



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**RED DIGITAL DE SERVICIOS
INTEGRADOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

SILVERIO JOEL SANCHEZ PEREZ

ASESOR: ING. JOSE LUIS RIVERA LOPEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1994



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR U. N. A. M.
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Red Digital de Servicios Integrados"

que presenta el pasante: Sánchez Pérez Silverio Joel
con número de cuenta: 7958478-0 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 4 de Mayo de 1994

PRESIDENTE Ing. Ubaldo Ramírez Urizar

VOCAL Ing. José Luis Rivera López

SECRETARIO Ing. Jaime Rodríguez Martínez

PRIMER SUPLENTE Ing. Jorge buendía Gómez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Juan González Vega

A MIS PADRES:

**Por todo su apoyo y
comprensión.**

I N D I C E G E N E R A L

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 : MEDIOS DE TRANSMISION	
El circuito de comunicaciones.....	3
Cables de pares trenzados.....	10
Cable coaxial de banda base.....	11
Cable coaxial de banda ancha.....	13
Fibras ópticas.....	14
Infrarrojo.....	17
Microondas.....	18
Comunicación por satélite.....	20
Modem.....	22
CAPITULO 2 : TRANSMISION ANALOGICA Y DIGITAL	
Transmisión analógica.....	25

Ancho de banda.....	28
Señales digitales.....	36
Conversión de la señal.....	37
Transmisión digital.....	43
Modulación por pulsos codificados.....	50
Muestreo.....	50
Filtro pasa bajas o anti-aliasing.....	53
Cuantización.....	58
Cuantización no-lineal.....	63
Codificación.....	68
Decodificación e integración.....	70
Sistemas de codificación.....	72
Decodificación de bits.....	72
NRZ : No Retorno a Cero.....	73
AMI : Inversión de Marcas Alternas.....	74
HDB3 : Alta Densidad Bipolar Exceso 3.....	75

Multiplexación por división de tiempo (TDM).....	78
Estructura de la trama de 32 canales.....	82
Estructura de la trama de 24 canales.....	84
Sistema PCM de alto orden.....	86
Razón de transmisión y frecuencia de línea.....	86
Regeneración.....	87
Sincronización de la red.....	90
Red asincrónica.....	90
Red asincrónica, maestro-esclavo.....	92
Red sincrónica mutua.....	93
Adaptación de la cadena de bits de entrada para la temporización en central (red sincrónica).....	94

CAPITULO 3 : ARQUITECTURA DE REDES

Utilización de las redes.....	98
Ventaja de las redes.....	99
Aplicación de las redes.....	100

Estructura de red.....	102
Topologías de red.....	106
Topología jerarquica.....	108
Topología en anillo.....	110
Topología en estrella.....	112
Topologías de bus.....	116
Topología en malla.....	118
La red telefónica.....	119
Normas y modelos OSI.....	124
Las siete capas del RM-OSI de la ISO.....	132
Capa de medios físicos.....	136
Capa de enlace de datos.....	136
Capa de red.....	137
Capa de transporte.....	138
Capa de sesión.....	140
Capa de presentación.....	141

Capa de aplicaciones.....	142
Identificación de entidades.....	143
Sistemas de identificación.....	145
Identificadores en el RM-OSI.....	149
Conexiones.....	154
Establecimiento de una conexión.....	155
Liberación de una conexión.....	156
Multiplexado.....	156
Transferencia de datos.....	159
Gestión.....	164

CAPITULO 4 : PROTOCOLOS

Protocolos.....	167
Especificación formal de protocolos.....	170
Especificación de servicios.....	171
Especificación de protocolos.....	174

Modelos de transición.....	176
Verificación de protocolos.....	189
Análisis de alcance	194
Implementación de protocolos.....	197
Opciones de la implementación.....	198
Valores de temporizaciones.....	199
Estrategia de retransmisión.....	201
Estrategia de reconocimiento.....	202
Estrategia de control de flujo.....	204
Localización de usuario apropiado.....	205
Localización de recursos.....	207
Integración de implementación en el sistema.....	209
Implementación como proceso de usuario.....	209
Implementación en el núcleo del sistema operativo....	210
Implementación en un procesador FRONT-END (enfrente-termina).....	211

Modelo general de implementación.....	213
Test de implementación de protocolos.....	216
Arquitectura del comprobador.....	219
Generación de secuencias de tests.....	232

CAPITULO 5 : RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

Red digital de servicios integrados.....	235
Requerimientos de una red de telecomunicaciones digital.....	242
Acceso digital.....	247
Características.....	249
Servicios RDSI.....	252
Arquitectura del sistema RDSI.....	255
La PBX digital.....	263
Interfase de usuario de la RDSI.....	272
Acceso a la RDSI para el suscriptor normal.....	289

Acceso RDSI para usuarios de pequeños negocios.....	290
Acceso RDSI para usuarios de negocios grandes.....	294
Utilización de concentradores.....	297
Señalización RDSI-SS # 7.....	303
Gestión terminal.....	308
Sondeo.....	310
Multiplexión contra concentración.....	314
Patente de conmutación de paquetes de voz-datos de los laboratorios Bell.....	327

I N T R O D U C C I O N

Hace un poco más de un siglo Alexander Graham Bell invento el teléfono,este servicio, en especial se diseño con un objetivo en mente completamente diferente al actual:transmitir la voz humana en una forma más o menos reconocible.Un sistema de banda ancha puede transmitir datos,voz y señales de televisión.Para el siglo XX,la tecnología clave ha sido la recolección,procesamiento y distribución de información a medida que vamos hacia los últimos años de este siglo,se ha dado una rápida convergencia de estas áreas.Organizaciones con centenares de oficinas dispersas en una amplia área geográfica esperan tener la posibilidad de examinar en forma habitual el estado actual de todas ellas,incluso la más alejada,simplemente oprimiendo una tecla.La unión de los diferentes servicios como la transmisión simultanea de voz,datos,video, graficos,etc. en forma digital tiene una profunda influencia en la forma en que estos sistemas están organizados.Estos sistemas, se conocen como RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS(RDSI o ISDN en inglés) se dice que estos servicios estan interconectados,si éstos son capaces de intercambiar la información.La conexión no necesita hacerse através de un hilo de cobre;también puede

hacerse por medio de la utilización de microondas, satélites de comunicaciones y laser. Existe en la literatura la confusión entre una red y un sistema distribuido.

Con una red, el usuario debe **explícitamente** entrar en una máquina, **explícitamente** enviar trabajos remotos, **explícitamente** mover archivos y, por lo general gestionar de manera personal toda la administración de la red. Con un sistema distribuido nada se tiene que hacer en forma explícita, todo lo hace de manera automática el sistema sin que el usuario tenga conocimiento de ello. Un sistema distribuido está más bien en el Software (en especial en el sistema operativo) que en el Hardware.

M E D I O S D E T R A N S M I S I O N

1.1 E L C I R C U I T O D E C O M U N I C A C I O N E S

La electricidad es la base del almacenamiento y distribución de los datos de las redes de comunicaciones (aunque también se utilizan fibras ópticas, que emplean fuentes luminicas). Un electrón es la cantidad más pequeña de carga eléctrica que puede interesar a la mayor parte de los ingenieros dedicados a las comunicaciones de datos. Se dice que el electrón tiene polaridad negativa. Un proton es una partícula elemental dotada de polaridad positiva. Los polos opuestos de un imán se atraen entre si, mientras que los polos identicos se repelen. Asi, por ejemplo, un electrón repele a otro electrón. La forma de agregación de electrones y protones es lo que determina las características eléctricas de muchos componentes de una red de comunicaciones.

Los protones y electrones se agregan entre si para formar un átomo. En esta formación se confiere su estabilidad eléctrica. La estabilidad del átomo se basa en dos propiedades: 1) la atracción que sufre el electrón hacia el protón, que es contrarrestada por

2) la fuerza centrífuga originada por el giro del electrón en torno al núcleo la distribución de los electrones determina en los orbitales la estabilidad eléctrica. Si introducimos de alguna forma una perturbación que haga inestable el átomo, permitiendo que los electrones pasen a otros átomos, se producirá energía en forma de corriente eléctrica. En los sistemas de comunicaciones de datos pueden emplearse corrientes para simbolizar los datos. La forma más importante de mover electrones a lo largo de un hilo de cobre, y crear una SEÑAL DE COMUNICACION, consiste en establecer lo que se conoce como diferencia de potencial. A grandes rasgos, cuando la carga que poseen dos componentes es distinta existe una diferencia de potencial. En realidad el concepto de potencial se refiere a la posibilidad de desplazar partículas eléctricas, como es el electrón. La corriente (y por lo tanto la capacidad de transportar información mediante corriente) aparece cuando la diferencia de potencial entre dos cargas obliga a moverse por el circuito a los electrones.

En la figura 1.1 se muestra el efecto de diferencia de potencial supongamos que una unidad de carga puede mover electrones (en realidad, son billones los electrones que intervienen). En el lado izquierdo del circuito existe un potencial de 1, mientras que en el lado derecho el potencial vale 3. La diferencia de potencial entre ambos extremos es de 2.

Lo que determina en realidad el movimiento de la cantidad de electrones, es la diferencia de potencial.

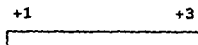


Figura 1.1

La diferencia de potencial se mide en una unidad conocida como voltio. Un voltio es el trabajo necesario para que una carga aplicada genere una diferencia de potencial capaz de hacer moverse por el circuito a los electrones.

El sencillo circuito eléctrico de la Figura 1.2 contiene también una bombilla. A medida que fluyen los hilos, los electrones entran en la bombilla. El filamento de tungsteno presenta una resistencia al paso de la corriente mayor que la del hilo de cobre. Esta resistencia-la oposición a la corriente-hace que el filamento entre en incandescencia, emitiendo luz.

Mediante la simple manipulación de una tecla este circuito puede configurarse para llevar acabo las funciones de un sistema de comunicación. Al abrir el interruptor, el ciclo de la corriente

quedará interrumpido, y el paso de esta cesará. La diferencia de potencial entre los terminales positivos y negativos no tendrá importancia en este caso. En realidad, la tecla o interruptor es un conmutador, que al abrirse y cerrarse produce el mismo efecto que un intermitente. Si una persona (un operador) abre y cierra el circuito a intervalos preestablecidos la intermitencia de la luz podrá representar un determinado código.

transmisor
(una batería u
otra fuente
de energía)

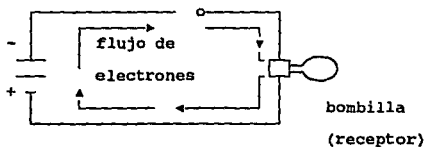


Figura 1.2

El código puede tener un determinado significado para el receptor. Así, por ejemplo, durante un intervalo de 5 segundos, un operador puede abrir y cerrar el interruptor para producir: no luz, luz, luz, luz, no luz. Este código podrá representar la letra C (de hecho es así en algunos códigos). Si una persona que observa los destellos luminosos conoce el código preestablecido, podrá también interpretar esas señales como una C.

En las primeras configuraciones de circuitos destinados a las comunicaciones de datos y de voz, el circuito de retorno era la propia tierra. En esta técnica, para transportar los datos se utilizaba un sólo hilo, y como circuito de retorno la tierra, también llamada masa (o electrodo de masa). La conexión a tierra se llevaba a cabo conectando el electrodo a alguna pieza de metal, por ejemplo una tubería, a través de la cual la conexión a tierra tenía lugar, es decir, el campo o terreno. En un sistema de este tipo, la tierra sustituía al hilo de retorno que cierra el flujo de corriente, y hacía las veces de conductor de retorno.

Todo conductor eléctrico es una fuente de ruido. La potencia del mismo es proporcional al Ancho de Banda (margen de frecuencias presentes en el canal), por lo que un aumento en el ancho llevará aparejado un incremento en el ruido.

La ley de Shanon, uno de los conceptos fundamentales en comunicaciones, demostró que en la capacidad de un canal existen límites finitos de transmisión. Este límite viene dado por la siguiente fórmula :

$$C = W \log_2(1 + S/N)$$

donde C = Capacidad máxima de bits por segundo (bps)

W = Ancho de Banda

S/N = Relación entre potencia de la Señal (S) y
la potencia del Ruido (N)

Si examinamos la fórmula, resulta evidente que un incremento en el ancho de banda, un aumento en la potencia de la señal o una disminución en los niveles de ruido traerán como consecuencia la posibilidad de transmitir a mayor velocidad.

Una forma de aumentar la Señal/Ruido es colocar en la línea más amplificadores de la señal. A medida que la señal recorre el enlace de comunicaciones los amplificadores refuerzan la señal periódicamente. Como el ruido es constante a lo largo de toda la línea, los amplificadores han de estar lo bastante próximos como para que la señal no quede por debajo de un determinado nivel. Sin embargo, aun cuando la instalación de los amplificadores poco separados mejora la Señal/Ruido, puede resultar muy costosa. Además los amplificadores deben estar diseñados cuidadosamente para minimizar la cantidad de ruido que se amplifica junto con la señal.

1.2 CABLES DE PARES TRENZADOS

Durante los principios de la **telefonía**, todos los circuitos utilizaban el retorno a través de tierra. Sin embargo, la calidad de señal que se conseguía era bastante pobre; por ese motivo, en 1883 se añadió un segundo hilo como línea de retorno no basada en tierra. Este método mejoró la calidad de la señal, pero presentaba el problema de que las señales de ambos hilos se interferían mutuamente. Para compensar (y cancelar) efectos de interferencias entre pares de hilos, se trenzaron los cables (dos cables paralelos constituyen una antena simple, en tanto que un par trenzado no) en general de 1 mm de espesor y se les sigue llamando cables de **pares trenzados** (o simplemente cables de pares).

Los pares trenzados se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital y la distancia que se puede recorrer con estos cables es de varios kilómetros, sin necesidad de amplificar las señales, pero si es necesario incluir los repetidores en distancias más largas.

La mayoría de los cables de pares son líneas de transmisión **equilibrada** (o balanceadas). La referencia entre los dos hilos tiene en cuenta las diferencias relativas de potencial de cada uno de ellos, por lo que puede decirse que este circuito está equilibrado con respecto a la masa.

El par equilibrado ha de permanecer alejado de otros conductores, y es necesario instalar aisladores separadores cuando se cruzan varios sistemas de cables. Los pares equilibrados transportan señales más potentes que los cables coaxiales no equilibrados

1.3 CABLE COAXIAL DE BANDA BASE

El cable coaxial es un ejemplo de circuito no equilibrado, uno de los conductores está conectado a masa y el otro es el que transporta la corriente. Consta de un conductor de alambre de cobre duro en su parte central, es decir, que constituye el núcleo el cual se encuentra rodeado por un material aislante este material aislante está rodeado por un conductor cilíndrico que se presenta frecuentemente como una malla de tejido trenzado, el blindaje impide que la señal radie al espacio. El conductor externo está cubierto por una capa de plástico protector.

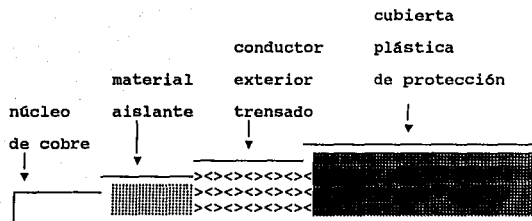


Figura 1.3

Hay dos tipos de cable coaxial que se utilizan con frecuencia uno de ellos es el cable de 50 ohms, que se utiliza en transmisión digital, el cable de 75 ohms, que es empleado en la transmisión analógica. Las líneas coaxiales pueden instalarse prácticamente en cualquier parte. Como el blindaje externo está puesto a masa, puede colocarse el cable al lado de objetos metálicos sin problema por su excelente inmunidad al ruido. Los cables coaxiales se emplean ampliamente en redes de área local y para transmisión de larga distancia del sistema telefónico.

1.4 CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA

El termino "banda ancha" proviene del medio telefónico, en el cual se refiere a frecuencias superiores a los 4 KHz. Las redes de banda ancha utilizan la tecnología patrón para envío de señales de televisión por cable, los cables pueden emplearse para aplicaciones que necesiten hasta los 300 Mhz (y en algunos casos hasta los 450 Mhz), y extenderse a longitudes que alcanzan hasta los 100 m. para transmitir señales digitales en una red analógica, cada interfase debe tener un dispositivo electrónico que convierta en señal analógica el flujo de bits para envío, y otro para convertir la señal analógica que llega en un flujo de bits. Dependiendo del tipo (y precio) de estos dispositivos electrónicos ,1 bps puede llegar a ocupar un ancho de banda que va desde 1 a 4 Hz.

Los sistemas de banda ancha necesitan amplificadores que refuercen la señal en forma periodica. Para solucionar este problema, se han desarrollado dos tipos de sistema de banda ancha: el cable dual y el cable sencillo.

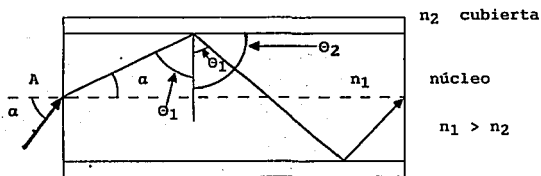
Los sistemas de cable dual tienen dos cables idénticos que se tienden uno junto a otro. Transmite por el cable 1 y recibe por el cable 2. El otro esquema asigna diferentes bandas de frecuencia para comunicaciones que salen y llegan sobre un cable sencillo.

La banda de baja frecuencia se utiliza para la comunicación que utiliza entre 5 y 30 Mhz para el trafico de salida. Estas técnicas y frecuencias fueron desarrolladas para el envío de señales de la televisión por cable y se han adoptado para redes, sin hacerles modificaciones debido a las características de fiabilidad y costo relativamente bajo, de su hardware. Los sistemas de banda ancha necesitan ingenieros muy experimentados en radio frecuencia para planear la distribución adecuada del cable y amplificadores así como la instalación del sistema. También se requieren la presencia de personal capacitado para mantener el sistema y periódicamente sintonicen los amplificadores. Para la mayoría de aplicaciones, el ancho de banda adicional de los sistemas de banda ancha no llega a justificar su complejidad y elevado costo. De tal manera que los sistemas de banda base son los de mayor utilización.

1.5 FIBRAS OPTICAS

Una fibra óptica, es una guía de onda de forma cilíndrica de material dieléctrico transparente en el que un rayo de luz incide con un ángulo en donde la luz ya no se refracta (la luz pasa de un medio a otro que tiene un índice de refracción mayor por ejemplo el aire y el vidrio), por el contrario, se refleja totalmente en el medio original cuyo índice de refracción n_1 es $n_1 > n_2$ conocido como

ángulo crítico o ángulo mínimo de reflexión total interna, que es envuelta con otro dieléctrico para evitar inconvenientes como es el manejo manual, las imperfecciones de fabrica que hacen que aparescan ondulaciones, rallas ó fallas y que puede modificar el comportamiento en el punto de reflexión ocasionando " escaparse " una incidencia fuera del ángulo crítico con pasaje de radiación hacia el exterior.



$$\text{sen } \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \text{sen } \theta_1$$

$$\text{sen } \theta_2 = 1 \quad (\theta_2 = 90^\circ)$$

$$1 = \frac{n_1}{n_2} \text{sen } \theta_1$$

$$\theta_1 = \text{arc sen } \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

La relación entre el seno del ángulo de incidencia θ_1 y el seno del ángulo de refracción θ_2 es constante y se define por

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad n_1 \text{ sen}\theta_1 = n_2 \text{ sen}\theta_2$$

cuando existe una gran cantidad de rayos diferentes rebotando a distintos ángulos se le conoce como fibra multimodo. Sin embargo, si el diámetro de la fibra se reduce al valor de la longitud de onda de la luz, la fibra actúa como una guía de onda, y la luz se propagará en línea recta sin rebotar, produciendo así una fibra de un solo modo. La fibra es un tubo de vidrio con un núcleo muy pequeño de diámetro ($5\mu\text{m}$) rodeado por un segundo tubo de vidrio de bajo índice de refracción.

Las fibras de un solo modo necesitan diodo laser para su excitación, y no LED para asegurar una mayor eficiencia, pueden utilizarse en distancias muy largas. El medio de la transmisión óptica tiene tres componentes: El medio de transmisión, la fuente de luz y el detector. El medio de transmisión es una fibra ultra delgada de vidrio o silicio fundido. La fuente de luz puede ser un

led o diodo laser; cualquiera de los dos emite pulsos de luz cuando se le aplica una corriente eléctrica. El detector es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento en el que recibe un rayo de luz. Un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor 1; la ausencia de un pulso indicará la existencia de un bit de valor 0 (cero). La luz visible tiene una frecuencia de alrededor de 10^8 Mhz, por lo que, el ancho de banda de un sistema de transmisión óptica presenta un potencial enorme. Las fibras se hacen de materiales aislantes eléctricos (vidrio, plástico). Esto hace que las interferencias electromagnéticas externas no perturben la transmisión en las fibras, es por lo menos, diez veces más ligero y más compacto que un cable coaxial clásico, no radia ni capta radiación externa, está completamente exenta de diafonía.

1.6 INFRARROJO

Este tipo de transmisión normalmente se limita a los interiores de los edificios, ya que la intensidad de la fuente infrarroja solar contrarrestaría toda transmisión exterior o las sombras. Si

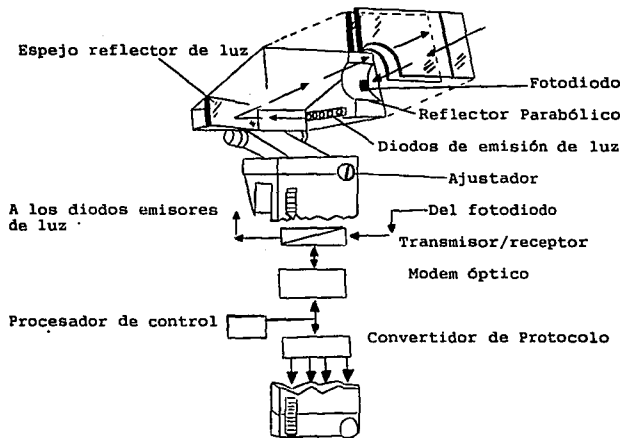


Figura 1.4 Dentro de un transmisor infrarrojo

se coloca un objeto grande entre el transmisor y el receptor, la señal se cortará. Una posible solución es colocar el transmisor en el techo de la habitación para reducir la posibilidad de romper la trayectoria de la transmisión, la comunicación infrarroja se utiliza en controladores remotos para las TV, VCR y estereos. El mismo principio utilizado en estos dispositivos también se aplica en forma a la utilización de las comunicaciones infrarrojas. Se envía en haz de un transreceptor a otro, y la transmisión de luz se codifica y decodifica en el envío de recepción en un protocolo compatible con los protocolos de red existente.

Para utilizar los transreceptores infrarrojos en una habitación, simplemente se dirige a un punto común en el techo. La luz verde en el transreceptor se ilumina cuando la alineación es correcta (ver figura 1.4).

1.7 MICROONDAS (Ondas Centimétricas y Milimétricas)

La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una escala de frecuencia que va desde 2 a 40 Gigahertz (Ghz), correspondiendo a longitudes de onda de 15 y 0.75 cm., respectivamente, si la longitud de onda τ fuera pequeña la interacción con objetos que

tienen dimensiones del orden de τ (difracción, difusión) sería muy grande, por eso las gotas de lluvia tienen un efecto muy negativo en la propagación de microondas. Además, con altas frecuencias, las moléculas de oxígeno y de agua contenidas en el aire absorben las ondas electromagnéticas, lo que limita el alcance de transmisión a algunas decenas de kilómetros. La mayor parte del tráfico que se relaciona con llamadas telefónicas de larga distancia se realiza en la banda de 4 a 6 Ghz.

1.8 COMUNICACION POR SATELITE

Este tipo de comunicación puede imaginarse como si un enorme repetidor de microondas estuviese localizado en el cielo. Esta constituido por uno o mas dispositivos **receptor transmisor**, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y después, la retransmite a otra frecuencia para evitar los efectos de interferencia con las señales de entrada, a una altura aproximada de 36000 Km. por encima del ecuador, el periodo del satélite es de 24 hrs., por lo cual giraría a la misma velocidad con que lo hace la tierra. Un observador, mirando un satélite en la órbita del círculo ecuatorial, lo vería como un

punto fijo en el cielo, aparentemente sin movimiento. Es muy deseable tener estas condiciones en un satélite, por que de otra manera es necesario una casa antena orientable para rastrearlo.

Con la tecnología actual, no es deseable tener satélites espaciados a una distancia menor de 4 grados, en un plano ecuatorial de 360 grados. El haz proveniente de la tierra, considerando separaciones menores entre satélites, iluminaría no solo al que desea, sino también a aquellos que lo rodean. Con un espaciamiento de 4 grados, solo pueden tener $360/4=90$ satélites de comunicación geosíncronos, situados en el cielo al mismo tiempo.

Debido a su gran potencia, los satélites de T.V. necesitan un espaciamiento de 8 grados. Los satélites que utilizan diferentes zonas del espectro no compiten entre si, así que cada uno de los 90 posibles podrían tener varios flujos de datos transmitiéndose de y hacia la tierra en forma simultánea. Alternativamente, dos o más satélites podrían ocupar una ranura orbital si operasen a diferentes frecuencias. La banda de 4/6 Ghz, se encuentra muy sobrepoblada porque también se utilizan por los proveedores de servicios portadores para enlaces terrestres de microondas. Las bandas superiores siguientes, que se encuentran disponibles para la telecomunicación, son las de 12/14 Ghz, las cuales no se encuentran todavía congestionadas, y a estas frecuencias los satélites pueden llegar a tener un espaciamiento mínimo de 1

grado. Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 Mhz en aproximadamente una docena de receptores-transmisores, cada uno con un ancho de banda de 36 Mhz. cada receptor-transmisor puede emplearse para codificar un flujo de información de 50 Mbps, 800 canales de voz digitalizada de 64 Kbps, o bien otras combinaciones diferentes separando el canal en el tiempo, primero una estación, después otra, y así sucesivamente, siendo este esquema mucho más flexible el cual se le denomina multiplexión por división en el tiempo.

1.9 MODEM

La palabra módem es una abreviatura de modulador/demodulador. El modem es un dispositivo que convierte los bits que salen en sonido y manda este sonido por la vía telefónica, esta es la parte de modulación. El proceso de demodulación es el opuesto. El modem toma el sonido de la línea telefónica, lo convierte en pulsos digitales. El modem convierte los bits 1 en cierta frecuencia de sonido específica y los bits 0 en otra frecuencia específica.

