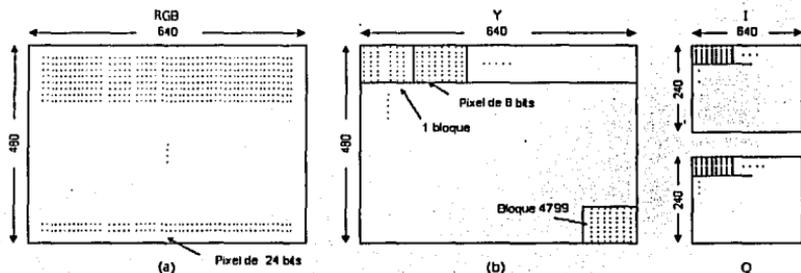


Figura 42. (a) Datos de entrada RGB. (b) Tras la preparación de bloques.

El paso 2 del JPEG es aplicar individualmente una transformación coseno discreta (DCT) a cada uno de los 7200 bloques. La salida de cada DCT es una matriz 8×8 de coeficientes DCT. El elemento DCT (0, 0) es el valor medio del bloque. Los otros elementos indican la cantidad de potencia espectral que hay en cada frecuencia espacial. En teoría, una DCT no tiene pérdidas pero, en la práctica, el uso de números de punto flotante y funciones trascendentales siempre introducen algún error de redondeo que resulta en una pequeña pérdida de información. Estos elementos normalmente decaen rápidamente al alejarse del origen (0, 0).

Una vez completa la DCT, el JPEG sigue con el paso 3, llamado *cuantización*, en el que se eliminan los coeficientes DCT menos importantes. Esta transformación (con pérdidas) se

hace dividiendo cada uno de los coeficientes de la matriz DCT de 8×8 entre un peso tomado de una tabla. Si todos los pesos son 1, la transformación no hace nada. Sin embargo, si los pesos aumentan marcadamente desde el origen, las frecuencias espaciales más altas se descartan rápidamente.

En la Figura 43 se da un ejemplo de este paso. Aquí se aprecia la matriz DCT inicial, la tabla de cuantización y el resultado obtenido al dividir cada elemento DCT entre el elemento correspondiente de la tabla de cuantización. Los valores de la tabla de cuantización no son parte del estándar JPEG. Cada aplicación debe proporcionar sus propios valores, permitiéndole controlar el equilibrio pérdidas-compresión.

El paso cuatro reduce el valor (0, 0) de cada bloque (el de la esquina superior izquierda) reemplazándolo por el valor de su diferencia respecto al elemento correspondiente del bloque previo. Dado que estos elementos son las medias de sus respectivos bloques, deben cambiar lentamente, por lo que al tomarse sus valores diferenciales se debe reducir la mayoría de ellos a valores pequeños. No se calculan diferenciales de los otros valores. Se llama a los valores (0, 0) componentes de cc; los otros son las componentes de ca.

El paso 5, hace lineales los 64 elementos y aplica codificación por longitud de serie a la lista. El barrido del bloque de izquierda a derecha y luego de arriba abajo no concentra los ceros, por lo que se usa un patrón de barrido en zigzag, como se muestra en la Figura 44. En este ejemplo, el patrón de zigzag produce 38 ceros consecutivos al final de la matriz. Esta cadena puede reducirse a una sola cuenta diciendo que hay 38 ceros.

Ahora se tiene una lista de números que representan la imagen (en espacio de transformación). El paso 6 aplica codificación de Huffman a los números para su almacenamiento o transmisión.

Coefficientes DCT

150	80	40	14	4	2	1	0	0
92	75	36	10	6	1	0	0	0
51	38	26	8	7	4	0	0	0
12	8	6	4	2	1	0	0	0
4	3	2	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Coefficientes cuantizados

110	80	30	4	1	0	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla de cuantización

1	1	2	4	8	16	32	64
1	1	2	4	8	16	32	64
2	2	2	4	8	16	32	64
4	4	4	4	8	16	32	64
8	8	8	8	8	16	32	64
16	16	16	16	16	16	32	64
32	32	32	32	32	32	32	64
64	64	64	64	64	64	64	64

Figura 43. Cálculo de los coeficientes DCT cuantizados.

150	80	30	4	1	0	0	0
92	75	13	3	1	0	0	0
23	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 44. Orden en que se transmiten los valores cuantizados.

El JPEG es complicado, aún así, dado que con frecuencia produce una compresión 20:1 o mejor, se usa ampliamente. La decodificación de una imagen JPEG ejecuta hacia atrás el algoritmo. A diferencia de algunos de los algoritmos de compresión, el JPEG es más o menos simétrico; la decodificación tarda tanto como la codificación.

Como detalle interesante, debido a las propiedades matemáticas de la DCT, es posible ejecutar ciertas transformaciones (por ejemplo, rotación de imagen) sobre la matriz transformada sin regenerar la imagen original.

A continuación se puede apreciar la(s) diferencia(s) entre una imagen original con respecto a una imagen comprimida.



Imagen Original
Tamaño del archivo = 176196K



Imagen Comprimida con 70% de calidad
Tamaño del archivo = 34060K

3.4 Estándar MPEG

Llegamos al punto principal: los estándares MPEG (*Motion Picture Experts Group*, Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento). Éstos son los principales algoritmos usados para comprimir archivos de vídeo y han sido estándares internacionales desde 1993. Puesto que las películas contienen tanto imágenes como sonido, el MPEG puede comprimir tanto audio como vídeo.

El primer estándar terminado fue el MPEG-1 (Estándar Internacional 11172); su meta fue producir salida con calidad de videograbadora (352 × 240 para NTSC) usando una tasa de bits de 1.2 Mbps. Puesto que, el vídeo no comprimido por sí solo puede requerir 472 Mbps, reducirlo a 1.2 Mbps no es nada trivial, aún con esta menor definición. El MPEG-1

puede transmitirse por líneas de transmisión de par trenzado a distancias modestas. También se usa para almacenar películas en CD-ROM, en formato CD-I y CD-vídeo.

El siguiente estándar de la familia MPEG fue el MPEG-2, que se diseñó originalmente para comprimir vídeo con calidad de difusión a 4-6 Mbps, de modo que pudiera caber en un canal de difusión NTSC o PAL. Después se expandió el MPEG-2 para manejar definiciones mayores, incluyendo HDTV. El MPEG-4 es para videoconferencia de mediana definición con tasas de marco bajas (10 marcos/seg) y a bajo ancho de banda (64 Kbps). Esto permite sostener videoconferencias por un solo canal N-ISDN B. Dada la numeración, podría pensarse que el siguiente estándar será el MPEG-8. En realidad, la ISO está numerándolos linealmente, no exponencialmente. Originalmente existió el MPEG-3, que estaba dirigido a la HDTV, pero ese proyecto luego se canceló, y la HDTV se agregó al MPEG-2.

Los principios básicos del MPEG-1 y el MPEG-2 son parecidos, pero los detalles son diferentes. A primera vista, el MPEG-2 es un supergrupo del MPEG-1, con características, formatos de marco y opciones de codificación adicionales. Es probable que a la larga el MPEG-1 dominará en las películas en CD-ROM y el MPEG-2 dominará en la transmisión de vídeo a largas distancias.

El MPEG-1 consta de tres partes: audio, vídeo y sistema, que integra los otros dos, como se muestra en la Figura 45. Los codificadores de audio y vídeo funcionan independientemente, lo que hace surgir la cuestión de cómo se sincronizan las dos cadenas en el receptor. Este problema se resuelve teniendo un reloj de sistema de 90 KHz que suministra el valor de tiempo a ambos codificadores. Estos valores son de 33 bits, para permitir que las películas duren 24 horas sin dar la vuelta. Estas marcas de tiempo se incluyen en la salida codificada y se propagan hasta el receptor, que puede usarlas para sincronizar las corrientes de audio y vídeo.

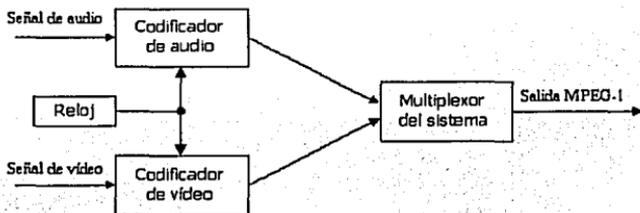


Figura 45. Sincronización de las corrientes de audio y vídeo en el MPEG-1.

El MPEG puede comprimir un CD de rock and roll a 96 Kbps sin pérdidas perceptibles en la calidad del audio, aun para fanáticos del rock que aún no han sufrido pérdidas auditivas. Para un concierto de piano se requieren cuando menos 128 Kbps. Son diferentes porque la relación señal a ruido del rock and roll es mucho mayor que en un concierto de piano.

La compresión de audio, se logra ejecutando una transformación de Fourier rápida con la señal de audio, con la finalidad de transformarla del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. El espectro resultante, se divide entonces en 32 bandas de frecuencia, las cuales se procesan por separado.

Consideremos ahora la compresión de vídeo MPEG-1. Existen dos clases de redundancia en las películas: espacial y temporal. El MPEG-1 aprovecha ambas. La redundancia espacial puede utilizarse simplemente codificando por separado cada marco mediante JPEG. Este enfoque se da ocasionalmente, sobre todo cuando se requiere acceso aleatorio a cada marco, como en la edición de producciones de vídeo. En este modo, se puede lograr un ancho de banda comprimido del orden de 8 a 10 Mbps.

Puede lograrse compresión adicional aprovechando el hecho de que los marcos consecutivos a menudo son casi idénticos. Este efecto es menor que lo que podría pensarse, puesto que muchos cineastas hacen cortes entre escenas cada 3 o 4 segundos (tome el tiempo de una película y cuente las escenas). No obstante, incluso una serie de 75 marcos muy parecidos ofrece el potencial de una reducción importante respecto a la simple codificación de cada marco por separado mediante JPEG.

En las escenas en las que la cámara y el fondo son estacionarios y uno o dos actores se mueven con lentitud, casi todos los píxeles serán idénticos de un marco a otro. Aquí será suficiente la simple resta de cada marco del anterior y la aplicación de JPEG a la diferencia. Sin embargo, en las escenas en las que la cámara hace una panorámica o un acercamiento, esta técnica falla gravemente. Lo que se necesita es una manera de compensar este movimiento. Esto es precisamente lo que hace el MPEG, y es la diferencia principal entre el MPEG y el JPEG.

La salida del MPEG-1 consiste en cuatro tipos de marcos:

1. Marcos I (intracodificados): imágenes fijas autocontenidas codificadas en JPEG.
2. Marcos P (predictivos): diferencia bloque por bloque con el marco anterior.
3. Marcos B (bidireccionales): diferencias con el marco anterior y el siguiente.
4. Marcos D (codificación CD): promedios de bloque usados para avance rápido.

Los marcos I son simplemente imágenes fijas codificadas con JPEG, usando también luminancia de definición completa y crominancia de definición media sobre cada eje. Es necesario hacer que los marcos I aparezcan periódicamente en la corriente de salida por tres razones. Primera, el MPEG-1 puede usarse para multitransmisión, sintonizándose los usuarios a voluntad. Si todos los marcos dependieran de sus antecesores remontándose al primer marco, cualquiera que no recibiera el primer marco no podría decodificar nunca los marcos subsiguientes. Segunda, si un marco se recibiera con error, no sería posible ninguna decodificación posterior. Tercera, sin marcos I, al hacer un avance o retroceso rápido, el decodificador tendría que calcular cada marco por el que pasa para conocer el valor

completo de aquel en el que se detiene. Por estas tres razones, se insertan marcos I en la salida una o dos veces por segundo.

Los marcos P, en contraste, codifican las diferencias entre marcos; se basan en la idea de los *macrobloques*, que cubren 16×16 píxeles de espacio de luminancia y 8×8 píxeles de espacio de crominancia. Un macrobloque se codifica buscando en el marco previo algo igual a o ligeramente diferente de él.

Un ejemplo de caso en el que serían útiles los marcos P se ve en la Figura 46. Aquí vemos tres marcos consecutivos que tienen el mismo fondo, pero en los que cambia la posición de una persona. Los macrobloques que contienen el fondo serán exactamente iguales, pero los macrobloques que contienen la persona estarán desfasados en alguna cantidad desconocida y tendrán que rastrearse.



Figura 46. Tres marcos consecutivos.

El estándar MPEG-1 no especifica la manera de efectuar la búsqueda, ni qué tan profunda o buena debe ser para que sirva. Estas son decisiones de cada implementación. Por ejemplo, una implementación podría buscar un macrobloque en la posición actual, pero del marco anterior, y con todas las demás posiciones desplazadas $\pm \Delta x$ en la dirección x y $\pm \Delta y$ en la dirección y . Para cada posición, podría calcularse la cantidad de equivalencias en la matriz de luminancia. La posición con el puntaje más alto se declararía ganadora, siempre que estuviera por encima de un umbral predefinido. En caso contrario, se diría que falta el macrobloque. Por supuesto, pueden usarse algoritmos mucho más refinados.

Si se encuentra un macrobloque, se codifica tomando la diferencia respecto a su valor en el marco previo (para la luminancia y ambas crominancias). Estas matrices de diferencias son el objeto de la transformación por coseno discreto, cuantización, codificación por longitud de serie y codificación Huffman, al igual que en el JPEG. El valor del macrobloque en la cadena de salida es entonces el vector de movimiento (la distancia que se movió el macrobloque de su posición previa en cada sentido), seguido de la lista de codificación Huffman de los números. Si el macrobloque no se encuentra en el marco previo, se codifica el valor actual con JPEG, igual que en un marco I.

Es claro que este algoritmo es altamente asimétrico. Las implementaciones están en libertad de intentar todas las posiciones del marco previo si lo descan, en un intento desesperado por localizar todos los macrobloques previos. Este enfoque reducirá al mínimo la cadena MPEG-1 codificada al costo de una codificación muy lenta. Este enfoque podría estar bien para codificación de una sola vez de una cineteca, pero sería terrible para la videoconferencia en tiempo real.

De la misma manera, cada implementación está en libertad de decidir lo que constituye un macrobloque "encontrado". Esta libertad, permite a los implementadores competir según la calidad y velocidad de sus algoritmos, pero siempre produce un MPEG-1 confortante. Sea cual sea el algoritmo de búsqueda usado, la salida final es la codificación JPEG del macrobloque actual, o la codificación JPEG de la diferencia entre el macrobloque actual y el del marco previo, con un desplazamiento especificado respecto al marco actual.

Hasta ahora, la decodificación del MPEG-1 es directa. La decodificación de marcos I es igual a la decodificación de marcos JPEG. La decodificación de marcos P requiere que el decodificador maneje en buffer el marco previo, y luego construya el nuevo en un segundo buffer con base en macrobloques completamente codificados y macrobloques que contienen diferencias respecto al marco previo. El nuevo marco se ensambla macrobloque por macrobloque.

Los marcos B son parecidos a los marcos P, excepto que permiten que el macrobloque de referencia esté en un marco previo o en un marco posterior. Esta libertad adicional permite mejorar la compensación del movimiento y es útil también cuando pasan objetos por delante o detrás de otros objetos. Para ejecutar la codificación de marcos B, el codificador necesita tener a la vez tres marcos decodificados en la memoria: el anterior, el actual y el siguiente. Aunque los marcos B producen la mejor compresión, no todas las implementaciones los reconocen.

Los marcos D sólo se usan para visualizar una imagen de baja definición al hacer un reembobinado o avance rápido. Hacer la decodificación MPEG-1 normal en tiempo real ya es bastante difícil. Esperar que el decodificador lo haga mientras trabaja a 10 veces su velocidad normal es pedir demasiado. Cada entrada de marco D simplemente es el valor promedio de un bloque, sin mayor codificación, simplificando la presentación en tiempo real. Este mecanismo es importante para permitir que la gente barra un vídeo a alta velocidad en busca de una escena en particular.

Capítulo 4 Vídeo MPEG-2

4.1 Estándares MPEG-2

El MPEG-2 es, en muchos casos, asociado únicamente a la compresión del vídeo, lo cual, es ciertamente una de las partes más importantes de su funcionalidad. Sin embargo, la familia de estándares MPEG-2 incluyen más que sólo vídeo. En total, existen 8 partes diferentes de las cuales se conforma el MPEG-2, cubriendo los diferentes aspectos de la representación y entrega del vídeo y audio digital. La Tabla 14 muestra las diferentes partes del MPEG-2. Se tratarán las cuatro partes más esenciales de este estándar: Vídeo, Audio, Sistema y DSM-CC.

MPEG-2	Descripción
ISO/IEC 13818-1	Sistemas
ISO/IEC 13818-2	Vídeo
ISO/IEC 13818-3	Audio
ISO/IEC 13818-4	Acuerdos
ISO/IEC 13818-5	Simulación de software
ISO/IEC 13818-6	Medio de Almacenamiento Digital - Control y Comandos (DSM -CC)
ISO/IEC 13818-9	Interfaz de Tiempo Real para decodificadores de sistema
ISO/IEC 13818-10	Referencias de formato de escritura DSM

Tabla 14. Partes del Estándar MPEG-2.

4.2 Vídeo MPEG-2

4.2.1 Introducción

La meta principal de la parte del Vídeo MPEG-2, es definir un formato que pueda ser usado para describir una secuencia de bits de vídeo codificado. Esta secuencia de bits de vídeo, es la salida de un proceso de codificación, la cual comprime la información de la imagen de vídeo significativamente. El estándar no especifica el método de codificación, sólo define el resultado de la secuencia de bits, y mejor aún, define como decodificar esta secuencia de bits. En primera instancia, puede parecer problemático que no especifique el proceso de codificación. Sin embargo, es exactamente lo que mantiene el proceso abierto a mejoras, por ejemplo, reduciendo el tiempo de codificación o incrementando la calidad de imagen.

Cuando el MPEG-2 fue desarrollado, uno de los requerimientos fue hacerlo lo suficientemente flexible para manejar un rango de aplicaciones de vídeo. Algunas de estas aplicaciones fueron:

- Servicios de Difusión (satélite).
- Distribución de TV por cable.
- Servicios de Televisión interactiva.

La flexibilidad, consiste en el soporte de diferentes resoluciones de vídeo, capacidad del equipo, ancho de banda de la red y calidad de la imagen. El grupo de MPEG-2, se encargó de realizar el estándar muy genérico para proveer una serie de herramientas que puedan ser combinadas de diferentes formas.

El estándar, consta básicamente de las siguientes partes:

- Definiciones básicas: Se definen objetos básicos tal como imágenes y frames.
- Sintaxis del vídeo MPEG-2: Diferentes elementos de sintaxis son definidos en C como pseudocódigo.
- Descripción Semántica para la sintaxis de la secuencia de vídeo: La descripción semántica es dada por todos los elementos de sintaxis.
- El proceso de decodificación del vídeo: Los procesos de decodificación del vídeo son descritos, incluyendo la decodificación en modo entrelazado y progresivo.
- Escalabilidad: Se describen diferentes variantes de escalabilidad del vídeo MPEG-2, así como la decodificación para cada modo.
- Perfiles y Niveles: Se definen diferentes perfiles (establecer características) y niveles (establecer valores), los cuales son usados para definir subconjuntos del vídeo MPEG-2.
- Anexos: Los anexos proveen las tablas de código de longitud variable, las cuales definen perfiles y niveles, así como la función de la Transformación del Coseno Discreto (DCT, Discrete Cosine Transform)². También contienen algunas secciones informativas.

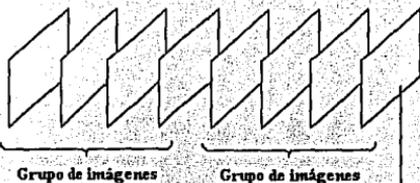
4.2.2 Conceptos Básicos

En esta parte se proporciona una introducción a la terminología y a los conceptos más importantes de la parte de vídeo del estándar MPEG-2.

En la Figura 41, es posible apreciar los diferentes objetos básicos que pueden ser utilizados en la estructura de la información del vídeo.

² DCT: Es el método de transformación utilizado para convertir una señal del dominio del tiempo, en el dominio de la frecuencia. Este método es empleado por el proceso de compresión del audio y vídeo en el MPEG.

Secuencia de Video
 Consiste en una
 secuencia de imágenes,
 agrupadas dentro de un
 "Grupo de Imágenes"



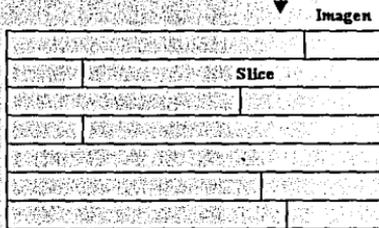
Bloque
 Mantiene
 los valores
 del píxel



Macrobloque



Mantiene hasta
 4 bloques por cada
 Y, Cr o Cb



Consta de macrobloques, los cuales son
 agrupados dentro de un slice

Figura 41. Objetos básicos en MPEG-2.

Secuencia del Video

La secuencia del vídeo, representa un número de imágenes de vídeo o grupo de imágenes de vídeo. Es decir, una secuencia de vídeo contiene, solamente, unas cuantas imágenes y no una película completa.

Frame

Contiene toda la información de color y brillo que se requiere para mostrar una imagen en la pantalla. La información de color y brillo es organizada dentro de 3 matrices, las cuales tienen los valores de luminancia y crominancia. Los tamaños de estas matrices varía dependiendo de la resolución soportada y de la frecuencia de muestreo utilizada. La Figura 42, muestra estas matrices para un frame muestreado a 4:4:4 y 4:2:2.

Imágenes, Macrobloques y Bloques

Una imagen, es un objeto muy importante en el vídeo MPEG-2, donde cada imagen es dividida en un número de bloques, los cuales son agrupados dentro de macrobloques. Cada bloque contiene 8 líneas, donde cada línea mantiene 8 muestras de valores por píxel de

luminancia y crominancia de un frame. Esto, da un total de 64 valores por pixel de crominancia o luminancia definiendo un bloque.

Cuatro bloques con valores de luminancia, más un número de bloques con valores de crominancia, forman la información de luminancia y crominancia de un macrobloque. El número de bloques de crominancia en un macrobloque, depende del formato de muestreo usado para digitalizar el material de vídeo:

- Macrobloque 4:2:0: Mantiene 4 bloques de información de luminancia y dos bloques de crominancia.
- Macrobloque 4:2:2: Mantiene 4 bloques de información de luminancia y 4 bloques de crominancia.
- Macrobloque 4:4:4: Mantiene 4 bloques de información de luminancia y 8 bloques de crominancia.

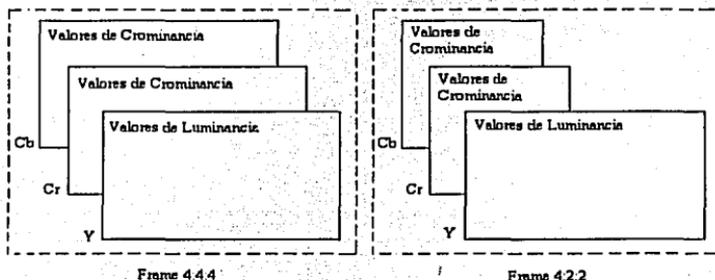


Figura 42. Matrices formando frames de 4:4:4 y 4:2:2.

Los diferentes formatos de macrobloques son ilustrados en la Figura 43. Cada macrobloque tiene un número, que en realidad, indica la secuencia en la cual los bloques de un macrobloque son codificados en Vídeo MPEG-2. Como se puede apreciar, los valores de luminancia son siempre los primeros que se presentan en un macrobloque. Los bloques entrelazados de los valores de crominancia de Cb y Cr continúan. Por la distribución equitativa de los valores de Cb y Cr, se pueden presentar algunos errores fuertes.

Los macrobloques descritos, se utilizan para construir la imagen. Existen 3 tipos de imagen definidas en MPEG:

Bloques formando un macrobloque 4:2:0

0	1
2	3

4

5

Bloques formando un macrobloque 4:2:2

0	1
2	3

4
6

5
7

Bloques formando un macrobloque 4:4:4

0	1
2	3

4	8
6	10

5	9
7	11

Valores de Luminancia

Valores de Crominancia

Valores de Crominancia

Figura 43. Formatos de los macrobloques 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4.

- **Imágenes intra-codificadas:**

Las imágenes intra-codificadas (imágenes-I), son imágenes que están codificadas de tal forma que, pueden ser decodificadas sin conocimiento alguno en relación con las demás imágenes en la secuencia del vídeo. A causa de esto, en una secuencia de vídeo, o en un grupo de imágenes, la primer imagen es siempre una imagen-I, la cual proporciona la información de "carga inicial" para las imágenes subsiguientes. Las imágenes-I, requieren de la mayoría de los bits para ser representadas, mientras que toda la información de la imagen es explícitamente descrita en la secuencia de bits. Los bloques y macrobloques que están formando una imagen-I, son llamados intra-bloques o macrobloques intra-codificados.

- **Imágenes codificadas:**

Las imágenes codificadas (imágenes-P), son decodificadas usando información de otra imagen, la cual fue desplegada anteriormente (inter código). Esta imagen previa, es también llamada *imagen de referencia*, cuya imagen podría haber sido codificada como una imagen-I, o como una imagen-P. La información que puede ser usada de la imagen previa, es determinada por la estimación del movimiento, y es codificada en los que son llamados

inter-macrobloques (macrobloques-I). La información que no puede ser "prestada" de las imágenes de referencia, es codificada de la misma forma en que son codificadas las imágenes-I. Por esto, una imagen-P, consta de macrobloques intra codificados (macrobloques-I), así como de macrobloques codificados (macrobloques-P). Éstos, siempre vienen con un vector de movimiento, indicando que macrobloque usar de una imagen previa, por lo que las imágenes-P conforman alrededor del 30-50% del tamaño de una imagen-I.

- Imágenes bidireccionalmente codificadas:

Las imágenes bidireccionalmente codificadas (imágenes-B), también utilizan información de otras imágenes. Así como las imágenes-P, pueden usar información provista por imágenes anteriores. O mejor aún, las imágenes-B pueden también, usar información de una imagen que llegará en el futuro. Esto es posible, ya que en el tiempo de codificación, el codificador ya ha accedido a las imágenes siguientes, y al igual que en las imágenes-P, la información de la imagen que no puede ser encontrada en imágenes previas o futuras, es intra codificada. Las imágenes-B son aproximadamente el 50% del tamaño de una imagen-P.

La Figura 44 muestra un ejemplo donde tendría sentido codificar una imagen como una imagen-B. El avión que es totalmente cubierto por la nube en la imagen #1, comienza a aparecer en la imagen #2. Si esta imagen fuera codificada como una imagen-B, las nubes serían "prestadas" de la imagen #1, y la parte delantera del avión sería tomada de la imagen #4. La imagen #4 sería codificada como una imagen-P, así que, se utilizarían las nubes de la imagen #1, y solamente el avión es codificado en la imagen-P.

Las diferentes imágenes, son distinguidas por medio de la sintaxis del vídeo del MPEG-2. Para cada imagen, se da una indicación, es decir, si se trata de una imagen I, P o B. Usando estos tres tipos de imágenes, una secuencia de imágenes podría ser como la Figura 45.

La Figura 45 muestra que, si el decodificador tiene que decodificar esta secuencia de imágenes, tiene que conocer la imagen-P #4 para decodificar las imágenes-B #2 y #3. Por lo tanto, las imágenes no son transmitidas en el mismo orden en el cual posteriormente serán desplegadas. Un reordenamiento da lugar antes de que la secuencia sea transmitida al receptor, entonces, para desplegar la secuencia en el orden visto en la Figura 45, las imágenes serían transmitidas en el orden visto de la Figura 46.

Además del reordenamiento, las imágenes-B también requieren de más memoria en el decodificador, ya que se requiere almacenar un frame adicional que servirá de referencia más tarde. Esto, hace de las imágenes-B, una característica completamente compleja de implementar en el vídeo MPEG-2. Por la complejidad descrita de las imágenes-B, el MPEG-2 define subconjuntos (perfiles/niveles) de sus capacidades, donde las imágenes-B no son permitidas.

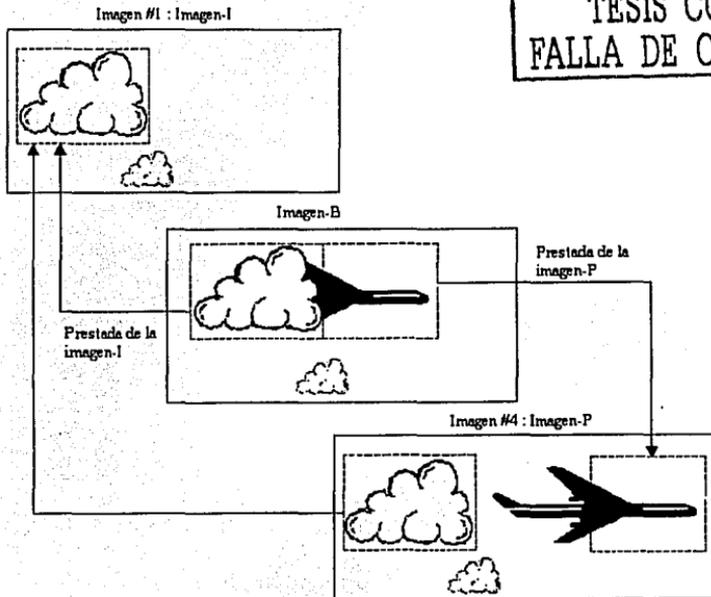


Figura 44. El uso de una Imagen-B.

Las secuencias de imágenes son unidas en grupos de imágenes (GOP's, Group of Pictures), esto es realizado para soportar el acceso aleatorio o funciones de edición. Una típica, y ampliamente utilizada, es la secuencia GOP: IBBPBBPBBPBB.

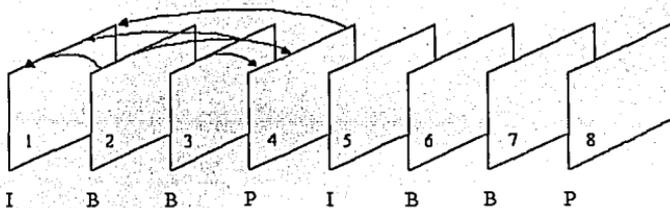


Figura 45. Orden en el que se despliegan las imágenes.

Usualmente, todas las imágenes B y P de éste GOP, pueden ser decodificadas accediendo solamente a la imagen-I, o a las imágenes-P también pertenecientes a este GOP. Este factor es indicado al equipo de edición por ciertos bits, en la estructura GOP. Para soportar también la edición, la estructura GOP contiene un dato con valores de fecha y hora (*timestamp*). El formato *timestamp* está actualmente definido por la Sociedad de Ingenieros de Imágenes en Movimiento (SMPTE, Society of Motion Picture Engineers), y corresponde al tiempo de codificación que es usado en otro equipo de vídeo.

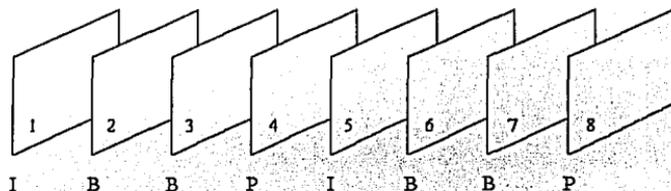


Figura 46. Orden de transmisión de las imágenes.

Cortes (Slices)

Son elementos que soportan el acceso aleatorio dentro de una imagen. Un slice es simplemente una serie de macrobloques, el cual contiene información acerca de dónde desplegar, sobre la pantalla, los macrobloques contenidos. En el caso de un error de transmisión y de pérdida de información de la imagen, se puede utilizar la información de un slice, para continuar el proceso de despliegue con una imagen. Debido a la caída de la imagen completa, el decodificador puede continuar con el inicio del próximo slice. Para alcanzar una alta robustez, en contra de los errores de transmisión, tendría sentido tener un gran número de slices por imagen. Porque de otra forma, esto significaría más información de procesamiento por imagen, así, se mantendría un balance entre la robustez del error y las necesidades de uso del ancho de banda. No todos los macrobloques de una imagen deben ser incluidos en slices. En este caso, la estructura del slice es llamada: estructura *general* del slice. En una estructura *restringida* del slice, la imagen completa es cubierta con slices, y todos los macrobloques son parte de un slice. Desde el punto de vista de la compresión de los datos, los slices no son realmente necesarios, son únicamente codificados para tener puntos de resincronización dentro de la imagen.

Campos (Fields)

Desde que el MPEG-2 fue diseñado para también mantener los modos de despliegue entrelazado, la parte de vídeo de los estándares del MPEG-2, considera el entrelazado de los campos en la definición de imágenes o macrobloques. Las imágenes antes mencionadas (Imágenes I, P y B) pueden por lo tanto, ser codificadas como imágenes de campo o como imágenes de marco (frame). En el primer caso, dos *imágenes de campo* deben siempre ocurrir en par, es decir, una contiene el campo de la parte superior, y la otra, el campo de la

parte inferior del frame completo. La alternativa es, primero combinar los campos hacia un frame y luego codificarlos como una *imagen de frame*. Las imágenes de frame son normalmente usadas si existen muchos detalles y poco movimiento en la imagen. Si existe movimiento en la imagen y no muchos detalles, tendría sentido usar la codificación de la imagen de campo, donde el segundo campo puede ser previsto desde el primero. En este caso, la primer imagen de campo es completamente una buena referencia para un movimiento previsto en la segunda imagen de campo.

Compresión de Datos Utilizada en el Vídeo MPEG-2

La compresión de datos se logra mediante la combinación de 3 técnicas:

1. Borrando la información de la imagen que es invisible para el ojo humano:

A causa de su estructura interna, el ojo humano es completamente insensitivo a altas frecuencias en cambios de color. La idea es, por lo tanto, representar la información de la imagen, de tal forma que, se hace uso de esta característica del ojo. El MPEG-2, usa un método, el cual esta basado en la Transformación del Coseno Discreto (DCT), para aproximar la información de crominancia y luminancia original en cada bloque. Debido al uso de valores de color real para cada bloque, se calculan una serie de coeficientes de frecuencia. Esta serie describe las transiciones del color en el bloque.

Por la división de los coeficientes resultantes por un cierto valor, algunos de ellos pueden llegar a ser cero después del redondeo. Este es el paso donde la información de la imagen se pierde. Este proceso es conocido como cuantización, y los factores son provistos por una matriz de cuantización. El MPEG-2, define matrices de cuantización por default, pero también permite que el usuario defina las matrices de cuantización. La cuantización es también controlada por un factor a escala, el cual permite al usuario ajustar el nivel de cuantización (y por esto, también el radio de compresión), donde el factor de escala es provisto por cada slice y puede ser opcionalmente redefinido por cada macrobloque, esto es normalmente hecho, si los macrobloques en una cierta región de la imagen no contienen muchos detalles. Sin embargo, alguna otra parte de la imagen puede contener muchos detalles, donde no es posible utilizar una alta cuantización. Por tener el factor de escala en el proceso de cuantización, llega a ser posible generar secuencias de vídeo de tasas de bits constante, lo cual conviene en la medida en que debe darse por una cierta arquitectura de red. En la Figura 47 es posible apreciar los principales componentes del proceso de cuantización.

Después del proceso del DCT, los coeficientes para las frecuencias en aumento, son distribuidos en un orden de zig-zag, donde este orden es igualado por los valores crecientes en la matriz de cuantización, tal como se observa en la Figura 47. Como resultado, el proceso de cuantización, entrega un gran número de ceros en altos rangos de frecuencia. Esto es importante, porque después del escaneo, a la matriz de coeficientes resultante en el mismo orden de zig-zag, le es fácil codificar eficientemente los renglones de números resultantes, con técnicas de codificación de longitud variable. Hasta ahora, solamente la cantidad de detalles (invisible) en la imagen, ha sido reducida, obteniendo de regreso los coeficientes cero. Durante la decodificación, estos coeficientes cero prevén la cuantización

inversa y funciones del DCT, para recrear la señal original de forma exacta y así evitar la pérdida de los detalles. Sin embargo, después de la cuantización, el número de valores pertenecientes a los bloques es todavía el mismo. Para todos los 64 valores de píxeles originales en un bloque, el algoritmo entrega, en total, 64 coeficientes, de los cuales algunos son cero. La reducción, en términos del número de bits necesarios para describir los bloques, es alcanzada posteriormente con un código de longitud variable. Desde que la cuantización borra la información de la imagen, la cual no puede ser almacenada después, la compresión usada en el MPEG-2 es una técnica de compresión conocida como *lossy*³. La Figura 48 muestra la matriz de cuantización de default para intra-bloques en el vídeo MPEG-2.