Un bit es la unidad mínima de información que se maneja y

puede tener únicamente el valor de (1) o cero (0).

Un byte es un conjunto de ocho bits y es utilizado para representar cada número, letra o carácter. Por ejemplo, la letra "T" se representa con el byte formado por la siguiente combinación de 8 bits: 1010100

La palabra "bauds" se utiliza comúnmente para indicar "bits por segundo" pero es más apropiado utilizar "bps", las iniciales de "bit por segundo".

Al enviar un byte a través del módem, no se envían únicamente los bits que representan al carácter sino que a cada byte se le añaden otros bits de control.

En primer lugar, se envía un bit de inicio, después siete u ocho bits de datos que representan el carácter que se envía, uno o dos bits de parada y finalmente el bit de paridad.

La paridad es una forma sencilla de revisar si hubo error en la transmisión de un byte. La forma de utilizar este método de paridad varía y las formas más utilizadas se conocen como: even, odd y none.

Cuando se utiliza paridad even (par), si la suma de los bits de datos es impar, al bit de paridad se le asigna un valor de uno para que así la suma de los bits de datos más el de paridad de un número par, si la suma de bits de datos fue par, el bit de paridad será cero.

Con paridad odd (impar), se asigna el valor de (1) al bit de paridad si la suma de bits de datos es par, y cero (0) si la suma de bits de datos es impar.

Si se envían ocho bits de datos, no se acostumbra utilizar paridad, y debe indicarse con none.

Al añadir bits de control a los datos, la cantidad de caracteres transmitidos se reduce un poco. Por ejemplo, si se envían 8 bits de datos más uno de inicio, más uno de parada, en total son 10 bits por cada carácter que se envía. Por esto, a una velocidad de 1200 bps, se estarán transmitiendo 120 caracteres por segundo que se obtienen calculando: $1200 \text{ bps} / 8 \text{ bits} = 150 \text{ bps}$.

El modem, también oficialmente se le conoce como DCEC (Equipo Terminal de Circuito de Datos, ETC D)

T R A N S M I S I O N A N A L O G I C A Y D I G I T A L

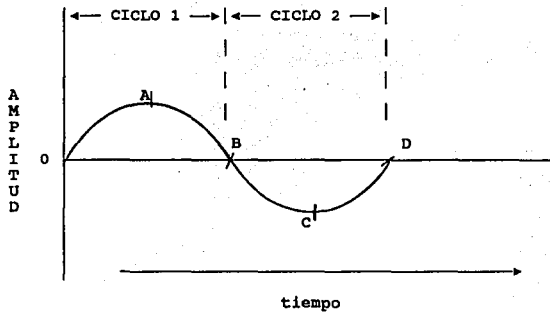
2.1 T R A N S M I S I O N A N A L O G I C A

Durante la comunicación vocal se generan formas de onda acústica que se propagan por el aire. La comunicación vocal es, en realidad, un intercambio de energía física. Cuando una persona habla crea ondas que se manifiestan como incrementos y disminuciones de presión. Estas formas de onda son **analógicas**. Se llaman así porque presentan un rango continuo de valores que se repiten, y que no son discretos, sino que van cambiando de forma gradual desde valores de baja presión hasta otros de alta presión. Evidentemente, no es posible ver esas formas de onda que se propagan por el aire, puesto que se trata sólo de variaciones de presión.

Cuando se llama por teléfono la voz envía vibraciones de sonido contra un fino disco de metal en el transmisor o micrófono. Estas vibraciones producen cambios de corriente eléctrica en las bobinas con electroimán (inducción) que es llevada a lo largo de un alambre hasta que influye sobre un imán del receptor sostenido junto al oído de la persona con quien se habla. Cuando el imán

hace vibrar el disco del receptor, se producen vibraciones de sonido idénticas a las palabras habladas. El aparato telefónico transforma las oscilaciones físicas del aire en energía eléctrica con una forma de onda similar. Toda forma de onda presenta tres características de gran importancia en comunicaciones de datos : **amplitud, frecuencia y fase** en la fig. 2.1 podemos ver estas tres componentes. La amplitud de la señal es una medida relativa a su voltaje, que puede ser cero o tomar un valor positivo o negativo. Obsérvese el aspecto analógico de la señal aumenta, de forma gradual en las tensiones positivas, después baja hasta cero y pasa a tomar valores negativos de tensión, para volver después a cero. Esta oscilación completa es lo que se conoce como ciclo. También puede observarse la frecuencia. La frecuencia describe el número de ciclos completos por segundo, o el número por segundo de oscilaciones. Este valor se expresa en hertzios. El número de hertzios indica el número de formas de onda completas que atraviesan un punto de referencia durante un segundo.

La fase representa el punto que ha alcanzado la señal dentro del ciclo. Como se ve en la figura 2.1 cuando el punto A ha alcanzado la cuarta parte de un ciclo, se dice que se han recorrido 90 grados de ese ciclo, de la misma manera que al completar un cuadrante de la circunferencia decimos que se ha recorrido una distancia angular de noventa grados.



- A: fase 90 grados
- B: fase 180 grados
- C: fase 270 grados
- D: fase 0 o 360 grados

Figura 2.1 Características de la forma de onda

El **baudio** tiene un significado distinto al de hertzio: se refiere a la velocidad a la que cambia la señal en el canal, y no tiene por que coincidir con la velocidad a la que se transmite la información. Por ejemplo, una señal de 1800 Hz. que cambie 1200 veces por segundo. El valor 1800 describe la frecuencia "portadora" y 1200 expresa los baudios.

2.2 ANCHO DE BANDA

Una transmisión vocal está constituida por formas de onda que incluyen muchas frecuencias diferentes. La distribución concreta de las frecuencias es la que determina el tono y el timbre de voz. La voz humana ocupa una banda de frecuencias aproximadamente comprendida entre 200 Hz y 15000 Hz. Nuestro oído es capaz de detectar un margen más amplio de frecuencias, entre 40 y 18000 Hz, más o menos. El margen de frecuencias ocupado por un determinado fenómeno (por ejemplo, todas las frecuencias del espectro que contiene la voz humana) se conoce como **ancho de banda**. El ancho de banda es el margen de frecuencias de transmisión que transportan las líneas de comunicaciones. La capacidad de un canal está en relación directa con su ancho de banda. Las líneas telefónicas

permiten la transmisión bidireccional de señales de voz, con unas pérdidas mínimas y predeterminadas. Esto significa que la compañía telefónica ha diseñado circuitos que permiten el paso de ciertas frecuencias asociadas con las transmisiones de voz, y frecuencias externas a este rango no son incluidas o deseables. Bajo ideales circunstancias la respuesta en frecuencia de la línea telefónica permite el paso de señales comprendidas entre 300 Hz y 3000 Hz, pero impide el paso de señales por debajo de los 300 Hz y por encima de los 3000 Hz. Esto se logra mediante amplificadores que están diseñados para amplificar las señales entre 300 Hz y 3000 Hz, pero no amplificarán ninguna señal ajena a este rango. Las señales de otras frecuencias se irán perdiendo a lo largo de la línea. Sin embargo, en la realidad hay tolerancia. Las resistencias, condensadores y demás componentes tienen tolerancia, y cambian con la temperatura y la humedad. Dos tramos idénticos de cables tendrán resistencias distintas, si las medimos en una escala de microhmios. Como resultado, nuestro filtro pasa banda perfecto, un amplificador diseñado para amplificar exclusivamente las frecuencias deseadas, no es tan perfecto. Se producirá alguna amplificación fuera del espectro de 300 Hz a 3000 Hz. El espectro de frecuencia deseada no se amplifica uniformemente. La figura 2.2 muestra que a 2000 Hz se obtiene la máxima salida o máxima ganancia, pero a 800 Hz la ganancia es menor, y a 300 Hz es

aún menor. Aunque lo óptimo sea trabajar a 2000 Hz, esto sólo nos dejaría operar en el rango de 2000 Hz a 3000 Hz.

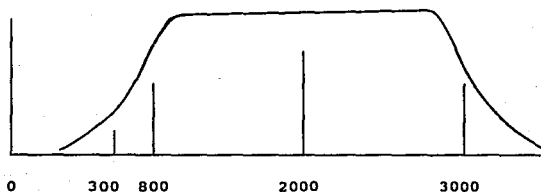


Figura 2.2 Máxima respuesta en frecuencia a 2000 Hz

Cuando transmitimos una señal de un voltio a 2000 Hz, esperamos recibir una señal fuerte, aproximadamente un voltio. Sin embargo, al

transmitir a 800 Hz, puede haber menos ganancia o mayores pérdidas y es probable que la señal recibida no llegue a un voltio. Por ejemplo:

frecuencia de transmisión	voltaje de transmisión	voltaje de Recepción
2000 Hz	1.0	0.99
800 Hz	1.0	0.85
300 Hz	1.0	0.50

Por supuesto, algunas frecuencias están reservadas para la compañía telefónica. Por ejemplo, la frecuencia de 2600 Hz es la frecuencia de desconexión. Si estuviéramos hablando por teléfono y conectáramos un generador de audio a 2600 Hz, la llamada sería cortada si este tono es captado por el teléfono. Una alternativa para mejorar la calidad de la línea consiste en incrementar el

nivel de transmisión en frecuencias que presentan pérdidas de señal. Por ejemplo

Frecuencia de Transmisión	Voltaje de Transmisión	Voltaje de Recepción	Pérdida
400 Hz	1.4	1.0	0.4
800 Hz	1.2	1.0	0.2
2000 Hz	1.0	1.0	0

Una estrategia utilizada para obtener una respuesta en frecuencia plana es modelar la señal transmitida añadiendo más voltaje cuando hay pérdida. Esta función se denomina pre-ecualización en línea. La ecualización se logra variando el nivel de voltaje de transmisión en el receptor, o puede utilizarse un preamplificador en el receptor (alterando los niveles antes de que lleguen al receptor) las empresas de televisión por cable utilizan una

frecuencia distinta por cada canal, igual que en radio se utilizan frecuencias distintas para diferentes emisoras. Los ordenadores utilizan multiplexación por división de frecuencias (MDF), que utiliza un amplio rango de frecuencias distintas (de 300 Hz a 3000 Hz) para enviar varios tonos o portadoras a frecuencias distintas, que no se interfieran.

De cada teléfono salen dos alambres de cobre que se dirigen directamente a la oficina terminal más cercana de la compañía telefónica (a la que también se le conoce como estación local). Las distancias oscilan, en general, entre 1 Km y 10 Km, siendo estas más cortas en las ciudades que en áreas rurales. Las conexiones de dos hilos entre cada uno de los abonados telefónicos y la oficina terminal se conocen en los medios de telefonía como **Bucle de Abonado.**

Si el abonado, que se encuentra unido a una oficina terminal dada, llama a otro, que se localiza en la misma oficina terminal, el mecanismo de conmutación dentro de la oficina establece la conexión eléctrica directa entre los dos bucles de abonado y ésta permanece intacta durante todo el tiempo que dure la llamada.

Se utilizará un procedimiento diferente si el teléfono al que se llama se encuentra asociado a otra oficina terminal. Cada una de las oficinas terminales cuenta con varias líneas de salida hacia uno o más centros de conmutación cercanos llamados Centrales

interurbanas (centrales de tránsito) a las líneas respectivas se les conoce como **troncales de conexión interurbana**.

Si llega a suceder que las dos oficinas terminales, tanto la correspondiente a la persona que llama como a la llamada, tienen una línea central de conexión interurbana en la misma central interurbana (lo cual resultaría probable si estuvieran ubicadas muy cerca una de la otra), se llega a establecer la conexión en la misma central interurbana.

En la figura 2.3 se muestra una red telefónica constituida por oficinas terminales (los puntos grandes) y centrales interurbanas (los cuadros).

Si la persona que llama y la llamada no tiene una central interurbana común, la trayectoria se establece a un nivel de mayor jerarquía. Hay oficinas de sector y regionales que forman una red, por medio de la cual se conectan las centrales interurbanas. Las centrales de tipo interurbano sectorial y regional se comunican entre sí a través de **troncales interurbanas**, con un ancho de banda grande. El número de tipos distintos de centros de conmutación, así como la topología correspondiente, varía de país a país, que depende de su densidad telefónica.

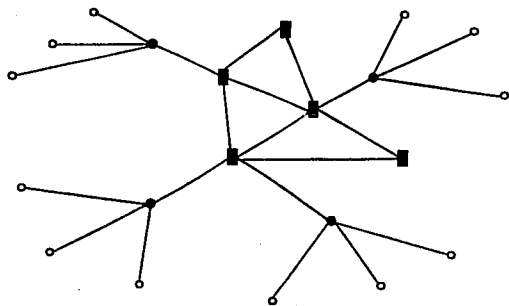


Figura 2.3

2.3 SEÑALES DIGITALES

Cuando dos Equipos Terminales de Datos(ETD) emplean la línea telefónica para comunicarse entre sí, deben adaptar su señal a las características de un canal de este tipo, pensado para trabajar con el mundo analógico. Sin embargo, los ETD "hablan" un lenguaje digital. Como se ve en la figura 2.4, el aspecto de una forma de onda digital es muy distinto del de una analógica. Se parece que es continua, se repite así misma y tiene carácter periódico, pero es muy diferente en cuanto es discreta presenta cambios muy abruptos en su voltaje. Los ordenadores y los terminales utilizan símbolos digitales, binarios porque los transistores semiconductores actúan como dispositivos discretos de dos estados.

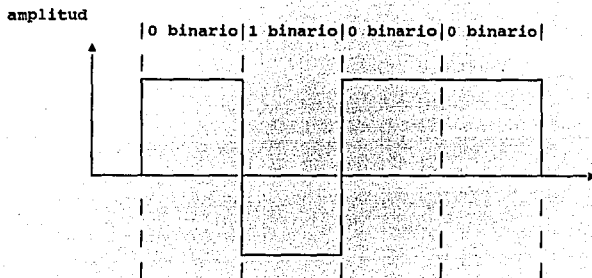


Figura 2.4

2.4 CONVERSION DE LA SEÑAL

Para convertir una señal analógica en una cadena digital de datos binarios se emplean diversos métodos. El primero de los

métodos más extendidos es la Modulación por Pulsos Codificados (MPC - PCM en inglés) desarrollada en 1939 por A.H.Reeves en los laboratorios Bell. Aunque el sistema MPC engloba múltiples procesos suele describirse en tres etapas: Muestreo, Cuantificación y Codificación (ver Figura 2.5), los dispositivos que efectúan el proceso digitalización, llamados bancos del canal o multiplexores MPC, tienen dos funciones básicas : 1.- Convertir las señales analógicas a la forma digital (y viceversa en el otro extremo). 2.- Combinar las señales digitales en una misma secuencia de datos multiplexados por división en el tiempo (MDT-TDM en inglés).

La modulación por pulsos codificados se basa en la teoría de muestreo de Nyquist. Si una señal se muestrea a intervalo regular a una velocidad al menos 2 veces superior a la máxima frecuencia presente en el canal, las muestras contendrán información suficiente para permitir su reconstrucción. La velocidad de muestreo más aceptada en la industria es de 8000 muestras por segundo, lo cual, la teoría de muestreo de Nyquist, permite reproducir con exactitud las señales de un canal de 4 KHz. 8000 muestras son suficientes para expresar las señales de una línea telefónica de 3 KHz.

Las muestras se recogen y almacenan a una determinada velocidad y se convierten en datos binarios. Cada muestra es un Pulso Modulado en Amplitud (PAM en inglés). Una vez efectuado el muestreo

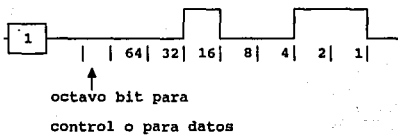
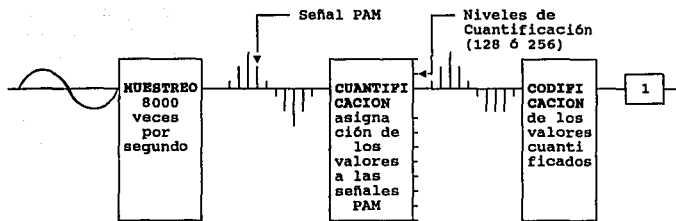


Figura 2.5

la señal se somete a una segunda etapa de traducción:La cuantificación, cuyo objetivo es asignar un valor a cada señal PAM. Los cuantificadores asignan valores entre 1 y 128 ó entre 1 y 256 a cada señal PAM. Si el cuantificador asigna a la señal un máximo de 128 valores cada muestra requerirá 7 bits ($2^7=128$). Si son 256 los valores posibles, cada muestra exigirá 8 bits ($2^8=256$). Un cuantificador con 128 escalones de cuantificación necesitará una velocidad de 56000 bits por segundo ($8000 \times 7=56000$). Un cuantificador de 256 escalones exigirá 64000 bits por segundo para la transmisión ($8000 \times 8=64000$).

Los experimentos indican que con 2048 escalones de cuantificación puede conseguirse una señal vocal de calidad adecuada. Sin embargo cada muestra exige 11 bits ($2^{\text{elevado a la } 11}$), la velocidad de transmisión habrá de ser de 88 Kbits/seg, por lo que resulta muy conveniente disminuir el número de escalones cuánticos. Una solución a este problema puede ser la Compansión. La compansión utilizada en las técnicas más modernas, las señales de mayor amplitud se comprimen dentro de un margen más estrecho de amplitudes dividido en un cierto número de niveles de cuantificación. Las señales de menor amplitud se expanden. De este modo aumenta el número de niveles de cuantificación disponibles, a la vez que disminuye la distorsión global de cuantificación. Una vez decodificada la señal, recupera su amplitud original.

Una vez asignado un valor binario a la señal PAM durante el proceso de cuantificación, la tercera etapa consiste en codificar las muestras en una cadena de bits. Los datos han de presentarse al conversor Digital/Analógico a la misma velocidad a la que fue muestreada la señal en origen. El conversor generará una tensión para representar cada uno de los 8000 datos, y entregará estos voltajes a la función D/A. La conversión digital a analógica dará como resultado una señal que será réplica casi exacta de la forma de onda analógica original.

La transmisión digital no carece de problemas. Una señal digital puede verse distorsionada de muy diversas maneras. En primer lugar un muestreo inadecuado puede generar distorsión. El problema puede resolverse muestreando con mayor frecuencia, pero ello exige componentes más caros y anchos de banda más amplios (mayores velocidades de transmisión) en el canal, para poder transmitir el mayor número de datos. Debido a la propia naturaleza analógica de la señal, no existe ninguna técnica que elimine por completo la distorsión de muestreo. La principal anomalía radica en el hecho de aplicar muestras discretas (digitales) a una señal de carácter no discreto (analógico).

El segundo problema son los errores de cuantificación. El proceso de cuantificación no representa con exactitud la amplitud de la señal PAM. Como la distorsión de la señal a lo largo del proceso

es proporcional al tamaño del escalon, una posible forma de resolver el problema sería incrementar el número de escalones de cuantificación disponibles para representar la señal. Sin embargo, un número mayor de niveles de cuantificación eleva el precio de los componentes y aumenta el número de bits necesarios para representar la señal. En cualquier caso, lo cierto es de que el cuantificador de 128 escalones ha sido reemplazado en la actualidad por el de 256.

En los primeros sistemas, la relación entre las señales PAM y el código MPC era lineal (se trataba de una codificación lineal). Por tanto, las variaciones de amplitud de la señal se traducían en variaciones idénticas en los códigos MIC. Este efecto traía como resultado una notable distorsión de cuantificación cuando las señales eran de pequeña amplitud.

En los sistemas modernos emplean la expansión, también otro concepto, conocido como Codificación No Lineal. En este último proceso, las variaciones de pequeña amplitud de las señales PAM se representan mediante variaciones en el código mayores que las que se generan con las señales PAM de gran amplitud. A medida que baja el nivel de la señal PAM, el ruido de cuantificación disminuye. De este modo se consigue mantener una relación señal/distorsión constante en un amplio margen de señales PAM.

El proceso de codificación no lineal está definido por una

relación logarítmica expresada por la ley μ (utilizada en norte america, japon) o por la ley A (empleada en europa). Ambas leyes son bastante parecidas, salvo en que la ley A utiliza una relación lineal dentro del margen de pequeñas amplitudes. En los sistemas reales de multiplexado por división en el tiempo, las leyes de compansión se realizan mediante aproximaciones lineales por segmento. La ley μ se representa mediante 15 segmentos, mientras que la ley A se expresa en 13 segmentos. Ambas leyes superan ampliamente los requisitos mínimos de reducción de distorsión en las señales de niveles más bajos.

2.5 TRANSMISION DIGITAL

Con el advenimiento de la electrónica digital y los ordenadores, las troncales interurbanas de alta velocidad, existentes en los países industrializados, se están convirtiendo a la transmisión digital (es decir, se transmite una serie de ceros y unos, en lugar de señales continuas). Debido a la gran inversión que se ha hecho para los servicios en utilización en la actualidad, pasarán varias

décadas antes de que el sistema completo, incluyendo todos los bucles de abonado, puede convertirse.

La transmisión digital es superior a la analógica, desde varios puntos de vista importantes. Los circuitos analógicos tienen amplificadores que tratan de compensar la atenuación de la línea, pero jamás lo harán en forma exacta, en especial si la atenuación es diferente para distintas frecuencias. Dado que el error es acumulativo, las llamadas de larga distancia que tienen que pasar por varios amplificadores son los que probablemente sufren una distorsión mayor. Los regeneradores digitales, por lo contrario, pueden reestablecer la débil señal de entrada a su valor original en forma exacta, porque los únicos valores posibles son 0 y 1; estos regeneradores no sufren errores acumulativos.

Una segunda ventaja de la transmisión digital es que la voz, información, música, e incluso imágenes como las de televisión, facsimil, o video telefónico, pueden multiplexarse (mezclarse) conjuntamente, para hacer más eficiente la utilización del equipo. Otra ventaja es de que con la utilización de las líneas actuales es posible, tener velocidades más altas para la transmisión de información. También, a medida que el costo de los circuitos integrados en chips continúe disminuyendo, es probable que la transmisión digital, y sus conmutaciones asociadas, llegue a ser mucho más económica que la transmisión analógica.

Una señal es llamada digital, si puede tener un número limitado de valores.

Ejemplo : observando en la salida de una onda cuadrada, se ve que la salida puede tener uno de los dos valores Figura 2.6

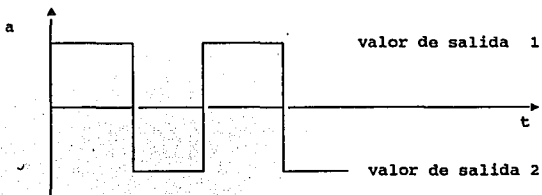


Figura 2.6

Las señales digitales han sido utilizadas frecuentemente desde 1844. En este tiempo Samuel Morse inventó un código especial para transmitir información. La base de este código es "señal" o "no señal". Esto significa que la señal transmitida puede tener únicamente uno de los dos valores. Duración y Frecuencia de ciertos valores que contiene la información a transmitir.

La condición para tener una señal digital, es que esta debe ser representada por dígitos. Esto significa que la señal digital puede tener más de dos valores; aunque casi siempre se platica acerca de la clase de segmentos cuando se habla de señales digitales.

Las señales digitales están frecuentemente representadas por dígitos binarios, si la señal tiene únicamente 2 estados, entonces esto puede ser representado por 1 dígito binario. Si más niveles son requeridos más dígitos son añadidos. Estos dígitos serán transmitidos en forma serie.

Cada dígito tiene un cierto peso de acuerdo a las sucesivas potencias de dos en el sistema decimal.

Los valores sucesivos son:

1 ($=1*2^0$) ; 2 ($=1*2^1$) ; 4 ($=1*2^2$) ; 8 ($=1*2^3$)

Utilizando 8 bits, se puede representar a 256 niveles de señal.

Ejemplo una señal con nivel "57" será representado como sigue en configuración de 8 bits:

$$57 = 0*2^7 + 0*2^6 + 1*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0$$

6 : 0 0 1 1 1 0 0 1

Por que la transmisión digital?

Si observamos la figura 2.7, se vera claramente porque la transmisión digital es preferible a la transmisión analógica, es difícil de regenerar la señal original. Esto es diferente para el caso de señales digitales, especialmente una señal digital de dos estados, la cual tiene un número finito de niveles, podemos facilmente regenerar la señal original a enviar sin pérdida de información u otros inconvenientes, tales como cruce de voz (diafonia), distorsión, etc., los cuales son tipicamente para transmisión analógica.

Los problemas con la transmisión analógica se incrementan con la longitud de la línea. Los niveles de ruido se incrementan continuamente en proporción a la longitud de las líneas.

La calidad de la transmisión digital es casi independiente de la longitud de la línea, así que esto es posible para regenerar la señal enviada completamente sin ruido, como resultado se puede establecer que la calidad de la voz es la misma al final de la trayectoria de transmisión como lo fué al principio.

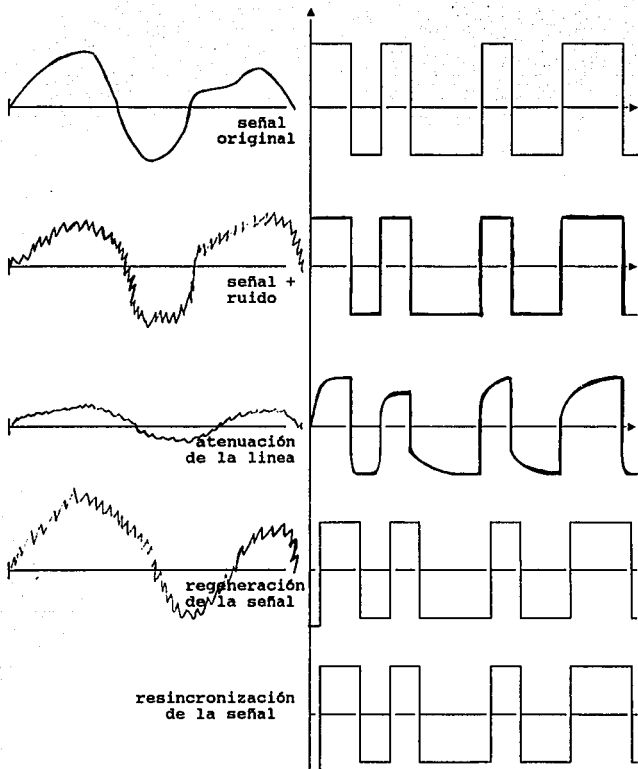


Figura 2.7 Señal analógica y Señal digital

2.6 MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS

Cuando un abonado telefónico, que está unido a una oficina terminal digital, hace una llamada, la señal que sale de su bucle de abonado es una señal analógica normal que después, se digitaliza en la oficina terminal por medio de un Codec (codificador-decodificador), produciendo un número de 7 a 8 bits. Un codec, en cierto sentido, es el inverso de un modem: éste último transforma un flujo digital de bits en una señal analógica modulada: en tanto que el codec transforma una señal analógica continua en un flujo digital de bits. El codec efectúa 8000 muestras por segundo (125 μ s/muestra), por el teorema de Nyquist que indica a este número de muestras lo suficiente para capturar toda la información de un ancho de banda de 4 KHz. A esta técnica se llama PCM (Modulación por Pulsos Codificados, MPC).