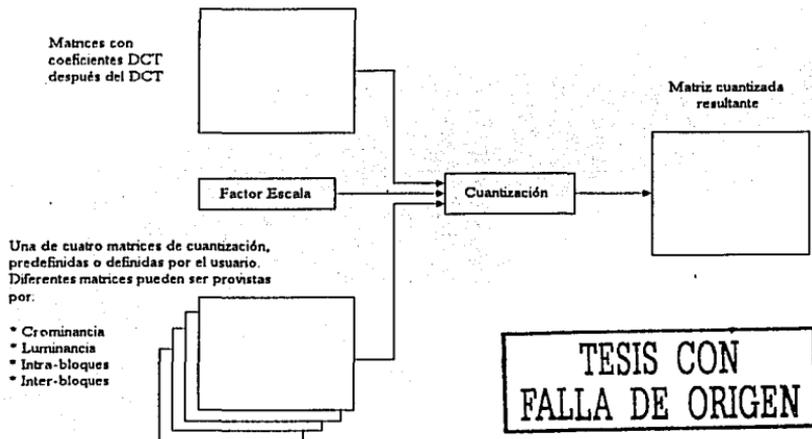


Figura 47. El proceso de cuantización.

2. Usando tablas de código de longitud variable:

El MPEG-2 define un número de tablas con códigos para usarlos en patrones específicos, en una secuencia de datos coeficiente. El truco es usar códigos muy cortos (solamente unos pocos bits), para patrones que ocurren continuamente en la secuencia. Como se mencionó, el proceso de cuantización resulta de un número de coeficientes, donde ciertos coeficientes son igual a cero (ejemplo: 2,0,0,1,0,0,1). El vídeo MPEG-2, codifica esta secuencia de datos coeficiente por un código asignado para un patrón de datos coeficiente específico. La interpretación de estos códigos regresa dos valores. Un valor especifica el número de ceros principales delante de un coeficiente diferente a cero, donde

³ Es un término tomado por los programadores de gráficos, que hacer referencia a la técnica de reducir el tamaño de los archivos por medio de la exclusión de algunos detalles, las imágenes JPEG son un claro ejemplo de esta técnica.

el estándar utiliza el término *run* para este valor. El otro valor es el coeficiente actual, el cual es llamado *level* en el vídeo MPEG-2.

8	15	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	36
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	46	46
26	27	29	32	35	40	48	58
28	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 48. Matriz de cuantización del Vídeo MPEG-2.

Por lo tanto, éste método de codificación es también conocido como codificación *run-level*, o codificación de Longitud Variable (VL). Un ejemplo de códigos de longitud variable, así como los valores correspondientes a "run" y "level", es posible apreciarlos en la Figura 49. Basándose en esta tabla, la secuencia antes descrita podría ser representada por la secuencia de código "0100", "0101" y "0101". Las tablas de código de longitud variable, utilizan entre 2 y 13 bits para codificar las combinaciones *run-level*. Sin embargo, no todas las combinaciones posibles de *run* y *level* pueden ser cubiertas por las tablas. Para estas combinaciones que no son cubiertas, el estándar define un mecanismo de código de escape. El *level* entonces, será codificado con el valor actual.

Secuencia de Datos Coeficiente	Tabla de Código de Longitud Variable	Run	Level	Secuencia Codificada
2,0,01,0,0,1	Código de Longitud Variable			
	011	1	1	0100,0101,0101
	0100	0	2	
	0101	2	1	
	00101	0	3	
	00111	3	1	
	00110	4	1	
	000110	1	2	

Figura 49. Codificación de Longitud Variable.

3. Estimación del movimiento:

La idea detrás de la estimación del movimiento, es identificar regiones de la imagen, que pueden encontrarse en la siguiente imagen también. Desde que la imagen ocurre en tasas de 20-30 por segundo, es muy común que similares, pero tal vez un poco movidas, las regiones pueden ser detectadas en imágenes adyacentes. El proceso de estimación de movimiento, usa los macrobloques como unidades básicas de comparación. Para cada macrobloque, el codificador busca la imagen previa (en el caso de una imagen-P), o la imagen previa y futura (en el caso de una imagen-B) para un macrobloque que simula o iguala exactamente al macrobloque actual. Si cada macrobloque es encontrado, la diferencia entre este y el macrobloque actual es calculada. La diferencia resultante es primero codificada como DCT y luego, junto con el vector de movimiento del macrobloque, codificado como VL. En la decodificación, el vector de movimiento es usado para identificar el macrobloque en la imagen previa o futura. El macrobloque identificado después, será combinado con la diferencia decodificada y escrita en el despliegue, o en el buffer de la imagen futura. En el mejor de los casos, el macrobloque actual es encontrado en el mismo lugar que en la imagen previa. Esto resultaría en un vector de movimiento cero, junto con una diferencia nula. El MPEG-2 podría saltarse la codificación de este macrobloque y en la decodificación, el macrobloque previamente desplegado, quedaría sobre la pantalla. Este concepto de estimación del movimiento, es la razón por la que el video MPEG-2 puede tener problemas codificando escenas con muchos objetos en movimiento. Una cámara en movimiento, la cual está siguiendo un balón delante de una multitud de espectadores moviéndose, da como resultado una secuencia de imágenes donde es difícil para el codificador encontrar macrobloques similares que están moviéndose a través de la escena. En tal caso, se utiliza la intra codificación. La estimación de movimiento tampoco trabaja en el caso de cambios de escena o combinación de ellas, porque la información de una imagen para con la siguiente imagen, cambia completamente en la combinación. En este caso, la primer imagen después de la combinación tiene que ser intra codificada.

Veamos en la Figura 50, como trabajaría la decodificación de imágenes en una secuencia de despliegue IBBP: La secuencia contiene imágenes-B, así que da lugar a un reordenamiento. En el decodificador, las imágenes llegan en la secuencia de transmisión IPBB.

La decodificación de la imagen-I es relativamente simple. Cada macrobloque es decodificado por la decodificación de cada uno de sus bloques. La decodificación de los bloques sigue los tres pasos previamente mencionados: decodificación de longitud variable, cuantización inversa y el DCT inverso. En general, no existe movimiento predecible realizado por una imagen-I, así que se salta este paso. Los valores resultantes son puestos en el buffer de despliegue y son desplegados. Sin embargo, una copia de la imagen es también puesta en un buffer, lo cual, siempre mantiene la imagen previa decodificada.

Ahora, entra la próxima imagen. Es una imagen-P que será desplegada después, pero se necesita como una imagen de referencia para la próxima imagen-B en la secuencia.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

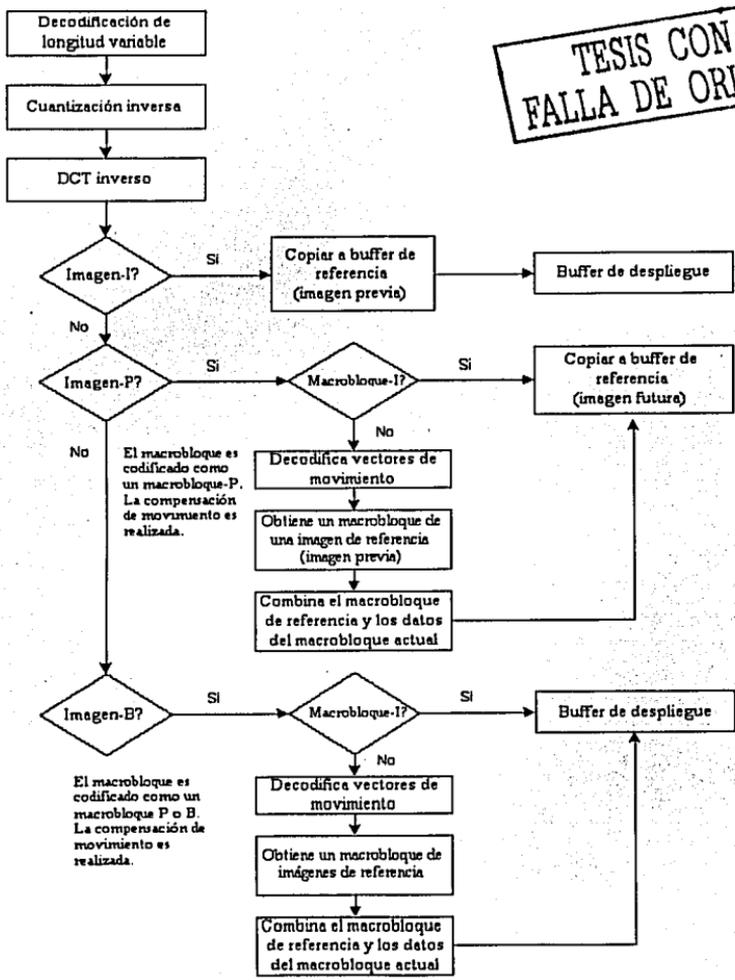


Figura 50. El proceso de decodificación MPEG-2.

La imagen-P, es decodificada usando información de la imagen-I previamente almacenada. Para cada macrobloque que no fue saltado durante la codificación, el decodificador chequea si el macrobloque fue codificado como un macrobloque-I o como un macrobloque-P. En el caso de un macrobloque-I, el macrobloque es decodificado como se describió antes, por la imagen-I. Si fue codificado como un macrobloque-P, la compensación de movimiento finaliza. La compensación de movimiento requiere de los vectores de movimiento, así que estos son decodificados primero. Por lo que los vectores de movimiento son utilizados para acceder a un macrobloque en la imagen previa. el macrobloque que fue recuperado es entonces combinado con los datos de la estructura del macrobloque-P actual, y almacenados en el buffer para futuras imágenes. Otros macrobloques de la imagen-P son decodificados de la misma forma. Si el macrobloque fue saltado durante la codificación, se utiliza el macrobloque correspondiente de la imagen previa.

La próxima imagen decodificada es la primera de dos imágenes-B. La decodificación trabaja de forma similar a la usada para la imagen-P, sin embargo, el macrobloque sería codificado como un macrobloque-I, -P o -B. Si el macrobloque fue codificado como un macrobloque-B, no sólo la imagen-I, sino también la imagen-P decodificada puede utilizarse para la compensación de movimiento. De esta forma, se despliega cada macrobloque codificado de la primer imagen-B que es decodificada. El decodificador entonces, comienza a decodificar la segunda imagen-B, la despliega, y luego despliega la imagen-P codificada previamente, la cual fue utilizada como una imagen de referencia en tiempos de error.

4.2.3 Sintaxis de la Secuencia de Bits del Vídeo

Los requerimientos de aplicación del MPEG-2, hicieron necesario construir una sintaxis formal que soportará todos los requerimientos. Por lo tanto, la sintaxis del vídeo MPEG-2 llegó a convertirse en altamente variable, esto significa que, algunos elementos de sintaxis controlan el aspecto de otros elementos de la sintaxis. También, varios elementos de la sintaxis son opcionales y sólo se presentan en la secuencia de bits (bitstream), si una bandera (principalmente localizada en el encabezado de la estructura de la sintaxis) así lo indica. Haciendo esto, que la cantidad de datos que tienen que ser transmitidos sea reducido, y debido a la transmisión de valores nulos, como ceros o códigos especiales, algunos elementos simplemente no son presentados en la secuencia de bits.

El estándar MPEG-2 usa un pseudo-código como C para describir la sintaxis. Se muestra un ejemplo en la Figura 51, en la cual se puede apreciar la definición de la estructura de sintaxis de "vídeo-sequence".

La sintaxis del Vídeo MPEG-2, hace uso de objetos pre-definidos como funciones básicas y códigos de inicio. En el ejemplo, la función "nextbits()" es utilizada para comparar los próximos bits a ser decodificados con algunos códigos de inicio predefinidos. Los códigos de inicio, son únicamente definidos en el Vídeo de MPEG-2 y no pueden ocurrir de nuevo en algún otro punto en la secuencia de bits. La singularidad es garantizada

insertando los tan llamados “marcadores de bits” en la secuencia de bits del vídeo, o por la prohibición de ciertos valores para algunos elementos de la sintaxis.

La Figura 52, denota la jerarquía de la sintaxis del Vídeo MPEG-2, y la Tabla 15 da un vistazo al contenido de los campos más importantes en la estructura de la sintaxis del Vídeo MPEG-2. Es necesario hacer notar que, la figura solamente muestra la jerarquía, no que estructuras son opcionales u obligatorias. Además, las estructuras pueden ser repetitivas (ejemplo: una secuencia de vídeo puede contener múltiples imágenes).

```
video-sequence() {
  next_start_code()
  sequence_header()
  if (nextbits() == extension_start_code) {
    sequence_extension()
  } do {
    extension_and_user_data (0)
  } do {
    if (nextbits() == group_start_code) {
      group_of_pictures_header()
      extension_and_user_data (1)
    }
    picture_header()
    picture_coding_extension()
    extension_and_user_data (2)
    picture_data()
  } while ((next_bits() == picture_start_code)
           (nextbits() == group_start_code) {
    if (nextbits() != sequence_end_code) {
      sequence_header()
      sequence_extension()
    }
  } while (nextbits() != sequence_end_code)
} else {
  MPEG-1
}
sequence_end_code
}
```

Figura 51. Definición de la secuencia del vídeo en una sintaxis MPEG-2.

Estructura de la Sintaxis	Contenido
video_sequence	Estructura de nivel alto, conteniendo imágenes y datos de extensión.
sequence_header	El encabezado de la secuencia contiene información acerca del tamaño de la imagen y tasa del frame. Esta información es usada si el decodificador tiene que sincronizar un nuevo "programa" después del switcheo de una secuencia de vídeo a otra. Además, puede contener matrices de cuantización especiales, las cuales son necesarias para esta secuencia específica de imágenes.
sequence_extension	Contiene nivel/perfil e indicación de formato de croma para esta secuencia de bits. Importante: si no se presenta la estructura de sequence_extension, entonces, la secuencia de bits es una secuencia de bits de Vídeo MPEG-1.
group_of_picture_header	Contiene un código de tiempo, editando la información relacionada con las imágenes adjuntas en el GOP y un número de estructuras relacionadas a la imagen.
picture_header	Contiene una indicación de si la imagen es una imagen-I, -P o -B. El encabezado de la imagen también contiene el tan llamado campo de referencia temporal, el cual ayuda a indicar la secuencia de despliegue.
picture_coding_extension	Contiene información adicional de la imagen para el soporte del modo entrelazado/progresivo, y estándares específicos del vídeo analógico (NTSC, PAL).
picture_data	Contiene un número de slices.
slice	Contiene la posición vertical del slice, información para el soporte de la división de los datos, la escala de la cuantización, y un número de estructuras de macrobloque.
macroblock	Contiene una escala de cuantización opcional, bloques, macroblock modes, y motion vectors.
macroblock_modes	Indica la forma en que el macrobloque es codificado. En una imagen-P, el macrobloque sería codificado como un macrobloque-I o macrobloque-P. Para imágenes-B, el modo de macrobloque provee información de si es codificado como un macrobloque-I, -P o -B y predice que modo es utilizado para un macrobloque-B.
motion_vectors	Contiene vectores de movimiento para el macrobloque.
coded_block_pattern	En el caso de que todos los coeficientes de un bloque sean ceros después de la cuantización, este bloque no requiere ser codificado en un macrobloque que es usado en una imagen-P o -B. El patrón del bloque codificado por lo tanto, indica cuales de los bloques en el macrobloque son actualmente codificados.
block	Contiene los coeficientes actuales de DCT.
user_data	Contiene los datos definidos del usuario.
sequence_display_extension	Contiene información adicional acerca del formato de vídeo, y de los atributos de color usados en la secuencia de bits.
sequence_scalable_extension	Contiene información en cuanto al modo escalable que es utilizado en la secuencia de bits. Proporciona información al decodificador de como manipular la escalabilidad.

Tabla 15. Estructuras de la Sintaxis del Vídeo MPEG-2.

Estructura de la Sintaxis	Contenido
quant_matrix_extension	Contiene matrices definidas del usuario para la descuantización.
picture_display_extension	Contiene información a ser utilizada durante el proceso de despliegue (ejemplo: para identificar una ventana de mayor interés en el despliegue).
picture_temporal_scalable_extension	Contiene información para soportar la escalabilidad temporal.
picture_spatial_scalable_extension	Contiene información para soportar la escalabilidad espacial.
copyright_extension	Proporciona información acerca de si la secuencia de bits es la original o una copia. Además, contiene indicaciones de si la secuencia de bits está protegida con copyright, y provee un número de copyright.

Tabla 15. Estructuras de la Sintaxis del Video MPEG-2 (Continuación).

4.2.4 Escalabilidad

Posiblemente, una de las características más importantes del Estándar de Video MPEG-2, es el soporte para un rango de diferentes aplicaciones de video. El MPEG-2 puede ser usado para el estándar de distribución de TV, para el HDTV, o para la transmisión de video, vía redes de telecomunicaciones. Debido a las definiciones de las diferentes variantes de los estándares para todas estas aplicaciones, así como de la existencia de formatos de secuencia de bits totalmente diferentes para las diferentes aplicaciones, el MPEG-2 utiliza un enfoque escalable.

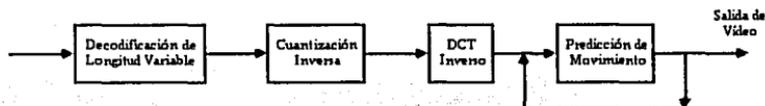
La escalabilidad es alcanzada por la sintaxis del video MPEG-2. La información de video puede ser separada en diferentes secuencias de información, las cuales son complementarias una de otra, por lo que es posible realizar diferentes aplicaciones, sólo con la combinación de diferentes secuencias de información, donde este estándar, usa el término "capa" para las diversas secuencias de información.

Una aplicación del concepto de sintaxis escalable debiera ser el siguiente: una capa contiene la información de video para un programa de televisión estándar (resolución PAL o NTSC), esta capa recibe el nombre de "capa base" en MPEG-2, la cual, puede ser combinada con otra secuencia de información, la "capa de aumento", donde se encuentra la información de video adicional para obtener una calidad de video HDTV. Dependiendo de la característica implementada en el decodificador, el cliente tendría la posibilidad de ver la TV estándar o un programa de HDTV. Sin embargo, existe solamente una secuencia de bits que es distribuida en los hogares. La escalabilidad puede ser aplicada para diferentes aspectos de la presentación del video, consecuentemente el estándar MPEG-2 define varios modos escalables.

Escalabilidad Espacial

La escalabilidad espacial, es definida como la capacidad del MPEG-2 para soportar diferentes resoluciones de imagen (en el eje de las X's y Y's) en una sola secuencia de vídeo. La secuencia descrita arriba, donde los estándares de TV y HDTV son combinados, es un ejemplo de la escalabilidad espacial del estándar. Otro ejemplo, sería la interconexión de diferentes estándares de vídeo digital. La capa base sería codificada de acuerdo al ISO/IEC 11172-2 (Vídeo MPEG-1), y la capa de aumento de acuerdo al ISO/IEC 1318-2 (Vídeo MPEG-2). Podría utilizarse entonces, un software decodificador para ver la información de vídeo de la capa base, y un decodificador basado en el hardware MPEG-2, habilitaría al cliente para tener vídeo de más alta resolución. Con la escalabilidad espacial, la capa de aumento y los datos de la capa base son combinados después del paso del DCT inverso. La compensación de movimiento, es el proceso principalmente afectado por la escalabilidad espacial, la cual puede ahora utilizar los vectores de movimiento de los datos de la capa de aumento o de los datos de la capa base. El proceso completo de decodificación en el caso de la escalabilidad espacial, es ilustrado en la Figura 52.

Datos de la Capa Base



Datos de la Capa de Aumento

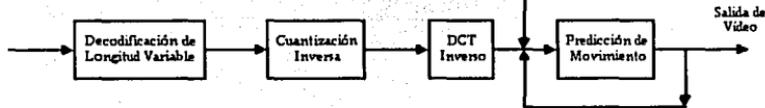


Figura 52. Flujo de decodificación en el caso de la escalabilidad espacial y temporal.

Escalabilidad Temporal

La escalabilidad temporal, define la posibilidad de manipular diferentes tasas de imagen, en una sola secuencia de vídeo. La capa base, la cual proporciona la imagen de vídeo básica, puede ser combinada con la capa de aumento para alcanzar tasas más altas de frame. La capa de aumento, hace uso de la información de la capa base para generar las imágenes de vídeo final. El posible uso es en el soporte de diferentes generaciones de equipos decodificadores, o en redes con diferentes calidades de transmisión. Como en el caso de la escalabilidad espacial, el aumento sucede después del paso del DCT Inverso, y principalmente afecta al proceso de compensación de movimiento.

Escalabilidad SNR

La escalabilidad de Proporción de Señal a Ruido (SNR), permite la manipulación de por lo menos dos calidades de vídeo diferentes. La información de vídeo provista por la capa base, puede ser mejorada por una o más capas de aumento, llevando información adicional, sin embargo, las capas base y de aumento tienen la misma resolución de vídeo espacial. La principal aplicación de la escalabilidad SNR, es el encubrimiento del error. En este caso, la capa base transportaría la información más crítica, mientras usa un canal de transporte completamente robusto en una red. En la capa de aumento, el comportamiento menos crítico, la información sería transportada sobre un canal de transporte con una baja calidad de servicio, en el caso de la pérdida de datos, en este canal de bajo performance, no sería muy obvio el impacto en la calidad de la imagen de vídeo. El proceso de aumento, en el caso de la escalabilidad SNR, sucede después del proceso de la cuantización inversa. La capa de aumento, contiene principalmente coeficientes DCT, los cuales son añadidos a los provistos por la capa base, por esto, la calidad de la imagen es mejorada. La Figura 53 muestra el flujo de los datos en el decodificador utilizando la escalabilidad SNR.

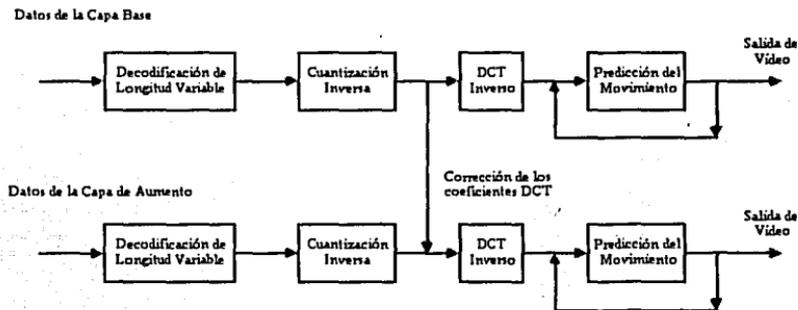


Figura 53. Decodificación del flujo en el caso de la escalabilidad SNR.

División de los Datos

La división de los datos puede utilizarse para separar la secuencia de los bits del vídeo, de forma completa, en partes con una importancia relativamente más alta o más baja. Los elementos de sintaxis más importantes son transmitidos sobre un canal de alto performance, y los elementos menos importantes sobre un canal con un menor performance. La Figura 54 muestra un ejemplo donde, desde los elementos de la sintaxis de la secuencia de bits de vídeo, todos los elementos de la sintaxis de la capa más alta (como los encabezados de secuencia, encabezados GOP, o encabezados de la imagen), más un coeficiente DCT, son puestos en el canal de alta calidad. Todos los coeficientes restantes son colocados en la otra división, y serían transmitidos sobre un canal de "calidad más baja". Un elemento de sintaxis especial, llamado `priority_breakpoint` (ruptura de la prioridad), es usado para

definir qué partes de la sintaxis de la secuencia de bits del vídeo son puestos en qué partición. La Tabla 16, muestra algunos valores del `priority_breakpoint`, y los elementos de la sintaxis que son afectados por este valor.

Valor del Priority Breakpoint	Elementos de la sintaxis que son colocados dentro de la partición de alta prioridad
1	Todos los datos en el encabezado de la secuencia, GOP, imagen, y slice para el <code>extra_bit_slice</code> en el elemento de sintaxis del slice.
2	Todos los datos de arriba, más los datos del macrobloque, para los incrementos de dirección del macrobloque.
3	Todos los datos incluidos arriba, más los datos del macrobloque para el <code>coded_block_pattern</code> (Ver Tabla 15).
4....63	Reservado
64	Todos los elementos de la sintaxis para el nivel de bloque, incluyendo el primer coeficiente DCT.
65	Todo lo anterior más 2 coeficientes DCT.
63+n	Todo lo anterior más n coeficientes DCT.
127	Todo lo anterior más 64 coeficientes DCT.

Tabla 16. Valores de la Prioridad de los puntos de ruptura.

Un valor de 1 para el `priority_breakpoint`, significaría que los elementos de la sintaxis de la secuencia del vídeo, `group_of_pictures`, la imagen y algunas partes de la sintaxis del slice son colocados en la partición 0 (la partición de alta prioridad). Todas las estructuras de la sintaxis restantes (empezando con la estructura del macrobloque y bajando en la jerarquía) serían localizadas en la partición 1. Un valor de 64, indicaría que los primeros coeficientes y todos los elementos de la sintaxis, jerárquicamente sobre los coeficientes DCT, son puestos en la partición 0. Los coeficientes restantes son colocados en la partición 1. La Figura 54, muestra este último ejemplo. Un decodificador apto para manipular la división de los datos, primero decodificaría la secuencia de los bits entregados en la partición 0, y a continuación el switch en la partición 1, procesa las estructuras de la sintaxis restantes.

Secuencia completa de los bits de vídeo

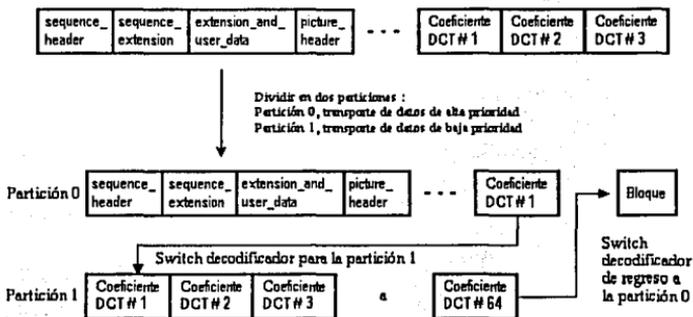


Figura 54. Decodificando el flujo, en el caso de la división de los datos.

4.2.5 Niveles y Perfiles del Video MPEG-2

A causa del enorme rango de aplicaciones, el MPEG-2 tiene el propósito de direccionar, de hecho, el estándar llegó a ser completamente complejo. Sin embargo, una aplicación no necesariamente requiere de todas las características del vídeo MPEG-2. El equipo del estándar, sería probablemente caro si tuviera que soportar la especificación completa. Por lo tanto, el estándar, define los tan llamados *perfiles* y *niveles* para definir subconjuntos del vídeo MPEG-2. De igual forma, define los siguientes perfiles y niveles de la Tabla 17.

Perfiles	Niveles
Perfil Sencillo (Simple Profile, SP)	Nivel Bajo (Low Level, LL)
Perfil Principal (Main Profile, MP)	Nivel Principal (Main Level, ML)
Perfil Escalable SNR (SNR Scaleable Profile, SNR)	Nivel Alto 1440 (High 1440 Level, H14)
Perfil Escalable Espacial (Spatial Scaleable Profile, Spatial)	Nivel Alto (High Level, HL)
Perfil Alto (High Profile, HP)	

Tabla 17. Niveles y Perfiles definidos por el Video MPEG-2.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Un perfil es descrito, como un subconjunto bien definido de la sintaxis del vídeo. Ciertos elementos de la sintaxis, definidos por el MPEG-2, no son válidos y no pueden ser decodificados, si el decodificador sólo soporta un perfil "bajo".

Por ejemplo, el perfil "sencillo" no soporta imágenes-B, y ni los perfiles "sencillo" y "principal" soportan ningún tipo de escalabilidad. Sin embargo, los perfiles "más bajos" siempre son un subconjunto de los perfiles "más altos". Un decodificador que soporta el perfil espacial, es requerido para soportar la escalabilidad espacial y la SNR. Algunas de las restricciones para los diferentes perfiles, se muestran en la Tabla 18.

Característica MPEG-2	Perfil Sencillo	Perfil Principal	Perfil SNR	Perfil Espacial	Perfil Alto
Formato de Cromo	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:2 o 4:2:0
Tipo de imagen	I, P	I, P, B	I, P, B	I, P, B	I, P, B
Escalable	No	No	Si	Si	Si
Modo Escalable	Ninguno	Ninguno	SNR	SNR o Espacial	SNR o Espacial
Modo Escalable Espacial	No	No	No	Si	Si

Tabla 18. Restricciones del perfil MPEG-2.

Un nivel define los valores para ciertos parámetros en la secuencia de bits del vídeo. Por ejemplo, los niveles describen el número de muestras por línea, el número de líneas por frame y el número de frames por segundo. Los niveles y perfiles, son combinados para definir exactamente, qué subconjunto o selección de programas del vídeo MPEG-2 son utilizados. Una combinación muy importante es la combinación "Nivel Principal en Perfil Principal" (Main Level at Main Profile, ML @ MP). Esta combinación define un subconjunto suficiente de la funcionalidad del vídeo MPEG-2, así que el estándar de difusión (broadcast) de TV, se puede realizar con calidad PAL o NTSC. En la Tabla 19, se puede apreciar algunos de los valores para los parámetros de ML @ MP.

Parámetro	Valor ML @ MP
Muestras/línea	720
Líneas/frame	576
Frames/segundo	30
Muestras de luminancia/segundo	10,368,000
Tasa máxima de datos de vídeo en Mbits/s	15
Tamaño máximo del buffer decodificador	1,835,008

Tabla 19. Valores del Nivel y Perfil principal MPEG-2.

Los niveles y perfiles son organizados jerárquicamente, y el vídeo MPEG-2, define una compatibilidad hacia adelante entre los diferentes niveles y perfiles. Un decodificador que soporta un perfil alto, debe también soportar los perfiles más bajos de forma apropiada⁴. La compatibilidad hacia adelante, la cual deben seguir los decodificadores, es mostrada en la Tabla 20.

Soporte de decodificadores:											
Nivel y Perfil de la secuencia de bits	HP @ HL	HP @ HL4	HP @ ML	Espacial @ HL4	SNR @ ML	SNR @ LL	MP @ HL	MP @ HL4	MP @ ML	MP @ LL	SP @ ML
HP @ HL	X										
HP @ HL4	X	X									
HP @ ML	X	X	X								
Espacial @ HL4	X	X		X							
SNR @ ML	X	X	X	X	X						
SNR @ LL	X	X	X	X	X	X					
MP @ HL	X						X				
MP @ HL4	X	X		X			X	X			
MP @ ML	X	X	X	X	X		X	X	X		
MP @ LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SP @ ML	X	X	X	X	X		X	X	X		X
MPEG-1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 20. Compatibilidad de los decodificadores.

4.3 Audio MPEG-2

4.3.1 Introducción

El propósito de esta sección es, proporcionar un resumen de los aspectos más importantes en la compresión del audio, así como las técnicas de codificación utilizadas en el MPEG-2. Los estándares que describen la codificación del audio del MPEG-1 y -2, son el ISO/IEC 11172-3 e ISO/IEC 13818-3, respectivamente. Cabe mencionar que para la compresión del vídeo MPEG-2, el estándar no define los modelos codificadores, solamente define el formato de la secuencia de bits y un modelo decodificador de referencia.

La parte de audio del estándar MPEG-2, es para un gran alcance basado en la parte de audio del MPEG-1, y una extensa existencia de compatibilidad. El aspecto de la compatibilidad es válida de dos formas: en el sentido de que existe el equipo MPEG-1 que puede realizar una decodificación parcial de las señales MPEG-2, esto, extrayendo la parte compatible MPEG-1 ("Compatibilidad hacia atrás"), y la segunda, en el sentido de que el equipo de MPEG-2 puede decodificar señales MPEG-1 ("Compatibilidad hacia adelante").

⁴ Existe una excepción para esta regla, la cual es que un decodificador de Perfil Sencillo @ Nivel Principal, debiera también decodificar una secuencia de bits de Perfil Principal @ Nivel Bajo.

Como consecuencia, esto hace comprensible el proceso del audio MPEG-2, sin tener que primero entender el proceso del audio MPEG-1.

4.3.2 Capas 1, 2 y 3

La compresión del audio MPEG-1, así como del MPEG-2, describen tres grados de compresión: Capas 1, 2 y 3. El nivel de compresión, las demandas para el poder de procesamiento y la calidad del sonido, todas se elevan proporcionalmente con el número de la Capa. En contraste, el ancho de banda requerido para la transmisión, decrece con el número de Capa. La Capa 1 tiene la tasa de compresión más baja (alrededor de cuatro veces), esto demanda el poder de procesamiento más bajo, y tiene el retardo más bajo (de forma real, debajo de los 50 ms). La Capa 1, así mismo, tiene los requerimientos más altos en cuanto al ancho de banda requerido para la transmisión, ya que tiene una tasa de bits de salida de entre 32 Kbps en mono, con el nivel más alto posible de compresión, y yendo hacia los 448 Kbps en estéreo, con el nivel de compresión más bajo posible. Además, la calidad de sonido de la Capa 1, es inferior a la que puede obtenerse por las Capas 2 y 3.

Por otro lado, la Capa 3 tiende a producir la mejor calidad de sonido de las tres Capas, donde llega a alcanzar una tasa de compresión de un factor de 1:10. El tiempo de procesamiento de la otra forma, es más de tres veces más larga. Ver la Tabla 21 para las características más importantes de estas tres Capas.

Estas tres Capas son compatibles en el sentido de que un decodificador de la Capa N puede decodificar la Capa N, así como también, todas las Capas inferiores. Por ejemplo, un decodificador de la Capa 3 puede decodificar las secuencias de bits de las Capas 1,2 y 3, pero un decodificador de la Capa 2 puede solamente decodificar las secuencias de bits de las Capas 1 y 2.

La razón para tener más de una sola Capa universal para direccionar todos los requerimientos, está basado, parte en la necesidad, y parte en la historia. Primero que nada, es necesario considerar la aplicación. Si por ejemplo, la reproducción de audio de alta calidad con una tasa de bits baja, es un requerimiento clave, y el poder/costo de procesamiento es secundario, entonces, la Capa 3 realizaría una lógica elección.

Capa	Tasa de Compresión Aproximada	Tasa de Bits	Rango de la Tasa de Bits permitido (MPEG-1)	Retardo real	Retardo mínimo teórico
1	1:4	192 Kbps	32-448 Kbps	< 50 ms	19 ms
2	1:6	128 Kbps	32-384 Kbps	100 ms	35 ms
3	1:10	64 Kbps	32-320 Kbps	150 ms	58 ms

Tabla 21. Características centrales de las tres Capas de la codificación del audio MPEG.

Es posible concluir resumiendo que, algunas veces se ha producido solamente el equipo que cumple con las Capas 1 y 2, dejando a las mismas, como las más utilizadas.

4.3.3 Codificación y Compresión

Estas tres Capas, en MPEG-1, tienen ciertas técnicas de compresión y codificación en común. Lo siguiente, es una introducción general a la estructura y función de estos procesos. El diagrama de la Figura 55 detalla el proceso. Por lo que una pequeña descripción de cada función se describe a continuación.

La entrada al proceso, es una señal de audio digital, la cual entra primero al proceso del *banco de filtros*, como se puede apreciar en la Figura 55. (En el caso de las señales con más de un canal de audio, como lo es el sonido estéreo por ejemplo, cada canal es tratado por separado). El banco de filtros usado en la codificación del audio MPEG, puede ser de dos tipos, el tan llamado polifase, o un polifase híbrido y MDCT. Sin tomar en cuenta los tipos, las muestras en el dominio del tiempo, aquí son convertidas en el mismo número de muestras en el dominio de la frecuencia, donde la salida del banco de filtros, es un número de sub-bandas del mismo ancho de banda.