2.7 MUESTREO

Los científicos Nyquist y Shannon, examinaron y probaron que muestras tomadas en intervalos regulares pueden ser utilizadas para transmitir una señal de audio que es transportada en un

continuo camino a lo largo de una portadora.

La ventaja de enviar información con pulsos cortos es de que los tiempos entre dos pulsos sucesivos pueden ser utilizados para enviar información de otras señales por el mismo canal de transmisión. Debido al hecho de que la señal de voz está limitada a un rango de entre 300 Hz y 3400 Hz, la señal analógica puede ser escrita como :

$$A \cos (w t) \quad \text{donde } w = 2 \pi f$$

$$\text{con } 2 \pi 300 \text{ Hz} \leq w \leq 2 \pi 3400 \text{ Hz}$$

La señal de muestreo(portadora) es una señal pulsante con una frecuencia de 8 Khz y puede ser escrita como una serie de Fourier

$$a = A_0 + A_1 \cos(w_B \cdot t) + A_2 \cos(2w_B \cdot t) + A_3 \cos(3w_B \cdot t) + \dots$$

donde A_0 es la componente de cd. y $w_B = 2\pi f_B \quad 6 \quad 2\pi 8000$

Dado que la señal muestreada puede ser considerada como el producto de la señal de muestreo (con valor 0 ó 1) y la señal original (una simple onda senoidal) la cual puede ser escrita como:

$$\begin{aligned}
 a = & A_0.A \cos (Wt) + A_1.A \cos (Wt) \cdot \cos (Wst) \\
 & + A_2.A \cos (Wt) \cdot \cos (2Wst) \\
 & + A_3.A \cos (Wt) \cdot \cos (3Wst) \\
 & + \dots \dots \dots
 \end{aligned}$$

Sabiendo que $\cos X \cdot \cos Y = \frac{1}{2} \cdot [\cos(X + Y) + \cos(X - Y)]$

Se puede reescribir la ecuación como sigue:

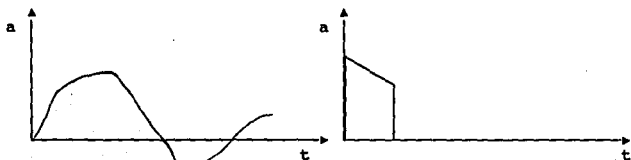
$$\begin{aligned}
 a = & A_0.A \cos (Wt) \\
 + & \frac{A.A_1}{2} \cos [(Ws + W)t] + \frac{A.A_1}{2} \cos [(Ws - W)t] \\
 + & \frac{A.A_2}{2} \cos [(Ws + W)t] + \frac{A.A_2}{2} \cos [(2Ws - W)t] \\
 + & \frac{A.A_3}{2} \cos [(Ws + W)t] + \frac{A.A_3}{2} \cos [(3Ws - W)t] \\
 + & \dots \dots \dots
 \end{aligned}$$

Banda lateral alta para
cada componente de la
señal muestreada

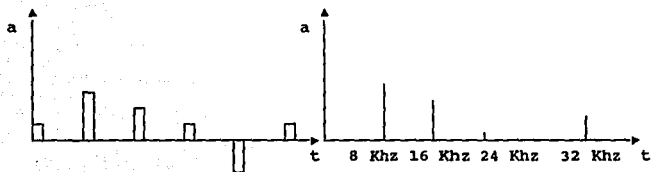
Banda lateral baja para
cada componente de la
señal muestreada

2.8 FILTRO PASA BAJAS O ANTI-ALIASING

En la figura 2.8 Únicamente es utilizada una señal de frecuencia



2.8.a.- Señal analógica



2.8.b.- Señal de muestreo

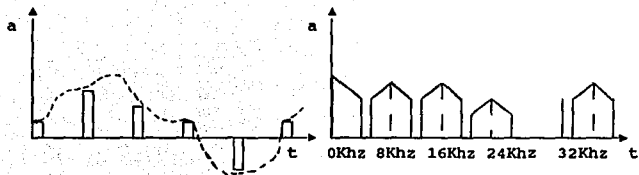


Fig 2.8 .c.- Señal muestreada

Considerando la banda de frecuencia completa desde 300 hz hasta 3400 Hz en la Figura 2.9 b y c se puede fácilmente derivar el criterio de muestreo de Nyquist: el límite de no traslape para la frecuencia de muestreo F_s puede ser encontrado desde

$$F_s - F_{\text{máx}} = F_{\text{máx}} \quad \text{ó} \quad F_s = 2F_{\text{máx}}$$

El teorema de Nyquist por tanto especifica que ahí existe una relación entre la frecuencia de muestreo (F_s) y la frecuencia máxima ($F_{m\acute{a}x}$) ocurriendo en la señal de banda de voz de la forma

$$F_s \geq 2F_{m\acute{a}x}$$

Si $F_s < F_{m\acute{a}x}$, una buena reconstrucción de la señal sera imposible

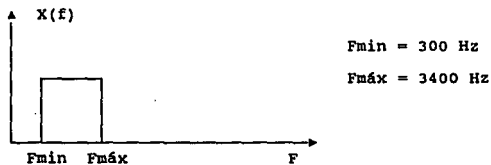


Figura 2.9.a Señal de banda de voz: señal original para ser muestreada

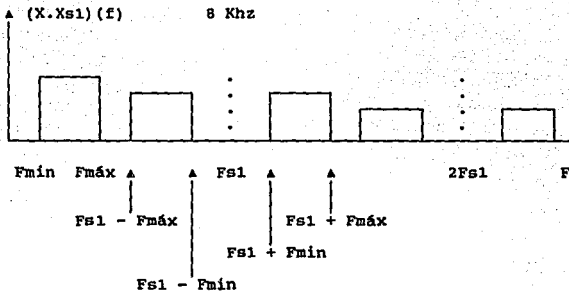


Figura 2.9.b Banda de voz muestreada con frecuencia F_{sl} no ocurre el "traslape" (aliasing)

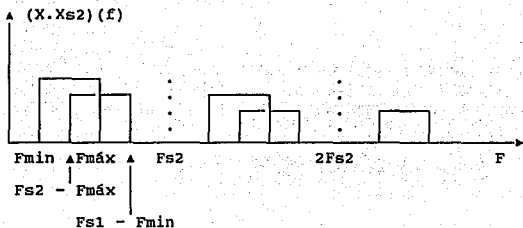


Figura 2.9.b Banda de voz muestreada con frecuencia $Fs2 \ll Fs1$ ocurrencia de " traslape " (aliasing)

para obtener un cierto margen de seguridad, la frecuencia de muestreo para aplicaciones telefónicas ha sido normalizada a $f = 8 \text{ KHz}$, dando un intervalo de $125 \mu s$ entre muestras sucesivas.

Antes de muestrear, se deberá estar seguro de que la señal analógica no tiene componentes de frecuencia mayor de 4 KHz . Esto puede ser realizado insertando un filtro anti-aliasing antes de muestrear.

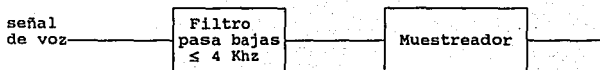


Figura 2.10

2.9 CUANTIZACION

La cuantización esta representando la amplitud de una muestra por la amplitud del nivel discreto más cercano.

Para poder utilizar la transmisión digital, cada valor de la muestra tendrá que ser representado por un código. Dado que el número de códigos es limitado, los valores de la amplitud serán redondeados para el valor más cercano, el cual puede ser representado por un código.

Hay dos metodos principales, para cuantizar una señal lineal: cuantización lineal y no lineal.

Cuantización lineal Figura 2.11.a y 2.11.b

El rango total de valores de voltaje que pueden ser manejados es subdividido en un número de subrangos de voltaje iguales. Cada subrango corresponde a una combinación de código. En ese momento la codificación de cualquier voltaje situados entre los límites más bajos y más altos de un subrango, es codificado con el mismo código.

En el momento de decodificar, un código es representado por un voltaje correspondiente a la mitad del subrango (nivel de cuantización)

El resultado es de que cierta cantidad de ruido es adicionado a la señal original, esto es llamado cuantización de ruido.

El ruido de cuantización es de hecho la diferencia entre la señal original.

Se tiene el mismo ruido insertado tanto para pequeños como para valores altos de entrada. Esto significa que el ruido insertado para señales de valores pequeños tendrá relativamente mucho más importancia que el ruido insertado a las señales de valores altos. Esto significa que la razón de señal de ruido (SNR) será peor para las señales pequeñas.

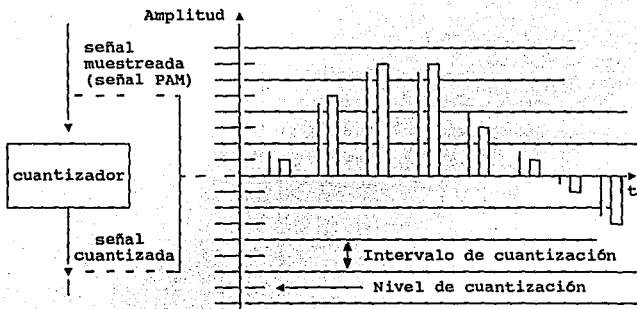
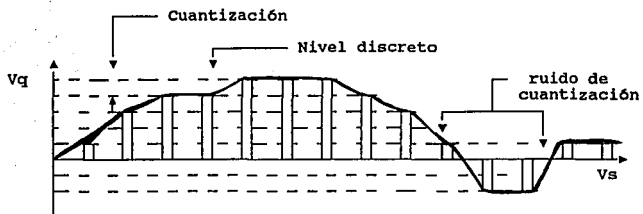


Figura 2.11.a



V_s = Voltaje despues del muestreo

V_q = Voltaje despues de cuantizar

Figura 2.11.b.1

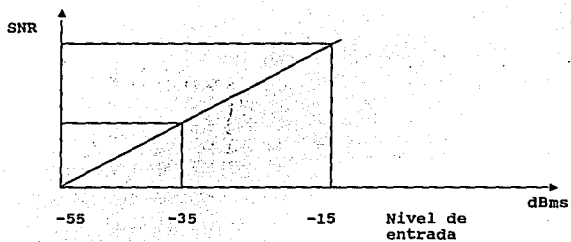


Figura 2.11.b.2

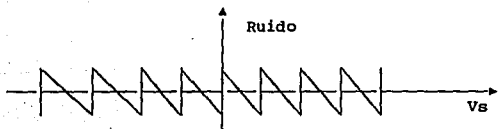
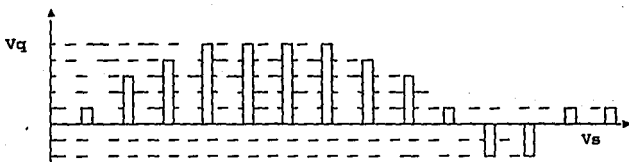


Figura 2.11.b.3

2.10 CUANTIZACION NO-LINEAL

Como resultado de una mala cuantización lineal "señal de ruido", otra clase de cuantización ha sido encontrada para obtener una razón "señal a ruido", la cual es una constante para cualquier nivel de la señal. Los niveles de cuantización tienen que ser seleccionados de un modo logarítmico. Esto significa que una cuantización no lineal será utilizada.

Es claro que esos niveles de ruido altos, pueden ser permitidos tanto para señales muestreadas con un nivel alto como para señales pequeñas con nivel pequeño.



V_s es dibujado en una escala logarítmica

Figura 2.11.C.1

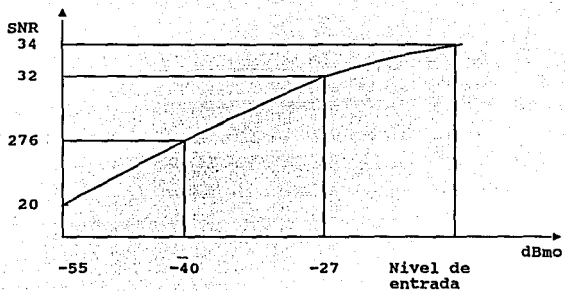


Figura 2.11.C.2

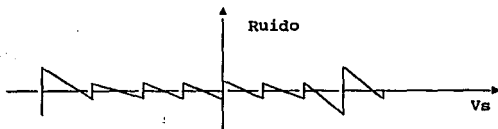
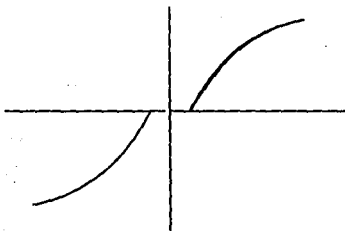


Figura 2.11.C.3

Curvas practicas de cuantización no lineal

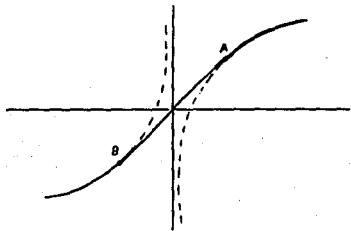
Las curvas logaritmicas, tienen la desventaja de que no pasa a través del origen (curva a)



(a) Curva logaritmica, para valores positivos y negativos

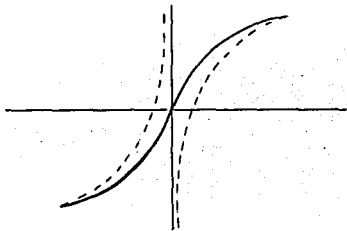
Hay dos leyes para resolver este problema:

- 1.- Curva de la ley "A"; estandarizado por CEPT y CCITT, utilizado en Europa (curva b)
La línea tangente de la curva es utilizada desde el origen hasta los puntos tangentes.



(b) Ley "A"

2.- Curva de la ley mu; sistema normalizado por el North American Bell y CCITT, une una curva a través del origen para cambiarla completamente hacia el origen (curva c)



(c) Ley mu

En la practica, las curvas estan aproximadas por partes lineales

2.11 CODIFICACION

La muestra de entrada esta limitada a 256 valores discretos. La mitad de estas son muestras codificadas positivas, la otra mitad son muestras codificadas negativas. Hay 256 niveles, así que son necesarios 8 bits para decodificar todos los niveles. En cada combinación de 8 bits corresponde a un nivel. Para seleccionar cual combinación le corresponde con cual nivel, existen diferentes posibilidades. Muchos códigos diferentes existen, pero muchos de ellos no tienen sentido en este caso. Los códigos más utilizados son : Código natural y código simétrico.

1.- Código natural

Utilizando el código natural, veremos que el nivel de señal más baja (valor más negativo) correspondera al código con el peso menor (00000000). De acuerdo al nivel de señal más alto (valor más positivo) correspondera al código con el peso más alto (11111111).

2.- Código simétrico

En este código, 8 bits están divididos en 2 partes:

Cuando el bit de signo es 1, se tiene un valor positivo,

Cuando el bit de signo es 0, se tiene un valor negativo.

Un cierto valor positivo ó negativo resultara en un código de 7 bits. La distinción entre ambas señales es hecho por medio del bit de signo.

Este código es uno que normalmente se utiliza.

3.- Comparación del código natural y simétrico

Valor cuantizado	código natural	código simétrico
Valor más positivo	11111111	11111111
	.	.
	.	.
	.	.
	10000000	10000000
cero	01111111	00000000
	.	.
	.	.
	.	.
Valor más negativo	00000000	01111111

2.12 Decodificación e Integración

La cadena de bits entrante, debe ser transformada en una serie de muestras, como una que se tiene después de la cuantización de la señal en el lado transmisor.

Se tiene que tomar en cuenta que es utilizado el código simétrico en el lado transmisor. Como un resultado de esto, cada 8 bits entrantes deben ser divididos en 1 bit de signo y 7 bits de magnitud.

Una muestra será generada. Esto es su amplitud depende de los bits de magnitud y su signo depende del bit de signo. Después de la codificación se llega de nuevo a las series originales de las muestras cuantizadas.

Estas series de muestras serán transformadas en una señal analógica por el filtro pasa bajas de máximo 4 Khz (integración), removiendo todas las frecuencias altas originadas por el muestreo y consecuentemente obteniendo una señal de salida debajo de 4 Khz o la señal original enviada.

Una inspección general de la modulación y demodulación de pulsos codificados es dada en la figura 2.12

CONMUTADOR DE TRANSMISION DIGITAL

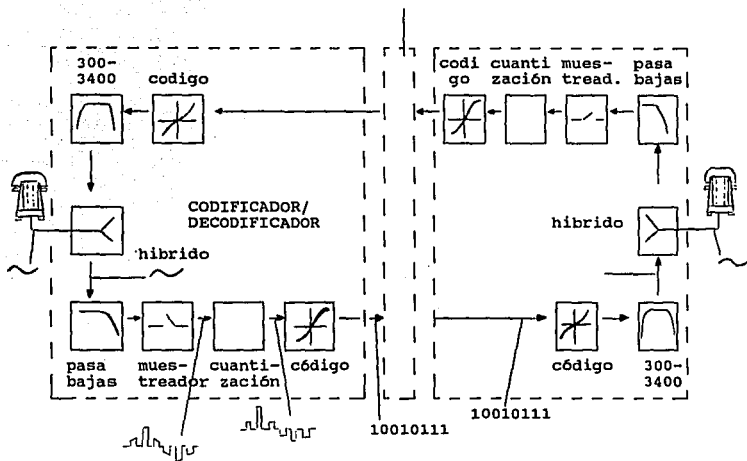


Figura 2.12 Modulación / demodulación de pulsos codificados

SISTEMAS DE CODIFICACION

2.13 DECODIFICACION DE BITS

Una vez que la señal de voz se ha digitalizado, resulta atractivo el tratar de utilizar técnicas estadísticas para que el número de bits sea reducido lo necesario para enviarlo por canal; estas técnicas son apropiadas no sólo para codificar voz, sino también para digitalizar cualquier señal analógica. Todos los métodos de compactación están basados en el principio de que la señal sufre cambios relativamente lentos, comparada con la frecuencia de muestreo, así que mucha de la información al utilizar 7 u 8 bits es redundante.

Para transmitir señales digitales, un código de transmisión es desarrollado.

Una buena transmisión de códigos tendría las siguientes características.

El promedio de componente CD introducido en la línea, sería de cero volts CD ya que esto incrementaría enormemente la distancia para ser convertido por el sistema.

Este problema es únicamente encontrado para transmisión de larga distancia (> 1 km).

El bit de reloj debe ser enviado hacia el receptor, utilizando un reloj distribuido por separado o teniendo en la señal transición de frecuencia.

Los siguientes códigos son utilizados frecuentemente Figura 5.1

2.13.1 N R Z: No Retorno a Cero

En este código de transmisión un "0" puede ser por una tensión negativa y un "1" por una tensión positiva.

Sin embargo las desventajas son :

Componentes de CD largos

El bit de reloj no esta presente en la cadena de datos. Es extremadamente simple este código no requiriendo HW adicional. Esto normalmente será utilizado para transmisiones de corta distancia en un medio ambiente con un sistema de distribución de reloj separado por ejemplo, en una central.

2.13.2 A M I:Inversión de Marcas Alternas

Ya que el código NRZ no es conveniente para transmitir a largas distancias(larga componente de CD),ha sido desarrollado el código AMI para utilización en transmisión de largas distancias.

El proposito de este código es de reducir el continuo nivel de CD en la línea a 0 volts.

En este código un "0" será representado por 0 volts y un "1" por un potencial alternado positivo o negativo.Invirtiendo la dirección de marcas consecutivas,el promedio de componente de CD en la línea,cae a 0 volts.Como resultado,es conveniente este código para transmisión a largas distancias.

Sin embargo un problema no esta aun resuelto:No transmite este código el sistema de reloj.El receptor debe seleccionar y reconocer la razón de reloj de entrada explorando la cadena de bits de entrada por transiciones.Si se tiene una serie de bits que son iguales a "0",el receptor no puede reconocer la razón de reloj nunca más,por que se tiene un continuo nivel de CD(0 v) en la línea.Para resolver este problema,ha sido desarrollado otro código,llamado Alta Densidad Bipolar Exceso 3 (HDB3).

2.13.3 H D B 3 :Alta Densidad Bipolar Exceso 3

Este código inserta pulsos de violación cuando más de 3 ceros llegan sucesivamente. El lado transmisor inserta los pulsos, los cuales pueden ser detectados por el receptor. El lado receptor eliminará estos pulsos de nuevo.

Los pulsos de violación son insertados dependiendo del número de pulsos que han pasado, y dependiendo del signo del último pulso (después de inserción). El número de pulsos pasados puede ser par o impar. El signo del último pulso puede ser positivo o negativo. Los pulsos insertados son:

		NUMERO DE PULSOS	
		IMPAR	PAR
ULTIMO PULSO	POSITIVO	--- P	N --- N
	NEGATIVO	--- N	P --- P

Cuando el número de pulsos que ha pasado es impar, únicamente el cuarto bit será cambiado hacia un pulso positivo o negativo. Este pulso es en la misma dirección como el anterior pulso. Esto es necesario ya que de otro modo el receptor no puede detectar este pulso como un pulso de violación. Este principio no puede ser utilizado cuando un número par de pulsos ha pasado, ya que de otra forma, cuando tenemos una serie muy larga de ceros, se insertara siempre pulsos en la misma dirección. Esto es peligroso, ya que una componente de CD será generado. Por esta razón se insertaran dos pulsos de violación. Uno en la primera posición de estos 4 ceros y el otro en la última posición. Ambas son en la misma dirección, pero opuestas al último pulso. Si ahora se tiene una larga serie de ceros, se tendran alternativamente dos pulsos positivos y dos negativos. Un ejemplo de este es el código HDB3, que se muestra en la figura 2.13

Como resultado, éste código es de muy buena calidad, requiriendo algún circuito HW extra responsable para insertar y remover los pulsos de violación.

Figura 2.13

1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



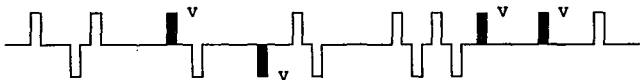
a) NO RETORNO A CERO (N R Z)



b) RETORNO A CERO (R Z)



c) INVERSION DE MARCAS ALTERNADAS (A M I)



d) ALTA DENSIDAD BIPOLAR EXCESO 3 (H D B 3)

2.14 Multiplexación por División de Tiempo (T D M)

El ahorro del costo en la multiplexación fue enorme, resultando un muy rápido incremento de sistemas de multiplexación.

Otro problema de transmisión fue encontrado primeramente en los años 30s con la introducción de la comunicación a larga distancia. Aun con los amplificadores (repetidores analógicos) disponibles a los sistemas de transmisión para compensar la atenuación en las transmisiones a larga distancia fueron de muy mala calidad.

Esta mala calidad fue causada por la transmisión de ruido adicionada en la comunicación. Cambios de amplitud amplificados en cada etapa de la amplificación hasta que ellos son claramente audibles.

Las compañías de telecomunicaciones iniciaron búsquedas de un nuevo sistema de transmisión, el cual eliminaría la transmisión de ruido.

Combinando nuevas técnicas de multiplexación, la multiplexación por división de tiempo y la utilización de transmisión digital (en la cual cada muestra de voz fue representada por un código binario), la telefonía digital ha surgido. La telefonía digital resultó en un bajo costo de sistemas de transmisión de datos (multiplexación) y al mismo tiempo se tiene la habilidad para eliminar la transmisión de ruido.

En un sistema de transmisión de audio, una audiodiferencia es transportada de un modo continuo a través de una portadora.

Los científicos como Nyquist y Shannon, proporcionaron y examinaron muestras tomadas en intervalos regulares que pueden ser utilizadas para transmitir una señal de audio.

Un sistema TDM, es un sistema de transmisión, en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una portadora por asignación de cada comunicación de espacio específico de tiempo asignado, el "valor momentáneo" (fotografía) de la señal la que es transmitida.

Para utilizar un sistema TDM, cada señal analógica debe estar preparada para convertir la señal continua en muestras, generadas en intervalos regulares. Un modulador será utilizado para generar las muestras (figura 3.14)

En el lado receptor de la portadora, la cadena de bits deberá estar multiplexada.

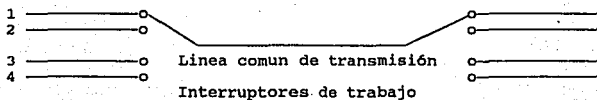
Esto será realizado por:

- análisis del alineamiento: el canal "0" de la cadena de bits conteniendo un bit patrón específico (sincronización del reloj con el lado receptor).
- colocando los 8 diferentes bits de las muestras de los canales en registros (buffers) individuales.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- convirtiendo los 8 bits de las muestras para originar señales analógicas.

Un demodulador será utilizado para generar estas señales analógicas.



en sincronización

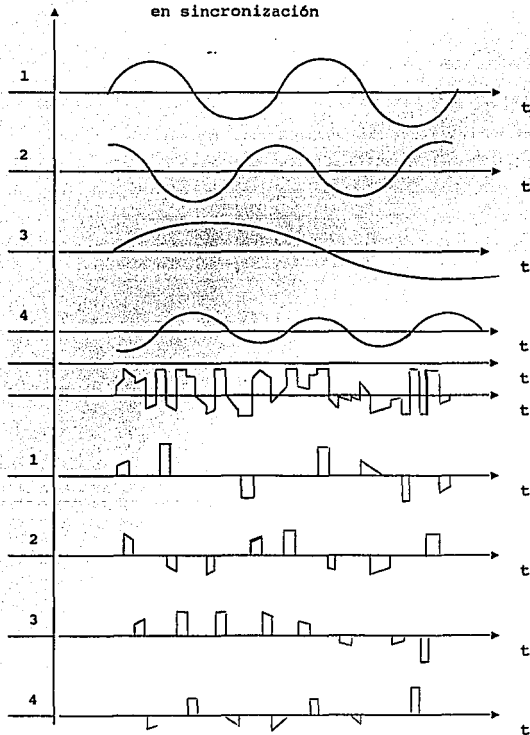


Figura 2.14 Cuatro señales PAM multiplexadas en el tiempo

2.15 Estructura de la trama de 32 canales

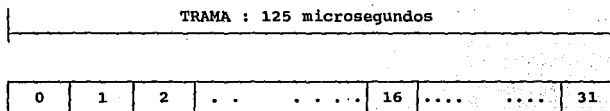
Utilizando un sistema TDM, un número de comunicaciones puede ser combinado en una portadora. Cada comunicación es representada en la forma de un código digital. En Europa un sistema TDM de 32 canales ha sido normalizado y aceptado por CCITT, cada canal tiene 8 bits. Esta estructura es llamada trama (frame) y tiene 256 bits. Una llamada es asignada a un canal en una trama semejante. Esto significa que se puede enviar 8 bits en cada trama. Como una señal de abonado es muestreada cada 125 microsegundos ($f_s=8000$ Hz), un abonado debe ser capaz de enviar 8 bits cada 125 microsegundos y la duración de un canal es de:

$$125 \text{ microsegundos} / 32 = 3.906 \text{ microsegundos}$$

La velocidad de transmisión (valor de bit) de la cadena del PCM es de 256 bits, el cual corresponde a 2.048 Mbits/seg. en la estructura de la trama, los siguientes canales están asignados como (fig. 2.15)

- canal 0: sincronización de la trama (alineación)
- canal 16: señalización
- canales 1-15 y 17-31: voz / datos

De un total de 32 canales, únicamente 30 pueden ser utilizados para señales de voz. Esta es la razón por la que ésta estructura es algunas veces llamada estructura de trama de 30 canales. Cada canal utilizado para señales de voz contiene 8 bits, de los cuales el primero es utilizado como bit de signo y los otros siete son bits de magnitud codificados de acuerdo a la ley "A". En cada trama el mismo número de canal es dado al mismo abonado.



CANAL : 3.9 microseg



- CANAL 0 = Sincronización
- CANAL 1 - 15 = Muestras de voz
- 17 - 31
- CANAL 16 = Señalización

Figura 2.15 Formato PCM

2.16 Estructura de la trama de 24 canales

La cadena de bits consiste de tramas que contienen 193 bits: donde 1 bit es utilizado para alineación y 192 son utilizados por los 24 canales de 8 bits cada uno.

Una llamada puede ser asignada a un cierto número de canal. Así que cada abonado está disponible para enviar 8 bits en cada trama esto es en cada 125 microsegundos. Esto significa que la duración máxima de una trama (193 bits) es de 125 microsegundos.

La razón o velocidad de transmisión (valor de bit) de una trama es de 193 bits en 125 microsegundos o 1.544 Mbits/seg.

La duración de 1 bit es de $125 \text{ microsegundos} / 193 = 648$ nanosegundos.

La duración de 1 canal es de $8 \times 651 \text{ nseg.} = 5.208$ microsegundos.

Los 24 canales son utilizados de la misma forma. Todos son utilizados tanto para voz como para señalización. La alineación es hecha por el bit "1" que es asociado a estos 24 canales. Cada uno de los canales tiene 8 bits de los cuales el primero es un bit de signo y los otros 7 son bits de magnitud, codificados de acuerdo a la ley "mu" (normalizado por el sistema Bell de North American y el CCITT).

Cuando un número de canal es dado a un abonado, ese abonado puede enviar 8 bits en cada trama, siempre utilizando el mismo canal. Es

esta la razón por la que se tienen 8000 tramas por segundo (ver figura 2.16).

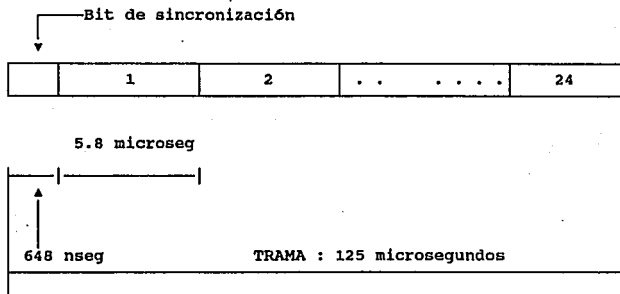


Figura 2.16 Estructura de la trama de 24 canales

Utilizando un PCM normal de 32 canales, pueden ser manejadas 30 comunicaciones sobre una portadora (conexión a 4 hilos).

Si el ancho de banda de la portadora es suficiente, entonces más canales pueden ser enviados por una portadora utilizando un PCM de alto orden. Esto significa, que reduciendo el tiempo necesario para enviar 1 pulso, más pulsos pueden ser enviados en la misma unidad de tiempo (ver figura 2.17).

Observaciones:

1. Razón de transmisión y frecuencia de línea

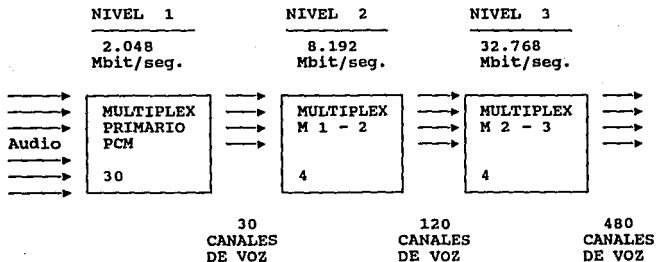
Ahi existe una relación directa entre el número de símbolos por segundo en la línea y el ancho de banda en la frecuencia requerida para transmitirlos.

Utilizando las mejores técnicas de transmisión se puede probar que el mínimo ancho de banda que es necesario para la comunicación, es igual al símbolo valor/2, donde en la mayoría de los casos es igual a bit-valor/2.

2. Regeneración

En un sistema de transmisión digital, todo el ruido de la transmisión puede ser eliminado siempre que permanezca la señal suficientemente relacionada al ruido. En distancias regulares durante la transmisión, los regeneradores están colocados de tal manera que restablecen la señal digital a su forma original.

Estos regeneradores están localizados a intervalos regulares en la trayectoria de la transmisión.



(continuación)

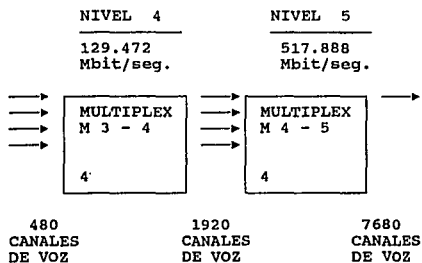


Figura 2.17 PCM de alto orden

NUMERO DE CANALES	RAZON DE BIT (MBIT/S)	FRECUENCIA (MHZ)	CODIGO	TIPO DE LINEA
30	2.048	1.024	HDB3	-MULTIPARES - PAR BLINDADO
120	8.448	4.224	HDB3	- PAR BLINDADO -COAXIAL
480	34.368	17.184	HDB3	-COAXIAL -FIBRA OPTICA
1920	139.864	93.900	6B4T	-COAXIAL -FIBRA OPTICA

Figura 2.18 Sistemas PCM

2.18 Sincronización de la red

En donde la información de conmutación PCM, es declarada que la cadena de bits de entrada debe de ser el bit sincrónico con el reloj central del conmutador. Las cadenas de bits de entrada deben ser originados desde diferentes centrales, donde se han generado utilizando el reloj de esas centrales. Pueden ser considerados diferentes casos:

a) Red asincrónica

En tal red, los relojes de las centrales son independientes, y principal razón de bit de la cadena de bits de entrada puede ser más rápida o más lento que el impuesto por el reloj local de una central. Esto significa que el proceso de adaptación de los bits de entrada en el cronómetro de la información de la central será perdido o repetido de tiempo en tiempo. El más preciso y estable de los relojes, es por la razón de errores el más bajo (ver figura 2.19).

Las redes utilizan relojes más precisos y estables, los cuales son llamados plesioncronicos (cerca de la sincronía).

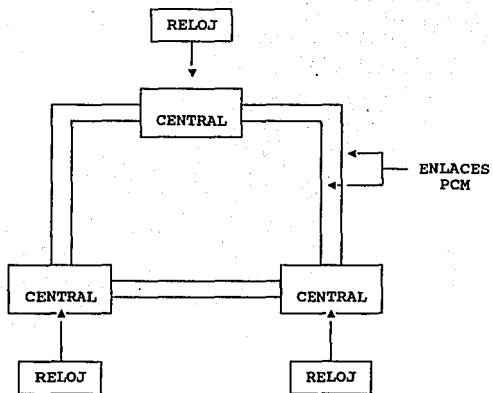


Figura 2.19 Red asincrona

b) Red sincrona, maestro esclavo

En una red sincrona maestro-esclavo, un reloj es maestro y el otro reloj sincroniza su frecuencia desde la central maestra utilizando el reloj regenerado. En tal red la principal razón de bit es el mismo, pero por supuesto la fase de la cadena de bits de entrada puede ser diferente debido al retraso de la transmisión. En el proceso de la adaptación de los bits de la fase del reloj local ninguna información es corrupta (ver fig. 2.20).

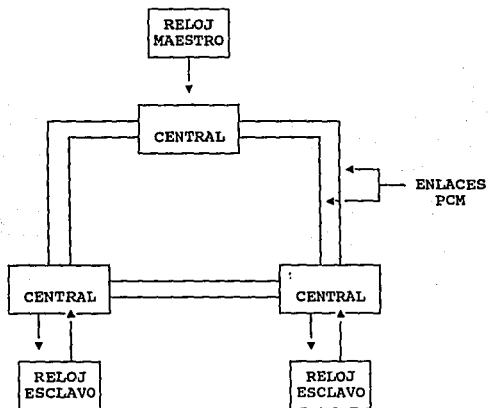


Figura 2.20 Red sincrona maestro-esclavo

c) Red sincrona mutua

Aquí ningún reloj es maestro. Están sincronizados todos los relojes al principal valor de toda razón de bits de entrada. En esta forma la red adopta una uniforme razón de bit. La mayoría de las centrales trabajan este sistema (ver figura 2.21).

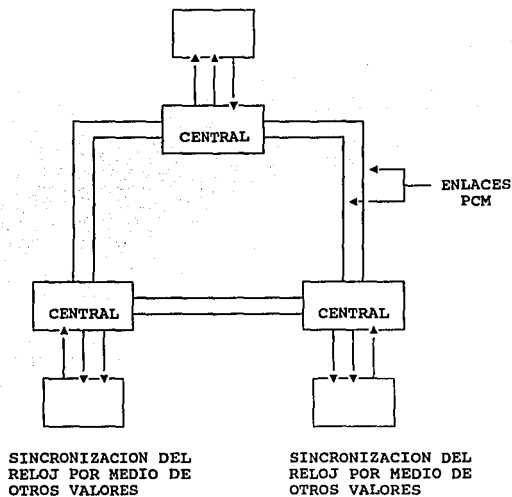


Figura 2.21 Red sincrona mutua

2.19 Adaptación de la cadena de bits de entrada para temporización en central (red sincrona).

En un enlace digital de entrada, los bits son enviados y son recibidos a velocidad de la central originante. Ya que la central terminante tiene su propio reloj y consecuentemente su propia razón de bit, la cadena de bits de entrada son convertidos también a su vez hacia la rapidez local. Si cada una de las centrales genera su propia frecuencia, se puede estar seguro de que ambas frecuencias no son perfectamente iguales. Debido a esto, la misma información puede ser perdida o es leída dos veces, dependiendo de cual de las frecuencias es la más alta.

Las frecuencias pueden ser diferentes en varias formas. Cuando una frecuencia es más rápida o más lenta que la otra, se le llama a esto Drift. Cuando una frecuencia es diferente de otra, de acuerdo a un ritmo lento, se llama Wander. Si una de las frecuencias es diferente de la otra en frecuencia alta, ritmo alto y bajo, se le llama Jitter (figura 2.22).

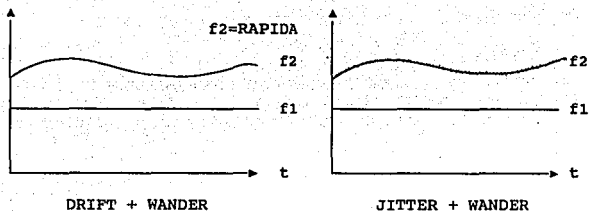


Figura 2.22 Diferencias de frecuencias (f1 referencias)

El problema que ocurre en caso de Drift, Wander y Jitter puede ser resuelto. Por tanto se puede utilizar un registro (buffer) retemporizador. Esto es en dos tramas a lo largo del registro (buffer) (512 bits) que es llenado en la frecuencia externa y la información que se obtiene es leída fuera de la frecuencia

interna. Cada acción de leer y escribir tiene un apuntador que señala a la localidad de ese registro (buffer). Ese apuntador se incrementa cada vez que el dato es escrito desde el apuntador de escritura o leído por el apuntador de lectura. Normalmente esos apuntadores son cambiados a un número de localidad.

En caso de Drift, el número de localidades entre ambos apuntadores se incrementa o decrementa continuamente. Esto significa que el apuntador sobrepasa cada uno regularmente, resultando en un error cada vez, si algunas precauciones no son tomadas. Para evitar esta clase de errores, se tiene también que adaptar y estabilizar la frecuencia de las centrales.

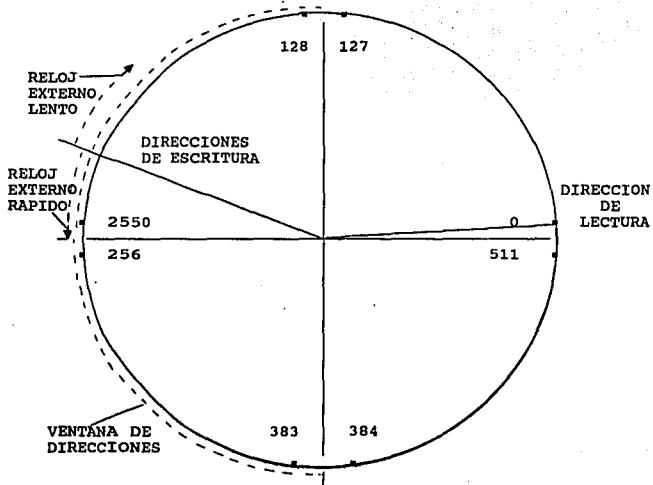


Figura 2.23 La situación de omisión (default) es cuando ellos inician un cambio de trama

A R Q U I T E C T U R A D E R E D E S

3.1 UTILIZACION DE LAS REDES

Las redes informáticas han producido en nuestra sociedad durante la última década un impacto de enormes consecuencias. La eficacia del trabajo ha multiplicado la productividad, tanto para usuarios individuales como para las empresas. Se registran transacciones que tienen lugar cada día, las operaciones bancarias, se gestionan las reservas de los hoteles, y existen muchas otras actividades económicas que dependen por completo de las redes telemáticas.

Pero qué es una red? son varias las definiciones aceptadas por la industria ; la más sencilla de todas puede ser la siguiente: un grupo de terminales interconectados a través de uno o varios caminos o medios de transmisión. La mayoría de las veces, este medio de transmisión es la línea telefónica, debido a su fácil accesibilidad.

Las redes tienen una finalidad concreta: transferir e intercambiar datos o compartir recursos entre terminales. Es el intercambio de datos lo que permite realizar el funcionamiento a los múltiples

servicios telemáticos:cajeros automáticos,terminales punto de venta,incluso el control de lanzamiento espacial.

3.2 VENTAJAS DE LAS REDES

Las organizaciones modernas suelen estar bastante dispersas,y a veces incluyen empresas distribuidas en varios puntos de un país o extendidas por todo el mundo.Los terminales situados en los distintos lugares necesitan intercambiar datos e información,y con frecuencia ese intercambio ha de ser diario.Mediante una red puede conseguirse que todos los terminales se intercambien la información,y que los programas y datos necesarios estén al alcance de todos los miembros de la organización.

Al contar con fuentes alternativas de suministro proporciona una alta fiabilidad.Por ejemplo,todos los archivos duplicados en 2 o 3 máquinas,de tal manera que si una de ellas no se encuentra disponible(como consecuencia de un fallo de hardware),podría utilizarse alguna de las otras copias.Además si se cuenta con la presencia de múltiples CPU significa que si una de ellas deja de funcionar,otras pueden ser capaces de realizar su trabajo,aunque se tenga un rendimiento global menor.Para aplicaciones militares, bancarias,de control de tráfico aéreo ,etc.,es muy importante la capacidad de los sistemas para continuar funcionando a pesar de existir problemas de hardware.

El empleo de redes proporciona un poderoso medio de comunicación entre personas que se encuentran muy alejadas entre si. Pueden trabajar desde sus casas los empleados, utilizando los terminales conectados con el ordenador de su oficina. Hoy en dia es frecuente ver personas que viajan con su ordenador portátil y lo conectan a la red de su empresa a través de la línea telefónica situada en la habitación del hotel. Otros usuarios que viajan a oficinas alejadas emplean los telefonos y las redes para transmitir y recibir información decisiva, como informes de ventas o datos administrativos.

3.3 APLICACION DE LAS REDES

La disponibilidad de una WAN (red de área extendida) publica genera nuevas aplicaciones viables, algunas de ellas pueden ocasionar importantes efectos en la totalidad de la sociedad. Para dar una idea sobre algunas de las utilizaciones importantes de redes, veremos ahora brevemente algunos ejemplos: el acceso a programas remotos, el acceso a bases de datos remotos y facilidad de comunicación de valor añadido.

Una compañía que ha producido un modelo que simula la economía mundial puede permitir que sus clientes se conecten utilizando la red y corran el programa para ver cómo pueden afectar a sus

negocios las diferentes proyecciones de inflación, de tasas de interés y fluctuaciones de tipo de cambio. Con frecuencia se prefiere este planteamiento que vender los derechos del programa, en especial si el modelo se está ajustando constantemente o necesita una máquina muy grande para correrlo.

Otra área principal para la utilización de redes es el acceso a bases de datos remotas. Por ejemplo hacer reservaciones de avión, autobús, barco y hoteles, restaurantes, teatros, etc., para cualquier parte del mundo, obteniendo la confirmación de forma instantánea y también las operaciones bancarias.

La automatización de bibliotecas dependiendo del costo, tamaño y peso del terminal. El llamar a un ordenador remoto mediante una red resulta más económico que hacerlo directamente. La posibilidad de tener un precio más bajo se debe a que el enlace de la llamada telefónica normal utiliza un circuito caro y en exclusiva durante todo el tiempo que dura la llamada, en tanto que el acceso a través de una red, hace que sólo ocupen los enlaces de larga distancia cuando se están transmitiendo los datos.

Los científicos informáticos ya toman como hecho garantizado poder enviar por correo electrónico, desde sus terminales, a sus colegas situados en cualquier parte del mundo.

La utilización de redes como sistema de comunicación sofisticado puede reducir la cantidad de viajes realizados, ahorrando de esta

manera energética. Las órdenes mediante un catálogo por correo electrónico reemplazan a las tiendas comunes y corrientes. Las ciudades se pueden dispersar con relativa facilidad. Dado que la alta calidad de los recursos de comunicación tienden a reducir la necesidad de una proximidad física.

3.4 ESTRUCTURA DE RED

En toda red existe una colección de máquinas destinadas para correr programas de usuario (aplicaciones). Llamaremos **hostales** a las máquinas antes mencionadas. También, en literatura se utiliza el término **sistema terminal** o **sistema final**. Los hostales están conectados mediante una **subred de comunicación**, o simplemente **subred**. El trabajo de la subred consiste en enviar mensajes entre hostales, de la misma manera como el sistema telefónico envía las palabras entre la persona que habla y la que escucha. El diseño completo de la red se simplifica notablemente cuando se separan los aspectos puros de comunicación de la red (la subred), de los aspectos de aplicación (los hostales).

Una subred en la mayor parte de las redes de área extendida consiste de dos componentes diferentes: las líneas de transmisión y los elementos de conmutación. Las líneas de transmisión (a las

que también se les conoce como **circuitos, canales o troncales**), se encargan de mover bits entre las máquinas.

Los elementos de conmutación son ordenadores especializados que se utilizan para conectar dos o más líneas de transmisión. Cuando los datos llegan por una línea de entrada, el elemento de conmutación deberá seleccionar una línea de salida para llevar acabo el reenvio. A los elementos de conmutación los llamaremos IMP (Procesadores de Intercambio de Mensajes), también se emplean con frecuencia los terminos **nodo de conmutación de paquetes, sistema intermedio y central de conmutación de datos**. No hay un consenso sobre la terminología; cada experto en el tema tiende a utilizar un nombre diferente. En el modelo que se muestra en la Figura 3.1, cada uno de los hostales está conectado a un IMP (en ocasiones lo hace con más de uno). Todo el tráfico que va o viene del hostal pasa a través de su IMP.

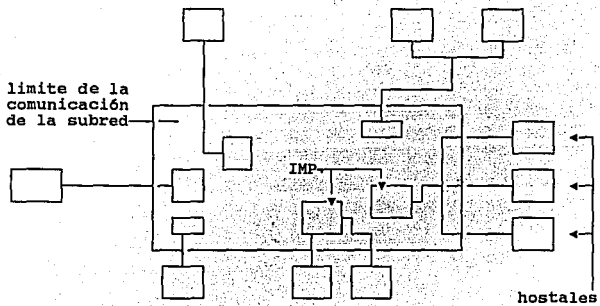


Figura 3.1

En términos generales puede decirse que hay dos tipos de diseño para la subred de comunicación:

- 1.- Canales punto a punto
- 2.- Canales de difusión

En el primero de ellos, la red contiene varios cables o líneas telefónicas alquiladas, conectando a cada una de ellas un par de IMP. Si dos IMP desean comunicarse y no comparten un cable común, deberán hacerlo indirectamente a través de otros IMP. Cuando un mensaje (que en el contexto de subred normalmente se denomina paquete) se envía de un IMP a otro, a través de uno o más IMP intermediarios. Se almacenará ahí y no continuará su camino hasta que la línea de salida necesaria para reexpedirlo esté libre. La subred que utiliza este principio se denomina subred punto a punto, de almacenamiento y reenvío o de conmutación de paquetes. Casi todas las redes de área extendida tienen subredes del tipo de almacenamiento y reenvío.

Un aspecto importante de diseño, cuando se utiliza una subred punto a punto, consiste en considerar cómo deberá ser la topología de interconexión de los IMP. Las redes locales que se diseñaron como tales, tienen por lo general una topología simétrica. A diferencia de éstas, las redes de área extendida tienen por lo general topologías irregulares.

3.5 TOPOLOGIAS DE RED

El término "topología" es un concepto geométrico con el que se alude al aspecto de una cosa. Topología es la forma (conectividad física) de la red. En una red la configuración suele conocerse como topología de la misma. A la hora de establecer la topología de una red, diseñador a de plantearse tres objetivos principales:

- Proporcionar la máxima fiabilidad posible, para garantizar la recepción correcta de todo el tráfico (encaminamiento alternativo)
- Encaminar el tráfico entre el ETD (equipo terminal de datos) transmisor y receptor a través del camino más económico dentro de la red (aunque, si se consideran más importantes otros factores, como la fiabilidad, este camino de coste mínimo puede no ser el más conveniente).
- Proporcionar al usuario final un tiempo de respuesta óptimo y un caudal eficaz máximo

Cuando hablamos de fiabilidad de una red nos estamos refiriendo a la capacidad que tiene la misma para transportar los datos correctamente (sin errores) de un ETD a otro. Ello incluye también

capacidad de recuperación de errores o datos perdidos en la red, ya sea por fallo del canal del ETD, del ETDC (equipo de terminación del circuito de datos) o del ECD (equipo de conmutación de datos). La fiabilidad está relacionada también con el mantenimiento del sistema, incluyendo las comprobaciones diarias; el mantenimiento preventivo, el cual se ocupa de relevar de sus tareas a los componentes averiados o de funcionamiento incorrecto, y en su caso el aislamiento de lugares en donde se tienen las averías. Cuando un componente crea problemas, el sistema de diagnóstico de la red ha de ser capaz de identificar y localizar el error, aislar la avería y, si es preciso, aislar del resto de la red el componente defectuoso.

El segundo objetivo consiste en proporcionar a los procesos de aplicación que residen en los ETD el camino más económico posible. Para ello es preciso:

- 1.- Minimizar la longitud real del canal que une los componentes lo cual suele implicar el encaminamiento del tráfico a través del menor número posible de componentes intermedios.
- 2.- Proporcionar el canal más económico para cada actividad concreta; por ejemplo, transmitir los datos de baja prioridad a través de un enlace de baja velocidad por línea telefónica normal, lo cual es más barato que transmitir esos mismos datos a través de un canal vía satélite de alta velocidad.

El tercer objetivo es obtener un tiempo de respuesta mínimo y un caudal eficaz lo más elevado posible. Para reducir al mínimo el tiempo de respuesta hay que acortar el retardo entre transmisión y recepción de los datos de un ETD a otro. En las aplicaciones interactivas, por ejemplo, es fundamental conseguir un tiempo de respuesta bajo. El caudal efectivo o eficaz expresa la cantidad máxima de datos de usuario que es posible transmitir en un determinado periodo de tiempo.

A continuación se muestran ejemplos de topologías de red

3.5.1 TOPOLOGIA JERARQUICA

La estructura jerárquica es una de las más extendidas en la actualidad. El software que controla la red es relativamente simple, y la topología proporciona un punto de concentración de las tareas de control y de resolución de errores. En la mayoría de los casos, el ETD situado en el nivel más elevado de la jerarquía es el que controla la red. En la figura 3.2, el flujo de tráfico entre los distintos ETD comienza del ETD A. Muchos fabricantes incorporan a esta topología cierto carácter distribuido, dotando a los ETD sus subordinados de un control directo sobre ETD situados en niveles inferiores dentro de la jerarquía, lo cual reduce la carga de trabajo del nodo central A.

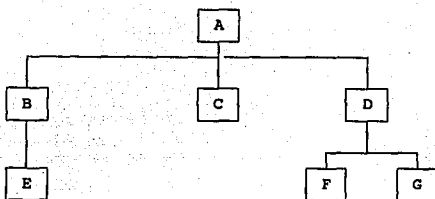


Figura 3.2 Topología jerárquica o en árbol

Aunque la topología jerárquica resulta interesante por ser fácil de controlar, puede presentar ciertos problemas en cuanto a la posibilidad de aparición de cuellos de botella. En determinadas situaciones, el ETD más elevado normalmente un gran ordenador central, ha de controlar todo el tráfico entre los distintos ETD. Este hecho no solo puede crear saturaciones de datos, sino que además plantea serios problemas de fiabilidad. Si el ETD principal falla, toda la red deja de funcionar, a no ser que exista otro

ordenador de reserva capaz de hacerse cargo de todas las funciones del ETD averiado. Pese a todo, las topologías jerárquicas se han venido utilizando ampliamente desde hace bastantes años, y seguirán empleándose durante mucho tiempo, ya que permiten la evolución gradual hacia una red más compleja, puesto que la adición de nuevos ETD subordinados es relativamente sencilla.