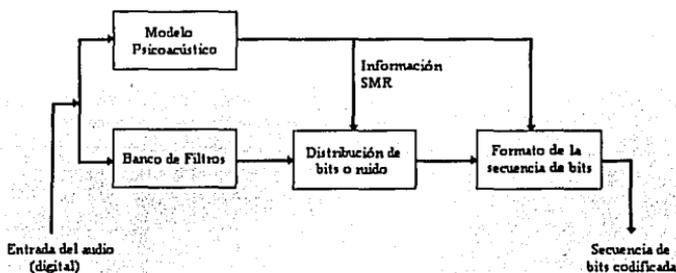


Figura 55. El proceso de audio global, y el proceso de codificación para las tres Capas.

En paralelo con el banco de filtros, el proceso del *modelo psicoacústico*, calcula la señal para la proporción de la máscara (SMR, Signal to Mask Ratio) de cada sub-banda. La función principal del modelo psicoacústico, es calcular la asignación de un nuevo bit para las muestras de frecuencia en las sub-bandas. La asignación de un nuevo bit, pretende asignar eficientemente los bits disponibles para cada una de las sub-bandas. Por lo tanto, si no existe potencia en una sub-banda, no existen bits asignados. El principio central aplicado, es el hecho de que las frecuencias con una potencia más alta, acercan las frecuencias a la potencia más baja inaudible para el oído humano, tal como se explicó en el Capítulo 3.2. De tal forma que la asignación del nuevo bit, es calculado separadamente para cada sub-banda.

Para obtener el SNR, es necesario primero realizar una conversión del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia de la señal de audio original. (Esto se efectúa en paralelo con el proceso del banco de filtros). Esta conversión es hecha por la rápida Técnica de Transformación de Fourier (FFT, Fast Fourier Transformation), la cual permite la transformación del dominio del tiempo al de la frecuencia, esto, con una mejor resolución espectral, que la del banco de filtros polifase. En la base del dominio de la frecuencia de los datos, se encuentra la potencia máxima en cada sub-banda, se determinan las partes del tono y la ausencia de tono (como el ruido) de la señal de audio, se identifica el umbral de enmascaramiento absoluto (el umbral en la tranquilidad), y finalmente, son calculados los umbrales de enmascaramiento de todas las sub-bandas individuales. Se calcula después, un umbral de enmascaramiento global, añadiendo todos los umbrales de enmascaramientos individuales al umbral absoluto. Ahora, para cada sub-banda, es posible calcular la diferencia entre la señal actual y el umbral de enmascaramiento, y de esta forma obtener la señal para la proporción de la máscara.

El proceso de *asignar el bit o el ruido*, utiliza las muestras de salida del banco de filtros y la información SMR del modelo psicoacústico, para de esta forma, determinar la cantidad de ruido de cuantización que es tolerable en cada sub-banda (por ejemplo, el nivel de ruido que es cubierto por el nivel de la señal de audio original). Esto, es mostrado en la Figura 56. Por consiguiente, es posible determinar el número de pasos de cuantización (el número de bits por muestra) necesarios para cada sub-banda, el ruido de cuantización más alto permisible, así como el número menor de bits necesarios, para representar cada muestra. En la Capa 1 se aplica un factor a escala para cada sub-banda (conteniendo 12 muestras de audio). En la Capa 2, cada sub-banda contiene 36 muestras de audio, las cuales son divididas en tres grupos de 12 muestras. Cada uno de los tres grupos puede -pero no necesariamente- tener factores a escala separados.

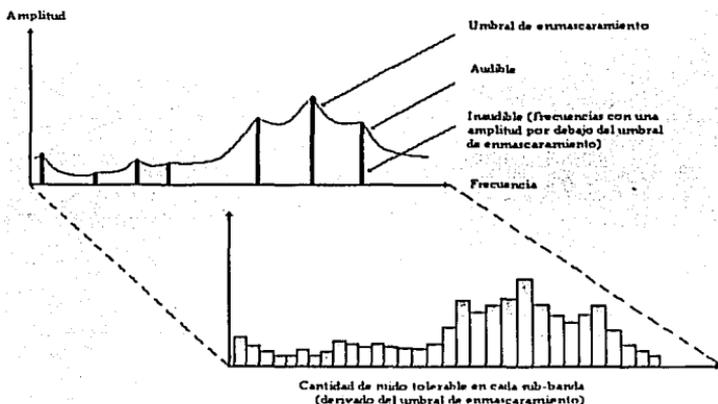


Figura 56. Umbral de enmascaramiento calculado, así como los niveles de ruido permisibles en cada sub-banda.

Los tan llamados factores a escala, son calculados por separado, para cada sub-banda. Los factores a escala, los cuales serán transmitidos junto con las muestras de audio hacia el decodificador, expresan un cierto factor, que los pasos de la resolución de las muestras del audio tendrán que ser multiplicadas por el lado del decodificador. Por este medio, es posible expresar amplitudes pequeñas y grandes, con un número relativamente pequeño de bits.

La salida total del proceso de asignación de bits o de ruido, tiene que conocer una tasa de bits fija. Al mismo tiempo, el codificador intenta conocer los requerimientos de la resolución/enmascaramiento, establecidas en adelante por el modelo psicoacústico, para que la calidad de audio percibida no sea más baja en un momento dado. (La tasa de bits es especificada inicialmente por el codificador).

Para las Capas 1 y 2, el número de bits utilizados para representar las muestras de audio en cada sub-banda, es la variable cuando los requerimientos de la tasa de bits y los del modelo psicoacústico son combinados. En la Capa 3, se hace un poco diferente, ya que esto es ruido inyectado en las sub-bandas, lo cual es la variable, lo que significa, que en ambos casos, el codificador inicia un proceso iterativo de incrementos, la precisión de la cuantización de la sub-banda, hasta el límite posible dentro de la tasa de bits especificada.

En el proceso del *formateo de la secuencia de bits*, las muestras de frecuencia de la sub-banda, la asignación del bit para las Capas 1 y 2 (en el caso de la Capa 3, la separación del ruido), son unidas junto a la información del factor a escala en el campo de datos de audio de la trama o frame de audio. Por lo que, el frame del audio contiene un encabezado, verificador de errores, y campos de datos auxiliares, los cuales pueden revisarse en la ilustración de la estructura del PDU en la Figura 57. Para la Capa 3, en este paso, se aplica la codificación denominada Huffman de las muestras de frecuencia cuantizadas, esto significa que, debido al código de longitud fija PCM (Modulación por Código de Pulsos) para cada muestra de frecuencia, como es utilizada en las Capas 1 y 2, se hace uso de un código de longitud variable. El código Huffman, representa las combinaciones más comunes en el flujo de datos, con los códigos más cortos, y las más inusuales, con los códigos más largos. Por esta razón, es posible obtener una reducción en la tasa de bits.

La Estructura PDU

La estructura PDU encontrada en la codificación del audio MPEG, está dividida en 4 grandes partes: el encabezado, el campo de verificación de error, el campo de datos de audio, así como los campos de datos auxiliares. La estructura del encabezado, es común para las tres Capas en el MPEG-1 y MPEG-2, el verificador de CRC, está habilitado si el "bit de protección" en el encabezado es igual a cero. Los 16 bits del campo de verificación de error, contendrán entonces, una palabra de verificación de paridad, para habilitar la detección de error en la secuencia de bits. El campo de datos de audio, contiene las muestras actuales en el dominio de la frecuencia, junto con la información adicional necesaria. El ejemplo de la Figura 57, muestra la estructura encontrada en la Capa 1, aquí, la información de asignación del bit y el factor a escala para cada una de las 32 sub-bandas, precede a las muestras de audio en el dominio de la frecuencia actual. Es preciso notar que en la Capa 1, existen 12 muestras de audio para cada una de las 32 sub-bandas, y las

muestras pueden ser representadas por entre 2 y 15 bits, según lo que sea necesario calcular después del efecto de enmascaramiento y el SMR. Para las Capas 2 y 3, la estructura PDU en el campo de datos de audio, es diferente, reflejando la técnica de codificación y compresión más complejas encontradas en estas Capas. El campo de datos auxiliar, puede llevar información adicional de varios tipos si se requiere. Por lo que su longitud no está definida. Este es el campo que lleva la mayor parte de la información adicional necesaria para el sonido multicanal, como se encontró en el MPEG-2. Más detalle de los campos PDU mostrados en la Figura 57, pueden encontrarse en la Tabla 22. Es preciso aclarar que no son descritas las estructuras utilizadas en las Capas 2 y 3 del campo de datos de audio.

Estructura PDU de Audio del MPEG-1

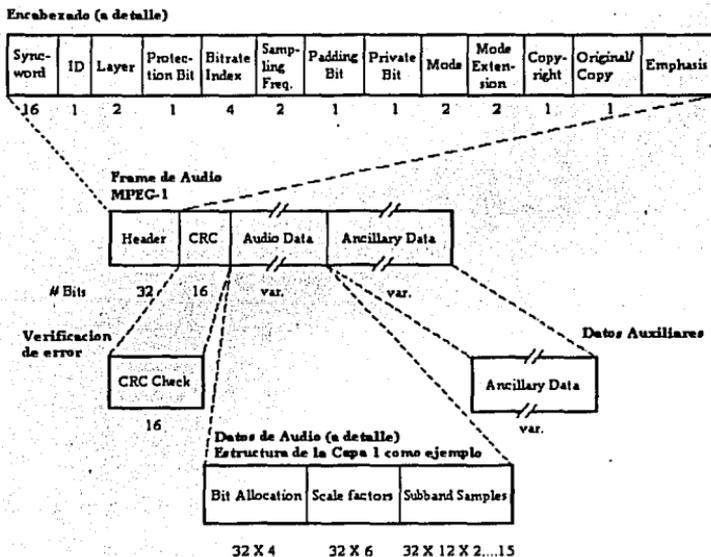


Figura 57. Estructura PDU del frame de audio MPEG-1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Campo PDU	Descripción
Syneword (Palabra de sincronía)	Permite al decodificador sincronizarse al inicio de la trama (frame).
ID	Siempre todos en 1's.
Layer	Indica si el PDU es codificado de acuerdo al MPEG-1 o MPEG-2.
Protection Bit	Indica la Capa utilizada, Capa 1, 2 o 3.
Bit Rate Index	Indica si la verificación de error se ha realizado. Indica la tasa de bits usada, sin tener en cuenta el modo (un solo canal, estéreo, etc.). Se especifican 14 pasos discretos en MPEG-1, extendiendo de 32 a 448 KBPS en la Capa 1, de 32 a 384 Kbps en la Capa 2 y de 32 a 320 Kbps en la Capa 3. En el MPEG-2, los 14 pasos discretos cubren el rango de 32 a 256 Kbps en la Capa 1, y de 8 a 160 Kbps para las Capas 2 y 3.
Sampling Freq.	Indica la frecuencia de muestreo utilizada: 32, 44.1 o 48 KHz en MPEG-1, 16, 22.05 o 24 KHz en MPEG-2.
Padding Bit	Indica si se presenta o no el relleno. (Puede ser necesario ajustar la salida hacia una tasa de bits promedio especificada).
Private Bit	El uso no está especificado por el ISO/IEC.
Mode	Indica el modo usado. Estéreo, estéreo de intensidad y/o estéreo MS, canal dual (dos canales independiente) o un solo canal.
Mode Extensión	Utilizado en el modo "estéreo de intensidad y/o estéreo MS" (note la diferencia del uso, de acuerdo a la Capa). Capas 1 & 2: Especifica qué sub-bandas son codificadas en estéreo de intensidad. (los demás son codificados en estéreo normal). Los siguientes rangos de sub-bandas, pueden ser codificadas en estéreo de intensidad: 4-31, 8-31, 12-31 o 16-31. Capa 3: Especifica la combinación usada de estéreo de intensidad y estéreo MS. Las siguientes combinaciones son posibles: ni el estéreo de intensidad o MS se utilizan, solamente se usa el estéreo de intensidad o estéreo MS, o tal vez ambos.

Tabla 22. El MPEG-1 y algunas extensiones, así como la estructura PDU de audio del MPEG-2.

Campo PDU	Descripción
Copyright	Indica si la secuencia de bits está o no protegida con los derechos de copia.
Original/Copy	Especifica si la secuencia de bits es la original o una copia.
Emphasis	Indica el tipo de énfasis que debe aplicarse a la señal, en el lado del decodificador.
CRC Check	Error Check: Si el campo "bit de protección" en el encabezado, es igual a 0, el CRC check está presente. Protege los campos del PDU más vulnerables a errores de bits, esto, vía verificador de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check). Los campos especificados varían con el uso del MPEG-1 o -2, así como de la Capa utilizada. Entre otras partes, los bits 16-31 del encabezado siempre están protegidos en las tres Capas, y en la Capa 1 y 2, siempre está protegido el campo de asignamiento de bit.
Bit Allocation (Asignación de bits)	Audio Data: (MPEG-1, Capa 1) Indica el número de bits utilizados para representar las muestras en cada sub-banda, de cada canal. Puede llevar todos los valores de entre 0 y 15 bits de resolución por muestra.
Scale Factors	Indica el factor y las muestras en cada sub-banda, en cada canal, serán multiplicados mientras son decodificados; han sido definidos 63 pasos discretos.
Subband Samples (Muestras de subbandas)	Contiene las muestras de audio actuales de todas las subbandas, en todos los canales.
Ancillary Bits (Bits auxiliares)	Ancillary Data: En MPEG-2, se utiliza para llevar información de extensión multicanal.

Tabla 22. El MPEG-1 y algunas extensiones, y la estructura PDU de audio del MPEG-2 (Continuación).

Modos de Codificación

Como se mencionó en la descripción del PDU, existe un rango de diferentes formas de emplear las capacidades de la transmisión de los canales disponibles en la codificación del audio MPEG. Los cuatro diferentes modos de codificación, se pueden apreciar en la Tabla 22, los cuales son usados en el MPEG-1 y MPEG-2.

Los primeros tres modos de codificación son bastante sencillos, mientras que el cuarto "estéreo común", puede parecer poco común. El estéreo de intensidad está diseñado para tasas de bits más bajas, y por eso obtiene un mejor radio de compresión. En realidad, la reducción en la tasa de bits es entre 10 y 30 Kbps. En el codificador, las dos señales

estereofónicas son combinadas dentro de una señal monofónica en el rango de alta frecuencia (el rango exacto de las sub-bandas puede variar). Para alcanzar la representación de un estéreo más realista, los factores a escala para las diferentes sub-bandas son todavía codificados independientemente en los dos canales estéreo, así que una señal pseudo-estereofónica puede, por este medio, ser creada en el lado del decodificador. Lo anterior, puede utilizarse en las Capas 1 y 2. En la Capa 3, pueden utilizarse una combinación de intensidad y una técnica de codificación "resta-suma" denominada "estéreo MS". En estéreo MS, un canal lleva la diferencia entre la señal del lado izquierdo y derecho (L-R), y el otro canal lleva la suma (L+R).

4.3.4 Audio Adiciones

A continuación se presenta una descripción de algunas de las más importantes diferencias y características encontradas en el MPEG-2.

- *Media tasa de muestreo*

Con MPEG-2, es posible emplear solamente la mitad de la tasa de muestreo utilizada en el MPEG-1, y aún así, obtener una muy buena calidad de sonido. Esto es especialmente interesante, para aplicaciones tales como noticieros, canales multi lenguas y multimedia, donde la frecuencia completa abarca de los 20 Hz a los 20 KHz y es muy poco utilizada de todas formas. Esta baja tasa de muestreo, disponible en MPEG-2, permite el muestreo de la señal en el dominio del tiempo para llevarse a cabo con 16, 22.05 o 24 K muestras por segundo, para las tres Capas. Esto da un límite de frecuencia superior de 7.5, 10.3 y 11.25 KHz respectivamente. Con la extensión de la tasa de muestreo más baja, las tasas de bits bajan hasta 8 Kbps para las Capas 2 y 3, y 32 Kbps para la Capa 1. si se emplea la extensión de la tasa de muestreo baja, se especifica en el bit "ID" puesto en "0", tal como se vio en la Tabla 21.

- *Extensión multi-canal*

Para permitir la transmisión de una representación estereofónica más realista, el MPEG-2 soporta 5 canales de audio, los cuales en conjunto pueden llevar una imagen de estéreo "surround". Los 5 canales lo conforman el canal izquierdo (L), el canal derecho (R), el canal central (C), canal surround posterior izquierdo (LS) y canal surround posterior derecho (RS). Esto también se conoce como "estéreo 3/2", ya que hace uso de 3 altavoces frontales y 2 posteriores. Observe la Figura 58. Además, se dispone de un canal para realzar los sonidos de bajas frecuencias, por una señal subwoofer en el rango de 15 hasta 120 Hz. Este canal es empleado principalmente para efectos especiales, explosiones, estruendos, etc. Este formato de 5 canales y un subwoofer es lo que hoy se conoce como cine en casa.

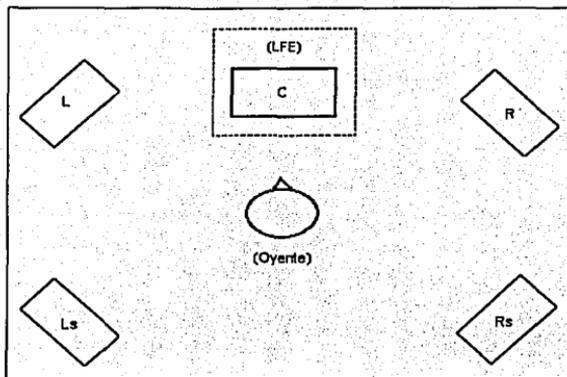


Figura 58. Sistema de sonido surround en estéreo "3/2".

Existen la posibilidad de otras formas de configuración, además de la 3/2 descrita anteriormente, ambas en el lado del codificador y decodificador. La Tabla 23, muestra los canales del codificador que pueden emplearse como entrada.

# de Combinación	# de Canales	Configuración	Canales
1	5	3/2	L, R, C, LS, RS
2	5	3/0 + 2/0	L, R, C del programa # 1, L2, R2 del programa # 2
3	4	3/1	L, R, C y S (un canal de sonido surround)
4	4	2/2	L, R, LS, RS (sin canal central)
5	4	2/0 + 2/0	L, R, L2, R2 (canal izquierdo y derecho de 2 programas diferentes)
6	3	3/0	L, R, C (sin sonido surround)
7	3	2/1	L, R, S (canal izquierdo y derecho, más un canal de sonido surround)
8	2	2/0	L, R (o modo de canal dual)
9	1	1/0	Mo (un solo canal mono)

Tabla 23. Posibles combinaciones de entrada para el codificador de audio.

Para el decodificador, los canales antes descritos, pueden decodificarse y reproducirse en las combinaciones que se muestran en la Tabla 24. Cabe aclarar que el canal LFE, puede utilizarse con cualquiera de estas configuraciones como una opción.

Una configuración alternativa del sistema de 5 canales del audio MPEG-2, es la aplicación de los canales de noticieros/multilinguas, acompañados de un programa específico, por ejemplo, comentarios bilingües o pistas de audio. Las especificaciones del MPEG-2, permiten hasta siete canales de noticieros/multilinguas por programa.

# de Combinación	# de canales	Configuración	Canales frontales	Canales posteriores
1	5	3/2	L, R, C	LS, RS
2	4	3/1	L, R, C	S (un canal surround)
3	4	2/2	L, R	LS, RS
4	3	2/1	L, R	S (un canal surround)
5	3	3/0	L, R, C	(Sin sonido surround)
6	2	2/0	L, R	(Sin sonido surround)
7	1	1/0	MO (Mono)	(Sin sonido surround)

Tabla 24. Las siete configuraciones posibles que el decodificador MPEG-2 puede presentar.

Compatibilidad y Matrices

El aspecto de la compatibilidad entre el audio MPEG-1 y MPEG-2, ha tomado una muy alta prioridad durante el trabajo en la parte del audio del estándar MPEG-2. La razón de esto es, principalmente, asegurar que los productos basados en el MPEG-1, puedan operar de manera satisfactoria con las señales del MPEG-2, y viceversa. Un decodificador MPEG-1, no puede decodificar las señales de media tasa de muestreo del MPEG-2, y no puede manipular completamente todas las nuevas opciones, tales como el LFE y el sonido surround, los cuales están incluidos en la señal codificada del MPEG-2. El formato básico del frame empleado en la codificación del audio MPEG-2, es el mismo que el utilizado en el MPEG-1. Los campos de datos de audio (Audio Data fields), llevan la información de los canales L y R en MPEG-1, y de igual forma lo realizan en el MPEG-2, llevando una señal mezclada compatible en estos campos en el MPEG-2. El campo de datos auxiliares encontrado en la estructura de la trama del MPEG-1, es usado para llevar la información de extensión multi-canal en MPEG-2.

En el caso del estéreo 3/2, por ejemplo, el reto parece ser como esto: uno tiene que transmitir 5 canales de información de audio, para utilizar el potencial de los decodificadores MPEG-2. Al mismo tiempo, debe ser posible, para los decodificadores MPEG-1 reproducir una señal de alta calidad. La solución es, mezclar los 5 canales de información de sonido surround, dentro de los 2 canales que el decodificador MPEG-1 puede manipular por default, es decir, la información del canal izquierdo y derecho, y que

el MPEG-2 pueda usar en la reconstrucción la señal completa del sonido surround. Esto es conocido como matrices y sin matrices. Estos dos canales "universales" son llamados Lo y Ro, y están esencialmente compuestos en el codificador de audio MPEG-2.⁵

En total, se pueden ahora identificar 7 diferentes canales de audio: L, Ls, Lo, R, Rs, Ro, C. Lo y Ro, como se menciona, por default son transmitidos en la parte compatible de la trama de audio MPEG, y los últimos 3 canales son transmitidos en los campos de datos auxiliares. Existen, como se puede apreciar en la tabla 24, 8 diferentes combinaciones posibles para el codificador en los 3 canales que el codificador puede emplear.

Los 5 canales surround pueden, en principio, ser derivados de cualquier combinación de Lo y Ro, y de las combinaciones vistas anteriormente. La elección sin embargo, depende de qué combinación produce la tasa de bits más baja, y al mismo tiempo, prácticamente permite la recuperación de los 5 canales en el lado del decodificador. En la práctica, el codificador elige los canales de extensión multi-canal con el nivel de energía más bajo, con los factores a escala más bajos. La misma técnica básica, es aplicada para otras configuraciones de canales tales como 3/1, 3/0, 2/2, etc. El número de combinaciones son naturalmente menores que con la configuración 3/2.

El "truco" de las matrices/sin matrices, tiene la desventaja que solamente trabaja si las señales de extensión multi-canal son las mismas en el lado de sin matrices así como también en el lado matrices. Los errores de cuantización (ruido), son por lo tanto, introducidos desde todas las señales de extensión multi-canal. Un intento de solucionar este problema, es usar pre-distorsión, también llamada pre-cuantización. Esto sencillamente significa que, las señales empleadas en el proceso de matrices son previamente cuantizadas. El ruido de cuantización total es por este medio aminorado en el proceso de las matrices/sin matrices.

4.4 Sistemas MPEG-2

4.4.1 Introducción

La parte de audio y video del estándar MPEG-2, define el formato con el cuál se representa la información de audio y video, sin embargo, para emplear estos datos en una entrega completa del video, algunos requerimientos adicionales tienen que ser direccionados. Estos requerimientos, resultan de las aplicaciones en las cuales se usan los datos de audio y video, pero también son relacionados a la tecnología que se utiliza para entregar los datos.

Tomemos como un ejemplo, a la aplicación del estándar difusión de TV. En la difusión de TV, existe una necesidad para transportar los diferentes programas hacia los clientes,

⁵ Lo y Ro se definen como:

$$Lo = L + aC + bLs$$

$$Ro = R + aC + bRs$$

"a" y "b": constantes específicas que describen el peso del canal central añadido y la información del canal surround.

quienes pueden libremente elegir entre ellos. En otras palabras, en algunos puntos diferentes de las secuencias de audio / video, tienen que ser multiplexados en conjunto y tienen que ser entregadas en conjunto hacia el cliente. Esta multiplexación, normalmente se realiza en algún lugar de las redes de difusión de TV, como los sistemas por satélite o sistemas de distribución por cable. En el caso de los sistemas de distribución por satélite, los diferentes programas, entregados por los diferentes estaciones de difusión, son multiplexados en conjunto en alguna estación del enlace satelital. Esta colección de programas (algunas veces denominada bouquet), es entonces también transmitida por el satélite los cuáles envían hacia la tierra en directo hacia el sistema de la casa (difusión DTH).

Esta multiplexación podría, en principio, ser una función fundamental de la red de entrega (ejemplo, si se utilizan redes ATM, se podría hacer uso de diferentes canales virtuales para diferentes programas). Esto sería, sin embargo, dar una alta dependencia entre la tecnología de red empleada y los datos transportados.

Por esta razón, el ISO/IEC decidió desarrollar su propia especificación; una especificación que describe como la secuencia de bits del audio y video codificados debieran ser multiplexados en conjunto para formar los programas actuales. La meta era crear una especificación relativamente genérica, para hacer que el material codificado-MPEG pudiera ser empleado en diferentes ambientes de medios y redes. Esto debiera ser independiente de las implementaciones físicas de las redes, y debiera ser adecuado para ambientes libres de error y propensos a error. Además, esto debiera llegar a ser más o menos igual de consistente, conteniendo toda la información necesaria para decodificar las secuencias del audio y video pertenecientes a un programa específico.

La meta fue alcanzada con la parte de sistemas del MPEG-2, el cuál forma una parte del estándar MPEG-2, y es especialmente importante si se trata de entregar video digital (ejemplo, via redes de banda ancha). La Figura 59, muestra el alcance de la parte de sistemas MPEG-2 en relación a la parte de audio y video, y al equipo de banda ancha. Ya que la funcionalidad principal dirigida por los sistemas MPEG-2, es la multiplexación, esto, algunas veces es referido como el multiplexor MPEG-2.

Los sistemas MPEG-2 (y también video MPEG-2 para algunas extensiones), utilizan estructuras de datos, que son comúnmente como paquetes en el mundo de las comunicaciones de datos. Los paquetes siempre constan de un encabezado del paquete y la carga del paquete (payload), y pueden ser de tamaño fijo ó variable. La idea básica detrás del concepto de paquete, es crear un mecanismo flexible para transportar cualquier tipo de datos, normalmente los encabezados de los paquetes, contienen la información que se requiere para procesar los datos en la carga del paquete (ejemplo, el tipo de imagen en el encabezado de un paquete de imagen). Dependiendo de la aplicación es como son utilizados los paquetes, es por lo que tiene sentido emplear los paquetes de tamaño fijo o variables. En un ambiente de red por ejemplo, es útil tener paquetes de tamaño fijo, los cuales son relativamente cortos, esto ayuda a optimizar el equipo de red que esta procesando los paquetes, ya que la longitud de los paquetes es siempre la misma. Así mismo, si una parte del paquete es corrompida por alguna razón (ejemplo, por una pérdida de datos en la red), solamente se pierde un poco de información. A causa del concepto de

paquete, el MPEG y otros formatos de transmisión para el video digital, son algunas veces referidos como *video paquete*.

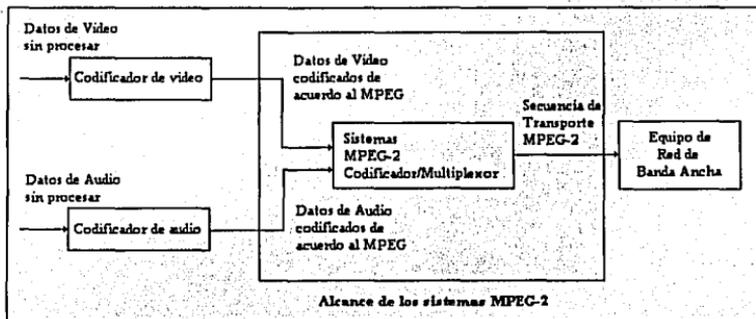


Figura 59. Alcance de las especificaciones de los sistemas MPEG-2.

La parte de sistemas MPEG-2, puede ser considerada como "la cola" entre la tecnología de audio y video por una parte, y el mundo de las redes de banda ancha por el otro lado.

4.4.2 Secuencias del Transporte y Secuencias del Programa

Típicamente, existen 2 formas de entregar la información al usuario. Actualmente, si uno ve una película, es utilizando un VCR (video casetera) o vía TV, donde la película es transmitida a nuestra TV vía cable, satélite o por difusión terrestre. En el caso del VCR, se emplea el video cassette, como sistema de entrega local basado en el medio. En el caso de la TV, se emplea un sistema de entrega basado en la red. El mismo concepto, medio o red que, se pueden aplicar para un video que es representado en MPEG-2. Una forma sería, almacenar el video localmente en un disco duro o en un CD-ROM, y recuperarlo desde este medio en el tiempo de presentación. La otra forma, sería tener la información de video entregada vía red, y desplegar las imágenes en tiempo real. La parte de sistemas de MPEG-2, direcciona ambas formas las cuales por supuesto, tienen diferentes requerimientos para la tecnología empleada en la implementación. El estándar MPEG, define 2 herramientas básicas para soportar los sistemas de entrega de red y medios: la *secuencia de programa* y la *secuencia de transporte*.

La secuencia de programa, esta principalmente enfocada en el uso de los medios disco duro y CD-ROM, mientras que la secuencia de transporte es usada en los ambientes de red. La secuencia de programa, utiliza largas estructuras de datos para transportar los datos de audio y video. Esto puede solo realizarse en "ambientes de bajo error", ya que una pérdida de cualquiera de estas estructuras causaría serios problemas en la calidad de la transferencia

de la información del audio y vídeo. La secuencia de transporte, emplea longitudes fijas, estructuras de datos que pueden ser bien procesadas en un ambiente de red. Aquí, nos enfocaremos en el vídeo digital en redes de banda ancha, por lo que nos enfocaremos en la secuencia de transporte.

Una de las características más importantes de la secuencia de transporte, es la capacidad para multiplexar y demultiplexar diferentes programas, consistiendo en diferentes secuencias de bits de audio y diferentes secuencias de bits de vídeo. Generalmente, la capa de los sistemas MPEG-2, proporciona las funcionalidades necesarias para:

- Extraer un programa sencillo fuera de la secuencia de transporte, conteniendo una colección de programas.
- Extraer un subconjunto de programas de la secuencia de transporte, conteniendo una colección de programas.
- Crear una secuencia de transporte, conteniendo una colección de programas fuera de varias secuencias de transporte.

La sincronización debe mantenerse entre las secuencias de audio y vídeo durante este proceso de multiplexación. Esto es hecho, añadiendo datos con información de fecha y hora (timestamp) en los elementos de los datos de la secuencia de transporte.

Las secuencias de información que son multiplexadas en conjunto, no están limitadas a ser solamente secuencias de audio y vídeo. Los sistemas MPEG-2, también permiten secuencias de bits definidas por el usuario, las tan llamadas secuencias de bits de *datos confidenciales*, un ejemplo para este tipo de datos, podría ser un protocolo de datos como el TCP/IP y Unidades de Datos de Protocolo (PDUs). Después de demultiplexar la secuencia de transporte MPEG-2 en el equipo del usuario final, las secuencias de bits de audio y vídeo serían decodificadas por los decodificadores de audio y vídeo, y los datos confidenciales serían procesados por algún software del protocolo TCP/IP.

Además de la función de multiplexación, el codificador/multiplexor del sistema MPEG-2, también añade información de administración y control a las diferentes secuencias de audio y vídeo. Algunos de los encabezados de los paquetes también contienen campos CRC, bits de prioridad o indicadores de error. Sin embargo, no existe una recuperación del error dentro de la secuencia de transporte. Este tipo de funcionalidad tiene que ser manipulada por los protocolos de red, los cuales pueden hacer uso de los indicadores entregados por la capa de sistemas MPEG-2. La Figura 60, resume la funcionalidad del procesador de la capa de sistemas MPEG-2.

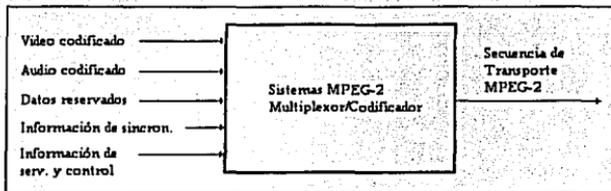


Figura 60. Procesador de la Capa de Sistemas MPEG-2.

En MPEG-2, la secuencia de bits de salida de un codificador de audio / video, o la secuencia del bit de los datos confidenciales, se denominan *secuencia elemental*. En el caso del audio o video, esta secuencia elemental puede ser organizada dentro de una *unidad de acceso*. Una unidad de acceso es una imagen, en el caso de una secuencia elemental de video, o un frame de audio, en el caso de una secuencia elemental de audio.

Una secuencia elemental, es luego convertida en una *secuencia elemental paquetizada*, la cual consta de paquetes PES. Cada paquete PES, consta de la carga del paquete PES (el cual es una parte de tamaño variable de la secuencia elemental) y de un encabezado del paquete PES. Teniendo el tamaño de la carga variable, la carga de los paquetes PES pueden ser una unidad de acceso exacta de la secuencia elemental.

Los paquetes PES, son entonces mapeados dentro de *paquetes de secuencia de transporte MPEG-2 (TSP)*, que también constan de un encabezado y de una carga. Los paquetes de transporte consecutivos forman la secuencia de transporte MPEG-2.⁶ La Figura 61 muestra la relación entre los diferentes elementos de datos. Si los datos de un paquete PES no están completamente llenando el paquete de transporte, el paquete de transporte es llenado con bytes de relleno (hex FF). El inicio del próximo paquete PES, es luego puesto en el próximo paquete de transporte. Esto ayuda al decodificador de video a fácilmente sincronizar el encabezado PES, lo cual ahora siempre ocurre en el inicio de la carga del paquete de transporte.

En primera instancia, parece extraño segmentar en paquetes la secuencia elemental, y luego poner estos paquetes en algunos otros paquetes. Sin embargo, ambas capas fueron creadas con objetivos diferentes. Los encabezados de los paquetes PES, añaden información adicional directamente relacionada a la secuencia elemental (ejemplo, el tipo de la secuencia [audio o video], o información de copyright). Esta información es, en general, independiente de la empleada en el mecanismo de entrega. El encabezado del paquete de la secuencia de transporte, por otro lado, provee información que es utilizada para transportar y entregar la secuencia, esto incluye herramientas para multiplexar

⁶ Debido a que las secuencias elementales paquetizadas son utilizadas en ambas secuencias (de transporte y de programa), puede realizarse una conversión entre la secuencia de transporte y la secuencia de programa en el nivel PES. Un procesador de la Capa de sistema MPEG-2, podría extraer los paquetes PES de la secuencia de transporte y ponerlos en los paquetes de la secuencia de programa.

diferentes secuencias de información. Más adelante, se verá a detalle los encabezados de los paquetes de secuencia de transporte y el de los paquetes PES.

Los sistemas MPEG-2 distinguen dos tipos de secuencia de transporte:

- *Secuencias de Transporte de un Solo Programa (SPTS)*: contiene diferentes secuencias PES, las cuales comparten una base de tiempo en común. Las diferentes secuencias PES podrían llevar vídeo, audio diverso, y tal vez información de datos, pero todo sería usado con la misma base de tiempo. Una aplicación de esto, sería una película transmitida en diferentes idiomas.
- *Secuencias de Transporte Multi Programa (MPTS)*: la secuencia de transporte multi programa, es una multiplexación de un número de secuencias de transporte de un solo programa.

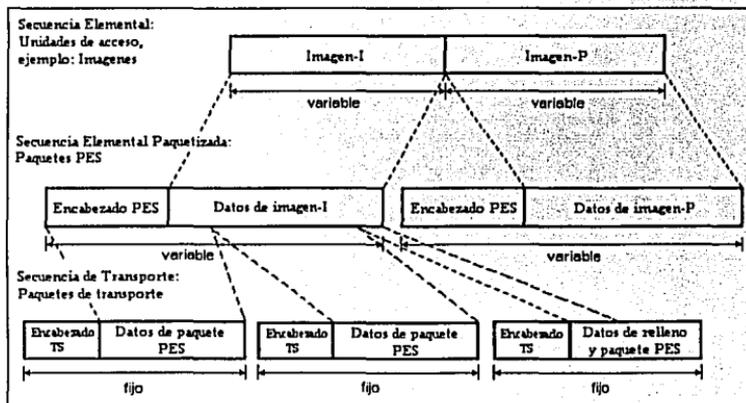


Figura 61. Relación entre unidades de acceso, paquetes PES, y paquetes de secuencia de transporte.