Las redes con topología jerárquica se conocen también como redes verticales o en árbol. La palabra "árbol" alude al hecho de que su estructura se parece bastante a un árbol cuyas ramas van abriéndose desde el nivel superior hasta el nivel menor.

3.5.2 TOPOLOGIA EN ANILLO

La topología en anillo se llama así por el aspecto circular del flujo de datos. Una red en anillo contiene un medio de comunicación cerrado. Figura 3.3. Los datos fluyen sólo en una dirección alrededor del anillo, y los dispositivos conectados al anillo pueden recibir datos de él. Para transmitir, es necesario que el dispositivo interrumpa los datos del anillo para poder introducir los suyos. Normalmente, los anillos son <<activos>>, esto es, incluyen circuitos regeneradores que operan continuamente. Esto significa que los anillos se pueden extender a cualquier tamaño si tienen suficientes circuitos regeneradores o repetidores.

Cuando un paquete se transmite por un anillo, éste circulará indefinidamente si no se quita. En algunos sistemas de anillo el paquete es eliminado por la fuente, y en otros, por el destino. Los anillos tienen una naturaleza de difusión. Cualquier paquete que se transmita puede ser visto por todos los nodos de la red, con lo que es posible transmitir datos a varios nodos de la red, con un sólo paquete. Normalmente se realiza reservando una dirección particular de la red que reconozcan todos los nodos.

En general, los sistemas de acceso que se utilizan en los anillos aseguran unos tiempos de acceso deterministas.

Parece que un sistema de anillo tiene una fiabilidad pobre debido a que un fallo en un elemento del anillo inutilizaría toda la red. Esto se puede resolver incorporando un anillo paralelo de respaldo; se han propuesto varios esquemas basados en el control continuo de rupturas y fallos temporales. En cualquier caso los fallos en los anillos son raros en la práctica, y normalmente serán menos serios que un desperfecto en un sistema centralizado, en relación con la localización del fallo y los tiempos de reparación.

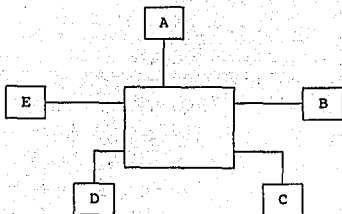


Figura 3.3 Topología en anillo

3.5.3 TOPOLOGIA EN ESTRELLA

La topología en estrella es una de las más empleadas en los sistemas de comunicación de datos. La red en estrella se utiliza desde los años sesenta porque resulta fácil de controlar; su

software no es complicado y su flujo de tráfico es sencillo. Todo el tráfico emana del núcleo de la estrella, que en la figura 3.4 es el nodo central, marcado como A. El nodo A, por lo general es un ordenador que posee el control total de los ETD conectados a él.

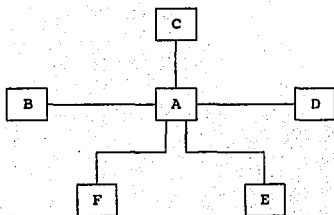


Figura 3.4 Topología en estrella tradicional

La estrella distribuida, que se ilustra en la figura 3.5, es una extensión natural de la estrella tradicional. Admite varios concentradores, ubicados más cómodamente cerca de las estaciones de trabajo a que se da servicio, mismas que se pueden conectar entre sí a través de otra estrella.

Hace posible que muchas redes se comuniquen una con otra a través de dispositivos de conexión como puentes y desviadores. Esto, a su vez, multiplica efectivamente la capacidad integral de la red primitiva, superando los límites impuestos por una sola red.

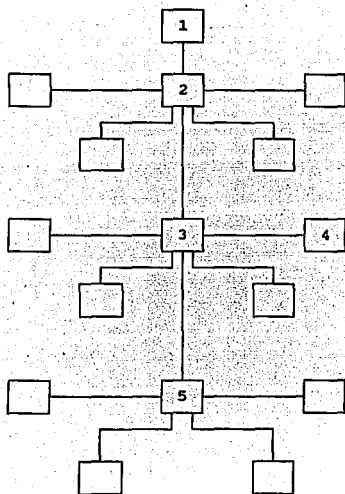


Figura 3.5 Topología de Estrella Distribuida

- 1.- Nodo Central
- 2.- Concentrador
- 3.- Concentrador
- 4.- Nodo Central
- 5.- Concentrador

3.5.4 TOPOLOGIAS DE BUS

Se utiliza un medio de comunicación común al cual se conectan todos los nodos de la red ver Figura 3.6. La conexión en el nivel físico es tan simple que sólo hay que conectar el dispositivo al medio. Normalmente, el canal se halla en estado <<pasivo>> esto es, no contiene cableado activo para amplificar las señales. Esto significa que los canales son inherentemente fiables, pero han de tener longitud limitada, ya que los transmisores deben poder enviar la señal a lo largo de todo el canal. Cuando se coloca un paquete en el canal lo ven todos los dispositivos conectados a él. Los cables pueden ser coaxiales o pares trenzados no revestidos, aunque el coaxial es más común para este diseño de red.

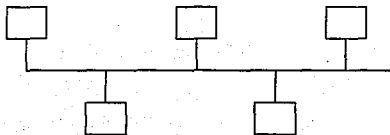


Figura 3.6 Topología de Bus Tradicional

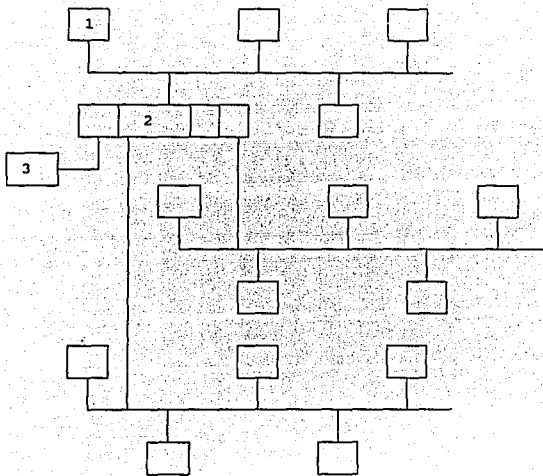


Figura 3.7 Topología de Bus Jerárquico

- 1.- Nodo Central
- 2.- Repetidor
- 3.- Nodo Central

La topología de bus jerárquico, que se muestra en la figura 3.7, utiliza amplificadores de señales de una red a otra (conocidos como repetidores) para hacer posible que un grupo de buses tradicionales se enlacen desde uno o más centros de conexión.

3.5.5 TOPOLOGIA EN MALLA

La topología en malla se ha venido empleando en los últimos años. Lo que la hace atractiva es su relativa inmunidad a los problemas de embotellamiento y averías. Gracias a la multiplicidad de caminos que ofrece a través de los distintos ETD y ECD, es posible orientar el tráfico por trayectorias alternativas en caso de que algún nodo esté ocupado o averiado ver Figura 3.8. Por esta única razón, las redes de área extendida normalmente se basan en una malla.

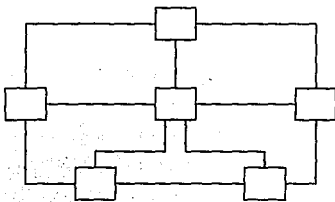


Figura 3.8 Topología en Malla

3.6 LA RED TELEFONICA

Muchos ETCD,ETD y ECD están conectados entre si a través de un canal telefónico,por lo que conviene examinar el sistema telefónico en la figura 3.9 se ilustra la estructura de la red telefónica.Sus componentes están organizados según una jerarquía en cuyo escalón inferior se encuentra el cliente.La concatenación del código del área y de los primeros tres digitos del número telefónico especifican únicamente la oficina terminal,razón por la cual la estructura de tarifas utiliza esta información.Las conexiones de 2 hilos entre cada uno de los abonados telefónicos y la oficina terminal se conocen en la telefonía como **bucle de abonado**.Si el abonado,que se encuentra unido a una oficina terminal dada,llama a otro,que se localiza en la misma oficina terminal,el mecanismo de conmutación dentro de la oficina que establece la conexión eléctrica directa entre dos bucle de abonado y esta permanece intacta durante todo el tiempo que dure la llamada.

Se utilizara un procedimiento diferente si el teléfono al que se llama se encuentra asociado a otra oficina terminal.Cada una de las oficinas terminales cuenta con varias líneas de salida hacia uno o más centros de conmutación cercanos llamados centrales interurbanas(o bien,centrales de transito).Se les conoce como troncales de conexión interurbanas a las líneas respectivas.Si llegara a suceder que las dos oficinas terminales,tanto la

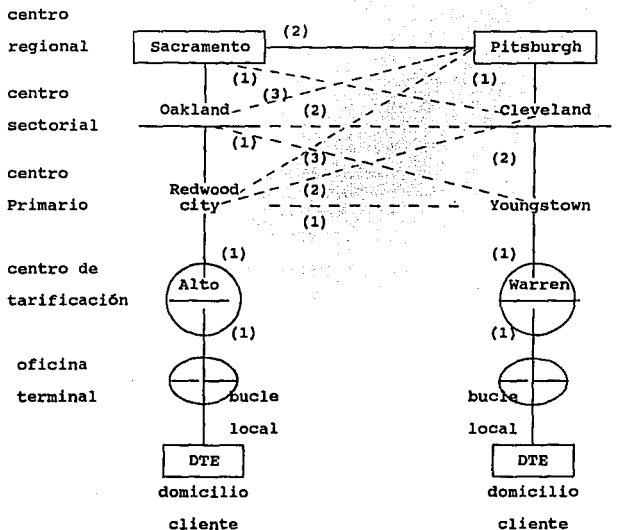
correspondiente a la persona que llama como la llamada, tiene una línea central de conexión interurbana en la misma central interurbana (lo cual resultaría probable si estuvieran ubicadas muy cerca una de la otra), se llegaría a establecer la conexión en la misma central interurbana.

Si la persona que llama y la llamada no tienen una central interurbana común, la trayectoria se establecerá a un nivel de mayor jerarquía. Hay oficinas de sector y regionales que forman una red, por medio de la cual se conectan centrales interurbanas. Las centrales de tipo interurbano sectorial y regional se comunican entre sí a través de troncales interurbanas, con un ancho de banda grande. La filosofía de diseño consiste en que la llamada sea encaminada por la trayectoria más económica, que suele coincidir con el camino más corto y/o con el menor número posible de conmutaciones. Este método reduce el retardo del enlace establecido con el otro ETD, y el menor número de conmutaciones intermedias disminuye el coste para la compañía telefónica. A medida que aumenta el recorrido por las centrales tándem aumenta el número de componentes implicados, lo cual se traduce en un retardo mayor y en un coste adicional.

El sistema está construido en torno a diversas líneas de alta capacidad, que transportan la mayor parte del tráfico. Estas líneas se instalan cuando el volumen de llamadas justifica el hacer la

colocación de canales de gran capacidad entre dos centrales. Por tanto, la configuración concreta de estas líneas dependerá del volumen de tráfico que exista entre las 2 centrales. En principio, el sistema intenta conmutar la llamada hacia algún nivel inferior de la jerarquía, a través de la jerarquía, como último recurso, hacia arriba de la misma. El enviar la llamada a través de niveles superiores de la jerarquía suele implicar más conmutaciones intermedias, lo cual aumenta el retardo de conexión y eleva el coste de enlace para la compañía.

En la figura 3.9 vemos un ejemplo de encaminamiento supongamos que queremos establecer una conexión entre un terminal situado en la comunidad de alto, california, y un ordenador ubicado en warren, Ohio. Abrá de establecerse la conexión entre la central de la comunidad de alto, california y la central tándem (el centro de tarificación de redwood city). Si no existiesen líneas de alta capacidad adicionales, habría que seguir todo el camino a través de la estructura. Sin embargo, entre Redwood city y Youngstown, el centro de tarificación de Warren, existe una línea interurbana de alta capacidad. Si hay alguna línea (canal) libre por este camino, la llamada tomará esta trayectoria. Si, por el contrario, todas las líneas del grupo de Redwood city-Youngstown están ocupadas, la siguiente opción será el centro sectorial al que pertenece Warren que en este caso es Cleveland Ohio. Si todas las rutas posibles están también ocupadas, la llamada se bloqueará, y aparecerá una señal de ocupado



———— Ruta final
 - - - - Cables de Alta Capacidad

() Los números entre parentesis indican el orden de elección de cada ruta

Figura 3.9 Red Telefónica

AT & T aplica el concepto de encaminamiento, **encaminamiento dinámico no jerárquico (DNHR)**. Esta tecnología no está limitada por una estructura jerárquica fija sino que admite **varias trayectorias posibles**, según la saturación de tráfico que presente la topología fija. Esta idea permite reducir el número de señales de ocupado y aumentar la velocidad de conexión para el usuario.

3.7 NORMAS Y MODELOS O S I

En un medio de transmisión donde se requiere del trabajo de equipo, y esto no sólo se refiere a las herramientas de trabajo sino a una óptima comunicación entre los colaboradores. De tal manera se requiere una solución que permita este objetivo, y ésta es una red. La eficacia de una red nacio de las neuronas por la similitud de su proceso ya que si fallaran las neuronas, nada en el cerebro podría funcionar; el cuerpo quedaria inutilizado. Es lo mismo en la red: entre más componentes le sumes, aumenta su vulnerabilidad a los imprevistos. Las redes necesitan del empleo de un protocolo que controle y administre la forma o "lenguaje" en que ésta se comunica.

Dado que existen diversos tipos de protocolos, los diferentes elementos y equipos de la red pueden establecer comunicación hacia otros protocolos diferentes a través de un puente o bridge.

Para lograr la comunicación entre los equipos se utilizan interfaces que normalmente son los que manejan el protocolo, lo cual da como resultado una gran eficacia en el funcionamiento de la red.

La incompatibilidad de equipos, y/o redes fue inicialmente resuelta a través de la utilización de convertidores como se muestra en la figura 3.10

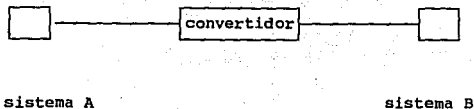


Figura 3.10 Interconexión de los sistemas A y B via convertidor

En la figura, los sistemas A y B son incompatibles. El convertidor interpreta la información originaria de uno de los sistemas y transfiere la información al sistema destinatario, traduciéndola a la forma inteligible (compatible) para el destinatario. Por lo tanto, la utilización de los convertidores es deficiente. Estos son lentos e inadecuados para solucionar las incompatibilidades a nivel de aplicaciones ya que sería necesario su integración en el propio sistema operativo de cada uno de los equipos involucrados.

En mayo de 1983, se aprobó el <<REFERENCE MODEL FOR OPEN SYSTEMS INTERCONNECTIONS>>-RM- OSI por la International Standards Organization (ISO) como una norma internacional para la interconexión de sistemas abiertos a través del documento ISO 7483 [ISO 83]. El <<COMITE CONSULTATIF INTERNATIONAL TELEGRAPHIQUE ET TELEPHONIQUE (CCITT) acató también el RM - OSI a través de la recomendación X.200 [CCITT 82].

El término **abierto** no se aplica a ninguna implementación, tecnología o interconexión particular de sistemas, pero sí a la adopción de normas del comité técnico ISO 97, es decir, cualquier sistema que adoptando las normas del subcomité SC16 pueda interconectar con cualquier otro sistema que obedezca las mismas normas. El término OSI se refiere a normas para la transferencia de información entre las terminales, ordenadores, personas, redes, procesos, etc., que estén **abiertos** a los demás, con el propósito de transferir información a través de la utilización de las normas aplicables. Se dice que un sistema que obedece a las normas OSI en su comunicación con otros sistemas, es un sistema abierto [ISO 97].

En el entorno OSI, un **sistema** es un conjunto de ordenadores con un sólo software asociado, periféricos, terminales, operadores humanos, los procesos físicos, medios para la transferencia de información, etc., capaz de procesar información. La transferencia de información (comunicación) entre sistemas se realiza por medios

físicos. Es importante observar que el <<OSI>> no se refiere apenas a los aspectos de comunicación entre sistemas, sino también cómo estos sistemas cooperan para ejecutar una tarea distribuida en un proceso de aplicación. Según el concepto de OSI, es un elemento (dentro de un sistema abierto) que procesa información para una aplicación particular [ISO 97]. Así, una persona que opera con un terminal bancario automatizado es un proceso de aplicación manual. Un programa en C que ejecuta en un centro de informática accediendo a un banco de datos remoto es un proceso de aplicación informatizado; el servidor del banco de datos es también un proceso de aplicación.

Un fabricante se refiere a su solución particular con el término **arquitectura de red** << NETWORK ARCHITECTURE >> que es un sinónimo de << UN CONJUNTO DE CONVENIOS >> para la interconexión de sus equipos.

Así, DEC habla de su << DIGITAL NETWORK ARCHITECTURE >> - DNA, e IBM de su << SYSTEM NETWORK ARCHITECTURE >> - SNA, etc. La dificultad generada por la heterogeneidad persiste en el caso de la interconexión con equipos de otros fabricantes y/o en la interconexión, de redes distintas.

Cualquiera que sea el tipo de comunicación entre sistemas comunicantes, es necesaria la observación de un conjunto de reglas que dirijan la transferencia de información para que esta pueda

ser provechosa. Así, usted en una conversación telefónica << oye y habla >> lo que su interlocutor << habla y oye >> - en esta secuencia - si usted no entiende lo que le hablan, interrumpe y pide que le << repitan >> lo que le << hablaron >>. Aquí hay un conjunto implícito de normas que reglamentan la comunicación. En la terminología de las redes de comunicaciones, este conjunto de reglas recibe el nombre de **protocolo**. Por tanto, cualquier proceso de comunicación, independientemente de los sistemas de que se trate, presupone la existencia de cierto(s) protocolo(s).

Cada interfaz de una subred se responsabiliza de llevar a cabo el **protocolo de acceso al medio** que controla las comunicaciones a través del medio, **protocolo de enlace** que regula la comunicación entre interfaces y **protocolo de acceso a la red** que especifica y supervisa las interacciones entre una interfaz y su usuario. Son protocolos, de una subred de comunicaciones, llamados **protocolos de bajo nivel** además, y encima de los protocolos de bajo nivel, existe otro conjunto de protocolos llamados **protocolos de alto nivel**.

Los protocolos de alto nivel definen y supervisan una comunicación entre usuarios (o sus procesos). Tienen significado límite a límite, es decir, se aplican a la comunicación entre usuarios propiamente dicho (o sea, entre los puntos << finales >> de la comunicación) todo tiene que ser cuidadosa y correctamente especificado para que los diferentes procesos de aplicación

puedan cooperar en forma armónica y compatible en el proceso de tareas distribuidas por la red.

Para reducir la complejidad de diseño de redes se tiene como base el proverbio de: << divide y conquista>>. El principio es proyectar una red con un conjunto jerárquico de capas (niveles), cada capa superpuesta en la capa inferior. Reduciendo el diseño global de una red al diseño de cada una de las capas, se simplifica considerablemente el trabajo de desarrollo y de mantenimiento. El diseño de una capa se restringe al contexto de esa capa y supone que los problemas externos a este contexto ya están debidamente resueltos. La definición del RM-OSI sigue una técnica de estructuración y abstracción, descompone el problema de interconexión de sistemas abiertos en módulos o capas más simples, lógicamente independientes. La arquitectura del RM-OSI está construida siguiendo un proceso jerárquico donde cada capa utiliza los servicios suministrados por la capa inmediatamente inferior para dar un servicio de <<mejor calidad>> a la capa superior.

La arquitectura del RM-OSI fue desarrollada a partir de tres elementos básicos, a saber [ISO 97].

- a) Los procesos de aplicación existentes en el entorno O S I

- b) Las conexiones que unen los procesos de aplicación y que les permiten transferir informaciones
- c) Los sistemas

La Figura 3.11 muestra estos tres elementos

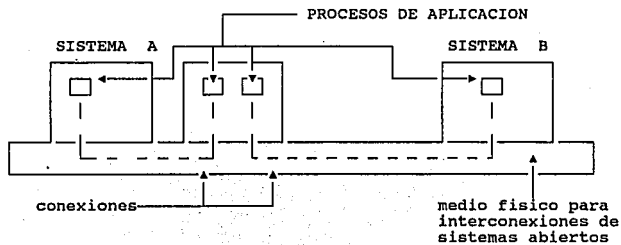


Figura 3.11

Cada sistema individual está lógicamente descompuesto en subsistemas, y cada uno de estos corresponde a la intersección del sistema con una capa. Cada subsistema está descompuesto por una o varias entidades; por consiguiente, cada capa está compuesta de entidades. Las entidades de una misma capa son llamadas **entidades pares**. En la terminología de la ISO, una entidad en la **capa(N)** de la arquitectura es llamada **entidad(N)**. Las entidades(N) representan una capacidad de procesamiento distribuido de la capa(N) en el desempeño de sus funciones. Todas las entidades de todas las capas en un mismo sistema representan la capacidad de procesamiento del sistema, cuando son vistos por los demás sistemas abiertos.

Excepto para la capa más alta, cada capa(N) realiza **servicios(N)** a las entidades(N+1), es decir, las entidades(N) añaden el valor, utilizando las funciones(N) implementadas en la capa (N) al servicio(N-1) y ofrecen este servicio más valioso, **servicio(N)**, a las entidades(N+1). Las entidades(N) se comunican a través del servicio(N-1), de la capa inmediatamente inferior. La comunicación de las entidades(N) esta reglamentada por los protocolos(N).

Los servicios(N) son ofrecidos a las entidades(N+1) en los **Puntos de Acceso de Servicio** (<<Service Access Point>>, SAP) que representan las **Interfaces** lógicas entre las entidades(N) y (N+1). Así, una entidad(N) ofrece **servicio(N)** en las SAP(N), y una entidad(N+1) da el mismo **servicio(N)** en la SAP(N). Un SAP(N) es

servido y utilizado sólo por una entidad(N) y una entidad(N+1) respectivamente,por lo tanto,una entidad(N) puede servir a varios SAPs(N) y una entidad (N+1) utilizar varios SAPs.

Las informaciones entre entidades (N+1) son transmitidas a través de una asociación llamada **punto terminal de conexión(N)** [CEP(N)], del término en inglés <<conecction end>> ofrece conexiones (N) como parte de los servicios(N).Las conexiones pueden ser del tipo **punto a punto** o de **puntos-terminales-múltiples**;estas últimas corresponden a asociaciones múltiples entre entidades.La terminal de una conexión(N) se da en un SAP(N) y es llamada **punto terminal de conexión(N)**[CEP(N)],del término en inglés <<connection end point>>.

3.8 LAS SIETE CAPAS DEL RM-OSI DE LA ISO

La propia ISO afirma que es difícil probar que son siete capas las que forman la <<mejor>> arquitectura para una interconexión de sistemas abiertos (OSI).La ISO describe en la cláusula 5 del documento [ISO 97],trece principios <<arquitectónicos>> que se aplicarán para llegar a las siete capas de la arquitectura del RM-OSI.

Estos principios son:

- 1) No crear un número muy grande de capas a fin de no dificultar el trabajo de descripción e integración de esa capa
- 2) Demarcar 2 capas adyacentes en un punto donde la descripción de servicios pueda ser pequeña y minimice las interacciones entre las capas
- 3) Cerrar las capas separadas para tratar las funciones que sean claramente diferentes en el proceso ejecutado o con la tecnología utilizada
- 4) Las funciones similares deben ser agrupadas en una misma capa
- 5) Demarcar 2 capas adyacentes en un punto donde la experiencia haya demostrado ser satisfactoria
- 6) Crear una capa de funciones fácilmente localizadas (en la capa) a fin de que una capa pueda ser totalmente rediseñada y sus protocolos alterados sustancialmente para aprovecharse de los nuevos avances en la tecnología de software y hardware, sin alterar los servicios e interfaces con las capas que son adyacentes
- 7) Crear una capa que pueda ser de utilidad, en el futuro, para la normalización de la interface correspondiente

- 8) Crear una capa donde exista un nivel diferente de abstracción en el manejo de datos, por ejem. morfología, sintaxis, semántica
- 9) Posibilitar la modificación de funciones o protocolos dentro de una capa sin afectar a las otras capas
- 10) Crear para cada capa interfaces sólo con las capas superior e inferior
- 11) Subagrupar y organizar funciones para formar subcapas dentro de una capa en los casos en los que sea necesario para los distintos servicios de comunicación
- 12) Crear, donde sea necesario, 2 o más subcapas con funcionalidad común, y por tanto mínima, para permitir el funcionamiento de la interface con capas adyacentes
- 13) Posibilitar la adopción de alguna(s) capa(s)

La capa más alta, capa(7), es la **capa de aplicaciones**; la capa(6) es la **capa de presentación**; la (5), la **capa de sesiones**; la (4), la **capa de transporte**; la (3), la **capa de red**; la (2), la **capa de enlace de datos**; y la capa (1), la más baja, es la **capa de medios físicos**. A continuación examinemos la arquitectura de las siete capas del RM-OSI ilustrada en la figura 3.12

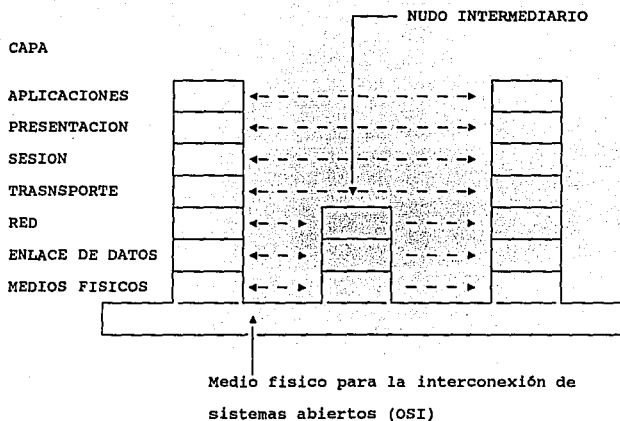


Figura 3.12 Las siete capas de la arquitectura OSI

3.8.1

CAPA DE MEDIOS FISICOS

Esta capa fue identificada a través de la aplicación de los principios (3), (4) y (8). Con esta capa, la arquitectura del RM-OSI permite la flexibilidad de utilización de varios medios físicos para la interconexión con procedimientos de control diferentes, tales como las recomendaciones del CCITT V.24, V.25, X.21, etc.

La capa de medios físicos define las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para la transmisión de bits entre las entidades de la capa de enlace de datos [capa(2)], posiblemente a través de sistemas intermedios, realizando cada uno de ellos transmisiones de bits a través de la capa (1).

3.8.2

CAPA DE ENLACE DE DATOS

Los principios (3), (5) y (8) de nuevo nos llevan a identificar esta capa; algunos de los medios físicos de comunicaciones (por ejemplo, líneas telefónicas) requieren de utilización de técnicas específicas para que se pueda transmitir datos entre sistemas, igual que cuando hay condiciones de tasas de error relativamente altas (es decir, una tasa de error inaceptable para la gran mayoría

de aplicaciones). Conviene hacer constar también que los nuevos medios físicos, de comunicaciones (por ejemplo, fibras ópticas), podrán llegar a utilizar diferentes procedimientos de control de enlace de datos.

Las funciones de esta capa son; a) detectar, y posiblemente corregir errores en la capa de medios físicos; y b) proporcionar una capa de red con la capacidad de pedir el establecimiento de circuitos de datos en la capa (1) (es decir, con la capacidad de controlar el cierre de circuitos).

El propósito de esta capa es proporcionar los medios funcionales y el procedimiento para activar, mantener y desactivar una o más conexiones de enlace de datos entre unidades de capa de red.

3.8.3 CAPA DE RED

La capa de red fue adaptada a partir de los principios (3), (4) y (7). Observese que en la arquitectura de sistemas abiertos, algunos sistemas serán terminales de datos destinatarios, en cuanto otros funcionarán sólo como intermediarias que retransmitirán datos a otros sistemas. Por tanto la capa de red debe proporcionar una trayectoria de conexión (conexión de red) entre una pareja de entidades de capa de transporte pasando posiblemente por unos

intermediarios. En esta capa se agruparán protocolos de retorno para el funcionamiento de la red propiamente dicha, tales como algoritmos de rotación y de control de congestión.

La capa de red suministra los medios para establecer, mantener y terminar conexiones de red entre sistemas que contienen entidades de aplicación comunicantes. Suministra también medios funcionales y de procedimiento para la transferencia de información - a través de conexiones de red - entre dos entidades de capa de transporte.

3.8.4 CAPA DE TRANSPORTE

La ISO no presenta justificaciones explícitas en términos de los principios (1)-(13) para la capa de transporte. En vez de ello, la ISO supone que existe la necesidad de controlar el transporte de datos del sistema-fuente al sistema-destino, es decir, terminal-a-terminal, para que el servicio de transporte alcance su totalidad. Así, se define la capa de transporte-capas(4)-encima de la capa de red, para aliviar a las entidades de las capas superiores de las tareas de transporte de datos entre ellas.

El propósito de la capa de transporte es proporcionar un servicio de transferencia transparente de datos (de fin - a - fin) entre

entidades de la capa de sesiones. El término <<transparente>> se refiere al hecho de que las entidades de sesión (usuarios del transporte) no necesitan conocer los detalles por los cuales se consigue una transferencia de datos fiable y económica.

Los usuarios del transporte son identificados por la capa de transporte sólo por su dirección de transporte; el servicio de la transferencia de datos es suministrado a las entidades direccionables sin considerar su localización.

Para que la transferencia de datos sea económica la capa de transporte optimiza la utilización de recursos disponibles. Esta optimización se hace respetando las restricciones a nivel de prestaciones, la demanda global y simultánea a todos los usuarios del transporte y el límite general de recursos disponibles en la capa de transporte.

Es necesario observar que el servicio de la capa de red suministra conexiones de red de una entidad de transporte a otra. Esas conexiones pueden establecerse en una única subred de comunicaciones (en el caso de sistemas comunicantes estarán localizados en una misma red) o a través de un número de subredes en serie. La capa de red se encarga de todos los detalles de realización de paquetes, rotación y transferencia de paquetes de una subred a otra. Por tanto, la complejidad de las funciones en la capa de transporte, que son responsables de la calidad del

servicio ofrecido, depende de la calidad del servicio de la red disponible. Si la conexión ofrecida por la capa de la red es fiable y económica, las funciones necesarias en la capa de transporte quedarán proporcionalmente reducidas.

3.8.5 CAPA DE SESION

La capa de sesión [capa(5)] fue identificada con base a los principios (3) y (4).

El objetivo de la capa de sesión es organizar y sincronizar el diálogo, y gestionar la transferencia de datos entre entidades de la capa de presentación de comunicantes. Para ello, la capa de sesión suministra servicios para el establecimiento de una **conexión-de-sesión** entre dos entidades de presentación, a través de la utilización de una conexión de transporte.

Los servicios de la capa de sesión se clasifican en 2 categorías:

- a) <<servicio de administración de sesiones>> que une dos entidades para una relación y que, más tarde, los desune (ejem. de unión: login/reconocimiento; ejemplo de desunión; logoff)

- b) <<servicio de diálogo de sesión>> el cual controla una transferencia de datos, delimita y sincroniza operaciones con los datos entre dos entidades de presentación. Por ejemplo, se puede abrir una conexión de sesión para transferir la información en half-duplex, full-duplex, etc.

Los servicios ofrecidos por la capa de sesión son los primeros a realizar con las aplicaciones propiamente dichas, después del servicio de comunicación.

3.8.6 CAPA DE PRESENTACION

Una vez más, los principios (3) y (4) determinarán la adopción de la capa de presentación o capa (6).

La capa de presentación realiza los servicios que pueden ser seleccionados por la capa de aplicaciones para la interpretación de la **sintaxis** de los datos transmitidos. Esos servicios gestionan la entrada, transferencia, presentación y control de los datos estructurados. La capa de presentación resuelve problemas de

diferencia de sintaxis entre sistemas abiertos comunicantes.

Las aplicaciones en el entorno OSI pueden comunicarse a través de los servicios de la capa de presentación sin costes excesivos propios de la variación de las interfaces, transformaciones o modificaciones de las propias aplicaciones.

3.8.7 CAPA DE APLICACIONES

Todo comenzó a partir de aquí, la capa más alta del RM-OSI. Todas las otras capas existen para dar soporte a ésta. Los servicios de esta capa son utilizados por los propios usuarios en el ambiente OSI.

El propósito de la capa de aplicaciones es servir de <<ventana>> entre los usuarios comunicantes en el entorno OSI, a través del cual se produce la transferencia de información significativa para esos usuarios. Cada usuario viene representado para los demás por su entidad-de-aplicación correspondiente.

Es importante observar que la **totalidad** de una aplicación final no reside completamente en esta capa. Sólo una parte de la aplicación que necesita comunicarse con las entidades remotas de aplicación forma parte de esta capa y utiliza protocolos de

aplicación. La restante no se encuadra en el modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos.

La ISO se centra en sugerir normas para los protocolos de las diversas capas. Hay que destacar, que la presentación de funciones y características de cada capa del RM-OSI hecha en esta sección sólo tiene un objetivo introductorio. En donde sólo consideramos las funciones generalizadas, tal y como se han escrito en el documento [ISO 97], de los protocolos de cada capa.

3.9 IDENTIFICACION DE ENTIDADES

La identificación viene en torno a los términos empleados, que son, nombre (o, como dice ISO, título), dirección y ruta

- El nombre se refiere al que se busca;
- La dirección se refiere al que se encuentra; y
- La ruta indica cómo se llega allí

En el contexto de una red , los nombres son identificadores utilizados para distinguir una entidad de otra. Por tanto, un nombre debe ser único. Un nombre puede incorporar información estructurada en forma de atributos (por ejemplo: administrativo, geográfico, etc.) que caracterizan a la identidad.

Una clase de atributos puede ser utilizada para indicar una localización de una entidad en una red. Las direcciones son nombres que incorporan atributos de localización, pero un nombre no es necesariamente una dirección. Para especificar una dirección los atributos deben definirse con relación a un <<espacio>>.

En una red o en un conjunto de redes interligadas, la dirección de una máquina huésped (o de usuario) da su localización relativa a los otros usuarios, en el espacio delimitado por la(s) red(es). Se distinguen 2 estructuras básicas de direccionamiento: dirección específica de red y dirección única. En el primer caso, un usuario tiene una dirección que debe ser única en su red, pero otro, usuario, en otra red, puede tener la misma dirección. En el segundo caso, cada usuario tiene una dirección que es única en todo el espacio delimitado por todas las redes interligadas. Tales direcciones son llamadas direcciones absolutas o universales y son todas definidas en un espacio plano; es decir, una dirección plana, dirección que es identificable por todos los elementos de las redes interligadas.

Una ruta caracteriza la localización de una entidad-destino por la indicación de un camino para llegar hasta ella. Como la ruta especifica la localización, a la cual se llega siguiendo la ruta, se concluye que una ruta es una dirección, mientras que una dirección puede ser una ruta o no. Como se ve, la diferencia entre los términos de la identificación, nombre dirección y ruta son semánticas, no son sintácticas; es decir, podemos identificar una entidad por su nombre (entidad x) con su dirección (entidad E), o con su ruta (la entidad a la cual se llega siguiendo el camino R).

3.9.1 SISTEMAS DE IDENTIFICACION

Un sistema de identificación consiste en:

- 1.- Un alfabeto para la construcción de identificadores de varias capas
- 2.- Reglas para la formación de identificadores
- 3.- Funciones de mapeo para transformar identificadores

- 4.- Mecanismo de actualización de contexto, para que identidades identificadas u objetos manipulados por ellas puedan ser localizados, compartidos, creados o destruidos

Para que un sistema de identificación sea adecuado, en un entorno abierto deben cumplirse varias metas, de las cuales se destacan las siguientes :

- 1.- Adecuación para aplicaciones de transacciones utilizando conexiones. Para ser eficientes, en el caso de aplicaciones de transacción (enviando un pequeño mensaje y recibiendo una única respuesta) deben de minimizarse en el procesamiento, sobre todo, con respecto al mapeado y gestión de los identificadores.
- 2.- El soporte para identificadores adecuados al hombre e identificadores adecuados al procesamiento con máquinas.
- 3.- El soporte para identificadores con contexto global e identificadores con contexto local (sólo tiene validez en un sistema abierto).

- 4.- El soporte para la relocalización de entidades. Esto implica un mapeado dinámico entre un nombre y una dirección
- 5.- El soporte para las múltiples copias de objetos y soporte para que varios objetos o entidades tengan el mismo identificador.

A continuación abordaremos algunos puntos importantes con respecto a la generación de identificadores en un sistema abierto. Debe ser posible identificar únicamente cada entidad y objeto del entorno abierto global.

Una solución consiste en utilizar la concatenación jerárquica donde cada dominio local (una máquina huésped, generalmente, tenga un identificador único y concatene el identificador local a éste.

Otra alternativa, es definir un espacio global de identificación y dividir este espacio entre los dominios locales, los cuales deben mapear sus identificadores locales en los identificadores globales.

La sintaxis de un identificador a su vez, es un aspecto importante en la implementación de un entorno abierto. Generalmente toma forma de una cadena de caracteres de longitud variable de una cadena numérica de longitud fija.

La sintaxis, en lo que se refiere a la elección del identificador, impacta en el mapeo de nombres y direcciones-una función realizada por las entidades de los sistemas en la red.

Como ejemplo extremo, se puede ver, que si un nombre y la dirección correspondiente tienen un mismo identificador y una misma sintaxis, no tienen necesidad de mapeo. El mapeado de nombres con indicación de localización sólo puede requerir una traducción sintáctica, pero un cambio de la entidad así identificada de una dirección por otra puede implicar un cambio de identidad de la entidad. Este trastorno, no ocurre con un espacio global de identificación; el mapeado de nombres requiere tablas que den una correspondencia entre nombres y direcciones, semejantes a la guía telefónica.

La identificación de entidades es una función importante en cada capa de protocolo de una estructura de red jerarquizada. Las entidades comunicantes de una misma capa se identifican a través de <<nombres>> (de igual forma que nosotros). El conjunto de entidades comunicantes de una capa inferior puede formar la base del espacio de direcciones de la capa inmediatamente superior. La dirección de una entidad en la capa(N) se define normalmente como la localización de una entidad en la capa(N-1), con la cual la entidad de la capa(N) está asociada.

Hay que destacar aquí que el RM-OSI (o cualquier normalización

internacional compleja) es algo nuevo, sujeto a modificaciones debidas a la depuración de la norma.

3.9.2 IDENTIFICADORES EN EL RM-OSI

La ISO utiliza el término título en lugar de nuestro término nombre. Así, la terminología de la ISO para el RM-OSI, el título de una entidad, es equivalente a su nombre. De forma más específica, un título-global identifica una entidad(N), independientemente de su localización y nunca es alterado. Un título-local es un nombre que identifica unívocamente entidades distintas pero sólo en un contexto o espacio limitado, denominado dominio de título.

Los títulos-globales del RM-OSI fueron definidos de forma estructurada para facilitar su gestión. Un título-global consta de dos partes:

- a) Un nombre de dominio de título para identificar unívocamente el dominio del título en el entorno OSI
- b) Un sufijo de título que es único en la ampliación del dominio del título identificado (por a)

Observe que las propias capas son dominios de titulo. En este caso, y de forma genérica, el nombre de dominio de titulo identifica una capa(N), en cuanto a un sufijo de titulo es un titulo-global(N) que identifica una entidad(N) [en la capa(N)].

Un punto de acceso al servicio, SAP(N), es referenciado a través de una dirección(N). Una dirección(N) identifica unívocamente un SAP(N) al cual se une una entidad, en la separación entre la capa(N) y la capa(N+1). Si la entidad no se une más al SAP(N), la dirección no volverá a dar acceso a la entidad. En el caso de que el SAP(N) vuelva a ser manejado por otra entidad, su dirección dará acceso a esta nueva entidad y no a la antigua, que por ello, continuará siendo identificada por su titulo global.

La <<traducción>> del titulo global(N) de una entidad(N) de dirección(N) del SAP(N), que se une a la entidad(N) para efectuar un servicio, se hace a través de una función(N) en la capa(N) llamada directorio(N). El directorio(N) también hace una <<traducción>> de los titulos-globales de las entidades(N) pares en las direcciones(N-1) a través de las cuales interaccionan. La correspondencia entre direcciones(N) y direcciones(N-1) en las cuales interaccionan y es realizada por la función de mapeado(N).

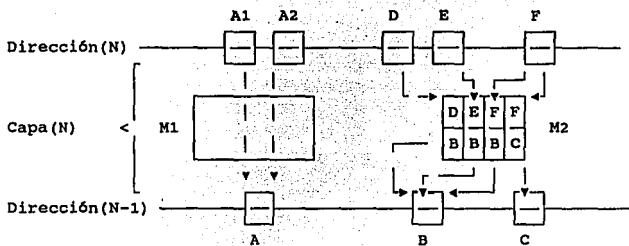
La ISO admite dos tipos de funciones de mapeado en una capa:

- a) Mapeado Jerárquico
- b) Mapeado por tablas

En el mapeado jerárquico, cuando una dirección(N) esta siempre mapeada en sólo una dirección(N-1), la dirección(N) esta jerarquizada en dos partes:

- a) Una dirección(N-1) en la entidad(N) que soporta el SAP(N) corriente de la entidad(N-1)
- b) Un sufijo(N) que identifica univocamente el objetivo de la dirección(N-1)

En este caso, la función de mapeado(N), que reconoce la estructura jerárquica de la función(N), extrae simplemente la dirección(N-1) del contenido, ver figura 3.13



M1 : MAPEADO JERARQUICO

M2 : MAPEADO POR TABLA

Figura 3.13 Tipos de mapeado entre direcciones(N) y direcciones(N-1)

En caso de que la dirección(N) pueda ser mapeada en varias direcciones(N-1), o una dirección(N) no sea mapeada permanentemente en una misma dirección(N-1), no se puede utilizar una estructura jerárquica para las direcciones(N), y la función de mapeado utiliza tablas[tipo de mapeado(b)] para mapear las direcciones(N) en las direcciones(N-1).

En la ISO la estructura de una dirección(N) es conocida por la entidad(N) que soporta el SAP(N) así identificado. La entidad(N+1), por ello no tiene conocimientos de esa estructura. Además el hecho de que una entidad(N+1) tenga una o más SAPs(N) con una o más entidades(N) no es del conocimiento de las entidades(N) como indicativo en una entidad(N+1) diferente.

La ISO también define un concepto de ruta en la arquitectura del RM-OSI. Una función de ruta sirve para <<traducir>> la dirección de la entidad en un camino o ruta por la cual la entidad puede ser alcanzada.

Dentro de un SAP(N) el identificador(N) es utilizado por la entidad(N) y por la entidad(N+1), en ambos lados del SAP(N), para identificar la conexión(N).

Cada identificador del CEP(N) consta de dos partes:

- a) Una dirección(N-1) del SAP a ser utilizada conjuntamente con la dirección(N+1);

- b) Un sufijo de CEP(N) que es único en el contexto del espacio del SAP(N-1)

El identificador(N) es necesario ya que varias conexiones(N) pueden terminar en un mismo SAP(N). Una conexión con múltiples CEPs requiere varios identificadores, siendo cada uno utilizado para especificar que CEP debe aceptar los datos que están siendo transferidos.

3.10 CONEXIONES

Uno de los servicios que la capa(N) ofrece a la capa(N+1) es la transferencia de información entre las (N+1) entidades cooperantes. Esa transferencia se da en una conexión(N). Como vimos una conexión(N) es una asociación establecida para la comunicación entre las entidades(N+1). Cada una de las entidades (N+1) la identifica su dirección(N). Una entidad(N) dada puede tener establecidas una o más conexiones con otras entidades(N), o con ella misma. Una entidad(N+1) tiene acceso a una conexión(N) a través de un SAP(N) (punto de acceso de servicio). Una conexión(N)

podrá tener dos o más puntos terminales [puntos terminales de conexión(N), CEP(N)]. Una entidad(N+1) hace referencia a la conexión(N) utilizando el identificador CEP(N) apropiado.

3.10.1 ESTABLECIMIENTO DE UNA CONEXION

Cuando una entidad(N+1) pide establecer una conexión(N) entre uno de los SAPs(N) que utiliza la entidad(N+1) [SAP(N) LOCAL] y en otro SAP(N) [SAP(N) REMOTO], la entidad(N+1) proporciona al SAP(N) local la dirección del SAP(N) remoto. Una vez establecida la conexión(N), ambas entidades(N+1) y (N) utilizarán el CEP(N) para identificarla localmente.

Para que la conexión(N) sea establecida es preciso que haya una conexión(N-1) disponible - encima de la cual se establecerá la conexión(N) -. Si la conexión(N-1) no estuviere disponible, sería necesario establecerla. Por tanto, se requiere una conexión(N-2) que, a su vez, utilizará una conexión(N-3) consecuentemente que estén establecidas (o se establezcan) conexiones en todas las capas inferiores.

3.10.2 LIBERACION DE UNA CONEXION

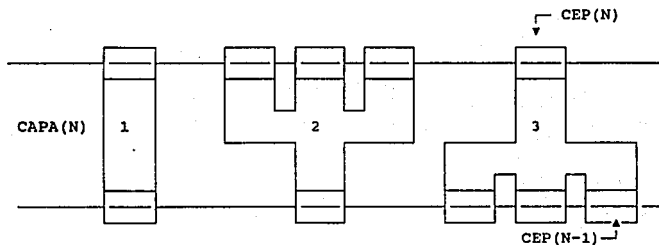
Es interesante observar que la liberación de una conexión(N-1) no la causa necesariamente la liberación de la conexión o conexiones(N) que la utilizaron. La liberación de la conexión(N) entre entidades(N+1) requiere una disponibilidad de una conexión(N+1) (en cuyo caso, si no esta disponible ha de ser establecida siguiendo las observaciones anteriores) o un acuerdo entre las entidades(N+1) para establecer la conexión(N) en un instante referencial de tiempo previamente acordado entre ellas.

3.10.3 MULTIPLEXADO

Las conexiones(N) son soportadas por las conexiones(N-1); una de las funciones de la capa(N)-la función de **multiplexado de conexiones(N)**-da la correspondencia de las conexiones(N) con las conexiones(N-1), es decir determina como construyen las conexiones(N-1). La correspondencia puede ser de tres tipos:

- I) Correspondencia una-a-una en la cual cada conexión(N) está construida encima de una sola conexión(N-1);

- II) Multiplexado hacia arriba (<<up ward multiplexing>>) en el cual varias conexiones(N) son multiplexadas en una sola conexión(N-1);
- III) Multiplexado hacia abajo (<<doun ward multiplexing>>) en el cual una conexión(N) esta construida encima de varias conexiones(N-1)



- 1.- CORRESPONDENCIA DE UNA-A-UNA
- 2.- MULTIPLEXADO HACIA ARRIBA
- 3.- MULTIPLEXADO HACIA ABAJO

Figura 3.14 Tipo de correspondencia entre conexiones(N) y conexiones(N-1)

El tipo (2), multiplexado hacia arriba, es la única manera de establecer varias conexiones(N) en un entorno donde apenas existe una conexión(N-1). Además, el tipo (2) hace que sea más económico la utilización del servicio(N-1). Por ejemplo, si la tarifa de los servicios de redes por circuito virtual establecido, será más económico multiplexar varias conexiones de transporte en un mismo circuito virtual(conexión de red).

El tipo (3), multiplexado hacia abajo, está indicado en los casos en que se desea un mejor vaciado en la capa(N-1)-obtenido a través de la utilización de conexiones(N-1) múltiples; un mejor nivel de disponibilidades de los recursos de la capa(N-1); y siempre que sea posible, obtener un mejor coste utilizando varias conexiones(N-1) de prestaciones inferiores a las deseadas: las prestaciones globales de conexiones(N-1) utilizadas satisfacen las necesidades a un coste total que aún sea favorables.

Los tipos (2) y (3) requieren funciones asociadas-que puedan no ser necesarias con el tipo (1)-para, en el caso del tipo(2), evitar mezclas y controlar el flujo de informaciones origen/destino de/hacia varias conexiones(N-1). En el caso (3) las funciones asociadas sirven para definir la utilización de la única conexión(N) por las diversas conexiones(N-1) y también para mantener la secuencia de entrega de las informaciones en las diversas conexiones(N-1).

3.10.4 TRANSFERENCIA DE DATOS

Las informaciones entre entidades-pareja y entre entidades unidas a un mismo SAP son transferidas en varios tipos de unidades de datos. Formalmente [ISO 97]: la información de control y los datos de los usuarios son transferidos entre entidades(N) a través de unidades de datos del protocolo(N). Una unidad de datos de protocolo(N) es una unidad de datos especificada en un protocolo(N) que contiene información de control del protocolo(N) y posiblemente, datos del usuario (N). En la transferencia de informaciones(datos, etc.) bajo el protocolo(N) sólo puede ocurrir si existe una conexión(N-1). En caso contrario, la conexión(N) tiene que ser establecida antes de que los datos puedan ser transferidos. Veamos las definiciones de ISO para esos términos y algunos otros relacionados con él.

—Información de Control de Protocolo(N)-PCI(N)-

-[(N)<<Protocol Control Information>>] es cualquier información que admite la operación conjunta de entidades(N). La PCI(N) es transferida entre dos entidades(N) cooperantes a través de una conexión(N-1)

- Unidad de datos de protocolos(N)-PDU(N)-[(N)<<Protocol Data Unit>>] Es una unidad que contiene al PCI(N) y posiblemente a los datos del usuario(N).La longitud de una PDU es variable pero finita.Una PDU(N) puede ser mapeada de una-en-una para una unidad de datos del servicio(N-1) figura 3.15

- Unidad de datos del servicio(N)-SDU(N)- [(N)<<Service Data Unit>>] Es una unidad transferida entre una entidad(N+1) y una entidad(N) a través de una SAP(N) en la forma de una o más unidades de datos de la interfaz(N).

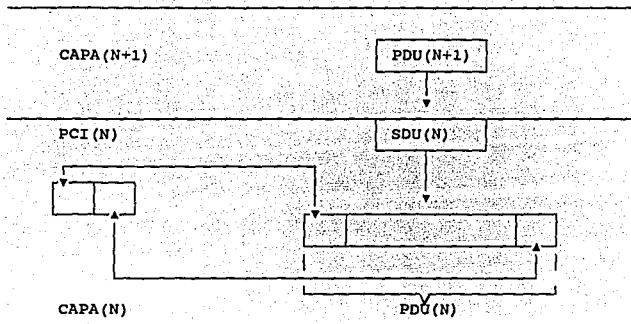
- Unidad de Datos de la Interfaz(N)-IDU(N)-[(N)<<Interface Data Unit>>] Es una unidad de información transferida a través de un punto de acceso al servicio(SAP) entre una entidad(N+1) y una entidad(N) en una sola interacción.El tamaño de las unidades datos de la interfaz(N) no es necesariamente el mismo en cada lado final de la conexión

- Datos de Usuario(N)-Son los datos transferidos entre dos entidades(N) cualesquiera como un servicio para entidades(N+1) que están siendo atendidas[por las entidades(N)].Conviene observar que los datos del usuario(N) sean transparentes a las entidad(N) y sean transferidos a través de una conexión(N-1)

—**Información de Control de Interfaz(N)** Es la información de control transferida entre una entidad(N-1) y una entidad(N) para coordinar el funcionamiento conjunto de estas entidades.

—**Datos de Interfaz(N)** Es información recibida por una entidad(N) aún perteneciente a una entidad(N+1), que va a ser transmitida a otra entidad(N+1) en una conexión(N), o la información a ser transferida a la entidad(N+1) por una entidad(N) que la recibió de una conexión, proveniente de entidad(N+1) correspondiente. unidad de datos del servicio(N-1) ver figura 3.15

El RM-OSI nos da una ilustración informalmente, el nombre de las unidades transferidas por las capas(7), (6), (5) y (4) es el <<mensaje>>; para la capa(3) es el <<paquete>>; para la capa(2) es el <<cuadro>>; y para la capa(1) <<bit>>; PDU(2)=SDU(1) equivale al <<cuadro>>; el paquete sería PDU(3)=SDU(2); y el <<mensaje>> sería PDU(4) (que ahora no sería lo mismo que SDU(3), y a que la capa de transporte segmenta mensajes en paquetes, de diferentes tamaños y los envía a la capa de red).