Basándose en las diferentes variantes de las secuencias de transporte, en la Figura 62 se muestra la jerarquía MPEG-2.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

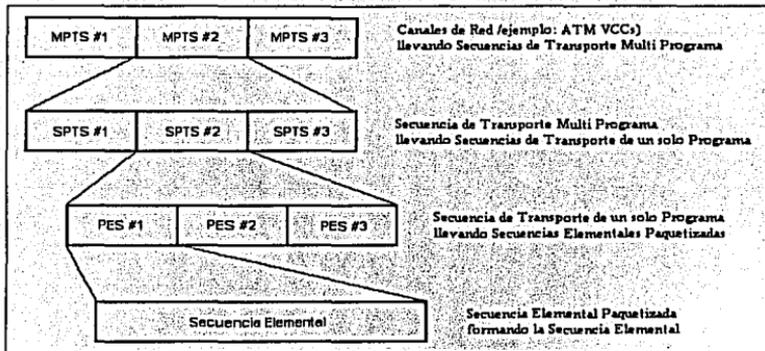


Figura 62. Jerarquía de los Sistemas MPEG-2.

Jerarquía de Sintaxis del Sistema MPEG-2

Como en el video MPEG-2, los sistemas de MPEG-2 emplean una sintaxis jerárquica para describir diferentes objetos. Para la secuencia de transporte podemos apreciar esta sintaxis jerárquica en la Figura 63.

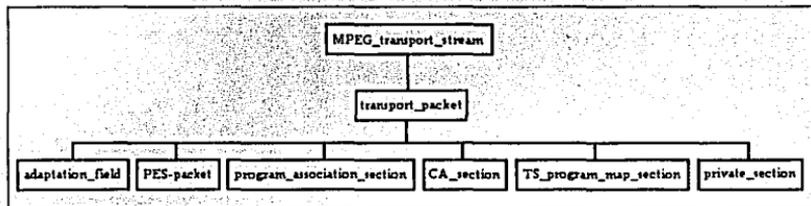


Figura 63. Jerarquía de la Sintaxis de los Sistemas MPEG-2.

Los Paquetes de Transporte

El MPEG-2, define paquetes de transporte de tamaño fijo, con una longitud de 188 bytes. Esta longitud fue elegida con ATM y AAL-1 como un posible método de

transmisión. Un paquete de transporte de 188 bytes mapea exactamente en la carga de cuatro celdas ATM.⁷

Los paquetes de transporte MPEG-2, constan de 4 bytes de información de encabezado, un campo de adaptación de longitud variable y de la carga (payload), conteniendo los paquetes PES. En la Figura 64, podemos apreciar el encabezado del transporte MPEG-2.

Uno de los campos más importantes en el encabezado, es el llamado PID (identificador de paquete), el PID es empleado para identificar los paquetes de transporte que llevan los datos PES desde la misma secuencia elemental, pero también define el tipo de dato que es transportado en la carga del paquete, algunos valores de PID están predefinidos y tienen un significado especial en el contexto del estándar de los sistemas MPEG-2. En la Tabla 25, es posible ver algunos de los valores PID posibles. Por ejemplo, para los paquetes de transporte con un PID en 0, la carga de los paquetes de transporte consta de un programa de estructuras de tablas (estas tablas actualmente pertenecen a los denominados programas de información específicos). Los paquetes de transporte con un valor de PID de 0 x 10, por ejemplo, lleva datos PES que vienen de una secuencia elemental de audio o vídeo.

Además del PID, el encabezado del paquete de transporte contiene varios campos de control, los cuales se emplean para indicar la aparición de otros campos en el encabezado, y también, proporcionar información a cerca de la carga del paquete de transporte. Un campo muy importante, es el *campo de adaptación*, el cual se describe a detalle en la próxima sección. La Tabla 26, nos da una breve descripción de todos los campos del encabezado.

Valor del PID	Descripción
0 x 0000	Tabla de asociación de programa
0 x 0001	Tabla de acceso condicional
0 x 0002 -- 0 x 000F	Reservado
0 x 00010 al 0 x 1FFF	Disponible para secuencias PES, tabla de mapeo, tablas de red.
0 x 1FFF	Paquete nulo

Tabla 25. Secuencias de transporte PIDs definidas.

⁷ Una celda de ATM tiene 48 bytes de carga (payload), pero un byte de la carga es usado para la información de overhead (información adjunta) de la Capa 1 de Adaptación de ATM (4 X 47= 188).

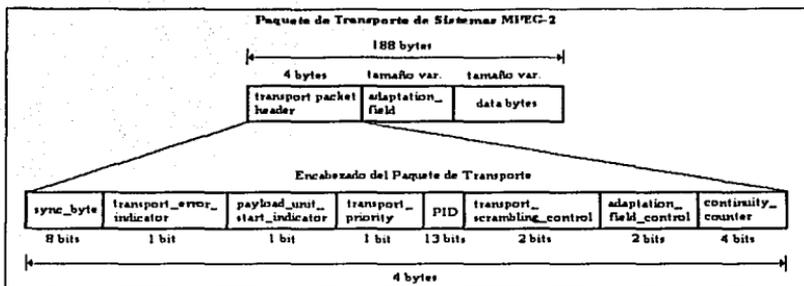


Figura 64. Encabezado del paquete de Transporte.

Campo del encabezado del Paquete de Transporte	Descripción
sync byte	Tiene un valor de 47 (hexadecimal), y es utilizado para identificar el inicio de un paquete de transporte.
transport_error_indicator	Indica un error de byte en este paquete de transporte.
payload_unit_start_indicator	Indica que el primer byte de la carga del paquete de transporte, es el principio de una unidad de carga (ejemplo, un paquete PES o una tabla PSI, como será explicado posteriormente).
transport_priority	Puede ser empleado para indicar una prioridad relativa de los paquetes de transporte.
PID	Identificador de Paquete.
transport_scrambling_control	Indica el scrambling (codificación de cualquier señal para su protección) para la carga del paquete.
adaptation_field_control	Indica si el encabezado es seguido por un campo de adaptación y/o la carga.
continuity_counter	Un contador que es incrementado para cada paquete de transporte con el mismo PID, el cual contiene la carga. Lo convierte en 0 después de alcanzar su máximo valor. Este contador, puede utilizarse para determinar la pérdida de paquetes.

Tabla 26. Campos del encabezado del paquete de transporte.

El Campo de Adaptación

Es un campo opcional en el encabezado del paquete de la secuencia de transporte, el cual contiene información adicional que es empleada para recuperar el reloj y funciones de empalme. Aunque los datos que contiene son muy importantes para el procesamiento de la secuencia de transporte MPEG, no se requiere tener los datos asociados con cada paquete de transporte. A causa de esto, el campo fue hecho opcional y es utilizado por demanda en los paquetes de transporte. Uno de los campos más importante en el campo de adaptación, es el `program_clock_reference` (PCR), el campo PCR contiene información de fecha y hora (timestamp), que es empleada por el decodificador para sincronizar su reloj al reloj del codificador. Mas adelante será explicado a detalle este concepto. Además de la información del timestamp, el campo de adaptación tiene una sección para transportar datos confidenciales, los cuales no están definidos por el estándar MPEG-2. En la Figura 65, se encuentra, de manera simplificada, la estructura del campo de adaptación. Así mismo, en la Tabla 27 se describen los diferentes campos.

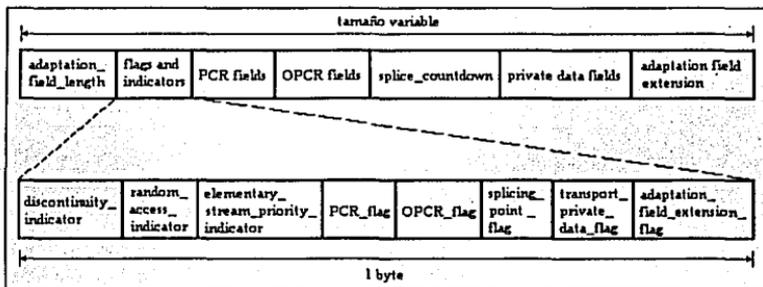


Figura 65. Encabezado del campo de Adaptación.

Como se pudo apreciar en la Figura 65, el campo de adaptación contiene un número de banderas o indicadores al inicio de la estructura. Las banderas determinan las estructuras restantes del campo de adaptación, por ejemplo, si el `PCR_flag` fuera puesto en 1, un número de campos relacionados al PCR, serían presentados en el campo de adaptación. Los bits de indicación, se usan para dar información acerca de la carga. Por ejemplo, el bit `elementary_stream_priority`, puede establecerse si la carga contiene datos muy importantes (como una imagen-I, en el caso del video). Se presenta una breve descripción de estos campos en la Tabla 27.

Estructura del Campo de Adaptación	Descripción
adaptation_field_length	Contiene la longitud del campo de adaptación.
PCR_fields	Contiene la Referencia del Reloj de Programa.
OPCR_fields	Contiene la Referencia original del Reloj de Programa.
splice_countdown	Es empleado para soportar las funciones de empalme.
private_data fields	Consta de un campo de longitud y de los bytes de datos confidenciales actuales.
adaptation field extension	Proporciona más información, para soportar el empalme y la multiplexación de secuencias de transporte.

Tabla 27. Campos del campo de adaptación.

Empalme de las Secuencias de Transporte

El campo de adaptación y la extensión del campo de adaptación, contienen elementos de sintaxis que soportan la concatenación de dos secuencias PES diferentes. Un ejemplo de concatenación, podría ser la inserción de un programa "de última hora" dentro de un programa actual. Si dos secuencias PES deben ser concatenadas, se requeriría conocer donde comienza o termina una unidad de acceso de audio o de vídeo. De otra forma, las partes de las diferentes unidades de acceso serían mezcladas, lo cual conduciría a notables efectos en la presentación del audio o vídeo. Sin embargo, este requerimiento significaría que el multiplexor de la secuencia de transporte MPEG-2, tendría que decodificar los paquetes PES, más las unidades de acceso del audio y vídeo, lo cual es completamente un proceso complejo.

Para evitar la decodificación de los paquetes PES y las unidades de acceso transportadas, los puntos de empalme son soportados por los elementos de sintaxis, tanto en el campo de adaptación, como en la extensión del campo de adaptación. Los puntos de empalme, dan indicaciones de dónde un nuevo programa puede insertarse en la secuencia de transporte actual. Por ejemplo, si el campo splice_countdown, en un paquete de transporte, toma el valor de 0, indica que el último byte de la carga del paquete de transporte actual, es también el último byte de una unidad de acceso de audio o vídeo. En este punto, una nueva unidad de acceso de audio o vídeo sería insertada dentro de la secuencia PES actual.

El Paquete PES

Los paquetes PES, son paquetes de tamaño variables con un formato variable. Un paquete PES de vídeo se puede apreciar en la Figura 66.

El formato del paquete PES, está definido por un campo muy al inicio del paquete PES por el stream_id. La Tabla 28, lista algunos de los valores de ID de secuencia definidos por el MPEG-2:

ID de Secuencia	Descripción de la Secuencia
110x xxxx	Un número de secuencia de audio MPEG-2 x xxxx, contiene unidades de acceso de audio.
1110 yyyy	Un número de secuencia de vídeo MPEG-2 yyyy, contiene unidades de acceso de vídeo.
1111 0010	La secuencia DSM-CC MPEG-2, contiene los datos del protocolo DSM-CC.

Tabla 28. ID's de secuencia de PES.

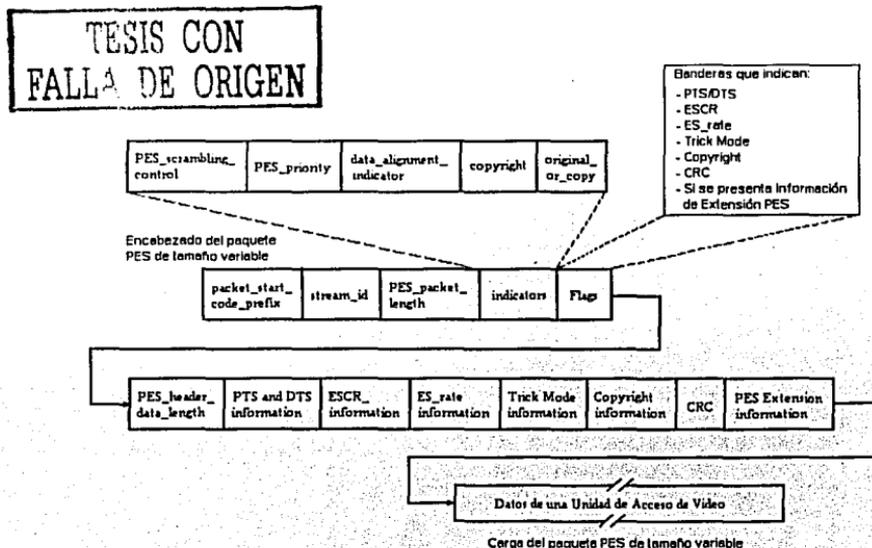


Figura 66. Paquete PES de vídeo.

El ID de secuencia, es seguido por indicadores y banderas. Las banderas, son utilizadas para definir el formato de los paquetes PES; los indicadores son empleados para dar información adicional acerca del contenido de los paquetes PES. La Tabla 29, muestra los indicadores y controles que se presentan en un paquete PES de audio o vídeo.

Las banderas que deben establecerse en el encabezado del paquete PES, son definidas si se presenta la siguiente información en la secuencia de bits:

- Presentación de la información de Time Stamp (PTS) y decodificación de la información de Time Stamp (DTS): en el caso de una secuencia de audio o vídeo, los paquetes PES, deben contener información de time stamp para indicar cuando deben codificarse y presentarse los datos. El DTS es completamente opcional y es solamente utilizada si al decodificar la unidad de acceso, difiere de la presentación actual. Sin embargo, un DTS siempre viene con un PTS asociado.
- Información ESCR y ES_rate: la información de la secuencia elemental del reloj de referencia (Elementary Stream Clock Reference, ESCR) y de la secuencia elemental de la tasa (Elementary Stream rate, ES_rate), proporcionan información de tiempo para el decodificador. Si la secuencia elemental no está incrustada en una secuencia de transporte, esta información puede emplearse similar a la manera en que se emplea el reloj de referencia, en el campo de adaptación del paquete de transporte.
- Información del Modo trick: el campo del modo trick, indica que la carga PES representa una secuencia especial (vídeo). Por ejemplo, un campo trick_mode_control puede ser puesto a un valor que está definido como "reenvío-rápido", cuando una función de reenvío rápido es iniciada en una aplicación de vídeo interactivo sobre demanda (Interactive Video on Demand, IvoD). Existen configuraciones similares para el movimiento lento (slow motion), retroceso rápido o lento, o el congelamiento de la imagen.

Indicador	Descripción
PES_scrambling_control	Define si la carga es codificada, si lo es, qué tipo fue definido por el usuario.
PES_priority	Puede establecerse para indicar una alta prioridad del paquete PES actual.
data_alignmet_indicator	Señala que la carga comienza con un código de inicio de audio o vídeo.
copyright	Indica que la carga está protegida con los derechos de autor.
original_or_copy	Indica si la carga es el original o una copia.

Tabla 29. Indicadores del encabezado del paquete PES.

- Información de copyright: si este bit está en 1, los datos en el paquete PES están protegidos con los derechos de autor. Esta información podría ser empleada para implementar una copia de protección sencilla. Por ejemplo, ciertas operaciones (como almacenar datos en un disco), serían deshabilitadas después de que se comprueba el bit de copyright.

- Información de CRC: los paquetes PES, pueden contener un valor de CRC, el cual es calculado sobre la carga PES de los paquetes PES previos.
- Información de Extensión PES: la extensión PES, contiene varios campos para soportar la manipulación del buffer, así como el soporte para las secuencias del sistema MPEG-1.

4.4.3 Información Específica del Programa

Además de las secuencias de información de audio y vídeo, el sistema de transporte MPEG-2, también lleva información de administración y control. Esta información es usada para diferentes grupos de secuencias de audio y vídeo que se encuentran juntas en programas. De acuerdo al estándar del sistema MPEG-2, un programa está definido como un número de secuencias elementales que comparten una base de tiempo en común. La información acerca de esta base de tiempo, por lo tanto, tiene que ser transmitida periódicamente por la secuencia de transporte MPEG-2. Un ejemplo de un programa podría ser una secuencia de vídeo, la cual es combinada con dos secuencias de audio y una secuencia de datos confidenciales, las dos secuencias de audio, podrían ser usadas para soportar diferentes lenguajes, y la secuencia de datos confidenciales, podrían contener la información del subtítulo.

Todas las estructuras de información relacionadas a la administración y al control de los programas, son agrupados en la *Información Específica del Programa*. La Información Específica del Programa (PSI, por sus siglas en inglés), es básicamente un conjunto de tablas que son enlazadas en conjunto. Existen cuatro tablas definidas por los sistemas MPEG-2, formando el PSI:

- Tabla de Asociación al Programa (PAT, Program Association Table)
- Tabla de Mapeo del Programa (PMT, Program Map Table)
- Tabla de Información de Red (NIT, Network Information Table)
- Tabla de Acceso Condicional (CAT, Conditional Access Table)

El punto de inicio en una secuencia de transporte multi-programa, es la tabla de asociación al programa. Puede encontrarse en los paquetes de transporte con el valor de PID 0, y proporciona la información inicial de que programas son transportados en la secuencia de transporte. Para cada programa en la secuencia de transporte, la tabla de asociación al programa, contiene una entrada con un número de programas y un valor PID correspondiente, este valor PID, identifica esos paquetes de transporte que transportan otra tabla, la tabla de mapeo del programa. En la Figura 67, el PAT indica que para el programas #15, la tabla de mapeo del programa se encuentra en los paquetes de transporte con un valor PID de 200.

La tabla de mapeo del programa, proporciona un campo llamado *elementary_PID*. Este campo contiene el PID de estos paquetes de transporte, llevando paquetes PES para un programa específico. En la Figura 67, los paquetes PES de vídeo para el programas #15

serían encontrados en los paquetes de transporte con el PID de 500. Los paquetes de audio correspondientes a este programa estarían en los paquetes de transporte con valores PID de 510 y 520. Otro campo de mapeo del programa (el `stream_type`), define el tipo de la secuencia PES encontrada en los paquetes del programa identificado por el campo `elementary_PID`. Por ejemplo, el valor `0x01` indicaría una secuencia de vídeo de MPEG-1, `0x02` sería usado para una secuencia de vídeo MPEG-2, y `0x06` indicaría un datos confidencial. Un programa estándar debe solamente usar dos PIDs diferentes, uno para la información de vídeo y otra para la información de audio. Sin embargo, diferentes lenguajes podrían ser codificados individualmente dentro de secuencias de audio separadas, y también podría implementarse el despliegue de texto. La tabla de mapeo del programa, también, contiene los tan llamados *descriptores de secuencia*, los cuales son empleados para dar información adicional relacionada a las secuencias perteneciente al programa. Por ejemplo, un *descriptor de vídeo*, puede proporcionar información acerca de la tasa de muestreo de crominancia, la combinación del nivel de perfil, o la tasa del frame, las cuales son utilizadas para la secuencia elemental del vídeo. La Tabla 30, muestra los descriptores de secuencia relacionados al vídeo que están definidos por los sistemas MPEG-2.

En el PAT, el programa #0 tiene un significado especial. El PID asociado con el programa #0, identifica esos paquetes llevando la tabla de información de red. La tabla de información de red, transporta información acerca de la red de entrega, la cuál es empleada para entregar la secuencia de transporte. El MPEG-2, no define el contenido de la tabla de información de red y deja esto al proveedor de red.

La última estructura PSI que es mencionada anteriormente, es la tabla de acceso condicional, esta tabla contiene información del método de encriptación usado para los datos de audio o vídeo, también, contiene entradas para los PIDs, el cuál identifica los paquetes que conducen la información de control por los sistemas scrambling. La tabla de acceso condicional, es transportada en los paquetes de transportes con el valor PID de 1. La Figura 67, muestra la relación entre las tablas PSI.

Descriptor de Secuencia	Descripción
<code>video_stream_descriptor</code>	Proporciona información acerca de la secuencia de vídeo codificada (por ejemplo, la tasa del frame, la información de nivel y perfil, así como la información de cromo).
<code>hierarchy_descriptor</code>	Provee información para el soporte de la escalabilidad del vídeo.
<code>data_stream_alignment_descriptor</code>	Indica qué objeto de vídeo es alineado con el inicio de la carga del paquete PES (por ejemplo, un corte, una unidad de acceso de vídeo, un grupo de imágenes, o una secuencia de vídeo).
<code>target_background_grid_descriptor</code> , <code>video_window_descriptor</code>	Puede emplearse para posicionar la imagen decodificada en la pantalla, si la imagen no está ocupando la pantalla completa.

Tabla 30. Descriptores de secuencia relacionados al vídeo.

Secciones de la Tabla PSI

La información de la Tabla PSI, puede ser dividida en secciones, las cuales son luego mapeadas dentro de los paquetes de transporte MPEG-2. Existen diferentes estructuras de sintaxis de sección para soportar PAT, PMT, CAT, y tablas de datos reservados. El encabezado de la estructura de sintaxis de sección, proporciona los campos para indicar el tipo de sección, la longitud de la sección, el número de sección actual, así como el número total de secciones que construyen la tabla PSI. Para la sección de los datos reservados, el número de sección y el número total de campos de sección, son opcionales. La Figura 68, muestra la división de la información PMT dentro de secciones y el mapeo de las secciones dentro de los paquetes de transporte. No se permiten intervalos entre secciones consecutivas, y el último paquete de transporte es llenado con bytes de relleno.

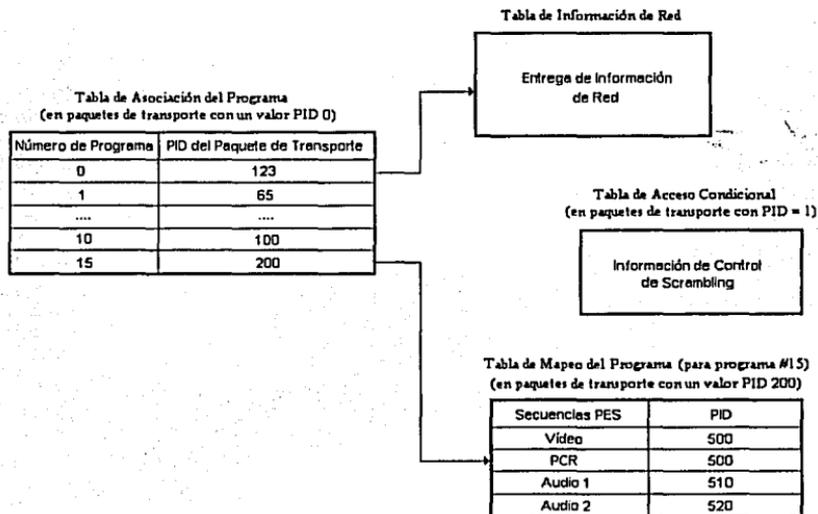


Figura 67. Relación entre Tablas PSI.

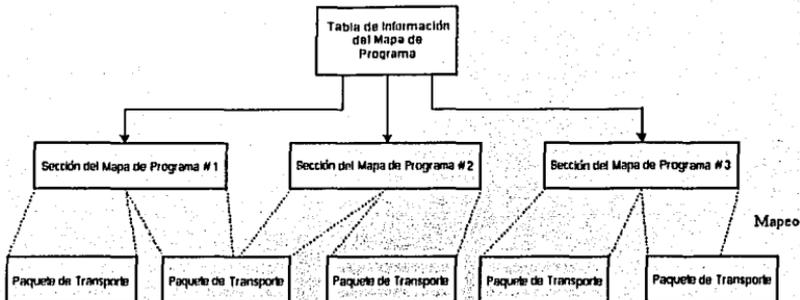


Figura 68. Mapeo de la sección PSI en el caso de un PMT.

4.4.4 Referencia del Reloj de Programa (PCR, Program Clock Reference)

En las secciones anteriores, se describió como son transportados el audio y vídeo en las secuencias de transporte MPEG-2. Durante el proceso de decodificación, un decodificador MPEG-2, colecciona todos los paquetes de transporte MPEG-2 con el mismo PID, y construye/reensambla las unidades de acceso, en este punto, los datos de audio o vídeo no son aún decodificados, ni presentados al usuario. El tiempo en el que las unidades de acceso deben ser decodificadas y presentadas al usuario, es soportado por la información, previamente mencionada, con los datos de fecha y hora (timestamps) de decodificación (DTS) y presentación (PTS).

El decodificador por lo tanto, requiere un reloj interno, que puede usarse para determinar cuando ha llegado el tiempo de decodificación o presentación. Este reloj tiene que ser sincronizado, de manera muy exacta, con el reloj que fue utilizado cuando fueron creados los timestamps de presentación y codificación. Para las secuencias de transporte de MPEG-2, este reloj es conocido como el Reloj de Programa, y puede emplearse para uno o más programas en las secuencias de transporte del MPEG-2. Para asegurarse que el Reloj de Programa, en el decodificador, está sincronizado con el reloj utilizado para el programa de codificación/multiplexación, se transmite un timestamp de PCR (Referencia del Reloj de Programa) periódicamente.

Se eligió una frecuencia de 27MHz para el PCR, para ser compatible con la tasa de muestreo del CCIR-601, la cual es de 13.5MHz para los sistemas PAL y NTSC. Una frecuencia de 27MHz, implica un incremento de el reloj cada 37ns, lo que conduce a un contador de 42 bits para cubrir las 24 horas del día.

El PCR es transportado en dos partes en el campo de adaptación del encabezado del paquete de transporte, particularmente el `program_clock_reference_base` y el `program_clock_reference_extensión`. Las dos partes representan dos contadores, corriendo

a 90KHz y 27MHz. La razón por la cual el campo PCR se divide en dos partes, es debido al hecho de que el MPEG-1, estaba sólo usando una base de tiempo de 90KHz, para ser compatibles en esta parte, la parte de 27MHz fue realizada con un campo de extensión. Otra razón para tratar el PCR de esta forma, es el formato de los timestamps de decodificación y presentación, sin embargo, existen 33 bits de ancho que pueden ser comparados fácilmente con el valor del campo base de PCR. La Figura 69, muestra los campos del PCR.

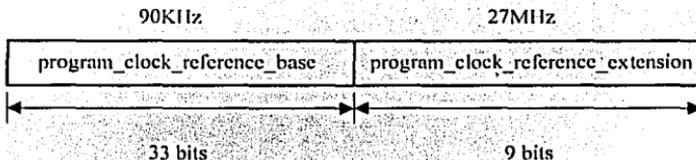


Figura 69. Los campos de PCR en un campo de adaptación del paquete de transporte.

4.4.5 Detección de Errores en los Sistemas MPEG-2

La parte de los Sistemas de MPEG-2, también proporcionan la funcionalidad para detectar errores en la secuencia de transporte. La mayor parte de las detecciones de errores, es llevada a cabo con partes de la secuencia de transporte del encabezado del paquete, tal como se puede apreciar en la Figura 70.

- **Bit de indicación de error de Transporte:** Este bit puede ser puesto por el equipo de MPEG-2 (ejemplo: por un multiplexor de secuencia de Transporte MPEG-2), para mostrar que este paquete de transporte tiene un error en el encabezado o en la carga (payload). Cuando un paquete de transporte, que es etiquetado con este bit, es recibido por el decodificador, el decodificador tomaría las acciones necesarias para decodificar el paquete con mecanismos de encubrimiento de errores. Esto indicaría, que el nivel de calidad de los servicios de red tendrían que incrementarse.
- **Bit de prioridad de Transporte:** Con este bit habilitado, el paquete de transporte es etiquetado como un paquete de prioridad alta. Este debería recibir un trato de prioridad alta, en el caso de existir congestión en la red, donde se requiere que algunos datos sean descartados. Una aplicación debería ser etiquetar esos paquetes de transporte que llevan información de video_sequence_header, como un paquete de prioridad alta. Desde que los protocolos de red, como ATM, tienen definidos, de forma similar, estos bits de prioridad, es posible contar con una relación entre la prioridad del paquete de transporte MPEG-2 y la prioridad de la red.
- **Bits del contador de Continuidad:** El valor de estos cuatro bits es incrementado por cada paquete de transporte con el mismo PID. Con este tipo de contadores de pérdida de paquetes, los eventos son fáciles de detectar.

- Bit de prioridad de la Secuencia Elemental: Es similar al bit de prioridad de transporte, pero en el nivel del paquete PES (ver Figura 66).

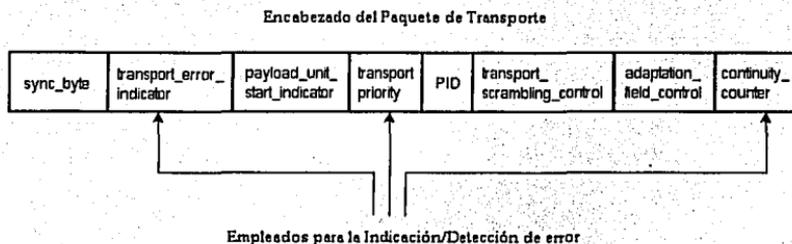


Figura 70. Bits a usar para la prevención e indicación de error.

Además de estos bits de indicación, el MPEG-2 también hace uso del checksum CRC en diferentes partes para proteger la información transportada. El encabezado del paquete PES, puede contener un campo adicional, el cual es utilizado para transmitir un valor CRC calculado sobre los bytes de los datos de los paquetes PES previos. Los valores CRC, se utilizan también para cada una de las tablas PSI.

4.5 Medio de Almacenamiento Digital – Control y Comandos (DSM-CC)

4.5.1 Introducción

Además de tratar con los aspectos de audio y vídeo de los sistemas de vídeo digital, el grupo de estandarización MPEG, trabaja en otros puntos relacionados con las redes. Con el diseño y la arquitectura de los servicios multimedia, rápidamente se determina la necesidad de un estándar que controle el flujo de la información entre la fuente del vídeo y el equipo receptor. Este trabajo, lo inició el grupo DSM-CC.

Los protocolos de DSM-CC, proporcionan otros protocolos de red, como señalamiento B-ISDN o protocolos de transporte, para cubrir todos los requerimientos de las redes de vídeo. El señalamiento DSM-CC, asume que ya han sido establecidos los enlaces de red entre las diferentes entidades, esto puede realizarse manualmente, por ejemplo, utilizando herramientas de control y administración de la red, o podría ser realizado con protocolos de señalamiento de red, como los que están definidos por B-ISDN y ATM. La Figura 71, muestra el protocolo DSM-CC, en relación a otros protocolos en un sistema de vídeo por demanda.

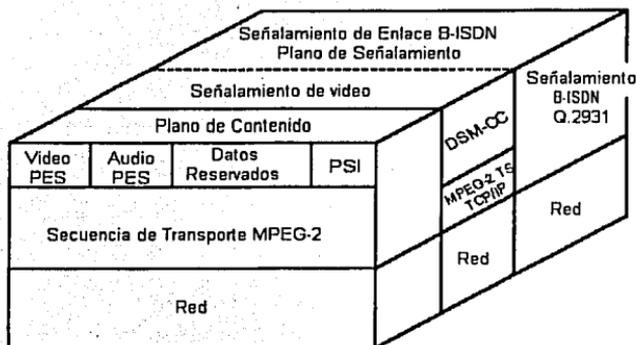


Figura 71. El DSM-CC en el video por demanda.

Después de que el enlace inicial ha sido establecido, entre las dos entidades en la red de entrega del video, el DSM-CC provee la funcionalidad para continuar la configuración de una sesión de aplicación. Ya que esta configuración de sesión, se da en la interfaz entre el equipo del usuario y la red, el DSM-CC define un protocolo DSM-CC usuario a red. Una vez que la sesión de aplicación ha sido establecida, además de establecerse enlaces lógicos entre un servidor de video y un set top box⁸. Un enlace lógico, debe emplearse para los datos de usuario (como el video codificado MPEG-2), y otro enlace lógico debe emplearse para controlar lo que está sucediendo en el enlace de los datos del usuario (ver Figura 72).

⁸ Receptores que convierten y despliegan emisiones de una frecuencia o de un tipo análogo (cable, cable digital o televisión digital), a una frecuencia estándar (normalmente canal 3 o 4) para su despliegue en una televisión analógica estándar.

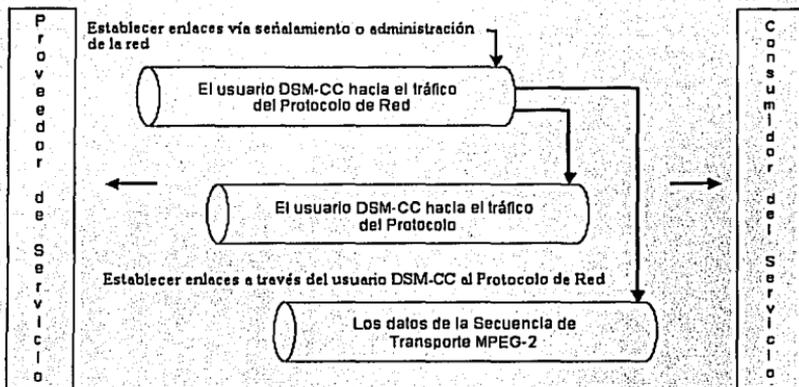


Figura 72. Enlaces entre el servidor y el cliente.

El DSM-CC, define una serie de servicios (como la manipulación de la secuencia de vídeo) en el servidor, que pueden ser utilizados por el cliente, ya que estos servicios son solamente relevantes entre dos entidades de usuario (ejemplo: el servidor y el cliente), el estándar DSM-CC, se refiere a ellos como la interfaz DSM-CC usuario-usuario.

Estas dos interfaces DSM-CC, son fundamentalmente diferentes, la interfase usuario-red tiene mucho en común con los protocolos de señalamiento de la Capa 3 de OSI, como las estructuras PDU y los procedimientos para establecer sesiones. La Figura 73, ilustra las dos interfaces de direcciones DSM-CC.

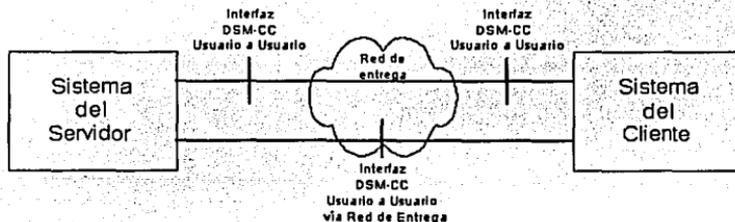


Figura 73. Interfaces DSM-CC Usuario-Red y Usuario-Usuario.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.5.2 Operaciones Usuario-Red

Las operaciones usuario-red, principalmente se enfocan en la administración y control de las sesiones entre el equipo del usuario y la red. El equipo del usuario, puede ser o el servidor de vídeo o el cliente (ejemplo: un settop box).

Para el soporte de las operaciones usuario-red, el DSM-CC define mensajes y secuencias de comandos. Un mensaje DSM-CC usuario-red, siempre consta de un encabezado y una carga (payload), el encabezado del mensaje contiene varios campos importantes como el tipo de mensaje DSM-CC, el identificador de mensaje (messageId) y un identificador de transacción (transactionId). En la Figura 74, se muestra el encabezado del mensaje, y los campos que le pertenecen son descritos brevemente en la Tabla 31.

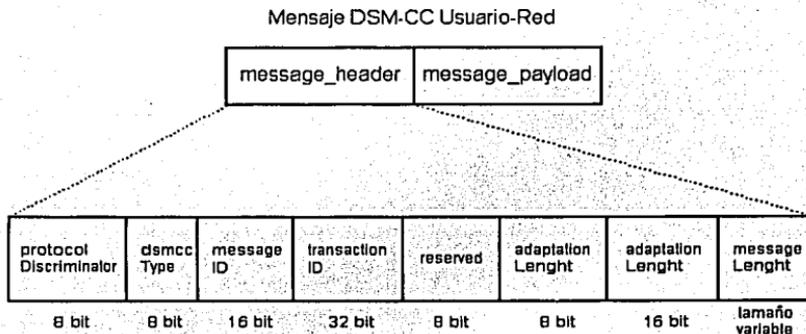


Figura 74. Encabezado del mensaje DSM-CC.

Encabezado del Campo	Descripción
Protocol Discriminator	Identifica este mensaje como un mensaje DSM-CC.
DsmccType	Identifica el tipo del mensaje DSM-CC, (ejemplo: el mensaje podría ser un mensaje de configuración usuario-red, un mensaje usuario-red, un mensaje de configuración usuario-usuario, o un mensaje usuario-usuario).
MessageId	Consta de tres partes: <ul style="list-style-type: none"> Message Discriminator: indica si el mensaje es pasado entre el cliente y la red o el servidor y la red. Message scenario: describe el escenario en el que el mensaje es actualmente usado (ejemplo: durante la sesión de configuración). MessageType: indica si el usuario o la red, esta enviando el mensaje, y si el mensaje intercambiado es iniciado por el usuario o la red. El messageType puede ser: <ul style="list-style-type: none"> Request: enviado del usuario a la red. Confirm: enviado de la red al usuario en respuesta a la petición (Request) - Indicación: enviado de la red al usuario. Response: enviado del usuario a la red en respuesta a la indicación. <p>Basándose en estos componentes, el DSM-CC está definiendo mensajes, los cuales son listados en la Figura 77.</p>
TransactionId	Es un identificador único para soportar el procesamiento de mensajes.
adaptationLength	Da la longitud del encabezado de adaptación dsmcc opcional.
messageLength	Da la longitud del mensaje.
dsmccAdaptationLeader	En un campo de encabezado opcional para soportar el acceso condicional o información definida del usuario.

Tabla 31. Campos del encabezado del mensaje DSM-CC.

- Mensajes de Configuración Usuario-Red:** Mensajes de configuración que son usados para transmitir específicamente DSM-CC, red, o incluso parámetros de configuración definidos por el usuario entre el equipo del usuario y la red. Estos parámetros, pueden incluir valores de tiempo y contadores para la sesión DSM-CC, y protocolos de administración de recursos, así como también, parámetros de la red como direcciones del cliente y el servidor. En la Tabla 32, se listan los mensajes de configuración usuario-red definidos.
- Mensajes Usuario-Red (Administración de Sesión y Recursos):** Este grupo de mensajes, es utilizado para establecer y administrar las sesiones de aplicación de vídeo. Forma una parte muy esencial del estándar DSM-CC, y se explica a detalle en la sección de Mensajes Usuario-Red.

Nombre del Mensaje	Descripción
UNCnfigRequest	Enviado del usuario a la red para la configuración de la petición de la red.
UNCnfigConfirm	Enviado de la red al usuario en respuesta a un UNCnfigRequest.
UNCnfigIndication	Enviado de la red al usuario para configurar un dispositivo del usuario.
UNCnfigResponse	Enviado del usuario a la red en respuesta a un UNCnfigIndication.

Tabla 32. Mensajes de configuración DSM-CC.

4.5.3 Mensajes Usuario-Red

Un mensaje usuario-red, consta del encabezado del mensaje y de la carga del mensaje (payload). La carga del mensaje, consta de campos de datos, un número de descriptores de recursos opcionales, y bytes de datos definidos por el usuario. Los campos de datos son normalmente definidos como un número fijo de bytes, conteniendo un valor simple como un contador, un identificador, o un código de razón.

Los descriptores de recursos, son objetos más complejos, basados en una estructura descriptora de recursos comunes. Es posible apreciar diferentes descriptores de recursos gracias a un campo tipo en esta estructura. En la Figura 75, se pueden apreciar los campos de datos definidos, así como los descriptores de recursos.

Los campos de datos llevan más información general, como identificador de sesión, identificadores de cliente o códigos de razón, el identificador de sesión, por ejemplo, es un campo muy importante en los mensajes usuario-red del DSM-CC. Las implementaciones del servidor y el cliente, pueden hacer uso del identificador de sesión para no perder de vista los recursos pertenecientes a una sesión, asignándoles el identificador de sesión. Si la sesión es liberada después, los recursos identificados por el identificador de sesión, pueden ser liberados también. Así mismo, el identificador de sesión, es utilizado si ciertos recursos deben ser añadidos o removidos de una sesión específica.

Nombre del Campo	Descriptores del Recurso
cSessionId	ContinuousFeedSession
clientId	AtmConnection
deviceId	MpegProgram
reason	PhysicalChannel
response	TSPUpStreamBandwidth
resourceCount	TSDownStreamBandwidth
serverId	AtmSvcConnection
sessionId	AtmConnectionNotify
sessionNum	IP
statusByte	ClientTDMAAssignment
statusCount	SharedResources
statusType	SharedResourceId
userId	UserDefined
	TypeOwner

Figura 75. Campos de datos y descriptores de recursos en DSM-CC.

Un descriptor de recurso, lleva la información relacionada al recurso (ejemplo: el ancho de banda a ser empleado para los datos del vídeo). Los datos de recurso están, por lo tanto, muy relacionados a la red de entrega fundamental, y a los elementos de los datos MPEG-2 transportados. Los datos de recurso están siempre relacionados a una sesión específica, como un ejemplo, el descriptor de recurso "Atm Connection" usa el campo de recurso mostrado en la Tabla 33.

Campo del Recurso	Descripción
atmAddress	La dirección ATM del cliente/servidor.
AtmVci	El valor VCI ATM usado por la sesión.
atmVpi	El valor VPI usado por la sesión.

Tabla 33. Recurso usuario-red del DSM-CC: Conexión ATM.

Con todos los elementos de carga (payload) mencionados, los campos de datos y los descriptores de recursos, es como el estándar DSM-CC define los mensajes usuario-red. En la Figura 76, se resume los bloques de construcción de un mensaje Usuario-Red del DSM-CC.

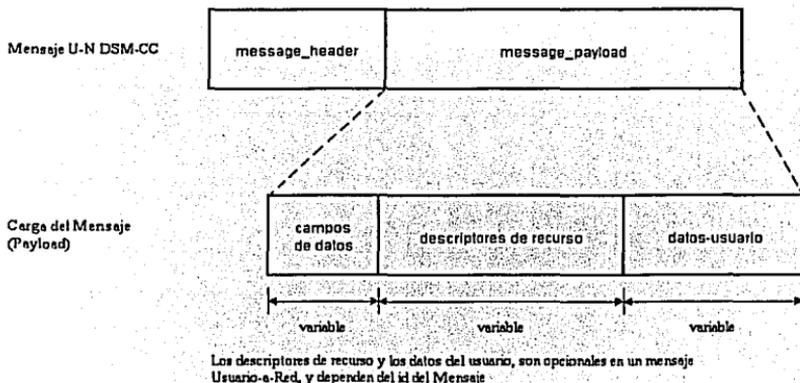


Figura 76. Componentes del mensaje usuario-red del DSM-CC.

El DSM-CC, define mensajes para la comunicación entre el cliente y la red, así como mensajes para la comunicación entre el servidor y la red. La Figura 77, muestra los mensajes usuario-red más importantes:

Los mensajes listados anteriormente, son entonces utilizados en secuencias de comando. Las secuencias de comando pueden ser separadas en tres grupos: 1) secuencias de comando iniciadas por el usuario, 2) secuencias de comando iniciadas por el servidor y 3) secuencias de comando iniciadas por la red.

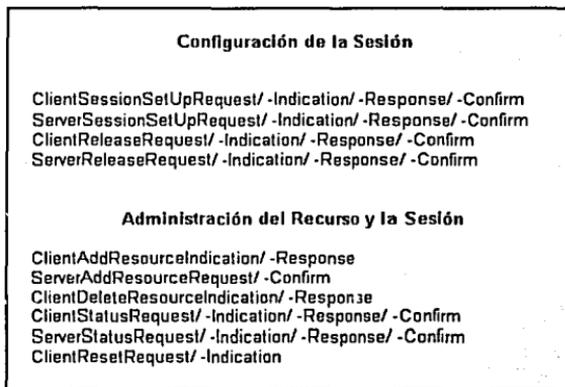


Figura 77. Mensajes usuario-red del DSM-CC.

- **Secuencias de Comando iniciadas por el Usuario**

Un ejemplo es la secuencia de comando para establecer la sesión. La secuencia de comando es procesada, mientras un cliente (ejemplo: un set top box) está en línea y una sesión de aplicación tiene que ser establecida con el servidor. La Figura 78, muestra el curso de un mensaje simplificado para esta secuencia de comando.

Además de esta secuencia de comando, están definidas otras secuencias de comando iniciadas por el cliente:

- **Liberación de una sesión:** La secuencia de comando para liberar una sesión, es procesada cuando el usuario deja la aplicación y los recursos asignados previamente pueden ser liberados.
- **Secuencia de comando de la petición de estado:** Un cliente puede enviar un mensaje de petición de estado, para obtener información acerca de la sesión activa actualmente, la configuración que es utilizada por una sesión, y el estado de una sesión específica.

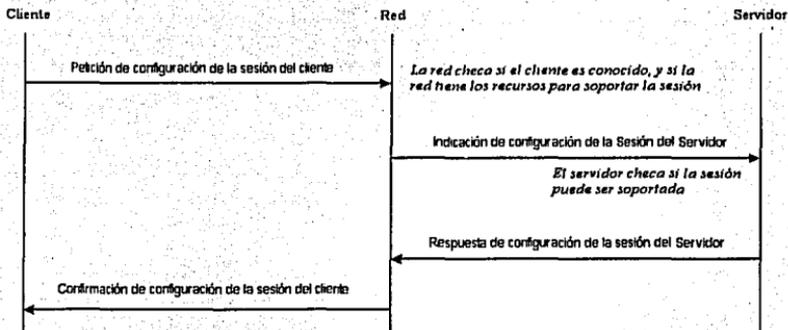


Figura 78. Secuencias de comando de configuración de la sesión

- ***Secuencias de Comando iniciadas por el Servidor***

Un ejemplo, es la configuración de la secuencia de comando de la sesión de alimentación continua, donde un programa es difundido (broadcast) a un número de clientes. Otras secuencias de comando iniciadas por el servidor son:

- ***Secuencia de comando de configuración de la sesión:*** Algunas aplicaciones requieren que una sesión sea establecida del lado del servidor. Ejemplos de esto, podrían ser las aplicaciones de tele-aprendizaje, o difusiones especiales, donde el control central es implementado.
- ***Reprovisión del recurso de sesión, añadir secuencias de comandos de recursos:*** estas secuencias de comando son ejecutadas si, por alguna razón, los recursos asignados tienen que ser modificados o tienen que añadirse nuevos recursos a la sesión. Un ejemplo, podría ser una aplicación que requeriría un canal de datos lógico adicional, entre el servidor y el set top box (ejemplo, para soportar la descarga de los datos).
- ***Liberar la sesión, secuencias de comando de liberación de la sesión de alimentación continua:*** algunas veces el servidor requiere tirar una sesión, por ejemplo, para mantenimiento del desempeño del sistema (performance).

- ***Secuencias de Comando iniciadas por la Red***

Las secuencias de comandos iniciadas por la red, son principalmente sesiones que tiran las secuencias, si, por alguna razón, la red ya no es capaz de proporcionar los servicios de red solicitados. Además de las sesiones de

secuencias tiradas, la red *polla*⁹ el equipo del usuario por medio de las peticiones de estado del cliente o del servidor. El resultado de la secuencia del *pollco*, podría conducir a tirar una sesión iniciada por la red, de las sesiones entre el servidor y la red, si el cliente no responde más a la petición de estado. Las secuencias de comando iniciadas por la red son:

- Liberar la sesión, liberación de la sesión de alimentación continua.
- Petición de estado del Cliente, petición de estado del Servidor.

4.5.4 Operaciones Usuario-Usuario

La funcionalidad usuario-red del DSM-CC, descrita previamente, es usada para establecer y tirar las sesiones de aplicación del vídeo, o administrar los recursos necesarios para la sesión. Sin embargo, como se mencionó, el DSM-CC también tiene que ver con la comunicación fin-a-fin (end-to-end) entre el servidor y el cliente. Este tipo de comunicación es transparente para la red y es, por lo tanto, definida como operaciones *usuario-usuario*. Las operaciones usuario-usuario, pueden ser agrupadas en dos partes: la comunicación de la aplicación de descarga y la comunicación cliente-servidor.

Comunicación de la aplicación de descarga

Este tipo de operaciones son principalmente utilizadas para cargar códigos ejecutables del servidor al cliente. En un esquema de servicio por demanda, esto podría, por ejemplo, ser un software de navegación, el cual es descargado correctamente después de que la sesión es establecida entre el servidor y el cliente. Para una comunicación de descarga estándar, el DSM-CC, define un sencillo protocolo basado en mensajes, el cual también implementa un básico mecanismo para el control del flujo de los datos. Además de este control de flujo, y del protocolo de descarga punto-multipunto, el DSM-CC, previene el empleo de la difusión para propósitos de descarga. Para el soporte de la descarga por difusión, el DSM-CC introduce la idea de una serie de datos, donde la descarga de los datos es continuamente provisto en un canal de descarga bien definido. Los clientes pueden sintonizar este canal, identificar los datos proporcionados para la descarga, esto analizando periódicamente los mensajes de control de la descarga transmitidos, y finalmente capturar los datos que les interesa.

Comunicación Cliente-Servidor

Después de que una sesión ha sido establecida entre el cliente y el servidor, la implementación del servicio del software de la aplicación puede iniciarse. Este software, normalmente consta de dos componentes, uno siendo ejecutado por el lado del cliente (PC) y otro por el lado del servidor. Ambos componentes se comunican entre ellos para llevar a cabo diferentes tareas. El software del cliente, en la PC normalmente proporciona algunos

⁹ *Polla* es un término que, en comunicaciones, hace referencia a realizar continuas peticiones de datos a otro dispositivo.

tipos de interfase de usuario, permitiendo al usuario navegar y usar el servicio actual. En el software del servidor, las peticiones del usuario son procesadas (ejemplo: la reproducción de un vídeo).

Esta comunicación está muy orientada a la aplicación, y es comúnmente transparente a la red, por ejemplo, para llegar a entender la funcionalidad del VCR en una aplicación del Vídeo Interactivo por demanda, los comandos como el adelanto rápido (fast forward), rebobinado (rewind) o la pausa, tienen que ser transmitidos del cliente al servidor. Estos comandos pueden implementarse usando la parte usuario-usuario del DSM-CC.

Los servicios del vídeo interactivo, son básicamente distribuidos en aplicaciones cliente-servidor, los cuales pueden realizarse de diferentes formas. La industria de la computación, estableció el tan llamado Grupo de Administración de Objetos (OMG, Object Management Group), para definir una común arquitectura orientada a los objetos (CORBA), para el soporte de las aplicaciones distribuidas. Fundamentalmente, esta arquitectura ayuda a definir las interfases que son utilizadas para las funciones de acceso y los servicios implementados por los objetos distribuidos. Las interfases son descritas empleando un Lenguaje de Definición de la Interfase (IDL, Interface Definition Language)¹⁰.

Las operaciones usuario-usuario del DSM-CC, emplean el concepto del CORBA para definir las interfases para diferentes funciones, las cuales son provistas por un sistema servidor. Sin embargo, la compatibilidad con el CORBA lo hace atractivo y no al mismo tiempo. Por un lado, por supuesto, el gran beneficio para soportar ampliamente la plataforma de computación distribuida, esto facilitaría completamente incluir los componentes del servicio de vídeo en grandes sistemas de aplicación de software. Sin embargo, por otra parte, el CORBA implica requerimientos de performance por parte del sistema (ambos en términos de memoria y procesamiento). Esto establece algunas restricciones con respecto al hardware a utilizarse para implementar la aplicación, un clásico ejemplo para una situación donde estas restricciones son un ejemplo, es el bajo costo del settop box, donde los recursos de memoria y procesamiento son muy limitados.

Pero retomemos el ejemplo de la aplicación del vídeo interactivo por demanda. El usuario-usuario del DSM-CC define, por ejemplo, la función para la interfase de manipulación de la secuencia (vídeo), como se puede apreciar en la Tabla 34.

La Figura 79, muestra la definición IDL para la función de desempeño de la secuencia DSM. Se definen tres parámetros de entrada, el inicio (rStart) y la parada (rStop), así como también la escala (rScale), los cuales definen la velocidad y la dirección de la reproducción (adelante/atrás) para esta secuencia.

¹⁰ Si una función necesita usar una de las funciones, no requiere conocer la ubicación del objeto que implementa la función. Si la petición de la función y el objeto solicitado resuelven la ubicación del objeto, se inicia la ejecución de la función, y se entrega el resultado a la aplicación que hizo la solicitud.

Función	Descripción
DSM Stream Pause	Secuencia de envío de parada cuando se llega a una posición específica.
DSM Stream Resume	Secuencia de envío de inicio en una posición específica.
DSM Stream Status	Obtener el estado de la secuencia.
DSM Stream Reset	Reestablecer la secuencia de estado de la maquina.
DSM Stream Jump	Saltar a una posición específica en la secuencia, si se llega a una cierta posición.
DSM Stream Play	Reproducir una secuencia desde la posición A a la posición B.

Tabla 34. La función usuario-usuario del DSM-CC para la interfase de manipulación de la secuencia

Además de la interfase de secuencia, el usuario-usuario del DSM-CC define otras interfaces:

- **Interfase Base y Acceso:** Esta interfase define operaciones y atributos utilizados por otras interfaces.
- **Interfase Directorio:** La interfase Directorio, implementa un servicio de nombres para acceder y encontrar los objetos Usuario-Usuario del DSM-CC por nombres.
- **Interfase Archivo:** La interfase Archivo, proporciona sencillas operaciones de archivo, como leer y escribir. Por ejemplo, el cliente puede salvar un perfil de usuario personal en el servidor.
- **Interfase del servicio Gateway:** La interfase del servicio Gateway provee las funciones necesarias para permitir al cliente acceder a los servicios.

```

client-service IDL syntax
module DSM {
    interface stream : Base, Access {
        void play (
            in AppNPT rStart,
            in AppNPT rStop,
            in Scale rScale)
            raises (MPEG_DELIVERY, BAD_START, BAD_STOP, BAD_SCALE);
    };
};

```

Figura 79. Los campos de datos y los descriptores de recursos en DSM-CC.

Además de estas interfaces centrales, también define las tan llamadas interfaces extendidas, por ejemplo, permitir a una aplicación usar expresiones SQL para buscar una película en la base de datos o implementar mecanismos de seguridad.

Capítulo 5 Aplicaciones del Vídeo MPEG-2

5.1 Mundial de Francia 1998

La Copa Mundial de fútbol, es indudablemente uno de los eventos deportivos, más prestigiados en el mundo. Este evento se realiza cada cuatro años, donde varias selecciones de fútbol de alrededor del mundo, compiten por el honor de levantar el trofeo Jules Rimet, nombrado así, después de ser elegido Presidente de la FIFA (Federación Internacional of Football Associations) en 1921. El Sr. Rimet se empeñó en realizar el sueño de un torneo "abierto a todos los equipos representativos de la Asociación Nacional Afiliada (fútbol)", llevando a la presentación de la primera Copa Mundial de Fútbol en Uruguay (en la Ciudad de Montevideo) en 1930, sólo un año después de que se determinara realizar el torneo. A través de los años, ningún otro evento deportivo ha llegado a alcanzar los niveles de pasión de este deporte.

En 1992, Francia fue seleccionada como el país anfitrión para el torneo de 1998, y pronto, en 1993 las autoridades francesas, establecieron un organismo para promover la coordinación entre el Gobierno Nacional, el Gobierno Local y el Comité Organizador Francés (una Organización creada por la Federación de Fútbol Francés), con el fin de asegurar toda la inversión necesaria, los procesos operacionales, y todas aquellos eventos que serían provistos para garantizar el éxito del torneo. Esto incluyó el diseño y construcción del increíble estadio "Stade de France" en St-Denis, el estadio Olímpico multifuncional más grande del mundo, con capacidad para 800,000 espectadores.

Casi en 1996, 172 selecciones comenzaron a competir por la calificación, buscando un pase de los 30 existentes para la 16ª y última Copa del Mundo del siglo XX. El país anfitrión, así como el Campeón del torneo anterior, automáticamente están calificados, con esto, da un total de 32 selecciones.

Francia '98, fue bien llevada para convertirse, ampliamente, en uno de los eventos más vistos del siglo XX. El 10 de Junio de 1998, a las 5:30 pm CET, el primer partido entre Brasil y Escocia, se llevó a cabo en el estadio "Stade de France". Durante los siguientes 33 días, 63 partidos fueron jugados en 10 Ciudades (Saint-Denis, Paris, Marseille, Nantes, Bordeaux, Toulouse, Lens, Montpellier, Saint-Etienne y Lyon) culminando con la Final, de nuevo en el estadio "Stade de France" el 12 de Julio de 1998.

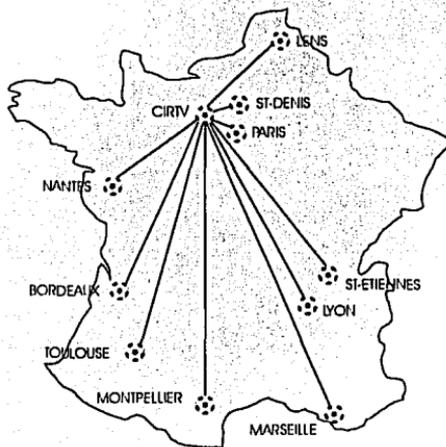
En total, 2.5 millones de espectadores vieron los 64 partidos en vivo. Sin embargo, este número es opacado cuando se compara con la audiencia televisiva total, la cual fue de -40 billones- dos veces el número que vio los Juegos Olímpicos. La Final del torneo mismo, tenía estimada una audiencia televisiva por encima de 1.7 billones.

Tal como se mencionó, no es poco sorprendente entonces, que la capacidad para que de manera acertada, clara y segura, las imágenes del vídeo en tiempo real, de este importante evento global a lo largo del mundo, fuera de suma importancia para los organizadores. La historia de cómo las imágenes capturadas en cada estadio fueran distribuidas a lo largo y ancho del mundo, es un relato de cómo el dirigente, proveedor de Sistemas de Alta Tecnología, tales como Switches ATM GDC APEX, de la Compañía General DataComm

operó de manera perfecta, para proporcionar el servicio más crítico, esto, durante el evento, en cuanto a medios de comunicación se refiere, el más grande del siglo.

5.1.1 El rol de la Compañía General DataComm

Para entender la importancia del papel que jugó el Switch GDC APEX, en la transmisión de la Copa del Mundo Francia '98, es esencial comprender la complejidad en cuanto a la elección de qué imágenes, de cada uno de los estadios (Ver Figura 80), se transmitirían hacia todo el mundo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 80. Ubicación de los Estadios de Francia '98.

5.1.2 La Historia Comienza con la FIFA

Los derechos de transmisión para los 64 partidos de la Copa Mundial, fueron vendidos por la FIFA en 1987, aunque paradójicamente los derechos de propiedad, para las imágenes mismas, permanecen dentro de la FIFA.

Los derechos de Televisión para las Finales de las Copas del Mundo 1990, 1994 y 1998 fueron adquiridas por una corporación de asociaciones de difusión mundial, quienes en conjunto llegaron en la década de los 60's para desarrollar estándares tecnológicos

uniformes e intercambiar material de programación. Subsecuentemente, el difusor Americano ESPN también adquirió los derechos.

Para Francia '98, la responsabilidad de proporcionar las señales de vídeo a las compañías con los derechos de transmisión, fue con el difusor anfitrión TVRS 98, un organismo creado por la compañía de difusión francesa, perteneciente a la Unión Europea de Radio/Televisión.

El difusor anfitrión es completamente responsable de proporcionar la "Señal Internacional", así como de la calidad y fiabilidad de los vídeos e imágenes transmitidas hacia todo el mundo.

Para tener una apreciación más precisa de la magnitud de esta tarea, se requiere hacer uso de algunas estadísticas, antes y durante las Finales. Hubo un total de 6,800 derechos de transmisión, reporteros y técnicos de más de 100 canales de televisión, así como de 150 estaciones de radio de alrededor del mundo que descendieron a Francia para la cobertura del Torneo. Además de este gran número de periodistas y compañías de Comunicación, el TVRS '98 diseñó y construyó en París un Centro Internacional de Televisión y Radio (CIRTV), y proporcionó 4,700 personas para cubrir casi 6,000 horas de material de difusión.

Dentro de la CIRTV, los técnicos de las compañías con los derechos de transmisión expandieron las imágenes proporcionadas por el difusor local, esto, con inserciones locales. Más de 120 millas (200 Km) de fibra, conducían 28 conexiones de vídeo de forma simultánea, de cada uno de los estadios a uno de los 3,000 monitores de televisión dentro del mismo estadio.

En cada estadio un solo vehículo de Control Digital –consumiendo alrededor de 7,000 Kw de fuerza- proporcionó imágenes de televisión personalizada de hasta 48 cámaras por partido. Para construir una red de telecomunicaciones capaz de alcanzar estos niveles de seguridad y confiabilidad, TVRS '98 se inclinó por France Telecom, y es en este punto en donde la Compañía General DataComm y el switch GDC APEX dan comienzo a la historia.

Ciudad	CIRTV (Km)
<i>Bordeaux</i>	579
<i>Lens</i>	199
<i>Lyon</i>	462
<i>Marseille</i>	773
<i>Montpellier</i>	760
<i>Nantes</i>	384
<i>Paris</i>	1
<i>Saint-Denis</i>	4
<i>Saint-Etienne</i>	520
<i>Toulouse</i>	698

Tabla 35. Distancias del CIRTV.

5.1.3 Construyendo la Red

Como uno de los ocho proveedores oficiales para la Copa del Mundo, France Telecom fue el principal proveedor del servicio de telecomunicaciones en el Torneo. En poco tiempo, France Telecom decidió utilizar la tecnología digital de punta (Francia ha argumentado que la red digital más avanzada en su momento) para proveer la red entre cada estadio y el CIRTV (Centro Internacional de Televisión y Radio). Los requerimientos para la red fueron hacia un diseño altamente tolerante a fallas suministrando la difusión de imágenes con calidad de múltiples cámaras en cada estadio detrás del CIRTV. Para llevar a cabo esto, France Telecom seleccionó una arquitectura basada en un sistema de transmisión SDH (Synchronous Digital Hierarchy), usando ATM como una red sobrepuesta. Tal como se puede apreciar en la Figura 81. Además, se utilizaron codificadores y decodificadores MPEG-2 para contar con una alta calidad de compresión en el vídeo.

El switch GDC APEX había sido usado para proporcionar la red comercial ATM de France Telecom desde su inicio, sin embargo, esto no garantizaba que el GDC APEX sería utilizado para suministrar la parte de ATM de las Finales de la Copa del Mundo de la red de telecomunicaciones. De hecho, a mediados de 1997 múltiples proveedores fueron invitados con el propósito de ver soluciones en las cuales se proporcionarían tolerancia a fallas y establecer la característica de alta calidad necesaria, con el fin de conocer los requerimientos precisos de la red. Eventualmente, a pesar de la fuerte competencia que hubo, por parte de otros vendedores del servicio ATM interesados en participar en este gran evento, el GDC APEX fue elegido como el equipo que cumplía con las características requeridas, nueve meses antes de que el torneo diera inicio.

El primer grupo de equipos GDC APEX fueron entregados a France Telecom para las pruebas de laboratorio y prototipo de la solución del sistema entre los meses de Noviembre y diciembre de 1997. Cuando las pruebas fueron un éxito, el resto del sistema (un total de 24 nodos completamente cargados de GDC APEX), fueron entregados durante los meses de Febrero y Marzo de 1998, dejando sólo menos de 3 meses para completar la fase y desplegar la red a lo largo de Francia.

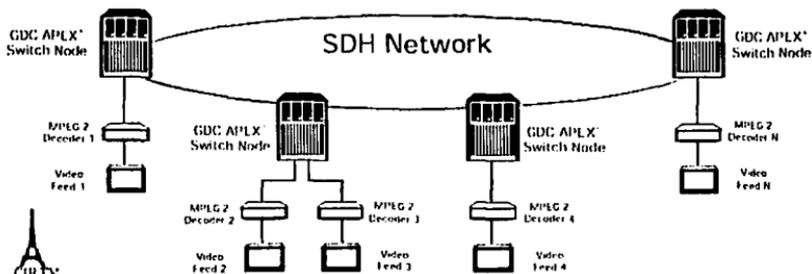


Figura 81. Diagrama de Red CIRTV.

El diseño de la red proponía dos nodos GDC APEX en cada uno de los estadios, cada uno con múltiples conexiones de respaldo a cuatro nodos GDC APEX en la ubicación del CIRTV en París. Esto trajo un tamaño total de la red de 24 nodos GDC APEX.

En cada estadio, las señales de vídeo de hasta 48 cámaras de televisión, fueron monitoreadas por el personal de TVRS en el vehículo de Control Digital, para luego alimentar a 28 secuencias de vídeo, las cuales serían codificadas antes de su transmisión dentro del backbone GDC APEX. Estas secuencias de vídeo fueron, cada una, comprimidas antes de transmitirse, usando alta calidad en MPEG-2 (calidad de difusión) hacia codificadores ATM, mediante una codificación 4:2:2 a 17 Mbps. Cada una fue conectada a un GDC APEX en el estadio, esto vía interfaces UNI de ATM operando sobre puertos E3 UNI de ATM. Lo anterior, se puede apreciar en la Figura 82.

Las señales de vídeo MPEG2/ATM fueron switcheadas a través de los nodos GDC APEX y transmitidas vía múltiples interfaces STM-1 (155 Mbps) NNI de ATM, por medio de la red SDH a la CIRTV, donde fueron switcheadas a los decodificadores MPEG-2.

De ahí, esas señales de vídeo de alta calidad fueron enviadas a través de la CIRTV, directamente a las compañías de difusión.

A pocos días del torneo, había menos de 1.5 horas entre el final de un partido y el inicio de otro. Por lo cual, la red del GDC APEX tenía que ser rápidamente reconfigurada para soportar el vídeo suministrado de otros estadios. Con las herramientas de configuración que France Telecom tenía, la red entera del GDC APEX fue reconfigurada y probada en menos de 15 minutos, comparado con la hora o más para la red SDH!!.

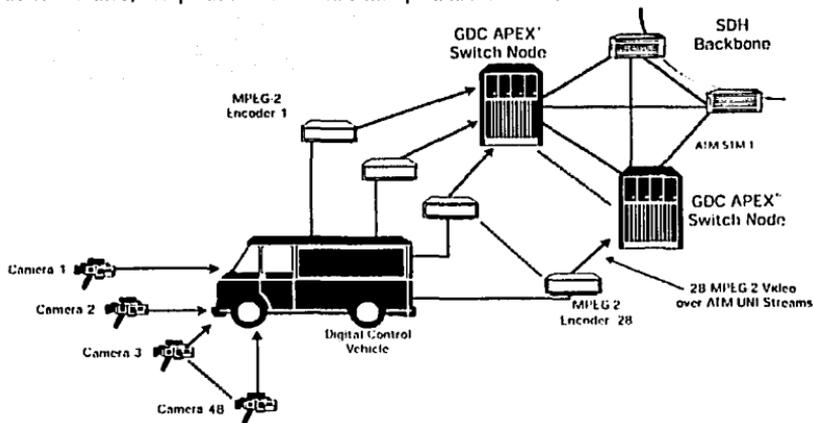


Figura 82. Red típica de un estadio.

Durante el torneo, los Ingenieros de los Servicios de Red de GDC estuvieron disponibles 17 horas cada día de 8 a.m. a 1 a.m., asegurándose de que -si un problema ocurriese con el equipo GDC APEX- los problemas serian diagnosticados y corregidos en el menor tiempo posible. Además, existía un soporte en línea que fue provisto por la Oficina Central de Ingeniería del GDC ATM, con el fin de garantizar que si se presentaba algún problema, de igual forma sería resuelto tan rápido como se presentara.

La administración de la red fue un componente crucial de la red. France Telecom manejó toda la red de telecomunicaciones desde una de sus locaciones centrales en París. Para la parte de ATM, se desarrollaron herramientas que utilizaron ambas compañías, General DataComm y France Telecom, para la administración de la red GDC APEX.

Cada nodo GDC APEX, fue accesible para el sistema de administración de la red de dos formas: a través de una red sobrepuesta de 2 Mbps (E1), y por medio de la Red pública (PSTN).

La red sobrepuesta de E1 fue construida con una topología en estrella, entre el Centro CIRTV y cada nodo que se encontraban en los estadios, haciendo uso de múltiples trunks de emulación de circuitos de 2 Mbps (E1). Estos trunks coexistieron en la red del GDC APEX al lado del tráfico de vídeo. En el estadio se hizo uso de un router para conectar los dos nodos del GDC APEX para la administración IP.

Así mismo, para casos de extrema emergencia -donde esta ruta de administración primaria tuviera una falla- una conexión vía módem a través de la red pública (PSTN) sería localizada para contactar los nodos remotos del GDC APEX que fueran completamente inalcanzables por la red de transmisión normal.

Cabe mencionar que, el ancho de banda mínimo para la transmisión del vídeo es de 384 Kbps (6 time slots), esto debido a la calidad mínima que puede apreciarse en el vídeo.

En particular, el GDC APEX fue acreditado por ser extremadamente confiable y haber demostrado la clara capacidad para administrar el tráfico, y de esta forma garantizar una alta calidad en las imágenes entre los codificadores y decodificadores MPEG-2. Además, la red completa fue capaz de ser reconfigurada rápidamente, para asegurar que en el poco tiempo disponible entre los diferentes partidos de fútbol en diferentes ciudades, sería lo suficientemente largo para reconfigurar y probar la nueva topología de la red.

5.1.4 Equipo utilizado en Francia 1998

Los equipos GDC APEX (ver Figura 83) son una familia escalable de concentradores y switches de paquetes multiservicio, diseñados para soportar un amplio rango de aplicaciones para empresas y proveedores de servicio. Para ejemplificar estas aplicaciones, en la Figura 84, es posible apreciar una interconexión de estos equipos para brindar servicios de voz, datos y vídeo. Entre sus características se pueden mencionar:

- Concurrente soporte para múltiples servicios incluyendo voz, datos y vídeo en un solo sistema.
- Capacidades integrales de vídeo interactivo (MPEG-2).
- Soporte de Redes híbridas Frame Relay/ATM.
- Capacidad para una avanzada interconexión del tráfico.
- Es posible una interconexión con la LAN existente.
- Además de otras características benéficas para la red de voz.



Figura 83. Equipos GDC APEX.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Los Beneficios del GDC APEX incluyen:

- Estándares basados en productos que proveen interoperabilidad y claras rutas de migración.
- Plataformas que proporcionan una alta confiabilidad/disponibilidad en algunas de las redes más grandes del mundo.
- Administración mejorada del tráfico y de los recursos WAN.

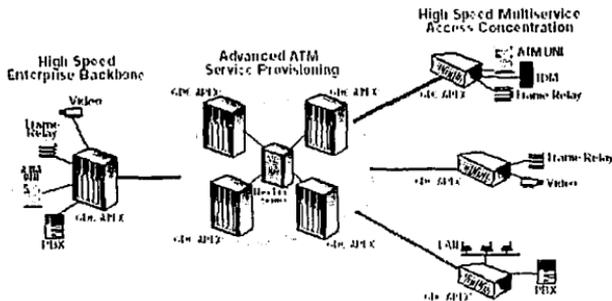


Figura 84. Familia de Productos GDC APEX.