PCI - Información de Control del Protocolo

PDU - Unidad de datos del Protocolo

SDU - Unidad de datos del servicio

Figura 3.15 Ilustración de PCI, PDU y SDU de la capa(N)

Es importante resaltar que la transferencia de datos puede ser efectuada durante el establecimiento de una conexión, es decir, los datos del usuario(N) pueden ser transferidos a petición del establecimiento de la conexión(N). Las unidades de datos de las diversas capas pueden no tener tamaños compatibles. En este caso, es necesario mapear una SDU(N) en más de una PDU(N)-puede ser también necesaria esta segmentación cuando se mapean PDUs(N) en las unidades de datos de la interfaz(N-1). Puede también la capa(N) suministrar: Una secuencia de flujo de datos para garantizar que los datos van a ser entregados en el mismo orden que fueron sometidos por la capa(N+1); el detectar y notificar errores para mejorar la calidad de la conexión(N-1)-para poder incluir en el protocolo(N) una función de reconocimiento entre entidades(N) parejas; un control de flujo entre entidades(N) parejas (basado en el tamaño de la PDU(N) y/o el control de flujo de interfaz entre capas adyacentes(basado en el tamaño de la IDU, y además una función de reset para la recuperación de pérdidas de sincronismo entre entidades(N) parejas[ISO 97]

3.11 GESTION

La arquitectura OSI sólo tiene en cuenta las funciones relacionadas con la gestión que requieren comunicaciones entre sistemas abiertos. Tratar condiciones anormales y con problemas especiales relacionados con la inicialización, finalización y autorización de actividades en marcha, existe la necesidad de gestionar recursos.

La ISO [ISO 97] identifica tres categorías de actividades de gestión:

- 1) Gestión de Aplicaciones
- 2) Gestión de Sistemas
- 3) Gestión de Capas

La gestión de aplicaciones realiza la gestión de los procesos de aplicación del OSI estas son algunas de las actividades típicas de esta categoría:

- a) Inicialización de parámetros que representan procesos de aplicación;
- b) Inicialización, mantenimiento y finalización de procesos de aplicación;
- c) Localización y liberación de recursos para procesos de aplicación;
- d) Detección y prevención de interferencias y <<deadlocks>> en la utilización de recursos;
- e) Control de seguridad, etc.

La gestión de sistemas se refiere a la gestión de los diversos recursos y de su estado a través de todas las capas de la arquitectura OSI. Ejemplo de funciones típicas de esta categoría son:

- a) Gestión de activación/desactivación incluyendo:
 - Activación, mantenimiento y finalización de recursos (por ejemplo: enlaces de datos y medios de comunicación);
 - Algunas funciones de captación de programas;

-Establecimiento/Alteración de parámetros de los sistemas abiertos;

- b) Monitorización, incluyendo relaciones de estado, cambios de estado, reconfiguraciones y reinicializaciones.

La gestión de capas tiene dos aspectos: uno que está relacionado con las actividades de las capas, como por ejemplo, la activación y control de errores y otro que forma un subconjunto de la gestión de sistemas.

P R O T O C O L O S

Es imprescindible que la especificación o descripción de un protocolo sea concisa y precisa, totalmente ausente de dudas o conceptos no muy claros. Es creencia general que esto sólo se verifica a través de una especificación formal de protocolo. Esto no quiere decir que la descripción informal (asimismo casual) del protocolo deje de tener su mérito. Tal vez sea esta la manera más indicada para que el hombre entienda algunos protocolos -los más complejos principalmente- que son poco comunes en el entorno de procesamiento distribuido de una red. Además, el desarrollo inicial de protocolos utilizó la descripción informal, probablemente como resultado de la inexistencia o inadvertencia de técnicas formales para la especificación de protocolos consolidadas. Por lo tanto, conforme sean más sofisticados y complicados los protocolos, será necesario un consenso sobre la necesidad de dar especificaciones a través de técnicas formales.

Al igual que la descripción informal de un protocolo se realiza en beneficio de su comprensión de funcionamiento, es bueno hacer la práctica de dar especificaciones formales, porque ello sirve de base para validar, verificar, comprobar e implantar el protocolo.

La validación y verificación de un protocolo son actividades importantes durante su diseño. Esta importancia viene reforzada cuando el protocolo se va a convertir en un producto comercial, y más aún, cuando el protocolo que está siendo especificado va a ser propuesto como norma. Por validación de un protocolo se entiende aquellas actividades necesarias para mostrar o asegurar que la especificación e implementación del protocolo van a satisfacer las necesidades de comunicación para las cuales está siendo diseñado (por ejemplo: el protocolo ofrecerá una salida o tiempo de retardo satisfactorios para sus usuarios?). Las actividades de validación, desempeñadas durante todo el diseño del protocolo, pueden incluir estudios de simulación, modelado analítico, etc. Las operaciones para la verificación de un protocolo son por lo tanto realizadas después de la especificación; en realidad, consiste en <<manipulaciones>> de las especificaciones. La utilización de técnicas formales en la especificación contribuye a facilitar incontestablemente, cuando no, a hacer posible esas operaciones.

Una vez verificadas las especificaciones de un protocolo, el siguiente paso es implementarlo. Una tarea importante es realizar test de consistencia de la implementación (o de parte de la implementación) con las especificaciones del protocolo. Dos de las cuestiones valiosas consecuentes con la especificación formal de un protocolo que han sido temas de investigaciones, son: 1) la

posibilidad de implementación automática y 2) la generación automática de test a partir de las especificaciones.

En 1), la idea es generar programas ejecutables directamente por medios automáticos, a partir de las especificaciones del protocolo. Tal vez no se haya llegado aún a la etapa en la que la implementación del protocolo como un todo pueda obtenerse automáticamente. Aún tendrá que realizarse a mano una buena parte. Por tanto, la implementación parcial automática ayuda a facilitar esta tarea y contribuye ciertamente a reducir el coste y la introducción de errores, características de las implementaciones manuales.

En 2), Se han obtenido automáticamente algunos <<escenarios>> de test de las especificaciones. Por una vez, esto no elimina por completo el trabajo de desarrollo de realización de test de implementación, pero es una contribución a amenizar los esfuerzos de este desarrollo.

La materia discutida y las implicaciones hechas sobre este punto son resumidas en la figura 4.1. En esta figura se indica la dependencia de las actividades de verificación, implementación automática y generación automática de test de especificación formal de un protocolo. La figura muestra también que las dos últimas actividades pueden contribuir a la implementación final del protocolo y de los test de esta implementación, respectivamente

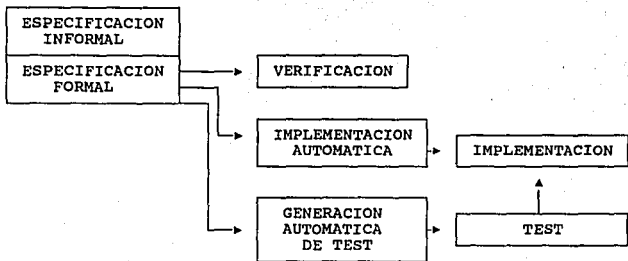


Figura 4.1 Actividades del diseño de protocolos

4.1 ESPECIFICACION FORMAL DE PROTOCOLOS

Conforme se ha plasmado en la figura 4.2, el diseño de un protocolo se basa, principalmente, en la especificación formal del protocolo. La especificación de un protocolo debe incluir con

exactitud todas las condiciones que se deben satisfacer y nada más. Debe expresar lo esencial y omitir lo no esencial; debe ser - como ya se ha dicho - clara y precisa. Es ahí donde reside la dificultad, ya que esos dos predicados, son a veces antagónicos. Las técnicas formales de especificación de protocolos existen para que se hagan especificaciones con esos dos predicados.

La arquitectura de red que adoptamos es la arquitectura para la interconexión de sistemas abiertos de la ISO, el RM-OSI. El RM-OSI está estructurado en siete capas jerárquicas de protocolos donde cada capa ofrece servicios a la capa inmediatamente superior (la capa (7) ofrece servicios de comunicación a los procesos que están siendo ejecutados en varios sistemas conectados a la red). Los servicios de cada capa son suministrados por el protocolo de la capa. Hablamos entonces de especificación de servicios y especificación de protocolo.

4.1.1 ESPECIFICACION DE SERVICIOS

La especificación de servicios de un protocolo consiste en la descripción del comportamiento de entrada y salida de la capa del protocolo correspondiente, es decir, la especificación de los servicios del protocolo (N) describe el servicio de comunicación ofrecido por la capa (N).

La especificación de servicios del protocolo (N) debe definir las primitivas del servicio (N), cuando se ordene la ejecución de esas primitivas y se ejecute cada una de ellas. Por tanto se debe de ocupar en definir detalles de implementación de las primitivas. Esos detalles son propios de la interfaz entre las capas (N) y (N + 1), como ya vimos anteriormente, pueden variar en función del sistema operativo bajo el cual se va a ejecutar la implementación final de la interfaz y del propio protocolo, del lenguaje de codificación empleado, etc.

Algunas primitivas básicas son las peticiones de CONEXION, DESCONEXION, ENVIO Y RECEPCION de mensajes. La ejecución de esas primitivas requiere una entidad en la capa (4) -la que suministra el servicio- y una entidad en la capa (5) que recibe el servicio. Durante la ejecución, estas dos entidades se comunican a través de parámetros. La especificación del servicio de transporte debe definir los posibles valores para esos parámetros y la dirección de transferencia para cada parámetro. La orden de ejecución de las primitivas debe también especificarse (por ejemplo: no puede ejecutarse ENVIAR antes de CONEXION). En un instante dado, las primitivas con posibilidad de ejecución y los valores permitidos para los parámetros depende de la historia de las interacciones entre las entidades.

La especificación debe indicar todas las situaciones o estados

posibles que puedan suceder, en cuanto el servicio se está realizando cuando estas situaciones o estados se ven alterados, en función de alteraciones pasadas y de una nueva interacción. La alteración del estado puede ser ahora función de interacciones pasadas del sistema local -restricciones locales y / o de las interacciones anteriores en los sistemas remotos, restricciones globales-. En el servicio de transporte, el hecho de que ENVIAR Y RECIBIR sólo pueden ser ejecutados después de que la CONEXION se ha llevado a cabo con éxito, es una restricción local. Ya el hecho de que el valor del parámetro que indica el número de mensajes del primer RECIBIR, que se está ejecutando en un sistema, sea igual al valor del mismo parámetro del primer ENVIAR, ejecutando en otro sistema remoto comunicante, es un ejemplo de restricción global.

La utilización de técnicas para la especificación formal de servicios es escasa. De entre los trabajos iniciales en el área, se destacan la utilización de métodos de ingeniería de software y en general de métodos descriptivos de la historia de las entradas y salidas de la capa de protocolo; la historia se da en términos de las secuencias de entrada y salida permitidas y de sus independencias. Otra alternativa para la especificación de las secuencias permitidas de interacciones es a través de métodos de especificación algebraica.

4.1.2 ESPECIFICACION DE PROTOCOLOS

La especificación de los servicios de la capa(N) no define como suministra dichos servicios de protocolo(N).La especificación de protocolo(N) define cada entidad(N),pero sólo,con la extensión necesaria para asegurar la compatibilidad con las otras entidades de la capa.Pero después,la cuestión de como implementar la entidad es dejada abierta para dar libertad a la hora de escoger métodos de implementación.

En la especificación del protocolo(N),debe describirse la capa(N).La propia ISO presenta directrices de la descripción de capas(ISO 81).De acuerdo con ellas,en la descripción de cada capa deben constar los siguientes puntos:

1. Una exposición general de los objetivos de la capa y de sus servicios.
2. Una especificación exacta del servicio ofrecido por la capa.
3. Una especificación exacta del servicio suministrado por la capa(N-1).
4. La estructura interna de la capa(N),en términos de las entidades(N) y de sus relaciones.

5. Una descripción del (los) protocolo(s) entre las entidades(N) que incluya:
- a) una descripción general e informal de la operación de las entidades;
 - b) una especificación del protocolo que incluya:
 - i) una lista de los tipos y formatos de los mensajes transferidos entre las entidades(N);
 - ii) las reglas que gobiernan la reacción de cada entidad(N) a las órdenes de las interfaces de otras entidades y sucesos internos.
 - c) los detalles adicionales,tales como consideraciones para mejorar las prestaciones,sugerencias de implementación, o una descripción pormenorizada que se hacerque a la implementación

Observe que el punto 3 es redundante con la descripción de la capa (N-1);se ha incluido para hacer que la especificación de protocolo(N) sea independiente de los demás.Se puede hacer una especificación formal de protocolo(N) mediante la utilización de varias técnicas.Estas técnicas son clasificadas en tres

categorias: modelos de transición, lenguajes de programación y modelos mixtos (de las dos categorías anteriores).

4.1.2.1 Modelos de transición

En esta categoría se clasifican los modelos de máquina de estados finita -(MEF), Redes de Petri, lenguajes formales, los llamados gráficos de UCLA y coloquios, de entre los más conocidos. De estos, los más populares son MEF y las redes de Petri.

André Danthine afirma que redes de Petri son probablemente más indicadas en la etapa inicial de especificación del protocolo; esto se debe a que están más próximas a un lenguaje natural y facilitan la identificación de nuevas situaciones o <<estados>> por los que transcurre el protocolo, en respuesta a la aparición de sucesos o <<transiciones>> (simbolizando la emisión de órdenes en interfaces, llegadas de mensajes o retardos de temporización, <<timeouts>>). Por ello, en las etapas siguientes, cuando se retoca y se finaliza la especificación del protocolo la realización de MEF es más ventajosa, pues hace posible una especificación más <<compacta>>. En realidad, una red de Petri es una MEF sin equivalencias y no puede ser transformada en otra sin mucha dificultad. Aquí escogemos el modelo de MEF para ilustrar los

modelos de transición.

Una MEF se define formalmente como una quintupla (X, E, S, FPE, FS) donde X es un conjunto finito de salida, FPE la función del próximo estado que asigna a la pareja actual (estado, entrada) el próximo estado, es decir, la función $(FPE: ExX \rightarrow X)$, y FS es una función de salida que asigna a la pareja actual (estado, entrada) la salida actual, es decir, la función $(FS: ExX \rightarrow S)$, A FPE se le llama también función de transición de estados.

Una MEF o se encuentra en un estado (estado actual) o se encuentra en transición hacia el próximo estado. Cada transición se produce en respuesta a una nueva entrada.

El próximo estado hacia donde va el MEF viene determinado por la función FPE , que utiliza, en su decisión, informaciones sobre el estado actual y sobre la entrada recibida. La salida suministrada por la MEF, en el próximo estado es indicada por la función FS . La operación de una MEF puede emular el funcionamiento de un protocolo.

Al igual que una MEF, el protocolo (N) permanece en un cierto estado hasta que sea excitado por alguna <<entrada>> (por ejemplo, finalización de temporizaciones internas, etc.). Responde a la entrada el protocolo llevando a cabo algún procesamiento (modelado por una transición de la MEF) y en seguida cambia a otro estado, produciendo una <<salida>>, en forma de una solicitud de servicio

de la capa(N-1),envio de un mensaje a la capa(N+1),inicialización de temporizadores,etc.Por tanto,la construcción correspondiente de una MEF a un protocolo(N) es una manera de especificar formalmente el protocolo.

Consideremos como ejemplo de utilización de MEFs el siguiente protocolo de enlace de datos que podemos imaginar que se está utilizando entre dos interfaces de una red.Cada interfaz está compuesta de una parte emisora y de una parte receptora.La emisora de una interfaz conversa con la parte receptora de la otra interfaz.Considerando la pareja emisora-receptora,la emisora envia solamente bloques de datos a la receptora,que a su vez,sólo manda reconocimiento de regreso hacia la emisora para señalar bloques de datos recibidos correctamente.

El medio de transmisión no está libre de ruido y puede perder bloques o entregarlos con errores.Un bloque recibido con errores es despreciado y equivale,por lo tanto,a un bloque perdido.El control de flujo empleado es del tipo envia-espera,es decir,despues de enviar un bloque de datos,el emisor aguarda la llegada de su reconocimiento.Si transcurrido un cierto intervalo de tiempo -llamado intervalo de temporización- el reconocimiento aún no ha llegado,el emisor retransmite el bloque de datos.Después de recibir el reconocimiento,la emisora puede recibir otro bloque del nivel superior y transmitirlo.Para mantener la secuencia de

los bloques de datos y de sus respectivos reconocimientos se utilizan los valores 0 y 1. Así el bloque número 1 sólo es enviado después de realizado el recibimiento del bloque 0, y viceversa. Los bloques recibidos correctamente del medio de transmisión por las interfaces son transferidos al nivel superior (llamado <<de usuario>>, a partir de ahora). Acabamos de especificar parcialmente el protocolo informalmente. A continuación, presentamos con el formalismo la especificación del modelo MEF.

Una MEF, cuando es utilizada para modelar un protocolo, se denomina máquina de protocolo. Generalmente, un protocolo se divide lógicamente en dos partes, una para cada entidad que implementa el protocolo. Así, existen dos máquinas que modelan el protocolo del ejemplo. En este ejemplo las dos entidades son simétricas (cada una tiene un comportamiento idéntico a la otra); basta especificar una única máquina de protocolo y recordar que existe otra máquina a cada lado.

La máquina de protocolo está siempre en un determinado estado en cualquier instante de tiempo. El estado consta de todas las variables de la parte emisora y de la parte receptora y del <<estado principal>> de la máquina.

Para el emisor tenemos dos estados principales: <<esperando un bloque del usuario>> y <<esperando un reconocimiento>>. Después de esto tenemos en la parte emisora una variable binaria que indica

el próximo bloque a transmitir o que espera el reconocimiento.
Tenemos, entonces, cuatro estados para la parte emisora:

1. Espera bloque del usuario que será transmitido como bloque 0
2. Espera bloque del usuario que será transmitido como bloque 1
3. Espera reconocimiento del bloque 0
4. Espera reconocimiento del bloque 1

Para el receptor tenemos sólo dos estados:

1. Esperando bloque 0
2. Esperando bloque 1

El estado total de la máquina de protocolo es el producto cartesiano de los estados del emisor y del receptor, ya que cada entidad tiene un emisor y un receptor. De manera formal tenemos que X , o el conjunto finito de estado es

$$X = \{ (EU, 0, 0), (EU, 0, 1), (EU, 1, 0), (EU, 1, 1), (ER, 0, 0), (ER, 0, 1), (ER, 1, 0), (ER, 1, 1) \}$$

Donde EU significa <<esperando un bloque del usuario>> y ER significa <<esperando un reconocimiento>>. Los dos números del estado son las variables binarias asociadas al emisor y al receptor, respectivamente. Continuando con el formalismo de la MEF, necesitamos de E, el conjunto finito de entradas. Una entrada significa aquí un suceso que puede acontecer cuando la máquina está en un determinado estado. Tenemos

$$E = \{QU, ACK0IN, ACK1IN, DATO0IN, DATO1IN, TEMPORIZACION\}$$

Donde QU = bloque de usuario; ACKN01N = recepción de un reconocimiento del bloque 0; ACK1IN = recepción de un reconocimiento para el bloque 1; DATO0IN = recepción de un bloque de datos con la numeración 0; DATO1IN = recepción de un bloque de datos con la numeración 1; TEMPORIZACION = finalización del temporizador (timeout).

Observe que QU representa un suceso que se produce en la interfaz superior; ACK0IN, ACK1IN, DATO0IN Y DATO1IN representan sucesos que se producen en la interfaz inferior, y TEMPORIZACION representa un suceso interno. El conjunto finito de salidas, S, representa las acciones que deben llevar a cabo el protocolo en respuesta a una entrada.

En este caso, tenemos:

$S = \{ENVU, RECU, ACK0OUT, ACK1OUT, DATO0OUT, DATO1OUT, LT, DT\}$

donde

ENVU=Envía bloque al usuario

RECU=Recibe bloque del usuario

ACK0OUT=Envía reconocimiento al bloque 0

ACK1OUT=Envía reconocimiento al bloque 1

DATO0OUT=Envía bloque de datos con numeración 0

DATO1OUT=Envía bloque de datos con numeración 1

LT=Conecta temporizador

DT=Desconecta temporizador

Utilicemos un método gráfico para completar la especificación de la máquina de protocolo (es decir, para especificar la función del próximo estado, FPE, y una función de salida, FS) figura 4.2

Utilizaremos el siguiente convenio:

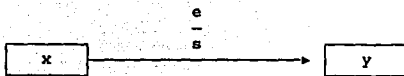


Figura 4.2 Metodo grafico de la máquina de protocolo

donde la entrada e causa una transición del estado x al estado y , generando salida s

En la figura 4.3 se presenta el diagrama de estados para el protocolo considerado.

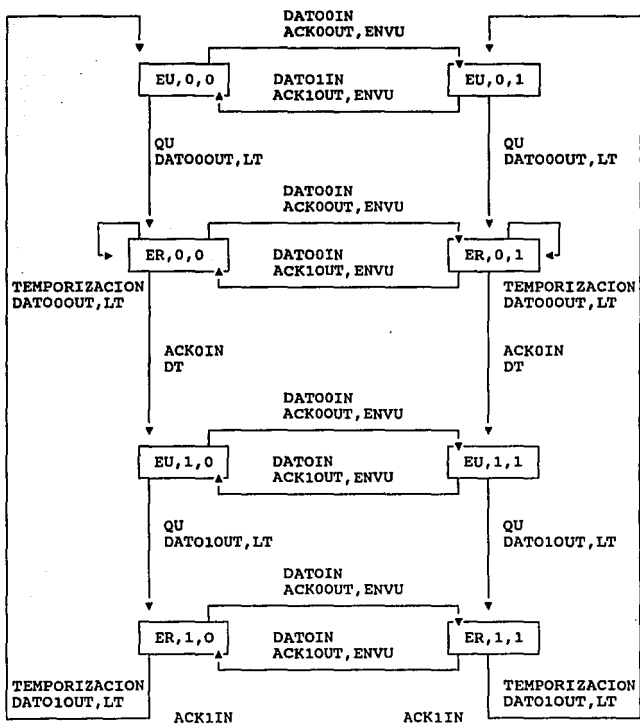


Figura 4.3 Diagrama de estados del protocolo de enlace de datos

Tomemos como ejemplo el estado(EU,0,0):el emisor está esperando un bloque del usuario que,cuando llegue,será enviado con la numeración 0,y la parte receptora está esperando un bloque de datos con la numeración 0.A partir de este estado se producen dos transiciones.Asociada a la parte emisora,la recepción de un bloque del usuario (QU),hará que el bloque sea enviado(DATOOOUT) y el temporizador conectado(LT): la máquina pasa entonces,al estado (ER,0,0) de espera del reconocimiento del bloque.En el estado (EU,0,0),la parte emisora de la entidad está esperando el bloque de datos con la numeración 0 y,cuando este llega(DATOOIN), se envia un reconocimiento (ACKOOUT),se transfiere al usuario el bloque recibido(ENVU),y la máquina pasa al estado(EU,0,1) donde la parte emisora no cambió,pero la parte receptora está esperando el bloque de datos con numeración 1.

En realidad para ser completa,una transición debe especificarse para cada entrada en un determinado estado.Esto no se hizo en la figura 4.3 para simplificar su presentación.Para cada entrada no mostrada en un determinado estado de la figura,existe una transición para el mismo estado,sin salida(en ciertos casos, podriamos entrar en un estado de error,pero esto no se hizo por simplicidad).

Recordemos ahora que existe una máquina de protocolo tal como la mostrada en la figura 4.4 para cada entidad comunicante(a los

dos lados de la conexión. En un determinado instante, cada máquina puede estar en un estado diferente y tiene, naturalmente, una dependencia entre las dos máquinas. Por ejemplo, la entrada DATO0IN de una máquina depende de la salida DATO0OUT de la otra máquina. Por ello, el hecho de que el canal pierda datos implica que DATO0IN y DATO0OUT no tiene dependencia directa. La comunicación entre las dos máquinas se hace a través de dos MEFs adicionales, representando las dos direcciones del canal. Una dirección del canal puede estar en uno de los dos siguientes estados: <<vacío>> o <<transmitiendo>>.

La transición <<EMISOR TRANSMITE>> está acoplada a una transición con salida DATO0OUT, DATO1OUT o ACK1OUT del emisor y la transición <<EL RECEPTOR RECIBE>> está acoplada a una transición con la salida DATO0IN, DATO1IN, ACK0IN o ACK1IN del receptor. La transición <<PERDIDA, ERROR>> no está acoplada a otra transición (transición espontánea).

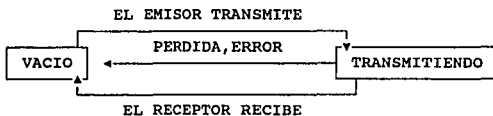


Figura 4.4 Máquina para un canal de una dirección

El método de MEF presenta una dificultad considerable cuando el protocolo es más sofisticado que el considerado en el ejemplo. Esa dificultad está causada por la <<explosión del espacio de estados>>. Para el protocolo que consideramos, el número total de estados de una máquina era 8. Si permitieramos ahora el control de flujo en que el emisor pudiera continuar enviando bloques de datos, hasta un máximo de W bloques, antes de parar para esperar el reconocimiento, entonces el número de estados crecería realmente. ¿Cuál sería el número de estados para $W=8$? Está claro que aun para los protocolos simples, identificar el diagrama de estados y diseñar todas las posibles transiciones entre ellas no es trivial, cuando el número de estados es (muy) grande.

Existen métodos para restringir la dificultad proveniente de la explosión del número de estados. Algunos de ellos son:

1. Especificación parcial: este método consiste en especificar solamente ciertos aspectos del protocolo con respecto a las transiciones entre estados principales, ignorando detalles de valores de parámetros y otras variables de estado.
2. Unión de transiciones: conjuntamente la idea es combinar dos o más transiciones en una única transición en la especificación global del protocolo. Por ejemplo, se podrían combinar las transiciones subsiguientes del envío de un bloque y la

pérdida debido a ruido en el canal, en el caso del protocolo de enlace de datos antes considerado.