Principales Aplicaciones

Las empresas pueden utilizar la familia del GDC APEX para consolidar múltiples redes dentro de una *red de paquetes unificados*. Este producto día a día brindaba beneficios a la hora de compartir las facilidades de la voz y los datos, así como los servidores y LAN's. No sólo se podía contar con una rápida respuesta, sino también con un alto performance en las aplicaciones LAN del usuario final, Intranet y acceso a Internet por citar un ejemplo. Otra ventaja del GDC APEX era el soporte para nuevas aplicaciones multimedia, incluyendo una alta resolución en la transferencia de las imágenes, la Videoconferencia, la Educación a Distancia y la Telemedicina.

Los proveedores de servicios utilizan las características de estos equipos para brindar sus servicios con una alta calidad, además de poder contar con una arquitectura escalable en su backbone. La compañía menciona que sus productos operan en algunos de los ambientes más difíciles del mundo, incluyendo grandes redes de transporte donde los estándares y la flexibilidad son de suma importancia. Además de proporcionar multiservicios, voz, datos y video, los beneficios incluyen la reducción de los costos en las redes de voz nacional e internacional. Así mismo, los administradores de la red, tienen la seguridad de tener un completo control de la infraestructura, esto, a través de la administración avanzada del tráfico con que cuentan los GDC APEX.

Productos GDC APEX

GDC APEX-DV2. El DV2 ofrece una alta capacidad en el servicio del ancho de banda para ambientes de redes privadas –incluyendo backbones empresariales o redes campus-. Su capacidad para mezclar interfases ATM y las que no lo son dentro del mismo chasis, asegura su costo-beneficio en la construcción de altas velocidades en redes de área amplia (WAN's), o para el acceso a servicios públicos de ATM.

GDC APEX-NPX. Tiene la misma plataforma de switchco de alta capacidad que el DV2, específicamente diseñado para trabajar dentro de la red del proveedor del servicio. Cumple con los requerimientos del NEBS¹¹, con fuente DC, y con opciones de transporte orientadas al tiempo y a la sincronización. Es una de las plataformas líderes para entregar servicios ATM en algunas de las redes ATM más avanzadas y públicas del mundo.

GDC APEX-IMX. Realiza las mismas tareas que el NPX y DV2, pero haciendo uso de menos recursos de hardware. También diseñado para cumplir con los requerimientos NEBS. El IMX soporta sistemas flexibles, haciendo de él un producto extremadamente capaz y confiable para utilizarlo en ambas redes, empresarial y pública.

GDC APEX-MAC1. Configurable como un switch o un concentrador, este equipo tiene las mismas características que los otros miembros de la familia GDC. El sistema básico es ideal para concentrar el tráfico sobre un enlace ATM. Simplemente reemplazando el

¹¹ Network Equipment Building Standard (NEBS), estándares para la construcción de equipos de red.

módulo de multiplexor de celdas con un módulo de switcheo (switching fabric), el concentrador MAC1 llega a ser un completo sistema de switcheo.

Arquitectura del Sistema

Lo importante para la escalabilidad del GDC APEX, es la uniformidad de los componentes y software del sistema, esto para la familia entera de productos. Todo el control, switcheo y funciones de las interfaces en el sistema, son manipuladas por cuatro tipos de módulos:

Switching fabric. Es un módulo de alto performance, es un switch con una matriz de 16×16 puntos de conexión almacenados, operando hasta en 6.4 Gbps para proporcionar rutas dedicadas de alta velocidad, para y desde cada módulo controlador de I/O.

Cell Multiplexer (CM). Una alternativa con un costo más bajo para el Switching Fabric. Este módulo permite al GDC APEX-MAC1 e IMX, operar como un multiplexor ATM, ofreciendo 1.6 o 2.8 Gbps de *throughput*¹² respectivamente.

I/O controllers. Estos módulos reciben celdas ATM desde el Switching Fabric, las procesan, y las envían a los módulos de interfase de línea (LIM's). Incluyen controladores de celdas para tráfico ATM puro y controladores de adaptación, los cuales adaptan tráfico que no es ATM en celdas de ATM.

Line Interface Modules (LIM's). Proporcionan interfaces físicas a los medios de transmisión, incluyendo: OC-3c/STM-1, DS3 (T3), DS1 (T1), E3, E1, HSSI, EIA-232/530/449, X.21, V.35, Ethernet y video.

El NPX, DV2 e IMX tienen un switch fabric principal y uno en standby, el resto de los slots son para cell relay y módulos de adaptación. Todos los controladores de I/O y LIM's pueden ser insertados o removidos sin afectar la operación del switch. La redundancia y la tolerancia a fallas, son también, elementos importantes en la arquitectura del GDC APEX.

Características Principales

Soporte Multiservicio. En una sola plataforma, el GDC APEX entrega switcheo de celdas puro, para aplicaciones ATM e interfaces de adaptación para tráfico que no es ATM. La adaptación es realizada a través del soporte de los estándares de la Capa de Adaptación ATM (AAL) 1, 2 y 5. Además del soporte para un amplio rango de interfaces físicas, y el resultado es la flexibilidad de las aplicaciones, incluyendo: Circuitos Virtuales Permanentes de ATM (PVC) y Circuitos Virtuales Conmutados (SVC) cell relay; interconexiones LAN; emulación de circuitos; frame relay; telefonía sobre ATM (VTOA); videoconferencia y distribución. Estos servicios pueden ser transportados sobre E1/DS1, E3/DS3, EIA-

¹² Número de bits, caracteres o bloques que pasan a través de un canal de comunicación por segundo.

232/530/449, SONET o SDH, o a través de fibra. SDH también es soportado con una interfase eléctrica. También soporta la multiplexación inversa sobre ATM (IMA).

Capacidades de Voz con Señalamiento Mejorado. El módulo de servicio de voz de este equipo (VSM) cuenta con un alto performance, diseñado para un costo-beneficio en la migración de la una red de voz a una red de paquetes. Basado en los estándares de la ITU-T y el Foro ATM para los servicios de la Capa de Adaptación AAL2, y la variable tasa de bits en tiempo real (VBRrt), el VSM permite a los administradores de la red ofrecer verdadera calidad de servicio, toma ventaja de la eficiencia de la compresión de la voz, y minimiza los costos de servicio para ambas partes, voz y datos. Además del 64 K PCM, soporta ambos modos de compresión de la voz: 32 Kbps ADPCM y 8 Kbps CS-ACELP con supresión de silencios. Circuitos de voz que periódicamente llevan datos de módem y fax, pueden tomar ventaja de la compresión de la banda de voz sin sacrificar la calidad de los datos. El VSM detecta automáticamente si se trata de tráfico de fax o módem.

Finalmente, integra el soporte para el señalamiento de la voz Q.SIG, permitiendo switchear entre PBX's, para ser completado dentro de la red de paquetes, esto elimina la necesidad de puertos del switch adicionales en el PBX y mejora la calidad de la voz, suprimiendo requerir múltiples saltos de la voz comprimida.

En la Figura 85, se puede apreciar un diagrama de conexión con el transporte de la voz y los datos.

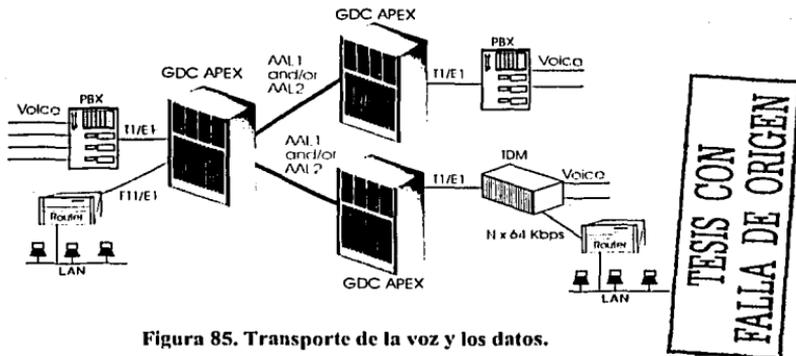


Figura 85. Transporte de la voz y los datos.

Video Comunicaciones. Soporta interfases multimedia para ejecutar el movimiento completo, el color del vídeo, la calidad CD del audio y las aplicaciones de los datos. Este *codec*¹³ de MPEG-2, permite la transferencia del sonido de alta calidad e imágenes a través de la red de paquetes para el soporte de aplicaciones tales como Videoconferencia, Educación a Distancia y la Telemedicina. Soporta la codificación NTSC y PAL, el *codec*

¹³ Dispositivo que realiza las funciones de codificador y decodificador en el mismo equipo.

MPEG-2 puede ser configurado para trabajar entre 800 Kbps y 15 Mbps, usando los formatos de codificación MPEG-2 1, IP, IBP e IBBP.

Frame Relay y el Transporte de Tramas. Los Módulos de Servicio de Tramas del GDC APEX (FSM's, Frame Service Modules), proporcionan transporte de frame relay y DIC/SDLC a través de redes de paquetes. Facilitan la conectividad de hasta 120 tramas por slot, así como la integración de QoS en frame relay dentro de flujos de QoS de ATM. Las tramas, son segmentadas dentro de celdas para ser transportadas a través de la red de paquetes, y son reensambladas dentro de las tramas al llegar a su destino. El ancho de banda del backbone puede ser distribuido por demanda, con esto, se optimizan los costosos recursos de la red.

Migración a Bajas Velocidades. El módulo GDC APEX LCE-16 de interfase de línea con emulación de circuitos de baja velocidad, opera con el controlador de celdas de ATM, para permitir el transporte de aplicaciones de datos a velocidades de 64 Kbps, o incluso menores, sobre la red de paquetes. Dentro de las características del LCE-16 es que cuenta con puertos de alta densidad de hasta 16 interfaces, síncronas o asíncronas, con un throughput total de 1024 Kbps. El LCE-16 se diseñó para cualquier cliente que busca implementar ATM en una red donde los sistemas de baja velocidad pueden coexistir con aplicaciones de velocidades más altas.

En la Figura 86, se muestra una ilustración del tráfico de baja velocidad.

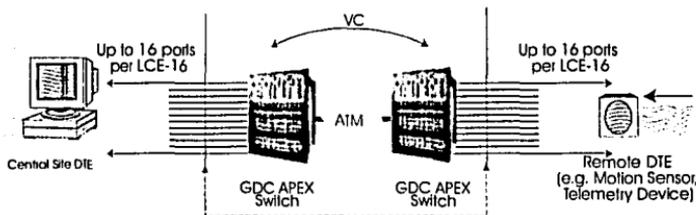


Figura 86. Tráfico de baja velocidad sobre Redes de Paquetes.

Cell Relay. Además de cumplir con el cell relay PVC/SVC del Foro de ATM, estos equipos cuentan con su propio servicio de Circuitos Virtuales Permanentes Flexibles (SPVC, Soft Permanent Virtual Circuit). Los SPVC's simplifican la configuración de la red amplia y habilitan un flexible reencrutamiento, de manera que proporciona una conectividad similar al SVC hacia dispositivos que no son ATM. Se pueden establecer conexiones que pueden ser creadas como rutas virtuales (VP) o canales virtuales (VC), permitiendo switcheo VP y VC dentro del mismo nodo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Emulación de circuitos estructurado y no estructurado. Los GDC APEX permiten la emulación de E1/DS1, E3/DS3 y circuitos seriales WAN a través de la red de paquetes (ver Figura 87) en completo acuerdo con los estándares actuales. Esencial para una exitosa migración de paquetes y protección de la inversión, la emulación de circuitos, permite mantener redes TDM, PBX y codec de vídeo externo, en el ambiente ATM.

Interconexión de LAN ATM. Un solo switch GDC, actúa como un switch de backbone, el cual puede interconectar un gran número de grupos de trabajo LAN hacia servidores y estaciones de trabajo a velocidades de hasta 155 Mbps. Estos switches, organizados en una malla de configuración de backbone, pueden interconectar múltiples LAN's localizadas en oficinas sucursales, creando LAN's virtuales.

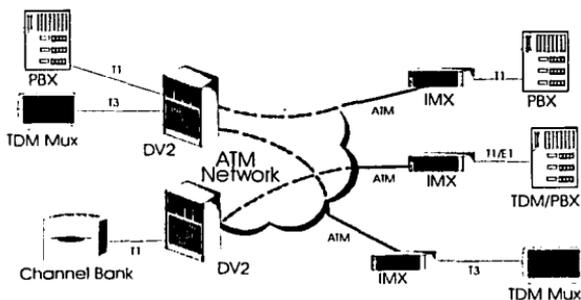


Figura 87. Emulación de circuitos sobre Redes de Paquetes.

5.2 Equipos de Vídeo MPEG-2

5.2.1 General DataComm

En los últimos años, el Vídeo Interactivo de Banda ancha, se ha convertido en un elemento invaluable en las instituciones de educación y salud, así como en las empresas, por nombrar algunos. Y no es difícil determinar la razón. Estas aplicaciones no sólo mejoran la productividad, sino también dan la pauta a desarrollar nuevas aplicaciones y capacidades que antes no fueron posibles.

Desde que los servicios de videoconferencia actuales pueden entregarse sobre una variedad de servicios, la alta calidad implica emplear redes de banda ancha, tales como ATM e IP. En particular, ATM esta destacando como la red con ventajas distinguibles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las soluciones basadas en ATM son idealmente situadas para soportar lo interactivo y la Calidad de Servicio (QoS), demandas de los usuarios de multimedia actuales, mientras se proporciona una funcionalidad adicional como es el *multicast*¹. Además, ATM está diseñado específicamente para transportar voz, datos y video sobre un backbone altamente flexible y dinámico.

En cualquier solución de Vídeo Interactivo de Banda ancha, el primer punto a considerar es que estas desarrollando una solución para una aplicación específica, no sólo desplegando una serie de cajas interconectadas. El éxito del desarrollo, continuamente depende de la transparencia de la interconexión de los diferentes componentes. Ver Figura 88.

- *Endpoint Equipment: Audio/Video, Electronic Whiteboard, PC, control panel, switcher, mixer, lighting, furniture, conference room engineering*
- *End-to-End Applications Software: Web based Reservation, IT20 data conferencing*
- *Multimedia Access supporting high quality video*
- *Broadband WAN transport, typically over an ATM backbone*
- *A Broadband Multipoint Control Unit (MCU) with gateway capabilities to support both narrowband and broadband users*
- *A network management system and service provisioning platform*

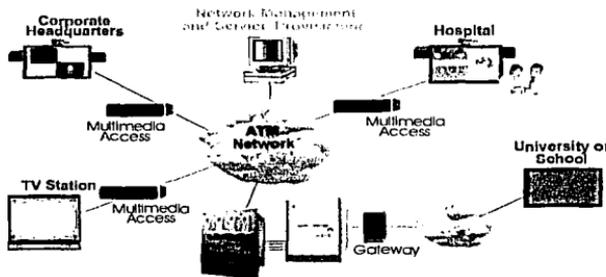


Figura 88. Un vistazo de una solución total del Vídeo Interactivo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Cuando se desea implementar la multimedia en una infraestructura existente, o cuando se está construyendo una nueva red, existen aspectos importantes que deben considerarse. Tal es así que, la infraestructura debe:

- Ser apta para manipular el rango completo de aplicaciones interactivas de multimedia, con diferentes especificaciones audiovisuales, usando eficientemente los recursos disponibles de la red.
- Proporcionar las diferentes topologías de conexión, para soportar las interacciones multisitio necesarias en la mayoría de las aplicaciones del Vídeo Interactivo de Banda ancha.

¹ Técnica que consiste en llevar a cabo transmisiones simultáneas hacia una serie de destinos seleccionados.

- Proveer una solución integrada multiservicio que evite errores secundarios y tener que añadir el costo de múltiples redes para datos, voz y vídeo, y homogeneizar tanto como sea posible con la red existente.
- Ofrecer las capacidades de servicio y administración de la red requeridas por los administradores del sistema, así como por los proveedores de servicio, tal como es el sistema de facturación.
- Proporcionar simplicidad en su uso, "tecnología transparente", interfaces que permitirán a los usuarios finales acceder a la aplicación.

Lo más importante de estas características se argumenta a groso modo a continuación.

Diversos Requerimientos de Aplicación

Cada aplicación, y cada usuario en ciertos casos, tiene diferentes requerimientos para calidad audiovisual, delays, empleo de los recursos y costo. Por ejemplo, el delay total debe ser crítico en una aplicación interactiva, como es el caso de la Educación a Distancia, donde la retención y atención del estudiante es muy importante, mientras que la calidad del vídeo es más crucial en una sesión de Telemedicina. Un elemento principal en la conducción de esto, es el estándar MPEG-2. Dónde este estándar ha sido desarrollado con la capacidad y flexibilidad para cubrir un amplio rango de aplicaciones interactivas. Puede proveer videoconferencias de movimiento completo y bajos retardos a tasas tan bajas como 1.5 Mbps, así como también audio y vídeo de alta calidad en otras aplicaciones.

Diferentes Topologías de Conexión

Las aplicaciones del vídeo interactivo requieren comunicaciones entre múltiples sitios, empleando un número de diferentes modos de conexión. Punto-a-Punto, multipunto centralizado y multipunto en malla, son modos de conexión básicos, y los cuales se pueden apreciar en la Figura 89. Otros modos, como el broadcast, también existen. Por otra parte, ninguna mezcla de modos de conexión puede presentarse en la misma red y para la misma aplicación. Los usuarios finales, comprensiblemente, sólo están interesados en los beneficios tangibles, es decir, la calidad que ellos pueden ver u oír en la conferencia, en un salón o en otro sitio. El principal objetivo es soportar, dentro de la misma infraestructura, todos los modos de conexión previamente mencionados.

La conexión Punto-a-Punto es obviamente la topología más común, y es utilizada en todas las aplicaciones. Mientras que la conectividad multipunto ha sido tradicionalmente lograda utilizando un concentrador central o una *Unidad de Control Multipunto (MCU)*, las redes de banda ancha actuales tienen el potencial de ofrecer la interacción multisitio. Las redes de banda ancha pueden soportar conexiones multicast, lo cual puede ser muy útil para las aplicaciones del Vídeo Interactivo. En particular la tecnología ATM hace posible replicar los datos en hardware, permitiendo aplicaciones que usan medios broadcast o

multicast, incluyendo el Video Interactivo, para propagar eficientemente el flujo de tráfico de una sola fuente, hacia múltiples destinos de forma concurrente.

La topología de multipunto en malla, toma ventajas de esta capacidad multicast para habilitar una sesión de videoconferencia entre tres o más puntos simultáneos. Cada sitio de conferencia, hace uso de un dispositivo de acceso multimedia con múltiples codecs, incorporando un transmisor y dos o tres receptores. Se mezclan y switchean las señales de audio y video localmente, y la transmisión multicast es manipulada dentro de la red ATM, usando VC's de ATM.

La desventaja de este enfoque, es que la carga de la mezcla y switcheo de las secuencias audiovisuales se dejan al punto final, lo cual incrementaría el costo del equipo en el lado del usuario. Además, albergando todos los circuitos que se reciben en cada sitio, se requiere de un ancho de banda extra. Cuando se implementa este modo de conexión, es importante mantener en mente que mientras la habilidad del multicast es inherente en ATM, no todos los switches de banda ancha ofrecen un eficiente modo multicast, el cual es requerido por la arquitectura de red en malla del Video Interactivo.

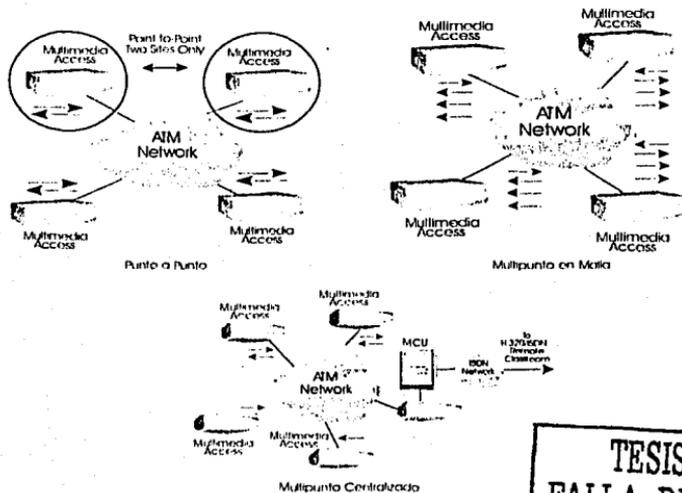


Figura 89. Modos de conexión.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La topología de conexión multipunto más tradicional, está basada en un enfoque centralizado. Este modo de conexión utiliza un MCU localizado en el centro, para proporcionar una operación multipunto para múltiples locaciones. Un dispositivo de acceso multimedia contiene solamente un codec transmisor y un codec receptor, los cuales se

requieren en cada sitio remoto. El ancho de banda de acceso es minimizado, permitiendo al MCU realizar todo el puenteo del audio y vídeo. Aunque solamente puede desplegarse la alimentación de un vídeo recibido en un monitor al mismo tiempo, continuamente el MCU tiene la capacidad de permitir ver un número de participantes (usualmente cuatro) en un solo monitor.

Acceso Multimedia

Otro elemento clave en cualquier red de Vídeo Interactivo de Banda ancha, es una plataforma de acceso multimedia que cubre el espectro completo requerido por las aplicaciones, desde un simple concentrador de acceso de vídeo a una completa plataforma multiservicio. Para una máxima eficiencia y costo-beneficio, el sistema de acceso apropiado debe soportar un amplio rango de aplicaciones de vídeo y, en ciertos casos, manipular servicios adicionales, tales como la voz y los datos. Algunas aplicaciones pueden requerir una plataforma multiservicio (datos, voz y vídeo) y/o switcheo remoto; algunos pueden contener múltiples ambientes de vídeo, mientras que otros pueden requerir concentración en el acceso del vídeo.

Solución total de GDC para el vídeo interactivo de Banda Ancha

La solución de GDC es una de las más comprensivas en la industria, esto, en términos de beneficios para el usuario/operador. Entre sus principales características se encuentran:

- Una plataforma de multimedia multiservicio que también manipula la voz y los datos.
- Una oferta muy versátil del MPEG-2, es que soporta los diferentes parámetros audiovisuales requeridos por las aplicaciones del vídeo interactivo.
- Una plataforma que concentra los accesos del vídeo, y provee una alta calidad a un precio que significa un costo-beneficio en el despliegue del vídeo interactivo.
- Una solución multipunto que soportará diferentes conexiones multisitios, utilizando conexiones basadas en MCU's multicast o de ancho de banda centralizado.
- Interconexiones con redes que no son de ATM, tal como ISDN, para soportar sistemas y sitios remotos.
- Un avanzado sistema de administración del servicio de la red.

Este rango de productos permiten a ambos, usuarios empresariales y proveedores de servicio, entregar una serie de aplicaciones multimedia, así como de servicios de vídeo. La solución de GDC incluye:

Interfases MPEG-2

Las interfases de vídeo incluyen interfases VIP-4 de MPEG-2, las cuales están disponibles en todos los switches GDC APEX. Estas interfases fueron diseñadas para trabajar con un bajo delay, así como con aplicaciones multimedia de alta calidad, capaces de correr eficazmente en rangos de espectros más bajos que el MPEG-2. Estas interfases, se caracterizan por su administración basada en SNMP y la flexibilidad en las aplicaciones, las cuales son especialmente importantes para proporcionar el servicio. Por ejemplo, las mismas interfases pueden proporcionar una aplicación de videoconferencia de movimiento completo, con un vídeo de bajo delay a tasas de 1.5 Mbps, y luego inmediatamente proporcionar una aplicación de Telemedicina procesando un vídeo y audio de alta calidad, a tasas iguales o mayores de 4 Mbps.

MAC 500

El concentrador de acceso multimedia MAC 500, permite un costo-beneficio en el acceso multimedia en sitios remotos, por medio de una interfase estandarizada UNI de ATM. Soporta ambas interfases, MPEG-2 e IP/Ethernet, facilitando la concentración del tráfico de vídeo y LAN en los linderos del cliente para el transporte sobre el backbone. Está diseñado para aplicaciones que requieren de un costo-beneficio en el acceso de vídeo para grandes despliegues (por ejemplo, sitios de Educación a Distancia y Telemedicina).

GDC APEX/VIP

La familia del GDC APEX, tanto de switches como de concentradores con Módulos de Interfase de Línea (LIM's) asociada VIP-4 MPEG-2, son diseñados para aplicaciones que requieren una plataforma multiservicio (voz, datos y vídeo); requieren de un switcheo del sitio remoto; y/o contienen ambientes de vídeo múltiple. Estos switches soportan ambas capacidades multicast, espacial y lógica, y pueden actuar como una poderosa plataforma para la videoconferencia y un rango de aplicaciones multimedia.

Servidor Multipunto de Multimedia (MMS)

Actúa como la MCU (Unidad de Control Multipunto) en nuestro modelo centralizado multipunto, y proporciona la mezcla y switcheo de secuencias de audio, vídeo y datos. También funciona como un puente, vía un gateway externo, para conectar usuarios en las redes de banda angosta a la red de banda ancha. Los MMS ofrecen las bases para el aprovisionamiento del servicio, tal como los servicios de reservación, el establecer y tirar llamadas, así como el control del ambiente audio/visual.

Administración

Administración mejorada del tráfico. Los GDC APEX ofrecen la capacidad de administrar el tráfico cumpliendo con las recomendaciones del foro ATM UNI 3.1, 4.0 y TM 4.0. Cada flujo de celda en el switch, puede ser asignada a una de cuatro categorías, soportando el servicio para la Tasa de Bits Constante (CBR), Tasa de Bits Variable en tiempo real y no en tiempo real (UVRrt y UVRnrt), o la Tasa de Bits no especificada (UBR). Dentro de una sola categoría de servicio, un circuito puede definirse con diferentes características, tales como las tasas máximas y continuas de celdas, variación de la tolerancia del *delay*¹⁵ de una celda, así como su tamaño máximo. Estos equipos implementan estas características, cuidando que cada circuito (ruta virtual o canal virtual) utilice el algoritmo de tasa de celda genérica (GCRA) definido en el estándar UNI, con el encolamiento por VC a la salida de los puertos.

Esta arquitectura y administración avanzada del tráfico, asegura que los datos sensibles al *delay*, tales como la voz, puedan viajar a través de una red sobre enlaces compartidos con el tráfico de diferentes características de *delay* y prioridad más baja.

Protección de la Red. Proveen una manera de proteger la red de los servicios de suscripción de los recursos de los usuarios en conexiones SVC. Usando esta característica, un administrador de la red puede dar prioridad a los recursos para compensar a los usuarios del servicio mientras limita los recursos.

La administración de los equipos GDC APEX es manejado vía ProSphere, el cual es un sistema basado en los estándares de SNMP, es una poderosa herramienta gráfica para la operación y control de la red, este sistema esta integrado con la mayoría de los administradores utilizados, HP Open View, y opera en una plataforma Sun Solaris.

Los equipos de General DataComm requieren de las siguientes condiciones:

Requerimientos de Fuerza: -48V DC, 100/120 VAC
Temperatura: 0° a 50°C en operación
-40° hasta 70°C almacenado

5.2.2 Cisco

Las aplicaciones de vídeo están sobre el borde explosivo dentro del mercado de la televisión por difusión y de la televisión por cable. Con la continua disminución del costo del hardware para la compresión del MPEG-2 (programable o circuitos integrados para aplicaciones específicas [ASIC]), así como de las plataformas computacionales para propósitos generales, el vídeo se ha convertido cada vez más popular entre los difusores de vídeo. Actualmente, la mayoría de los operadores de cable, están usando o considerando

¹⁵ Se define como el tiempo entre el instante en que un evento ocurre y el instante en el que el aspecto relacionado al evento ocurre.

utilizar secuencias de transporte MPEG-2 para la difusión del vídeo, películas y otros servicios a sus clientes. Sobre todo, que se encuentran bien documentados los beneficios de utilizar secuencias de vídeo digital MPEG-2. Entre sus ventajas es que estos archivos de vídeo pueden fácilmente ser archivados, rápidamente distribuidos y manipulados, con el fin de adaptarse a la aplicación requerida.

Para la mayoría de los operadores de cable, la decisión no es tanto por la ventajas del audio, vídeo y de los servicios de datos interactivos mejorados MPEG-2, sino para codificar sus propias secuencias o utilizar las existentes provenientes de las redes de distribución satelital, así como de las redes LAN y WAN. En muchos de los casos, los operadores de cable tienen la libertad para elegir entre una amplia variedad de fuentes de programas, con la finalidad de adecuar sus necesidades de programación demográfica específica y basada en el tiempo. Por estas razones, el vídeo/audio y programación de datos MPEG-2, es actualmente la elección preferida de la mayor parte de los operadores de cable, así como una de las formas más simples de realizar la conversión al vídeo digital.

Retos para incorporar el vídeo MPEG-2

Como con la mayoría de las tecnologías emergentes, la manipulación efectiva del vídeo MPEG-2 viene con su división de retos. Las principales consideraciones para los operadores de cable para la decisión de qué es mejor para añadir la tecnología de vídeo MPEG-2 en sus operaciones son:

- Cómo maximizar el uso del equipo de cable
- Cómo combinar la programación de una variedad de fuentes digitales y analógicas (servicios nacionales basados en satélite, contenido codificado localmente, así como los servidores de vídeo que contienen películas), para crear un programa personalizado
- Cómo proteger su inversión en equipo *headend*¹⁶ de cable digital, para ser compatible con los rápidos avances de la tecnología.

A continuación, se responden estas cuestiones mostrando la tecnología de *multiplexación estadística* de los Sistemas Cisco, que permiten a los operadores de cable incorporar el vídeo digital MPEG-2, de forma eficiente y con un costo-beneficio dentro de sus operaciones existentes.

Creando una Línea personalizada

Las secuencias de programación del vídeo digital de satélites, codificadores, o servidores de vídeo, generalmente contienen múltiples canales de vídeo, audio y secuencias de datos comprimidos, todos corriendo a tasas de bits variables (VBR's). Estos canales son multiplexados para formar una sola o múltiples secuencias de tasa de bits constante (CBR).

¹⁶ Es el término utilizado para hacer referencia al centro de control que convierte las señales de difusión de TV recibidas, para canalizarlas al sistema de cable.

Tal así que, la tasa de bits de cada canal componente de una secuencia de canales múltiples, trabaja en armonía con las tasas de bits de los otros canales de la secuencia. Por ejemplo, si un canal tiene una división más alta del ancho de banda múltiple total, otros canales respectivamente tendrán una división menor del ancho de banda múltiple. Lo que significa que no es estática la asignación del ancho de banda entre los diferentes canales, pero es dinámicamente ajustado sobre el tiempo, dependiendo de la relativa complejidad de cada canal. Este proceso es denominado como *multiplexación estadística*.

La multiplexación estadística es un método altamente eficiente para hacer el mejor uso de una *transponder*,¹⁷ dado el espectro del ancho de banda del cable, mientras mantiene constante la calidad del vídeo a través de todos los canales de vídeo. Sin embargo, esto también presenta un significativo reto técnico cuando un canal personalizado debe ser creado desde múltiples secuencias de bits multiplexadas estadísticamente, las cuales deben ser combinadas para formar una nueva secuencia de bits multiplexada estadísticamente. En este caso, la tasa de bits pico de las diversas secuencias fuente, podrían exceder la tasa de bits fija para la secuencia de salida.

El principal reto técnico entonces, para los operadores de cable, deseando manipular una secuencia MPEG-2 para crear una línea personalizada, es combinar las diversas fuentes VBR para construir una nueva multiplexación sin exceder el ancho de banda fijado para el canal de salida. Aún permaneciendo sin las restricciones del ancho de banda, no es el único reto en la construcción de una línea personalizada. Para capturar completamente su potencial, el operador del cable debe también combinar las fuentes digitales y analógicas MPEG-2, para aumentar eficientemente el ancho de banda de salida disponible.

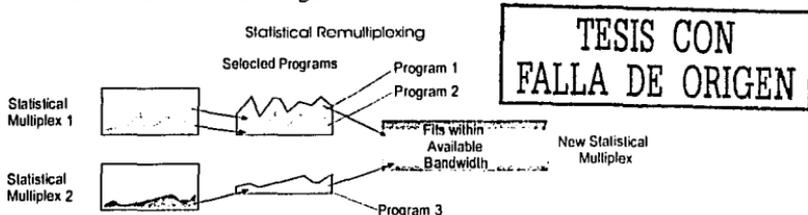
Eliminando la Duplicación de un programa entre filas Digitales y Analógicas

En un caso típico, por ejemplo, un operador de cable compra una preempaquetada secuencia de transporte de vídeo MPEG-2 de ocho canales, pero dos canales en la secuencia duplican programas en su fila analógica existente. Eliminando los canales duplicados de la multiplexación digital, requiere bloquear los canales. Haciendo esto, sin embargo, deja el operador de cable solamente seis canales digitales, con el ancho de banda extra de ida sin utilizar.

Una mejor solución sería reemplazar los dos canales no descados con dos nuevos canales de otras fuentes digitales, incluyendo servicios nacionales basados en satélite, localmente codificado el contenido, y servidores de vídeo conteniendo películas. Este método, conocido como limpieza del programa de vídeo, permitiría al operador de cable no sólo aumentar la utilización del ancho de banda de su equipo de cable existente, sino también preservar el aviso de ingreso de ese ancho de banda. Pero cómo puede el operador reemplazar los dos canales con dos nuevos canales de numerosas fuentes VBR, mientras las tasas de bits son constantemente cambiadas?. La respuesta es con la *remultiplexación de tasa estadística*, tal como el Cisco 6920 RateMUX dinámicamente varía la tasa de bits de

¹⁷ Es un dispositivo automático que recibe, amplifica y retransmite una señal en una frecuencia diferente (un ejemplo es el radar del control de tráfico aéreo).

una secuencia de datos MPEG-2, conteniendo programación de vídeo en tiempo real. Este equipo permite al operador reutilizar el ancho de banda completo de el canal QAM¹⁸, variando la tasa de bits de la nueva secuencia del programa para asegurar que son ajustados dentro de la secuencia de salida. Ver la Figura 90.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 90. Remultiplexación Estadística para la administración del ancho de banda.

Añadiendo Programas Locales a la fila Digital

Cuando el vídeo MPEG-2 es utilizado en una típica aplicación de difusión de TV, la secuencia es codificada y preempaquetada dentro de una multiplexación digital. La multiplexación preempaquetada hace uso de la tasa de compresión estándar 8:1, 10:1 o 12:1. La secuencia también utiliza la codificación VBR establecida por el codificador transmisor del programador. Por ejemplo, un correspondiente *transponder* hacia el canal analógico de 6 MHz del sistema de cable, modulado a 64 QAM, normalmente llevará una secuencia de transporte a 27 Mbps. Un 256 QAM puede llevar una secuencia de transporte de 38.4 Mbps para un canal de 6 MHz. Sin embargo, una señal que no es preempaquetada puede completamente llenar un ancho de banda 256 QAM. El Cisco 6920 RateMUX cambia esta situación permitiendo al operador de cable seleccionar los programas que desee de las diversas fuentes del satélite, y crear una secuencia de transporte MPEG-2 multiplexada estadísticamente para una salida hacia un *modulador*¹⁹ de 256 QAM.

Sin la remultiplexación estadística, los operadores no pueden usar codificadores locales para añadir programas a las filas digitales, a menos que dediquen un canal entero de 6 MHz para esa programación. El Cisco 6920 RateMUX permite al operador combinar localmente programas codificados con programas que son recibidos en un paquete multiplexado estadísticamente. En resumen, crea una nueva secuencia de transporte MPEG-2 multiplexada estadísticamente para la salida hacia el modulador QAM.

¹⁸ Quadrature Amplitude Modulation, es una técnica de modulación digital que conforma el estándar ITU-T J.83 Anexo B, con la cual denomina a la Modulación de Amplitud por Cuadratura de 64 y 256 (QAM), con modulación codificada concatenada, además de mejoras tales como el entrelazado variable para bajas latencias en aplicaciones sensibles al delay, como son la voz y los datos. Usando 64 QAM, un canal de cable que ahora transporta un canal de vídeo analógico, transportaría 27 Mbps de información, suficiente para múltiples programas de vídeo. Pero utilizando 256 QAM, el canal de cable estándar de 6 MHz transportaría 40 Mbps.

¹⁹ Es una unidad que manipula la frecuencia o la amplitud de una portadora con una señal de vídeo, datos, etc.

Bajando la Tasa de Bits para ajustar el Canal de Salida

Como previamente se mencionó, la remultiplexación estadística trabaja variando la tasa de bits de cada una de las nuevas secuencias fuente, con el fin de ajustarlas dentro del ancho de banda total máximo del canal de salida. Para adecuar los datos VBR en el ancho de banda fijado del canal de salida, un típico convertidor de la tasa, realiza un proceso conocido como "bit-stream transrating", lo cual significa cambiando la tasa de bits en tiempo real, esto para ajustarla perfectamente dentro del ancho de banda disponible. El resultado es un uso eficiente del canal de salida, así como una óptima calidad de imagen. Un convertidor de la tasa puede ejecutar varios tipos de *transrating*, el rango desde la recuantización hasta la completa recodificación, dependiendo de la cantidad de reducción de la tasa de bits requerida.

Recuantización

Con la recuantización, la disminución de la tasa de bits es realizada ajustando los valores de cuantización en el algoritmo de codificación del MPEG-2. Este proceso depende de la creciente pérdida de calidad de codificación, esto por la reducción de la precisión con la cual se representa el movimiento de residuo compensado. Consecuentemente, la recuantización trabaja mejor con proporciones pequeñas en la reducción de la tasa de bits. En muchos casos, la calidad de la recuantización depende de las imágenes B, las imágenes más altamente comprimidas y presentes en la secuencia. Debido a que las soluciones de recuantización pocas veces regeneran imágenes de referencia, la calidad de las imágenes B, en la secuencia de entrada, determina el rango de acción en el vídeo reconstruido.

Codificador/Decodificador en cascada reutilizando el Vector de Movimiento

El codificador/decodificador en cascada hace uso de un codificador y de un decodificador de vídeo MPEG-2 para cada canal. El codificador de vídeo basa sus instrucciones de codificación en su colocación en la secuencia de compresión. El decodificador de vídeo utiliza estas instrucciones, las cuales son incrustadas en la secuencia de bits, para recrear el vídeo de *banda base*²⁰. El vídeo es pasado al próximo decodificador de punto de cambio. Por este punto, sin embargo, no queda rastro de información de la codificación original. Como consecuencia, el codificador *downstream*²¹ debe añadir nuevas instrucciones de codificación en la señal de vídeo de entrada.

Debido a esta secuencia o cascada de eventos, la señal de vídeo original sufre una pérdida de generación, una degradación significativa en la calidad comparada con la original. Un convertidor de la tasa, sin embargo, puede minimizar esta pérdida de calidad guardando las instrucciones originales incrustadas por el codificador *upstream*²², y pasarlas

²⁰ Es una técnica de señalamiento en la cual la señal es transmitida en su forma original y no es alterada por modulación.

²¹ Dirección del flujo de transmisión desde la fuente hacia otro dispositivo.

²² Dirección opuesta al flujo de los datos.

al programa inalterado para cada decodificador *downstream* sucesivo. En escenario, la mejor estrategia es reutilizar los vectores de movimiento originales en la secuencia de bits de entrada, un escenario que no solamente conserva el valioso proceso de estimación del movimiento, sino también, generalmente resulta una mejor calidad de vídeo.

Tecnología de Remultiplexación Estadística y convertidor de tasa que minimizan la Pérdida de la Calidad en la Imagen

El Cisco 6920 RateMUX hace uso de tecnología propia para superar las limitaciones de los procesos de reducción de la tasa. Entrega resultados superiores, eliminando la recuantización, evitando la pérdida de los datos inherentes en la decodificador/codificador de cascada, así como mejorando la eficiencia y, en algunos casos, la calidad de la imagen de la completa estimación de recodificación.

Distinto a otros convertidores de tasa, el Cisco 6920 está diseñado para minimizar la reducción de la tasa, con el fin de preservar la calidad de la imagen de entrada. Si la señal resultante no conoce los requerimientos del ancho de banda después de la manipulación, este equipo cuidadosamente selecciona el programa menos complicado para realizar la reducción de la tasa a un cierto porcentaje y luego volver a evaluar la señal. Si los requerimientos del ancho de banda todavía se desconocen, el Cisco 6920 RateMUX repite este proceso hasta que los requerimientos del ancho de banda han sido conocidos.

El Cisco 6920, lleva a cabo un filtro adaptable y una decodificación/codificación parcial, no obstante preserva los vectores de movimiento originales durante el proceso de conversión de la tasa. Los vectores originales de movimiento en la secuencia de transporte contienen la información más detallada y precisa acerca de la calidad de la imagen original. En un ambiente de vídeo digital de Cisco, este equipo hace uso de esos vectores originales de movimiento para retransmitir la misma o la calidad de vídeo mas cercana posible a la secuencia original. En el mejor escenario, la calidad del vídeo de salida es la misma que la calidad de entrada.

Combinando el algoritmo especial de la remultiplexación estadística con el método propio de conversión de la tasa basada en el reuso de los vectores de movimiento, ofrece una calidad significativamente mejor que muchas de las otras alternativas, particularmente cuando la reducción de la tasa de bits es menor al 20%. Además, Cisco continua mejorando la calidad de la imagen explorando nuevas técnicas mejoradas.

Flexibilidad

La flexibilidad de este equipo permite alcanzar una óptima calidad en la imagen. Equivale el proceso de un cambio de tasa específico – recuantización, completa o parcial conversión de código- a la cantidad de reducción de la tasa requerida. En una situación donde la nueva red requiere la misma tasa de bits, la secuencia pasa a través del convertidor de la tasa sin cambiarla.

Aplicaciones

Video sobre Demanda (VOD). El VOD es una de las aplicaciones más populares de la tecnología de compresión del vídeo MPEG-2, la cual ha generado un gran interés entre los operadores de cable, y este equipo de Cisco se encuentra particularmente bien situado para los servicios de VOD.

En las aplicaciones de VOD, el Cisco 6920 RateMUX realiza la remultiplexación estadística y la reducción de la tasa de bits de las secuencias de vídeo que pasan al servidor de vídeo. Este proceso incrementa el número de canales multiplexados de programación de vídeo digital dentro de un sólo ancho de banda de 6 Mhz, y entrega un 30% de mejora en la utilización de la red.

Por la remultiplexación estadística de las secuencias de VBR, este equipo elimina la necesidad de que el servidor almacene múltiples copias de secuencias de bits comprimidas en modo CBR para el mismo programa de vídeo. Esta ventaja incrementa significativamente la cantidad de datos que el servidor puede transmitir, resultando un ahorro de costo substancial por secuencia.

HDTV. Las señales de HDTV requieren de 19 Mbps, una fracción del canal QAM de 64, pero no existe una forma de utilizar los otros 8 Mbps del canal QAM sin la remultiplexación estadística. El Cisco 6920 (Figura 91), permite al operador combinar los programas de televisión de definición estándar (SDTV) con los programas de alta definición (HDTV), y si lo desea, no aplicar una conversión de código a la señal de HDTV. Como resultado, el Cisco 6920 creará una secuencia de transporte MPEG-2 multiplexado estadísticamente, el cual incluye la señal de HDTV para la salida hacia el modulador QAM.



Figura 91. Cisco 6920 RateMUX.

A continuación se presenta la Tabla 36, la cual muestra las especificaciones de Entrada/Salida del Cisco 6920 RateMUX.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Formato de Vídeo Digital	Perfil Principal MPEG-2 en el Nivel Principal Tasa de Bits <= 15Mbps para conversión del código; 20Mbps para el paso de secuencias de VBR o CBR
Resolución de Vídeo, Vertical	480, 240 (NTSC), y 576, 288 (PAL)
Resolución de Vídeo, Horizontal	704, 544, 352
Tasas de Vídeo	4:3 o 16:9
Formatos de Audio Digital	Musicam, Dolby AC3
Puertos Ethernet	
Interfase	10BaseT
Protocolo	TCP/IP
Puertos Configuración/Debug	
Interfase	RS-232
Interfases de Entrada	
Número de Entradas	Hasta 15
Interfase	DII-EI, DVB-ASI
Tasa de Información	40Mbps para DII-EI, 216Mbps para DVB-ASI
Interfases de Salida	
Número de Salidas	2
Interfase	DII-EI, DVB-ASI
Tasa de Información	40Mbps para DII-EI, 54Mbps para DVB-ASI

Tabla 36. Especificaciones de Entrada/Salida.

La administración de los equipos Cisco puede llevarse a cabo por el Software Cisco Works, el cual es capaz de reconocer los equipos que conforman la red, es una poderosa herramienta gráfica para la operación y control de la red. Este sistema también puede operar en una plataforma Sun.

Los equipos Cisco requieren de las siguientes condiciones:

Requerimientos de Fuerza: 100 a 240 VAC, 50/60 Hz
Temperatura: 0° a 40° C

5.2.3 Nortel

Debido al crecimiento de la videoconferencia, como una de las principales formas de comunicación empresarial, en este caso la compañía Nortel define varias soluciones, asegurando que su solución es capaz de adaptarse a las necesidades del cliente. Entre sus soluciones están:

Vídeo en el escritorio. Fácil de instalar en la PC, ofrecen modelos que pueden conectarse en ISDN, ATM e IP, a diferentes velocidades, utilizando los estándares de la industria H.320 (ISDN), H.321 (ATM) y H.323 (IP). Es el tope en cuanto a una línea interactiva, dos vías de comunicación con vídeo, audio, transferencia de archivos, etc.

Sistema de vídeo en una sala de videoconferencia. Está disponible también como sistemas personales (stand-alone). Tienen rangos de sistemas para salas de vídeo a varios precios, donde los puntos pueden conectarse sobre ISDN, ATM e IP a diferentes tasas. Cada uno de sus modelos puede ser seleccionado para H.320 y H.323 donde algunos de sus modelos incluso permiten conferencias multipunto sin la necesidad de contar con un puente de vídeo multipunto.

Vídeo Difusión (broadcast). Ofrecen diversos modelos basados en MPEG-2 para ATM de sistemas de salas de videoconferencia con vídeo de calidad broadcast.

Vídeo Multipunto. Pueden proporcionar unidades de conferencia multipunto para facilitar la conectividad entre el vídeo, los datos y el audio de los puntos finales (usuario).

Puertas de enlace de Vídeo (Video Gateways). Ofrecen diferentes modelos de gateways que permiten la comunicación entre el H.320 (ISDN), H.321 (ATM) y el H.323 (IP) de los sistemas de vídeo.

Vídeo Secuencial. Proveen dispositivos de vídeo que envían vídeo desde fuentes en vivo sobre redes ATM e IP. El vídeo puede ser visto simultáneamente por grandes audiencias basadas en PC.

Vídeo por Demanda. En el mercado, también es conocido como "vídeo caching" o almacenable. Pueden proporcionar sistemas completos para almacenar y recuperación del vídeo en una variedad de formatos y tasas de bits para redes ATM y/o IP, con la finalidad de permitir a los usuarios ver y navegar sobre el contenido del vídeo a su conveniencia.

Accesorios de vídeo. Cámaras para el usuario, dispositivos de audio mejorado, herramientas de presentación, y varios otros dispositivos para personalizar sus sistemas de vídeo a las necesidades del cliente.

Consultoría y Diseño de Redes de Vídeo. Así mismo, esta compañía ofrece la disponibilidad de un equipo para asistir al cliente con sus proyectos de vídeo.

Centro de Operaciones del Vídeo

Con el difundido desarrollo de las redes de fibra, el costo de enviar el vídeo a través de redes digitales de banda ancha ha disminuido dramáticamente – y la calidad se ha elevado de igual forma.

En este escenario, las Redes de Nortel introduce el último ajuste a su familia de soluciones de vídeo digital. El sistema del "Centro de Operaciones de Vídeo (VOC)" de las redes Nortel, proporciona "concentración" de puntos de reunión de difusión local y nuevos sitios de encuentro, como son los estadios y los edificios gubernamentales, con vídeo y audio digital enlazados en un sitio central para la distribución hacia estudios de televisión local y remota. Estos centros de operación pueden estar bajo el control directo de los usuarios finales, así como de los difusores (broadcasters), programadores, y de los centros de producción de vídeo.

Con esta tecnología, los usuarios pueden establecer conexiones remotas de vídeo, que les permitan realizar una serie de tareas de edición de la post-producción a eventos de difusión en vivo.

Las redes de Nortel VOC (Figura 92), proporcionan una serie de características únicas, incluyendo el control centralizado de múltiples switches, y programación de las conexiones de vídeo del usuario final remoto, esto, por medio de una interfase gráfica para el usuario, así como de flexibles definiciones del puerto de seguridad. También ofrece la ventaja del transporte digital punto a punto y switcheo de las señales de vídeo, sin degradación de la señal en cualquier punto. Hasta 64 sitios de vídeo pueden conectarse en una sola celda, manipulada por un solo switch DS-3. Los puertos del switch también pueden usarse para conectarse a switches en otras 30 celdas – para crear redes de vídeo que contienen más de 1800 fuentes y 1800 destinos.

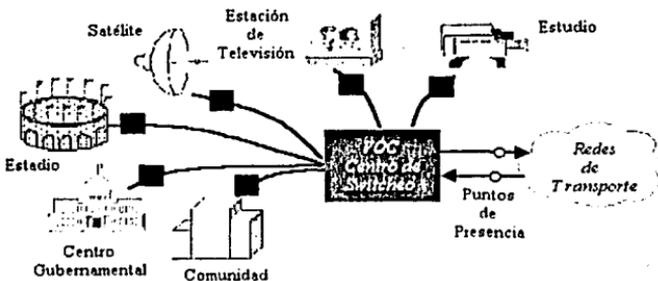


Figura 92. Redes VOC de Nortel.

Principales Beneficios

- Sin programación manual. Interfase gráfica fácil de utilizar para la programación en línea.

- *Sin degradación de la señal.* Ampliamente reconocida por la mayoría de las redes de difusores como el estado del arte para grandes transmisiones.
- *Redes de Fibra Óptica y enlaces digitales por satélite.* Ofrece el transporte del vídeo de forma confiable y segura.
- *Sin la necesidad de contar con un switch para cada cliente.* Se pueden definir individualmente la autorización para acceder a los puertos origen y destino de cada usuario.
- *No se requiere administrar independientemente los switches.* Los sistemas VOC de las redes Nortel, ofrecen una administración centralizada y el control distribuido de hasta 30 switches.

Supertrunk

Es una solución para la red de transporte diseñada para el difusor de vídeo tradicional, la difusión del vídeo digital, y para los servicios digitales interactivos de multimedia. La solución del supertrunk consta de codecs Nortel DV-45 y/o DV-MPEG, un backbone SONET S/DMS para el nodo de transporte, y de un administrador de la red S/DMS.

Utilizando tecnología de alta calidad digital y confiabilidad, el Supertrunk de las redes Nortel, reduce el riesgo de que la red falle mientras se realizan mejoras en la eficiencia operacional. El Supertrunk hace uso de SONET, un estándar de la fibra digital, asegurando que las conexiones hacia otros equipos y otras redes será simple y fácil de administrar. Y con el administrador S/DMS, es posible administrar y configurar el backbone completo de la red desde una estación de trabajo (workstation).

Multiservicio

Una principal ventaja del Supertrunk para el transporte del vídeo terrestre, es que una red puede transportar un rango completo de servicios de vídeo. Lo que significa una administración simplificada, así como también del control, los cuales se traducen en bajos costos de operación. Esto también significa que se pueden ofrecer nuevos, y servicios más grandes de forma más rápida, lo cual puede incrementar los ingresos actuales.

Entrega de Nuevos Servicios

Música digital, estéreo FM, canales de vídeo juegos, y más, que pueden ser entregados a múltiples centros de control o a equipos de oficina desde una sola fuente para el máximo uso de los recursos. Todas estas tarjetas de servicio se adaptan dentro del codec existente DV-45 mismo - y puede ser controlado por los sistemas de administración de Nortel. Para Nortel, con estos equipos, aseguran que nunca había sido tan fácil el transporte y la

administración del vídeo. La red Supertrunk puede ayudar a mejorar el costo y la eficiencia operacional (ver Figura 93). Las avanzadas capacidades "soltar y continuar" del S/DMS, proporcionan la solución perfecta para la difusión de la red digital.

La red Supertrunk transporta cualquiera de los siguientes servicios:

- El tradicional servicio de difusión (TV Cable)
- Difusión digital (Pago por evento PPP)
- Estéreo FM
- Música digital
- Canales de videojuegos
- Alimentación para la inserción de comerciales
- Comunidad de vídeo interactivo (Educación a Distancia)
- Acceso a la información (Switchco ATM, Internet)
- Vídeo por demanda, multimedia interactiva
- Televisión de alta definición HDTV

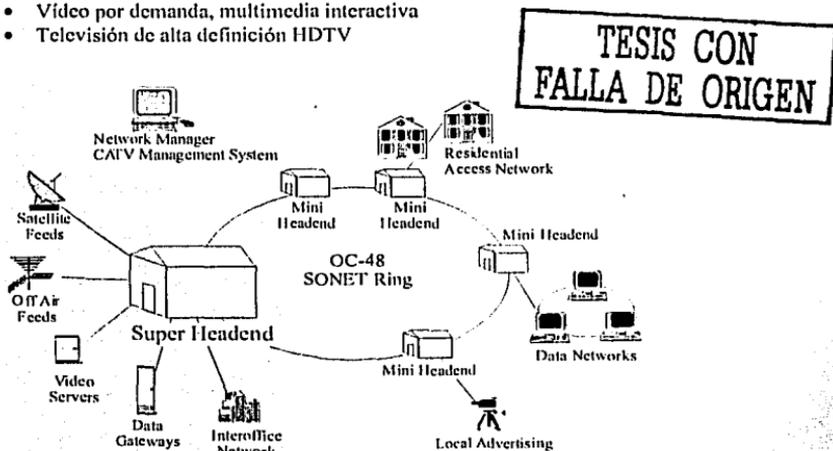


Figura 93. Una típica Red Supertrunk.

Radio FM

Para reducir el costo del transporte donde se proporciona el servicio de radio FM (banda base), el codec DV-45 cuenta con un sistema de transporte de 53 KHz. Para lo cual se dispone de un nuevo circuito que ajustará seis señales de banda base de 53 KHz, codificadas en dos canales DS-2 (6 Mbps). Estos canales pueden ser multiplexados junto con otros servicios para completar una señal DS-3.

Canales de Música Digital

Ahora ya es posible contar con música digital, con calidad de CD, la cual puede ser entregada a través de redes residenciales existentes hacia los hogares de los clientes. La nueva tarjeta de música digital, toma seis señales de música digital y las multiplexa dentro de una señal DS-3. Cada una de estas seis señales lleva cinco canales de música, para un total de 30 canales digitales por tarjeta.

Canales de Videojuegos

Los canales de juegos también son transportados vía paquetes de circuitos para servicios específicos. La tarjeta de juegos proporciona dos canales de juegos sobre dos DS-2s. Estos DS-2 pueden entonces, ser multiplexados con otros servicios para completar una señal DS-3.

Pago Por Evento Mejorado (EPPV)

Con la capacidad para disponer del canal de la red, los proveedores de servicio pueden desarrollar servicios EPPV sobre los mismos anillos que llevan los servicios de TV por cable. Los canales digitales pueden ser conectados a los 16 DS-3 y de esta forma los proveedores de servicio, con una mínima inversión, pueden ofrecer 720 Mbps de ancho de banda para la difusión digital (digital broadcast). También, el unidireccional aprovisionamiento del anillo SONET, permitirá la alimentación remota del vídeo, esto con la finalidad de poder ser entregado a centros de control o hubs específicos, en la red de vídeo.

Vídeo por Demanda (VOD) y Servicios Digitales Interactivos

Muchos proveedores de servicio están planeando utilizar equipo SONET para transportar VOD y Servicios Digitales Interactivos. SONET está bien situado para transportar señales MPEG-2 y tráfico ATM. La aplicación Supertrunk de Nortel puede ajustar las alimentaciones ópticas de los switches ATM o de los servidores VOD. Así mismo, un anillo OC-48 del Supertrunk puede transportar señales concatenadas de OC-3 u OC-12, para tráfico ATM basado en Vídeo. Ver Figura 94.

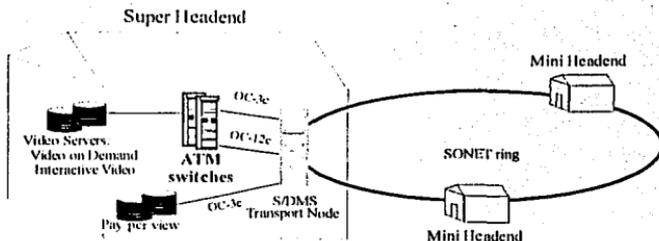


Figura 94. Transporte de Video en ATM.

Evolución de la red Supertrunk

La red Supertrunk actual proporciona el transporte de las señales tradicionales de televisión, radio FM, música digital y canales de videojuegos.

La segunda fase de la evolución de este tipo de red, está planeada para destacar la adición de las capacidades del servicio MPEG-2 para soportar más servicios de video así como de una reducción adicional en el ancho de banda requerido para el transporte de las señales de video de alta calidad hacia los servicios tales como el video por demanda. Estos nuevos servicios incorporarán la digitalización del video en tasas de MPEG-2 para el transporte sobre la red Supertrunk. Esta compresión permitirá a la red ajustar la alta demanda proyectada para estos servicios.

Los nuevos servicios como la televisión de alta definición (HDTV), requerirán anchos de banda mucho más altos que los servicios de video actuales. Una red SONET, puede proporcionar la migración a tasas de backbone mayores, tal como 10 Gbps (OC-192) para el soporte de la próxima generación de los servicios de TV.

Codecs de Video DV45B & BQ

Dentro de las características del supertrunk se encuentra la calidad que maneja en el video y el audio. Los codecs DV-45, combinan una alta calidad en el audio, en los datos y en el estéreo BTSC dentro de una señal de banda de entrada DS-3. Este codificador de video ha llamado la atención en el Mundial de Fútbol Soccer de 1994, en el Super Bowl de la NFL de 1995, y en el juego de las estrellas de la NBA en 1995.

Estos codificadores de video digital de banda ancha, digitalizan las señales de televisión del estándar NTSC y las formatean para la transmisión sobre los canales del estándar DS-3 o STS-1 (Señales de Transporte Síncrono). Los codecs también proporcionan una mejor calidad en el audio sin la existencia de una degradación en el servicio del video. Soportan hasta cuatro canales de audio con calidad FM estéreo de 15 KHz, utilizando anchos de

banda separados del servicio de vídeo. Esto, sin importar qué tan grande sea la ruta de transmisión, el DV-45 mantiene una calidad excepcional en la señal. Existen dos modelos completamente compatibles:

DV-45B

Utilizado para aplicaciones de vídeo interactivo, así como para distribución de la red. La información de audio y vídeo ocupa seis de los siete DS-2 disponibles en un canal DS-3, dejando un DS-2 para otras aplicaciones, tal como el PBX o conexiones LAN. Consta con la opción de almacenar el último frame correcto de vídeo por alrededor de 1/15 segundos hasta que recibe el próximo frame correcto del switch. Esta característica previene de un reciclaje que puede presentarse si un frame de vídeo se pierde durante el switcheo.

DV-45BQ

Este modelo hace uso del completo ancho de banda del DS-3 para proporcionar calidad en el vídeo durante su difusión, la cual puede ser regenerada varias veces durante su multiplexación y operaciones de producción, esto, sin pérdida de calidad. Debido a que el codec DV-45BQ está diseñado para el estándar de difusión, este modelo puede compartir la programación con aplicaciones de difusión comercial.

Los codecs DV-45B y DV-45BQ son compatibles en las tasas comunes más bajas, las cuales permiten actualizaciones de la red.

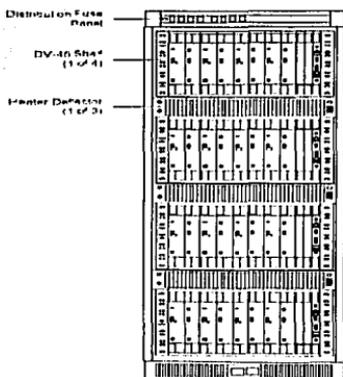


Figura 95. Codecs DV-45.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Administración

Nortel, como ya se mencionó, cuenta con un sistema de Administración de la Red denominado S/DMS, el cual provee las capacidades de operación, administración y mantenimiento desde una locación central. Además de brindar las capacidades de accesos remotos a los operadores del sistema. Todos y cada uno de los elementos de la red son administrables, esto gracias al sistema gráfico que ofrece.

Los equipos de Nortel requieren de las siguientes condiciones:

Requerimientos de Fuerza: -48V DC

Temperatura: 0° a 35° C

5.3 Otras Aplicaciones

Existen varias compañías que pueden ofrecer soluciones a diferentes aplicaciones de vídeo, cada una con sus diferentes productos. Las compañías arriba mencionadas, fueron elegidas por la importancia de sus aplicaciones, y por los eventos en que han sido seleccionadas, esto, sin menospreciar la calidad de los productos de otras compañías como Lucent o Nec, sólo por mencionar algunos. A continuación, se presentan dos aplicaciones de las compañías General DataComm y Nortel respectivamente.

5.3.1 Educación a Distancia

Los ambientes modernos para la Educación a Distancia crean una comunidad de aprendizaje global altamente interactiva y de abundantes medios. Esta comunidad denominada *IDL* (Educación a Distancia Interactiva), todavía cuenta con un instructor en un podium, o con un maestro en un escritorio y los estudiantes en el salón de clases, pero a diferencia de que el instructor puede estar en Nueva York y los estudiantes en Washington. El intercambio de la información se da de forma transparente, haciendo posible el último desarrollo en las comunicaciones interactivas de banda ancha.

Requerimientos IDL

Tiene algunos requerimientos en común con otras aplicaciones, incluyendo la calidad del vídeo, así como también algunas exigencias:

Amigable – Cualquier IDL debe proporcionar herramientas que sean fáciles de utilizar, tanto para los maestros como para los estudiantes. La tecnología de esta forma sería transparente, para que la atención esté en el contenido y no en cómo es transmitido.

Conectividad Multipunto – Las clases multisitio son muy comunes en un IDL. Un profesor normalmente tiene estudiantes localizados en un cierto número de salones de clases remotos. De esta forma, la red de vídeo interactiva de banda ancha es lo suficientemente apta para soportar estos multisitios interactivos, usando la topología de conexión requerida.

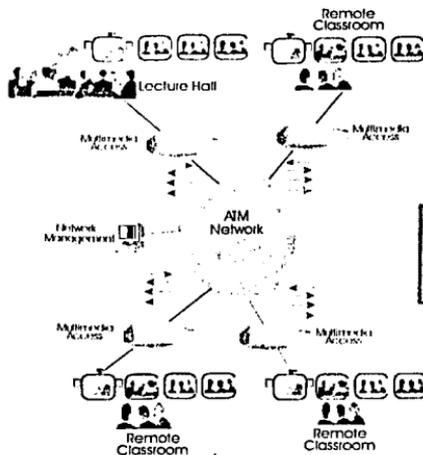
Pizarra Electrónica – La colaboración de los datos en una conferencia pueden ser muy útiles en las aplicaciones IDL. Haciendo uso de las herramientas de pizarra, los estudiantes y los profesores, pueden compartir la misma información que están viendo en el salón de clases actual a través de un cañón o de cualquier otro dispositivo gráfico.

Alta Calidad, Bajo Retardo – La alta calidad audiovisual y el bajo retardo de interacción, son dos factores cruciales para la comunicación profesor-estudiante. Lo que se pretende es que los estudiantes estén plenamente concentrados en el contenido entregado por el profesor, y no ser distraídos por la pobre calidad del vídeo o por los lentos tiempos de interacción.

Administración del Servicio incluyendo la Programación – Los administradores del IDL, deben ser lo suficientemente aptos para establecer y administrar una programación anual para toda la escuela, estructurar las sesiones de los salones de clases, así como de proporcionar el soporte necesario.

Solución IDL de General DataComm

La aplicación de una serie de escuelas en un Distrito se puede apreciar en la Figura 96, donde concentradores del producto MAC 500 en cada salón de clases proporcionan un costo-beneficio para esta aplicación, con un fácil desarrollo para el acceso a la red ATM. El módulo de vídeo en el concentrador, entrega una alta calidad y bajo retardo para el vídeo MPEG-2 hacia cada salón de clases. Los modos de comunicación pueden ser punto a punto entre dos salones de clases solamente, o una malla multipunto entre todos los salones de clases en el sistema.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 96. Interactivo Educación a Distancia usando ATM.

Estos equipos proporcionan una plataforma altamente flexible para la entrega de extensas características, así como de funciones completas para aplicaciones IDL. Soportan múltiples usuarios, audiovisuales e interfaces de datos, necesarios para cualquier conexión y envío del vídeo MPEG-2 con una alta calidad a bajas tasas de bits, ahorrando dinero en medios. En este ejemplo en particular, la red ATM, a través de su capacidad multicast, proporciona la conectividad multipunto requerida.

Todas las conexiones ATM son transparente y automáticamente establecidas al inicio de la sesión. Los estudiantes en el salón de clases remoto, en este ejemplo, pueden ver y oír al instructor como si él o ella estuvieran grabados en un video cassette VCR –ahora una tecnología y una herramienta de enseñanza familiar para todos. La gran diferencia es que ésta es una situación interactiva, durante la cual los estudiantes, en todos los sitios, pueden ver en tiempo real el intercambio de la información, así como las preguntas que pueden ser generadas desde cualquier lugar. En muchos casos este es un ambiente de aprendizaje mucho más aprovechable comparado con el salón de clases actual.

Los monitores de vídeo en cada locación permiten a los estudiantes ver y oír al instructor mientras al mismo tiempo pueden observar acercamientos del material gráfico que utiliza el maestro, si es una pizarra, diapositivas o cualquier otro medio.

Así mismo, proporcionan un flexible establecimiento de llamadas y control de la conferencia, los cuales permiten la especificación de los modos de sesión de los salones de clases y el correcto switcheo audiovisual y mezcla de los modos. Con todo esto, el

instructor puede mantener el control mientras enseña y abre la sesión de preguntas, solamente en los tiempos especificados durante la clase.

5.3.2 Telemedicina

En 1958, un radiólogo de Montreal llevó a cabo la tele radiología para la transmisión de rayos X entre un hospital y una clínica remota, convirtiéndose en uno de los primeros en demostrar el potencial de la Telemedicina.

Verdaderamente, la tecnología existe para hacer de la tele radiología una consulta remota, continuando con la Educación Médica. Esto ya está cambiando la forma de los servicios al cuidado de la salud, los cuales son entregados en centros médicos.

Las organizaciones al cuidado de la salud están bajo intensa presión para contener los costos mientras mejoran el acceso y el servicio hacia una creciente población de pacientes. Los valores fundamentales del sistema al cuidado de la salud –igualdad de acceso, económico y calidad en el cuidado del paciente- están en peligro debido a las severas restricciones de los recursos. Las organizaciones encargadas del cuidado de la salud, han identificado la necesidad de una progresiva solución que revolucionará el sistema del cuidado de la salud. Las empresas se están enfocando en la Telemedicina sobre una red multimedia de banda ancha para alcanzar esta meta.

Nortel presenta algunas soluciones para esta aplicación en particular, con su experiencia para con los proveedores al cuidado de la salud, los ha conducido a desarrollar de forma exitosa los sistemas de Telemedicina fin a fin (end-to-end) que conocen los requerimientos de los Administradores, Doctores y pacientes.

La Telemedicina está últimamente a punto de proporcionar una "presencia virtual". Dos o más grupos, separados por la distancia, pueden interactuar y comunicarse como si estuvieran en la misma sala. Es necesario contemplar el potencial: un especialista situado en una ciudad, es capaz de dar un completo diagnóstico en tiempo real, prescribir el tratamiento y dar un seguimiento al cuidado de un paciente en una clínica rural. Médicos dispersados sobre una gran área geográfica, pueden interactuar y compartir experiencias médicas a detalle, sin la necesidad de viajar. Tales aplicaciones requieren de una red de comunicaciones multimedia de banda ancha –y Nortel presume de contar con una excelente solución por conocer estas necesidades.

Basado en una extensa investigación de las Organizaciones al cuidado de la salud, las redes Nortel han desarrollado una solución integral para las telecomunicaciones al cuidado de la salud, las cuales fortalecen la telefonía, los datos y el vídeo sobre una sola red –y soporta una alta calidad en la consulta del vídeo interactivo, lo que cambiará la forma en que se entrega esta información.

Existen grandes beneficios para ser cosechados, ya que son capaces de enlazar comunidades clínicas, centros de enseñanza, hospitales urbanos y rurales dentro de un integrado sistema al cuidado de la salud. Y las inversiones en la red son recuperadas rápidamente a través de los beneficios como:

- Decremento en la estancia de los hospitales.
- Mejorada productividad especialista.
- Una mucho más eficiente administración de la atención, personal y de los egresos.
- Reducción en los egresos producto de los viajes.

Debido a que el cobre está siendo reemplazado por la tecnología de la fibra óptica en la red de las telecomunicaciones, las restricciones del ancho de banda desaparecen y se vuelve una realidad el soporte de aplicaciones como la Telemedicina. De hecho, presumen que en la mayoría de los centros médicos de Norte América localizados en áreas urbanas, ya cuentan con estos enlaces de banda ancha.

Pero no siempre los típicos centros médicos se encuentran en la posición de tomar todas las ventajas de estas redes de banda ancha. Sus propias redes basadas en cobre utilizan circuitos de líneas rentadas T1/E1, y tienen redes separadas pero sobrepuestas que sirven a las necesidades de la telefonía, los datos y el vídeo. Esto no sólo es caro e ineficiente para su operación, sino que también es una barrera para el costo-beneficio de las aplicaciones de la Telemedicina.

En un circuito T1/E1, una porción del ancho de banda debe ser asignado a la aplicación. El ancho de banda en un circuito del Modo de Transferencia Asíncrona (ATM), es utilizado solamente cuando se requiere, y cuando no es liberado para otras aplicaciones. Este método de la administración del ancho de banda, tiene el efecto de ensanchamiento del tubo en un breve periodo de tiempo para acomodar la aplicación, esto se puede apreciar en la Figura 97.

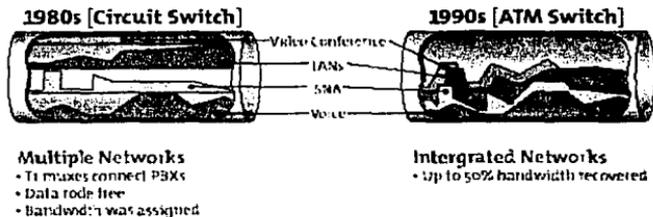


Figura 97. Utilización del Ancho de Banda.

Esta habilidad de tomar las ventajas de las conexiones switcheadas, es una de las ventajas más importantes sobre los circuitos de las líneas rentadas. A través de una característica de las redes ATM conocida como Circuitos Virtuales Switcheados (SVC's), la conexión de la red es usada y pagada solamente por lo que ha sido requerida –como una conexión de voz. Una principal ventaja de los SVC's es que permiten un desarrollo más rápido de la red, así como una gran escalabilidad y flexibilidad. También, permiten a los usuarios, por demanda, establecer dinámicamente la conectividad.

Para la aplicación de la Telemedicina, Nortel incluye una variedad de productos para la conectividad fin a fin:

- Dentro de estas soluciones se encuentra la serie del Passport 6000, el cual ya ha sido desarrollado en algunas redes al cuidado de la salud, y en más de 250 redes en todo el mundo, estos equipos incluyen una serie de productos multimedia, los cuales soportan la variedad de necesidades de una red empresarial.
- El Passport 6480 soporta una serie de servicios de red tales como la telefonía, el vídeo y los datos con alto desempeño, así como una alta capacidad en la plataforma de red ATM. El Passport 6440, el cual es un equipo debajo de la versión 6480, es una solución que proporciona un alto desempeño para locaciones de una extensión que va de pequeña a mediana. Además, el Passport 6420, es una solución costo-beneficio que extiende las redes de los Passports 6480 y 6440 hacia sucursales u oficinas regionales.
- Así mismo, se encuentra la serie del Passport 4400, dispositivos de accesos multiservicio incluyendo el Passport 4450 y 4430, optimizados para locaciones sucursales, donde se requieren múltiples tipos de tráfico, tales como voz digital, fax, LAN y datos.
- Dentro de las soluciones de Nortel existe un codec de vídeo digital, el DV-MPEG, una familia de tarjetas que soportan la codificación audio/vídeo MPEG-2 y la transmisión a tasas que van desde los 3 hasta los 18 Mbits/s – dependiendo de los requerimientos del vídeo. El modelo DV-MPEG codificador 100 I-Frame es una opción ideal para las aplicaciones de Telemedicina.

En seguida, se presenta en la Figura 98, un diagrama esquemática donde se puede apreciar una interconexión de los equipos antes mencionados, para dar una solución a la Telemedicina.

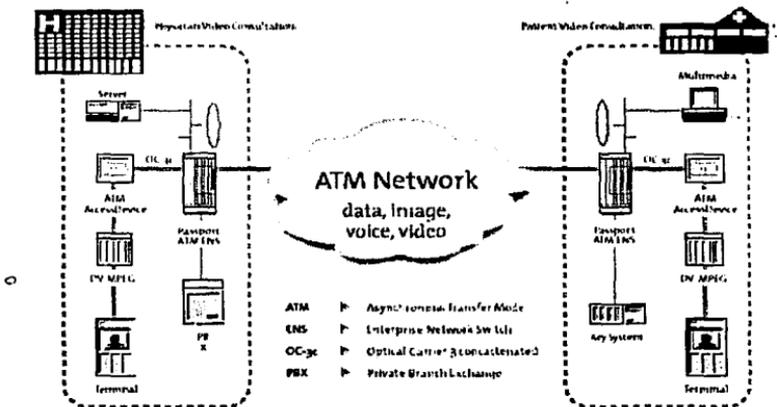


Figura 98. Solución fin a fin de las redes Nortel para la Telemedicina.

La meta principal de la Telemedicina, es disminuir el tiempo y el espacio para poner a los expertos del cuidado de la salud en contacto con la gente que necesita la ayuda. Es como construir hospitales sin muros.

En los recientes años, Nortel ha incrementado su participación en el desarrollo tanto de la tecnología de la red, como su aplicación. Estas redes están activamente envueltas en la aplicación, desde el desarrollo de un ancho de banda de la terminal de la Telemedicina, al estudio de los valores humanos en la consulta remota.

Las redes Nortel toman el concepto de maximizar el valor de la tecnología, en esta era de recursos limitados. Trabajando desde 1992 con la Universidad de Ottawa, en el Instituto del Corazón, con una especialización del cuidado cardiaco, donde ha visto el valor creado a través de la sociedad.

Se ha encontrado que la demanda de la Telemedicina es real. En una encuesta de sobrevivientes cardiacos, el 83% dice que se utilizaría la Telemedicina para evitar el traslado del paciente. Esto, resultaría en una disminución bastante significativa en los gastos que se realizan en un seguimiento normal de un paciente, el cual consta del traslado del paciente a los hospitales especialistas.

La Telemedicina y la Educación a Distancia, son sólo dos de las muchas aplicaciones que pueden beneficiarse con la solución del Video Interactivo de Banda Ancha. Otros ejemplos incluyen:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Videoconferencia Corporativa - habilitar el uso de la red ATM pública/privada para todos los niveles de calidad de video.
- Tele-justicia -para acusaciones remotas en las Cortes o para difundir una audiencia efectuada en una Corte.

Esto quiere decir que, las soluciones son adaptables a las necesidades especiales de un rango de aplicaciones multimedia. También, resuelven las necesidades comunes para una aproximación al costo-beneficio, que permite la distribución de los recursos públicos y privados -ahorrando tiempo y dinero, así como incrementando la productividad.

Conclusiones

Como se vió a lo largo de este trabajo, la multimedia esta surgiendo como una herramienta invaluable en la dirección en la que nos movemos hacia el nuevo milenio. Con las nuevas tendencias, las compañías ahora desarrollan tecnologías como la multimedia para agudizar sus respuestas y llegar a ser más competitivos. Además, el ambiente comercial actual está impulsando a las compañías a interactuar sin tomar en cuenta las fronteras geográficas.

Quando hicimos un acercamiento a la multimedia, vimos que está compuesta de varios tipos de medios, los cuales pueden ser separados en dos distintas categorías: Medios estáticos y medios basados en el tiempo. Los medios estáticos incluyen a los textos y a los gráficos, mientras que los medios basados en el tiempo incluyen vídeo, audio y la animación. La gran demanda de las aplicaciones multimedia se atribuyen, en parte, a la alta naturaleza de interactividad de sus interfases y a la combinación de abundantes tipos de datos como el vídeo y la animación, para comunicar considerablemente más información como nunca antes había sido posible. En el mundo de la electrónica, la multimedia es un sinónimo del movimiento de convergencia de las industrias de telecomunicaciones y de difusión, con la finalidad de entregar una amplia diversidad de aplicaciones. Esta convergencia creará nuevas formas de comunicación, de trabajo y educación. El fondo de esto, radica en la habilidad para comunicar y compartir la información correcta, en el momento correcto, con la persona correcta.

Utilizando el surgimiento de las tecnologías de transmisión de alta velocidad –como ATM (Modo de Transferencia Asíncrona)- que soportan aplicaciones que requieren de un amplio ancho de banda, ahora es posible contar con una comunicación en tiempo real haciendo uso de una alta calidad en el audio y vídeo, mientras se realiza el intercambio de información digital. De este modo el uso estratégico de las redes de banda ancha, implementadas a través de la calidad de aplicaciones tales como la videoconferencia, harán de los negocios una mayor competencia.

Además de poder compartir información que puede acompañar a la comunicación, donde es importante la parte de los "requerimientos de ancho de banda", se requiere de un estándar de compresión y de algoritmos para transportar eficientemente el vídeo sobre la red. Por ejemplo, un vídeo de calidad sin compresión, puede requerir más de 200 Mbps de ancho de banda, mientras que este mismo vídeo comprimido utilizando técnicas de compresión de calidad, requiere entre 5 y 50 Mbps, aquí se encuentra la gran importancia que notablemente ubica a las técnicas de compresión.

La compresión es el significado de reducir una cantidad de datos que están siendo transportados, dentro de un ancho de banda establecido, mientras se minimiza la degradación de las imágenes. Las aplicaciones de calidad en las imágenes son tratadas con un algoritmo de compresión que no permite cualquier degradación perceptible por el ojo humano, y por tanto, requiere de un mayor ancho de banda de la red para poder transportar esta calidad de la señal. Sin embargo, para reducir el costo, los niveles más altos de compresión pueden ser alcanzados con técnicas que reducen el ancho de banda por la

variación de la calidad del vídeo. Debido a que los requerimientos de calidad pueden diferir de una aplicación a otra, existen varios estándares de compresión de calidad en el vídeo, los cuales comprenden un amplio rango de necesidades.

Así mismo, existen dos técnicas utilizadas para la transmisión de la videoconferencia, las cuales se mencionan a continuación:

H.320

A finales de los 80's, una serie de estándares llamados H.320 fueron internacionalmente aceptados e identificados como los bloques de construcción para la videoconferencia, asegurando la compatibilidad entre una variedad de productos. Sin embargo, los estándares H.320 están limitados hacia un espectro de banda angosta que comprende tasas de datos de los 64Kbps hasta 2Mbps (normalmente 128Kbps o 384Kbps utilizando ISDN). Con H.320, normalmente experimentamos una tasa de transmisión más baja, y por lo tanto continuos movimientos llegan a ser afectados y apreciados en la transmisión del vídeo. Además, la confiabilidad ha sido un aspecto que, en la comunicación inicial entre las unidades, ha llegado a ser un problema. Por lo que el H.320 fue propuesto para aplicaciones audiovisuales de calidad baja a mediana y carece de la fidelidad requerida para soportar la demanda de requerimientos como para el vídeo de calidad para difusión. Aunque nuevos estándares han sido adoptados para proporcionar una mayor flexibilidad, capacidad y sobre todo calidad.

T.120

Con la introducción de una nueva serie de estándares para la distribución y transferencia de datos conocidos como T.120, la tecnología de la videoconferencia multipunto permite las aplicaciones completas de multimedia, que conectan múltiples sitios y múltiples usuarios. El T.120 cubre un amplio rango de estándares de direccionamiento multipunto para el intercambio de los datos, administración y control de las conferencias, transferencia multipunto de archivos, control multipunto de la cámara, y algunas más. Estos estándares, proporcionan una gran variedad de protocolos de comunicación que forman la base para una nueva arquitectura abierta hacia las conferencias multipunto en tiempo real. Con el T.120, las aplicaciones son interoperables con una variedad de componentes de múltiples vendedores. Además de esto, el T.120 añade transparencia a la red, entrega confiable de los datos (todos los puntos finales son asegurados de recibir la información completa), la escalabilidad desde ambientes simples o complejos, así como la extensibilidad hacia una variedad de nuevas capacidades.

Como consecuencia, es posible apreciar que el vídeo ha venido a revolucionar el ambiente de las redes. Por lo que la aportación del presente trabajo permite contar con una herramienta invaluable de consulta, consiguiendo de esta forma, reunir una gran cantidad de información que de otro modo sería necesario conseguir en una serie de libros, además de presentar una aplicación real del tema.

Por último, a través de esta investigación, me fue posible alcanzar un conocimiento más a detalle de una serie de temas afines al ambiente de redes, como es la tecnología ATM, los conceptos que giran alrededor del audio y vídeo, las técnicas e importancia de la compresión, así como de los equipos que pueden conjuntar este tipo de tecnologías.

Apéndice A - Estándares de MPEG

El éxito de la estandarización internacional y la alta calidad técnica de los estándares MPEG para la codificación genérica de las imágenes en movimiento y audio asociado, han facilitado la adopción de estos estándares por la industria. El MPEG sirve como la tecnología core para la distribución de los medios interactivos digitales, difusión, contribución y sistemas de distribución para la televisión digital, computadora, así como para las industrias de comunicaciones y clientes.

MPEG reconoce el rápido desarrollo de nuevas oportunidades en las industrias comerciales, y las actividades del estándar MPEG continuamente direcciona o dirige estas necesidades para acercarse a los términos del mercado. Los actuales estándares internacionales MPEG, MPEG-1 y MPEG-2, son actualizados de acuerdo a las mejoras que requiere la industria.

MPEG 4

El estándar MPEG-4, proporciona los elementos tecnológicos estandarizados que permiten la integración de la producción y distribución, así como el acceso al contenido de los campos de la multimedia interactiva, multimedia móvil, gráficos interactivos y la televisión digital mejorada.

El estándar MPEG-4 incluye:

Visual

- Compresión 3D
- Animación de la imagen a tasas muy bajas
- Mejores herramientas de compresión para el vídeo

Audio

- Bajo retardo
- Flexibilidad a errores adicionales

Sistemas

- Transporte de secuencias MPEG-4 sobre secuencias de sistemas MPEG-2
- Formato de archivo MP4
- MPEG-Java
- Nuevas herramientas de espacialización de audio

- Inclusión de "texturas" (pantallas) de otras aplicaciones dentro de la escena MPEG-4

MPEG 7

La transición entre los dos milenios, abundan con nuevas formas para producir, ofrecer, buscar, filtrar y manipular la información digitalizada de multimedia. Los anchos de banda, están siendo ofrecidos con el incremento de la calidad en el audio y vídeo, así como en la velocidad de acceso. La tendencia es clara, en pocos años, los usuarios estarán confrontándose con un gran número de contenido provisto por múltiples fuentes, que de manera eficiente y precisa accesarán a esta cantidad infinita de contenido que será inimaginable. Estos cambios requieren de una solución, para lo cuál MPEG-7 parece ser el indicado.

MPEG-7 ofrece una serie de herramientas audiovisuales, las cuales formaran la base para las aplicaciones la calidad de acceso requerida hacia el contenido, lo que implica aceptables soluciones de almacenamiento, alto performance en la identificación del contenido, rapidez, económico, preciso y de búsqueda. La cuestión de identificar y manipular el contenido no sólo es restringir las aplicaciones de bases de datos tales como las librerías digitales, sino extenderse a áreas como la selección del canal de difusión, edición de la multimedia, y servicios multimedia.

El estándar MPEG-7 puede ser usado independientemente de los otros estándares MPEG. Las descripciones de este estándar podían ser utilizadas para mejorar las funcionalidades de los estándares previos, pero no reemplazará al MPEG-1, MPEG-2 ó MPEG-4.

MPEG-21

Además de los estándares arriba mencionados, MPEG desarrollo el estándar MPEG-21, quién ayuda en la creación de un marco multimedia que toma en consideración los diferentes componentes involucrados en la entrega del contenido, del creador hacia el usuario.

MPEG-21 permitirá el transparente uso y manipulación de los medios (imágenes digitales, videos digitales) a lo largo de un amplio rango de redes y dispositivos. Esto proveerá un brinco mayor en el uso de las imágenes digitales para el usuario final.

Los medios digitales abren un nuevo rango de posibilidades para el cliente: compartir imágenes con mayor facilidad, colaboración remota en proyectos fotográficos, anotación de fotografías con búsqueda de texto, anotación con audio, etc. Sin embargo, las capacidades actualmente están limitadas por las soluciones que brindan los proveedores. Soluciones verticales raramente se integran fácilmente, dejando al usuario elegir un servicio sobre otro. Añadiendo a eso la incertidumbre que deja la viabilidad de las soluciones de los

proveedores con los servicios de internet, los usuarios quedan sin explotar el poder de la combinación de internet y los medios digitales.

Por lo tanto, los nuevos estándares surgidos MPEG-4, MPEG-7 y MPEG-21, están siendo desarrollados por los requerimientos evolucionarios y revolucionarios de la industria, para alcanzar y adelantarse al desarrollo tecnológico del futuro en semiconductores de software.

Apéndice B - Glosario de Acrónimos

AAL	Capa de adaptación ATM La Capa de Adaptación ATM ayuda a mapear los datos de la capa de servicios dentro de las celdas ATM. Dependiendo de los requerimientos del servicio, se pueden utilizar diferentes capas de adaptación.
ADSL	Línea de Suscriptor Digital Asimétrica Es una tecnología que explota la existencia de las redes con cableado de par trenzado telefónico, para entregar servicios de alta velocidad hacia los clientes en distancias cortas. Varios esquemas de modulación, tales como DMT y CAP se utilizan para alcanzar altos anchos de banda.
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona Es el método de multiplexación y transferencia de datos, definido como fundamental para B-ISDN. La tecnología ATM permite la integración de la información de voz, datos y video, requeridos sobre el mismo medio de transmisión. ATM es independiente de la capa física y no tiene ningún límite de ancho de banda.
AU	Unidad de Acceso En MPEG, una Unidad de Acceso es básicamente un bloque de datos que cuando es codificado, llega a ser una unidad de presentación, como por ejemplo, una imagen.
B-ICI	Interfase de Transporte entre Anchos de Banda Especificación del Foro ATM para el señalamiento de la Interfase Red a Red pública (NNI).
B-ISDN	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha La visión de una simple red integrada que transporta diferentes tipos de servicios incluyendo audio, video y datos.
B-ISUP	Parte Usuario del B-ISDN Especificación ITU-T para el señalamiento de la Interfase Red a Red pública (NNI).
CA	Acceso Condicional. En MPEG, el término para restringir el acceso a un programa por medio de la encriptación.
CAP	Modulación Inalámbrica de Amplitud de Fase Esquema de modulación empleado normalmente en la red de acceso, por ejemplo el escenario FTTC. Por la modulación de Fase, es posible transmitir tasas de bits con excesos de 50Mbps, por cables de cobre de par trenzado.
CDV	Variación del Retardo de la Celda. También conocido como Agrupando Celdas; es la situación donde varía el tiempo entre el arribo de una celda y la próxima.
CIF	Formato de Intercambio Común Una serie de parámetros que definen el tamaño y tasa de la imagen. CIF fue definido para permitir las aplicaciones de video teléfono para el intercambio de imágenes de video.
CLP	Prioridad de Pérdida de Celdas Un Bit en el encabezado de la celda ATM, indicando la importancia relativa de la celda.

CORBA	Arquitectura Común de la Solicitud de Objetos El modelo de objetos definido por el Grupo de Administración de Objetos. El DSM-CC Usuario a Usuario utiliza el modelo CORBA.
COFDM	Multiplexación por División de la Frecuencia Ortogonal Codificada Técnica de modulación multitransporte empleada en los sistemas de difusión terrestre que transporta video digital.
CS	Subcapa de Convergencia La subcapa de convergencia de algunas de las capas de adaptación ATM, son divididas dentro de una parte común (Subcapa de Convergencia de Parte Común) y una parte específica de servicio (SSCS).
CPCS	Subcapa de Convergencia de Parte Común Todos los servicios utilizan un AAL específico que puede usar la funcionalidad del CPCS. Estos pueden ser los cheques CRC y las indicaciones de longitud.
CPS	Sistema Proveedor del Contenido En la especificación DAVIC, el término para sistemas y equipo pertenecientes al proveedor del contenido, incluyendo codificación y sistemas de red.
dB	Decibel Una forma de representar niveles de señal, en una relativa escala logarítmica a un valor de referencia específico.
DCT	Transformación Discreta del Coseno El método de transformación utilizado para convertir una señal del dominio del tiempo en el dominio de la frecuencia. Usado por el proceso de compresión de audio y video en MPEG.
DMT	Modulación Discreta Multi-Tonos Técnica de Modulación usada en ADSL. Utiliza las técnicas de modulación en fase, en diversas bandas de frecuencia, simultáneamente con la transmisión de información. (Modulación en fase: los Bits son representados vía un número de condiciones de fase predefinida).
DS	Sistema de Entrega En DAVIC, todo el equipo (de red) utilizado para un Sistema Proveedor de Servicios con un Sistema del Cliente.
DSM-CC	Medio Digital de Almacenaje Comandos y Control Una serie de protocolos definidos por MPEG para controlar y administrar el flujo de la información del video.
DSRM	Modelo de Referencia del Sistema DAVIC Un modelo completo para describir las entidades que construyen un sistema multimedia, así como las interfases entre ellas.
DTS	Marca de Decodificación del Tiempo Una marca de tiempo que dice al decodificador en qué momento decodificar una unidad de acceso de video o audio.
ES	Secuencia Elemental Una secuencia de unidades de acceso de audio o video codificados de acuerdo a MPEG, puede también contener datos definidos del usuario.

FEC	<p>Corrección de Errores</p> <p>Una técnica que protege los PDU'S transmitidos, sobre la red, de pérdidas/errores de bits. En el lado de la transmisión, una cierta cantidad de información es añadida y calculada por una técnica específica, por ejemplo: la R/S (Reed-Solomon). En el lado receptor, los PDU'S verifican de nuevo la información FEC y las posibles pérdidas/errores de bits son corregidas.</p>
FFT	<p>Transformación Rápida de Fourier</p> <p>Una forma de transformar señales en el dominio del tiempo en el dominio de la frecuencia, con una alta precisión. Empleada como parte del proceso de compresión del audio MPEG.</p>
FTTB, FTTH	<p>Fibra para los Edificios, Fibra para el Hogar</p> <p>Un acceso de la arquitectura de red, donde un cable de fibra es implementado en la casa del cliente o en la oficina.</p>
FTTC	<p>Fibra hacia el borde</p> <p>Un acceso de la arquitectura de red donde la fibra es implementada hacia un punto central, relativamente cerca del cliente. La última parte hacia el cliente, es entonces cubierta por coaxial o cable de par tranzado en una típica topología de estrella.</p>
GFC	<p>Control Genérico de Flujo</p> <p>Un campo del encabezado ATM, que puede usarse para transportar información de control de flujo. Se presenta solamente en la interfase Usuario-Red (UNI).</p>
GOP	<p>Grupo de Imágenes</p> <p>En MPEG un número de imágenes que son agrupadas para formar una unidad lógica. Inicia con una imagen Intracodificada (I-).</p>
HDSL	<p>Línea Digital de Alta Velocidad</p> <p>Una Tecnología que explota la existencia de redes con cableado de par tranzado telefónico, para entregar servicios de alta velocidad a los clientes. HDSL proporciona transmisión en ambas direcciones a tasas típicamente más bajas que ADSL.</p>
IIEC	<p>Control de Error de Encabezado</p> <p>Un campo para el chequeo del CRC en el encabezado de la celda ATM, empleado para proteger los primeros 4 bytes del encabezado de la celda. La correlación entre el campo IIEC y los primeros 4 bytes del encabezado también permite al equipo receptor identificar los límites de la celda.</p>
IIFC	<p>Redes Híbridas</p> <p>Es una tecnología de acceso a la red donde la fibra y el cobre son usados en una arquitectura mixta. La parte del cobre es típicamente un cableado de red de TV existente. Debido a la topología de las redes de TV por cable, el regreso del acceso a los canales hacia el IIFC es dividido entre los usuarios.</p>
IDCT	<p>Transformación Inversa Discreta del Coseno</p> <p>La función Inversa del DCT, IDCT es utilizado para transformar de regreso información de la imagen o audio del dominio de la frecuencia hacia el dominio del tiempo.</p>
IDL	<p>Lenguaje de Definición de la Interfase</p> <p>Un lenguaje descriptivo que se utiliza para describir interfaces en un ambiente distribuido.</p>
IE	<p>Elemento de Información</p> <p>Los IE'S son incluidos en los mensajes de señalamiento UNI de B-ISDN. El IE puede llevar información en el número llamado o en marcación, la Calidad de Servicio (Qos) solicitada para la conexión, así como el AAL utilizado.</p>

IP	Protocolo de Redes Interconectadas Un protocolo usado ampliamente para interconectar sistemas y redes.
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados Una red de banda angosta que se utiliza para transportar diferentes servicios, por ejemplo voz, datos y video de baja calidad. También conocida como N-ISDN.
LFE	Canal Mejorado de Baja Frecuencia Canal Opcional disponible en el audio MPEG-2. Transporta información de baja frecuencia, usada para efectos especiales.
LMDS	Sistema de Distribución Local Multipunto Una Tecnología de red de acceso inalámbrica, la cual hace uso, para su transmisión, de las microondas en ambas direcciones.
MMDS	Sistema de Distribución Multipunto Multicanal Una tecnología inalámbrica de acceso a la red, empleando la transmisión de microondas con dirección de la red hacia el cliente. El sentido opuesto del flujo de la información, puede ser llevado vía el POTS.
MPEG	Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento Un Subgrupo de Trabajo de la ISO/IEC que define los estándares para la codificación y manipulación de las imágenes en movimiento, así como de la información de audio asociada.
MPTS	Secuencia de Transporte Multi Programa Una secuencia de Transporte que lleva múltiples programas.
N-ISDN	ISDN de Banda Angosta.
NIT	Tabla de Información de Red Una estructura de datos en los Sistemas MPEG-2, que llevan información acerca de los datos MPEG-2 transportados en la red. Normalmente usada por el proveedor de la red para transportar información relacionada con la red.
NNI	Interfase de Nodo de Red La Interfase entre Redes. Las celdas ATM transmitidas por esta interfase, tienen un formato diferente que las celdas ATM en la interfase entre el usuario y la red. Así mismo, el señalamiento ocurrido en el NNI es diferente comparado al que ocurre en el UNI.
NTSC	Comité Nacional de Estándares de Televisión Un estándar de video analógico originado y utilizado en E.U., y algunos otros países de América.
OAM	Operación y Mantenimiento Procedimientos y Estructuras PDU empleadas para monitorear y administrar la red B-ISDN.
OMG	Grupo de Administración de Objetos Un grupo de Compañías e Institutos que trabajan en la Estandarización del procesamiento orientado a los objetos en un ambiente distribuido, por ejemplo: una red.
OMG-CDR	Representación Común de los Datos OMG La representación del formato de los datos elegido por el OMG.
ONU	Unidad de Red Óptica Punto de distribución en el acceso de la red.

ORB	<p>Solicitud de Objeto</p> <p>La entidad central en el modelo CORBA, que permite el transparente acceso hacia las funciones distribuidas en una red.</p>
OSI	<p>Interconexión de Sistemas Abiertos</p> <p>Un modelo de referencia definido por ISO, el cuál describe la funcionalidad de los protocolos de red a través de 7 capas. El modelo OSI contiene las siguientes capas: física, enlace, red, transporte, sesión, presentación, y aplicación. El modelo OSI es generalmente utilizado como una referencia conceptual en el ambiente de las Telecomunicaciones y Comunicación de Datos.</p>
PAL	<p>Línea de Fase Alterna</p> <p>Un estándar de vídeo analógico principalmente usado en Europa y Asia.</p>
PAT	<p>Tabla de Asociación al Programa</p> <p>Una estructura de Datos en los sistemas MPEG-2, que provee la información inicial de qué programas son transportados en la presente secuencia de transporte MPEG-2.</p>
PCI	<p>Protocolo de Información de Control</p> <p>Ver PDU.</p>
PCR (MPEG)	<p>Programa de Referencia del Reloj</p> <p>Una marca de tiempo provista en la secuencia de transporte MPEG-2, que es utilizado para ajustar el reloj de codificador.</p>
PCR (ATM)	<p>Tasa de Celdas Pico</p> <p>Es el número máximo de celdas por un período de tiempo en un canal virtual específico.</p>
PDH	<p>Jerarquía Digital Plesiocrona</p> <p>Una tecnología de comunicaciones actualmente siendo utilizada en todo el mundo. PDH esta basado en la Multiplexación por División de Tiempo (TDM), pero puede transportar también celdas ATM. En América del Norte, las tasas típicas son de 1.5 Mbps DS-1 y 45 Mbps DS-3. En Europa, predominan los 2 Mbps E1 y 34 Mbps E3.</p>
PDU	<p>Unidad de Datos de Protocolo</p> <p>Un "bloque" de datos enviados de un transmisor hacia un receptor. Las implementaciones del protocolo en el transmisor y receptor, son codificadas y decodificadas de acuerdo al PDU hacia una especificación PDU dada.</p>
PES	<p>Secuencia Elemental Paquetizada.</p> <p>Una secuencia elemental que esta dividida dentro de paquetes de longitud variable. El encabezado de cada paquete provee información adicional hacia el proceso de la secuencia</p>
PID	<p>Identificador de Paquete</p> <p>Un campo en el encabezado de la estructura del encabezado de transporte, que identifica paquetes que permanecen juntos. Es también empleado para identificar el contenido del paquete.</p>
PMD	<p>Dependiente del Medio Físico</p> <p>La subcapa más baja de la capa física. Describe, entre otras cosas, niveles de amplitud, formas de pulso, y el código de línea usado en el medio físico.</p>
PMT	<p>Tabla de Mapa del Programa</p> <p>Una estructura de datos en los sistemas MPEG-2 que llevan información que paquetes de transporte están formando un programa.</p>

P-NNI	<p>NNI Privado</p> <p>Especificación del Foro ATM para la interfase red a red (NNI) de señalamiento.</p>
POTS	<p>Antiguo Sistema de Telefonía</p> <p>Sistema de Telefonía Pública , tal como es conocido ahora.</p>
PRBS	<p>Secuencia de Bytes Aleatoria</p> <p>Una secuencia de bits predefinida que aparece de forma "aleatoria", usada para medir la tasa de errores de bits.</p>
PSI	<p>Información específica del Programa</p> <p>La colección de tablas tales como La Tabla de Asociación al Programa, Tabla del Mapa de Programa, Tabla de Acceso Condicional, y Tabla de Información de Red.</p>
PSTN	<p>Red de Telefonía Pública</p> <p>El sistema de telefonía público, tal como se conoce ahora usado para las comunicaciones de voz.</p>
PTI	<p>Indicador de Tipo de Carga</p> <p>Un campo en el encabezado de la celda ATM, para describir la carga de la celda ATM. Es utilizado en la Capa de Adaptación ATM Tipo 5 para indicar el final del PDU AAL5.</p>
PTS	<p>Marca de Tiempo de Presentación</p> <p>Una indicación de marca de tiempo, donde los datos decodificados deberán ser presentados al usuario .</p>
QAM	<p>Modulación de Amplitud por Cuadratura</p> <p>Es una técnica de modulación digital que conforma el estándar ITU-T J.83 Anexo B, con la cual denomina a la Modulación de Amplitud por Cuadratura de 64 y 256 (QAM), con modulación codificada concatenada, además de mejoras tales como el entrelazado variable para bajas latencias en aplicaciones sensibles al delay, como son la voz y los datos. Usando 64 QAM, un canal de cable que ahora transporta un canal de vídeo analógico, transportaría 27 Mbps de información, suficiente para múltiples programas de vídeo. Pero utilizando 256 QAM, el canal de cable estándar de 6 MHz transportaría 40 Mbps.</p>
QoS	<p>Calidad de Servicio</p> <p>La calidad de servicio de un enlace de comunicación es dado por una serie de valores, los cuáles describen el retardo entre el transmisor y el receptor ó el número máximo de errores de bytes tolerable en el enlace de comunicación.</p>
RGB	<p>R rojo, Verde, Azul</p> <p>Un espacio de color que describe un color dividiéndolo dentro de sus componentes rojo, verde y azul.</p>
RPC	<p>Llamada de Procedimiento Remoto</p> <p>En una aplicación de software, un RPC es un método para llamar una función que es implementada en un sistema remoto.</p>
SAR	<p>Segmentación y Reensamble</p> <p>Una subcapa de AAL. Realiza la segmentación de los PDUs de CS dentro de las celdas ATM en el lado de la transmisión, y la función opuesta en el lado del receptor. Puede contener información adicional, tales como los números de secuencia y las marcas de tiempo, dependiendo del AAL.</p>
SCR	<p>Sistema de Referencia de Reloj</p> <p>El equivalente al Programa de Referencia de Reloj, pero en secuencia de programa MPEG.</p>

SDH	<p>Jerarquía Digital Síncrona</p> <p>Multiplexación que añade-tira basada en el método de transmisión usado para transportar celdas ATM sobre grandes distancias. Es considerado como el reemplazo para la red PDH actualmente instalada. Originalmente estandarizado por el CCITT en 1988 en las bases de las especificaciones SONET. Predomina en Europa.</p>
SDU	<p>Unidad de Datos de Servicio</p> <p>Ver PDU.</p>
SECAM	<p>Sequentiel Couleur Avec Mémoire</p> <p>Estandar de Video Analógico desarrollado en Francia, y ahora es usado en algunos países de África.</p>
SIF	<p>Estandar/Fuente Intercambio/Formato de Entrada</p> <p>Un formato de video digital utilizado en el video MPEG-1.</p>
SMR	<p>Señal a Máscara de Radio</p> <p>Un término que describe la diferencia en magnitud de la señal de audio actual, y la magnitud del ruido que sólo es imperceptible para el oído humano en una banda de frecuencia dada. El SMR es usado en las técnicas de compresión de audio para determinar el número de bits necesarios para describir las muestras de audio.</p>
SNMP	<p>Protocolo Simple de Administración de la Red</p> <p>Un protocolo de administración de la red aceptado ampliamente, normalmente empleado en las redes privadas y empresariales.</p>
SNR	<p>Señal a Ruido</p> <p>El ratio entre la magnitud de la señal actual y la "señal turbia" (ruido).</p>
SONET	<p>Red Óptica Síncrona</p> <p>Multiplexación que añade-tira basada en el método de transmisión usado para transportar celdas ATM sobre grandes distancias. Es considerado como el reemplazo para la red PDH actualmente instalada predomina en Norte América.</p>
SPS	<p>Sistema Proveedor de Servicio</p> <p>En DAVIC, todo el equipo usado por el proveedor de servicio para entregar un servicio hacia el cliente.</p>
SPTS	<p>Secuencia de Transporte del Programa</p> <p>Una secuencia de transporte que lleva varias secuencias PES, refiriéndose a la misma base de tiempo y formando un programa.</p>
SSCF	<p>Función de Convergencia de Servicio Especifico</p> <p>Conversión de la función utilizada para adoptar los protocolos de señalamiento UNI/NNI hacia el SSCOP.</p>
SSCOP	<p>Servicio especifico del protocolo orientado a la conexión un mecanismo que ofrece una entrega asegurada de los mensajes de señalamiento. (los protocolos de señalamiento asumen los mensajes como satisfactoriamente transmitidos, esto porque el AAL no ofrece una entrega garantizada).</p>
SSCS	<p>Servicio Especifico de la Subcapa de Convergencia</p> <p>Una parte del CS en algunos AALs permitiendo la adaptación hacia un servicio especifico, adicional a lo que el CPCS puede ofrecer. Puede no ser utilizado y es referido entonces como "Nulo".</p>

STB,SIT,STU	Settop Box, Settop Terminal, Settop Unit Es un dispositivo en la premisa del cliente, el cual decodifica los datos enviados.
STM	Módulo de Transferencia Síncrona Jerarquía de niveles/transmisión de la estructura de la trama del método de transmisión SDH. El STM-1 consta de una trama de tamaño de 2,430 bytes, la cual es transmitida con una frecuencia de 8 KHz, produciendo una tasa de bits de 155 Mbps.
STS	Módulo de Transporte Síncrono Jerarquía de niveles/transmisión de la estructura de la trama del método de transmisión SONET. El nivel más bajo es el STS-1 en una tasa de bits de 52 Mbps.
TCP	Protocolo de Control de Transmisión Un protocolo ampliamente utilizado que provee una confiable transferencia de los datos entre las partes transmisora y receptora.
TDM	Multiplexación por División de Tiempo Un método de multiplexación que utiliza ranuras de tiempo (time slots). En uno o más veces/segundo el usuario puede transmitir una cantidad de datos específicos. Utilizada en PDH.
U-N	Usuario a Red Una parte del estándar MPEG-2 DSM-CC que trata de la interfase entre el usuario (servidor de video ó settop box) y la red de entrega.
U-U	Usuario a Usuario Una parte del estándar MPEG-2 DSM-CC que trata de la interfase entre el usuario (servidor de video ó settop box) y la red de entrega.
UNI	Usuario a Interfase de Red En B-ISDN, la interfase usuario a red se conecta al equipo del usuario, normalmente una terminal o una PC, hacia la red pública.
VBV	Verificador del Buffer de Video Un modelo hipotético de un decodificador de video, utilizado para verificar que una secuencia de bits codificada no causaría el desbordamiento del buffer, ó que no pudiera ser almacenado (underflow) en un decodificador real.
VCC	Conexión de un Canal Virtual Una conexión lógica entre un transmisor y un receptor en una red ATM, identificada por un par de números VCI y VPI.
VCI	Identificador de Canal Virtual Un número que identifica un canal lógico dentro de una ruta virtual en una red ATM.
VDSL	Línea Digital de Suscriptor de muy Alta Velocidad Tecnología de acceso a la red que permite el transporte de 52 Mbps de información, de la red hacia la premisa del cliente, sobre distancias cortas de cable de par tranzado. Utiliza el esquema de modulación CAP.
VPI	Identificador de Ruta Virtual Un número que identifica una ruta en una red ATM.
YCrCb	Un Espacio de Color Definido por la ITU-R, que describe un color a través de los componentes de luminancia (Y) y dos de crominancia (Cr y Cb).

Bibliografía

- ATM The Future of High-Speed Networking
Walter Goralski
Computer Technology Research.
- Analyzing Broadband Networks.
Mark A Miller
M&T Books.
- ATM & MPEG-2 Integrating Digital Video into Broadband Networks
Michael Orzessek and Peter Sommer
Hewlett Packard
- ATM Theory and Application
David E. Medysan and Darren L. Spohn
McGraw-Hill
- Redes de Computadoras
Andrew S. Tanenbaum
Prentice Hall

URL's:

<http://a01-unix.gsys.inf.uc3m.es/~fprez/lro9798>
<http://www.atmforum.com> Foro ATM
<http://www.webreference.com/jpeg/>
<http://www.geocities.com/tapsemi/> Página de JPEG
<http://www.cisco.com>
<http://www.gdc.com>
<http://www.nortelnetworks.com>