3. Descomposición en subcapas: la descomposición del protocolo de una capa en varias subcapas simplifica la especificación global del protocolo por que cada subcapa puede especificarse de forma separada, reduce el número de estados a considerar en cada una de esas últimas especificaciones.
4. Clasificación de estados por alegaciones: identifica este método alegaciones que son predicados de un conjunto de estados. En la especificación global del protocolo, se hacen consideraciones colectivamente de los estados de cada uno de los conjuntos formados, en vez de individualmente. Esto reduce así, el número total de estados a considerar. Como ejemplo, tomemos la ampliación del protocolo de enlace para permitir el envío de W bloques de datos antes de que el emisor pare para esperar reconocimiento. El número de estados a considerar en la especificación formal de esta ampliación puede ser reducida si, en vez de tratar todos los valores para el número de secuencias de los bloques de datos $(0, 1, 2, \dots, W-1)$ como estados diferentes, consideramos sólo los tres casos donde el componente del número de secuencia de estado es <<menor que>> <<igual a >> o <<mayor que>> el número de secuencias del bloque recibido.

5. Automatización: la generación automática de los estados y de las transiciones entre ellos reduce el esfuerzo humano en la especificación de un protocolo con muchos estados. Este método no reduce realmente el número de datos, pero facilita la generación del diagrama de estados a través de la utilización del ordenador.

4.2 VERIFICACION DE PROTOCOLOS

La especificación formal de un protocolo no garantiza por sí sola, que el protocolo no vaya a funcionar de manera no deseada o indebida. Esto es así porque pueden introducirse errores en la especificación o la especificación puede ser incompleta en el sentido de no cubrir todas las situaciones de funcionamiento posibles del protocolo. Es necesario, entonces, que sea verificada la especificación para garantizar que esté libre de defectos o de propiedades anómalas.

La verificación de un protocolo(N) se da a través del análisis de las interacciones entre las entidades de la capa(N) -la especificación que concuerda con las interacciones del protocolo (N) y que utilizan el servicio de comunicación de la capa(N-1)-

para determinar si la operación conjunta de las entidades satisface la especificación del servicio de la capa(N). Al hacer verificación del protocolo(N) también es, por tanto dependiente de la verificación de la especificación del(de los) servicio(s) de la capa(N-1). Para eliminar esta dependencia y así atribuir los posibles defectos encontrados por la verificación, el especificar un protocolo(N), supone que la capa(N-1) funciona correctamente y suministra el servicio deseado. De esa forma, la verificación del protocolo(N) -debido a la suposición- se reduce básicamente a la demostración de que tiene ciertas propiedades necesarias para que su comportamiento sea el deseado, es decir, que ofrezca el servicio (N), tal y como era esperado.

Es importante observar que el término <<verificación>> es utilizado en algunos trabajos, por ejemplo, para indicar también la actividad de constatación de que una implementación de un protocolo está de acuerdo con su especificación. En este sentido, preferimos hablar de <<test>> de implementación para evitar dudas con el significado que damos a la <<verificación de protocolos>>. Esta sección sólo se ocupa de la verificación del protocolo.

Para verificar un protocolo tenemos primero que identificar las propiedades que el protocolo debe seguir. A continuación, tenemos que probar que la especificación del protocolo satisface las propiedades identificadas. Las propiedades de un protocolo son de

sello general, es decir, se refieren solamente a cierto protocolo.

Las propiedades generales se pueden considerar implícitas en (casi) todas las especificaciones, de las cuales destacamos:

- Ausencia de retardo (deadlock):** garantiza que el protocolo, bajo ninguna condición o circunstancia, llegará a un estado de inactividad total, permaneciendo allí por tiempo indefinido.
- Complitud:** asegura que la especificación para cada estado dé una respuesta todas las entradas posibles.
- Actividad (liveness):** asegura el cambio del protocolo de un estado a otro de manera que, partiendo de cualquier estado, se alcancen (eventualmente), todos los demás estados.
- Realización de progreso:** esta propiedad hace que el protocolo no presente comportamiento no útiles, o, de forma equivalente, no pertenezca en un estado de inactividad más que durante un tiempo finito.
- Terminación:** cada operación del protocolo termina eventualmente en un intervalo de tiempo finito.
- Corrección parcial:** al término de una operación el protocolo produce el resultado correcto.

-Minimidad: el protocolo engloba sólo las situaciones que pueden producirse.

-Estabilidad: después de un fallo, el protocolo vuelve al normal funcionamiento dentro de un intervalo finito (esta propiedad está relacionada con la propiedad de **autosincronización**)

Observe que algunas de las propiedades generales anteriores provienen de otras, como por ejemplo, **actividad** implica ausencia de retardo. Observe también que ciertas propiedades como requisito previo deben ser verificadas para la verificación de otras, como es el caso de la verificación de **corrección parcial** que depende de la verificación de la propiedad de **terminación**. Por tanto, la verificación de las propiedades generales no depende de los servicios u objetivos para los cuales el protocolo fue diseñado. La verificación de esas propiedades equivale a demostrar que la especificación del protocolo es <<lógicamente correcta>>.

Por otro lado, las propiedades específicas, dependen fuertemente de servicios suministrados por el protocolo (o de su <<contexto>>). Entre las propiedades específicas del protocolo de transporte, por ejemplo, se encuentra la transferencia de datos. Un protocolo de

transferencia de archivos, además de esta propiedad, tiene otra, que es la de abrir o cerrar archivos. Otros ejemplos de propiedades específicas serían el control de congestión de un protocolo de enlace de datos, el control de acceso al medio de transmisión de un protocolo de acceso en una red, etc.

Al contrario de las propiedades generales, la verificación de las propiedades específicas depende claramente del protocolo y se realiza en el contexto particular de la especificación de los servicios de cada protocolo. La verificación de esas propiedades consiste en la determinación de que la especificación es correcta en el sentido de que el protocolo realiza exactamente los servicios para los cuales fue diseñado.

Como la verificación de las propiedades específicas de los protocolos tiene que hacerse caso por caso, el asunto ha sido tratado de manera *ad hoc*, que depende mucho de la agudeza de percepción por parte del equipo relacionado con la especificación y verificación del protocolo. Por tanto, la tarea es atendida por algunas técnicas de verificación, cuya finalidad inicial era la verificación de propiedades generales.

4.2.1 ANALISIS DE ALCANCE

El análisis de alcance (Reachability Analysis) es una de las técnicas más antiguas y comunes de verificación de protocolo. Esta técnica se utiliza para verificar las propiedades generales de un protocolo, especificado a través de un método de transición. El análisis de alcance de una máquina de estados finita (que aquí modela un protocolo) está basado en un sólo <<conjunto>> de alcance.

De manera informal, el conjunto de alcance de una máquina de estados finita es el conjunto de todos los estados que pueden ser alcanzados por el estímulo, en respuesta de todas las entradas y salidas de la máquina, respectivamente. El conjunto de alcance se obtiene, mediante la generación exhaustiva de todos los estados alcanzables a partir de un estado inicial dado.

Un procedimiento para determinar el conjunto de alcance de una máquina de protocolo es el siguiente: partiendo de un estado inicial, consideremos todas las posibles entradas que <<perturban>> a la máquina en ese estado. En función de la(s) respuesta(s) de la máquina a la perturbación, se identifican todos los estados alcanzables a partir de ese estado. Enseguida, cada uno de los estados así identificados es perturbado y se identifican los

nuevos estados alcanzables. El procedimiento -conocido como <<el análisis de perturbaciones>>- continúa hasta que no se encuentre ningún otro estado diferente de los ya identificados. Elementos de conjunto de alcance son (todos) los estados identificados.

Si ahora para cada estado del conjunto de alcance indicáramos todos los estados alcanzables a partir de él, tendríamos entonces un árbol de alcance de la máquina del protocolo.

Un estado del árbol de alcance, desde el cual ningún otro estado es alcanzable, es un estado de impasse (indeseable, que indica error en el protocolo), si no es un estado con terminación deseada (por tanto hay que verificar la salida de la máquina en este estado). Un estado está activo si puede ser alcanzado por todos los estados alcanzables, a partir del estado inicial.

En una máquina de protocolo se puede identificar un estado <<estacionario>>, que es activo y progresivo, y a partir del cual todos los estados progresivos del protocolo son alcanzables. Cada máquina que dispone de un estado estacionario, contiene un <<lasso>> en el diagrama de estados que comienza y termina en el estado estacionario. Estos últimos son indeseables, ya que no contribuyen al progreso del protocolo. Por último, un estado es estable si a partir de él el estado estacionario es alcanzable.

El análisis de alcance puede ser automatizado facilitando de esta forma la verificación de protocolos especificados a través

de métodos de transición. La automatización garantiza también que ningún estado sea olvidado cuando se genera el árbol de alcance una cuestión importante, principalmente para especificaciones con muchos estados. Por ello, la verificación automatizada tiene cierta dificultad. La identificación de lazos innecesarios es una de ellas. En este caso la identificación requiere la intervención de la persona o equipo encargado de la verificación para examinar el diagrama de estados. Hay casos en los que el protocolo no pasa la verificación automática, siendo correcto, ya que la violación de algunas propiedades generales es permitida o tolerada. Nuevamente es necesaria aquí la interpretación personal.

Hay una desventaja del análisis de alcance -la explosión de estados- que es en realidad debida al método de transición utilizado en la especificación del protocolo. Lo que hace el procedimiento para la generación del árbol de alcance es aumentar la complejidad del problema, pues hay generalmente repetición de estados en los subconjuntos de alcance de cada uno de los estados de la máquina de protocolo.

El análisis de alcance es más adecuado para la verificación de las propiedades generales (o de control) de un protocolo, ya que es utilizado en conjunción con una especificación hecha por métodos de transición, que son más indicados para modelar las propiedades de control del protocolo.

4.3 IMPLEMENTACION DE PROTOCOLOS

La implementación de un protocolo puede hacerse en hardware o en software. En el contexto de una red local (existe la misma tendencia en redes de larga distancia), la implementación de los protocolos de nivel (1), (2) y (3) se realiza frecuentemente en hardware mediante un microprocesador. Incluso muchas de esas funciones de los protocolos son ya implementadas por pastillas de circuitos integrados. Los protocolos de alto nivel (capas de la 4 a la 7) son generalmente implementados en software.

Antes de encaminar las cuestiones pertinentes a la implementación de un protocolo, es necesario decidir sobre ciertos puntos del protocolo dejados indefinidos en su especificación. Por ejemplo, la especificación de un protocolo de transporte con posibilidades de retransmisión y control de flujo no especifica el valor del intervalo de temporización de retransmisiones (sólo indica que el intervalo es una constante, pero no su valor), ni tampoco define qué estrategias específicas deben ser utilizadas para el control de flujo, gestión de memorias intermedias, retransmisiones, etc. Esto toma la forma de <<nombr>> de primitivas en la especificación, sin mayores detalles. Por ello, el implementador, debe decidir qué

valores y estrategias utilizar. El objetivo de las primitivas es justamente agrupar las partes del protocolo que son dependientes de la implementación. Es importante observar que las decisiones del implementador no afectan al funcionamiento correcto del protocolo, es decir, no le impide prestar el servicio para el cual fue diseñado conjuntamente con otra entidad implementada de forma diferente, pero puede influir en sus prestaciones (por ejemplo: vaciamiento, retraso de extremo a extremo del protocolo, etc.). De cualquier forma antes de implementar un protocolo debe decidirse acerca de los puntos dejados en abierto en la especificación. Es como si la especificación fuese <<refinada>> para incluir las decisiones.

4.3.1 OPCIONES DE LA IMPLEMENTACION

Las opciones disponibles para el implementador son limitadas básicamente por dos aspectos: las facilidades del sistema en el cual va a ejecutarse la implementación y las prestaciones deseadas del protocolo. En consecuencia, una discusión rigurosa y minuciosa del asunto requiere la capacidad de disponer de las

prestaciones del protocolo en función de opciones contempladas. Desde el punto de vista de las prestaciones solamente, la opción seleccionada será la que ofrecerá un mejor nivel de prestaciones.

De entre los puntos no definidos totalmente en la especificación de un protocolo escogemos los siguientes: control de flujo, valores de temporizaciones, estrategias de retransmisión, localización de recursos, de usuarios y estrategias de reconocimiento. La lista no esta completa ni se aplica en su totalidad a cualquier protocolo. Sirve no obstante, para introducir el asunto e ilustrar sus aspectos principales.

4.3.1.1 Valores de Temporizaciones

Una temporización de retransmisión de un protocolo(N) indica el intervalo de tiempo que debe esperar la entidad(N) para retransmitir una PDU(N), no conformada por la entidad(N) -pareja de recepción-. Un valor alto de temporización originará retrasos innecesarios en la comunicación entre las entidades(N). Por otro lado, un valor bajo de temporización puede causar frecuentes retransmisiones, reduciendo el vaciamiento útil de la conexión

utilizada en la comunicación. Es deseable, pues que el valor de temporización de retransmisión sea escogido de tal forma, que puedan evitarse estos problemas, forzando una retransmisión sólo cuando el reconocimiento de la PDU(N) enviada <<debiera ya haber llegado>>. Por tanto, el valor escogido debería ser la suma de los tiempos de tránsito de la PDU(N) y de su reconocimiento, a través de las capas inferiores del protocolo en el sistema emisor, del tiempo de transmisión en los medios físicos, de los tiempos de tránsito en las capas inferiores más los retrasos de consumo de la PDU(N) en el sistema receptor, y del procesamiento necesario para generar el reconocimiento de regreso.

Estos tiempos son, en general, variables aleatorias sujetas a fluctuaciones. Una posibilidad es utilizar las medias de los tiempos anteriores, tal vez conjugadas con un factor que considere las fluctuaciones.

Algunos protocolos incorporan también una <<temporización de renuncia>> que, al expirar, deshaga el diálogo con el sistema remoto, debido a la suposición de que alguna situación anómala de funcionamiento (por ejemplo, el sistema remoto dejó de estar en el aire) causó la inactividad del sistema citado (durante todo el intervalo de temporización). El valor para la temporización de renuncia debe ser considerablemente mayor que el valor de las temporizaciones de retransmisiones (partiendo incluso varias

retransmisiones) y lo suficientemente grande como para originar el mayor retraso de procesamiento posible en los otros sistemas conectados a la red.

4.3.1.2 Estrategia de retransmisión

El número de retransmisiones a efectuar en una conexión, antes de ser considerada defectuosa e intentar abortarla, no siempre está definido en la especificación. En este caso debe escoger el implementador un valor. Observe que también en este caso, la decisión debe considerar las implementaciones en otros sistemas, pues el número de retransmisiones puede influir en la definición de la temporización de rechazo de los otros sistemas.

La estrategia de retransmisiones puede también incluir mecanismos de ajuste dinámico del intervalo de retransmisión, en función del tráfico de la red. Por ejemplo, la <<función de retirada>> de los protocolos de acceso aleatorio al medio de transmisión en una red local es uno de esos mecanismos.

4.3.1.3 Estrategia de Reconocimiento

El reconocimiento se realiza por los mecanismos de control de error y de control de flujo. En ambos casos, la llegada de un reconocimiento integro inhibe la retransmisi3n de PDU(s) y, en consecuencia, reduce la utilizaci3n de recursos de comunicaci3n, de procesamiento en los sistemas y de los recursos de almacenamiento utilizado por el mecanismo de retransmisi3n. La selecci3n de una estrategia de reconocimiento afecta, pues, a la utilizaci3n de esos recursos. La estrategia de reconocimiento es utilizada activamente por la parte receptora del protocolo; la parte transmisora s3lo los consume de forma pasiva cuando llegan, liberando los recursos de almacenamiento utilizados por la(s) PDU(s) reconocidas. Veamos c3mo pueden generarse reconocimientos y ser enviados por la parte receptora del protocolo.

Una opci3n de implementaci3n de la parte receptora es generar un reconocimiento para cada PDU de datos recibida correctamente. Esta estrategia puede desperdiciar recursos de comunicaci3n de la red y forzar a la parte emisora del sistema remoto comunicante y dedicar mucho esfuerzo para recibir y procesar reconocimientos.

Tres alternativas para evitar ese problema serian: 1) concatenar reconocientos en otras PDUs devolviéndolas al sistema remoto; 2) reducir en uno el número de reconocimientos por PDU recibida por << X >> PDUs -la emisión de un reconocimiento con número de secuencia N confirma la recepción correcta de las PDUs número N, N-1,N-2,N-X+1; 3) emitir un reconocimiento a todas las PDUs recibidas dentro de un determinado intervalo de tiempo -en este caso,una temporización controla la emisión del reconocimiento y el intervalo de temporización es claramente dependiente de la temporización de retransmisión de la entidad emisora.

La parte receptora tiene aún que definir cómo proceder para <<emitir>> el reconocimiento a la llegada de una PDU.Aquí tenemos básicamente dos opciones: 1) emitir el reconocimiento solamente después de pasar la PDU por la capa superior del protocolo (o usuario) o,entonces 2) emitir inmediatamente el reconocimiento.La opción 1) da margen para que la implementación descarte PDUs aún no reconocidas,liberando recursos cuando sean necesarios.

4.3.1.4 Estrategia de Control de Flujo

El mecanismo de control de flujo regula la velocidad de admisión de PDUs de datos a la capacidad del receptor para aceptarlo. El receptor regula la velocidad de envío de PDUs de datos, limitando la velocidad de liberación de <<créditos>>, es decir, permisos para que el emisor envíe un cierto número de PDUs identificadas para el envío de los créditos es llamado <<ventana>>.

La estrategia de control de flujo utiliza mecanismos para la gestión de memorias intermedias. En principio, la especificación de protocolo con las funciones de control de flujo no indica cómo deben suministrarse créditos en función de la disponibilidad de memorias intermedias para almacenar PDUs que llegan al receptor.

El implementador puede decidir sólo suministrar créditos en igual número que memorias intermedias disponibles. Esta estrategia -llamada pesimista- puede restringir sensiblemente el vaciamiento de las conexiones operando de esa forma. Otra opción -conocida como estrategia optimista- es independientemente suministrar créditos de la disponibilidad de memorias intermedias (es decir, la ventana nunca <<cierra>>). Las PDUs que llegan al receptor cuando no hay memorias intermedias se descartan (el emisor las retransmite eventualmente, después de transcurrir el tiempo de temporización de retransmisión). El objetivo de la estrategia optimista es no restringir el vaciamiento de las conexiones, o que

en condiciones de tráfico intenso, pueda no, ser alcanzado. En estas condiciones, el implementador puede proporcionar mecanismos para reducir la emisión de PDUs simplemente haciendo que el receptor, pese a limitar el número de créditos suministrados. Esta última opción toma la forma de un control de flujo con ajuste dinámico. Aún hay otra posibilidad, que es el término medio entre las estrategias pesimistas y optimistas, que divide la totalidad de las memorias intermedias en una porción de <<compartición total>> y en otra de <<pre-localización>>. En ciertas conexiones -con prioridad de ser atendidas- pueden tener siempre algunas memorias intermedias en la porción pre-localizada para garantizar un mínimo de memorias intermedias para sus PDUs. Aun deben compartir las memorias intermedias en la otra porción con el resto de las conexiones, para intentar mejorar el vaciamiento. Obviamente el número de memorias intermedias utilizadas en estos mecanismos depende de las características del sistema donde va a ser implementada la aplicación.

4.3.1.5 Localización del Usuario Apropriado

Suponga que una entidad de la capa de transporte está capacitada para recibir una petición de conexión (PDU (4) - PC). Cuando

recibe la PDU (4) - PC de la capa(3), tiene que identificar al usuario de transporte en el sistema local, a quien debe pasar la primitiva de petición de conexión. La identificación la hace el sufijo del usuario de transporte de la PDU (4) - PC recibida. Este sufijo puede ser un índice de una tabla de programas o procesos ejecutados en el sistema local.

Esta es una forma de interpretar el sufijo, pero no la única. La especificación del protocolo de transporte no define cómo mantener la tabla ni cómo debe realizarse el mapeado entre sufijos y procesos.

El implementador puede decidir que la tabla sea fija o que el proceso pueda entrar en la tabla a través de una llamada al sistema operativo local. Puede también permitir las direcciones múltiples para un proceso dado, o una sola dirección para los múltiples procesos. Cuando se establecen varias conexiones con un mismo sufijo, existe la opción de iniciar una comunicación para un mismo proceso, para copias diferentes del mismo proceso, o para procesos diferentes. Dependiendo del sistema local, puede ser que sea necesario un proceso antes de recibir petición de conexión, que el proceso sea creado en el procesamiento de la PDU (4) - PC, o que la PDU (4) - PC sea guardada hasta que un proceso pida que le sea entregada.

El usuario de transporte debe ser capaz de distinguir las diferentes conexiones en utilización. Para ello utilizará el identificador del punto terminal de conexiones (CEP). El CEP puede ser un descriptor de archivo, un identificador del canal o un nombre de comunicación interproceso. Este puede ser suministrado por el usuario, por el sistema operativo o por la especificación del protocolo

4.3.1.6 Localización de Recursos

Una unidad de transporte debe colocar memorias intermedias para atender una conexión, por lo menos en el momento de establecerse. Otras estrategias pueden colocar memorias intermedias, preferentes en función de la calidad del servicio, garantizada en ciertas conexiones -por ejemplo, una conexión que requiere mayor flujo puede tener un mayor número de memorias intermedias a su disposición-. La prioridad relativa de conexiones puede justificar aun que algunas memorias intermedias de una conexión de baja prioridad le sean retiradas y colocadas a disposición de una conexión con prioridad más alta. En el caso extremo, una conexión con baja prioridad puede ser abortada para liberar recursos para conexiones con prioridad más alta. Las estrategias de localización

de recursos no se limitan a colocar memorias intermedias para la recepci3n y transmisi3n de PDUs o a hacer espacio en varias tablas internas o en los protocolos de transporte.Un recurso importantisimo es la CPU que ejecuta las implementaciones de las diversas capas de protocolos.Los ciclos de la CPU deben ser compartidos por estas implementaciones y por las diferentes entidades de un mismo protocolo.Hay que tener cuidado de que una misma entidad no se dedique exclusivamente al servicio de una sola conexi3n.La calidad de servicio de las conexiones puede ser utilizada para determinar la prioridad de atenci3n suministrada a ella por las entidades que las atienden.La eficiencia con que una entidad presta servicio es tambi3n consecuencia de la eficiencia de ejecuci3n de la implementaci3n del protocolo en cuesti3n.A su vez, la eficiencia de ejecuci3n de implementaci3n depende de c3mo est3 integrada en el sistema operativo de la m3quina hu3sped.

C3mo hacer la integraci3n de una decisi3n que afecta al desarrollo de la implementaci3n,y por consiguiente,debe ser tomada antes de iniciar la codificaci3n del protocolo propiamente dicho.

4.3.2 INTEGRACION DE IMPLEMENTACION EN EL SISTEMA

La decisión de cómo integrar la implementación de un protocolo en el sistema se asienta en los tres siguientes objetivos básicamente, relativos al nivel de prestaciones deseado:

1. minimizar el coste del servicio de comunicación;
2. maximizar el flujo en las conexiones utilizadas;
3. minimizar la utilización de los recursos del sistema dedicados a la comunicación.

Teniendo en cuenta estos objetivos, la implementación puede ser integrada en tres formas.

4.3.2.1 Implementación como Proceso de Usuario

Un proceso de usuario, en la mayoría de los sistemas operativos, proporciona un <<entorno de ejecución>> para los programas de los usuarios del sistema. Una manera <<natural>> de implementar un protocolo es codificar su especificación en forma de un programa,

requerir un proceso del sistema operativo, y ejecutar el programa en el proceso obtenido. Esta solución puede, por tanto, ser lenta y no cumplir el objetivo 2, ya que en general, el usuario tiene poco control sobre la prioridad con la cual será escalonado por el sistema operativo.

4.3.2.2 Implementación en el Núcleo del Sistema Operativo

El dispositivo periférico (de comunicación), al igual que las terminales, unidades de disco, impresoras, etc. Los <<Drivers>> de esos dispositivos residen generalmente en el núcleo del sistema operativo y los procesos que se están ejecutando (procesos del usuario) manipulan tales dispositivos a través de llamadas al sistema operativo. La interacción con otras capas del protocolo se pueden realizar entonces a través de operaciones de lectura (read) y escritura (write), a través de un conjunto especial de capas del sistema operativo. Solución que evita dependencia escalonada de procesos para la ejecución de la implementación, facilitando la consecución del objetivo 2, y simplifica el diseño de aplicación que utiliza la red. Por otro lado, el implementador debe ser un <<experto>> en el sistema operativo; la ejecución del driver del

protocolo puede degradar sensiblemente la respuesta del sistema o bien puede que el driver no quepa en el espacio de memoria reservado para el núcleo.

4.3.2.3 Implementación en un Procesador FRONT-END (enfrente -termina)

La implementación del protocolo en un procesador Front-end aísla la implementación del núcleo del sistema operativo de la máquina huésped, evita el consumo excesivo de recursos del huésped y el procesador Front-end puede ser compartido entre varios huéspedes. Aunque el costo del procesador puede ser soportable, y aún queda el problema de interconectarlo a la máquina huésped. Puede esta interconexión incluso convertirse en un cuello de botella, degradando las prestaciones de las interacciones entre las diferentes capas del proceso.

Para el control de flujo en la interfaz con el usuario (o la capa superior) de la implementación son dos los aspectos: el control de la velocidad con la que el usuario inicia las capas de servicio para la implementación, y el control de transferencia de informaciones entre la implementación y su usuario.

La velocidad con la cual el usuario inicia las llamadas de servicio debe ser controlada para evitar que las entidades del protocolo implementado se congestionen con muchas peticiones. Tal control puede ser efectuado de forma automática, al transcurrir los límites del mecanismo para la comunicación interproceso, utilizado para implementar las primitivas del servicio, pudiéndose introducir mecanismos especiales en la implementación para tal fin. La implementación puede también proveer medios de controlar el tamaño de las unidades de datos que va a manipular y la velocidad con la cual, tales unidades son sometidas a ella y efectúan las entregas al usuario. Por ejemplo, en las colas de <<entrada>> y de <<salida>> de la implementación son definidas en donde se depositan las peticiones de servicio del usuario y de la implementación, respectivamente.

La reducción finita de estas filas limita automáticamente el número de interacciones a través de la interfaz y tanto el usuario como la implementación pueden tomar los términos de las colas, con la velocidad conveniente. El tamaño de los datos puede ser también fácilmente controlado según la conveniencia del usuario y de la implementación, a través de transferencia de un descriptor (por ejemplo, un puntero) del archivo que contiene datos. Mediante la posesión del descriptor, la implementación y el usuario pueden leer y escribir los datos en el archivo mediante

<<trozos>> del tamaño adecuado.

4.3.3 MODELO GENERAL DE IMPLEMENTACION

Discutiremos aquí un modelo sugerido para la implementación de protocolos. El modelo es general, siendo válido para cualquier implementación realizada en software, para ejecutarse en cualquier sistema. La estructuración del modelo se parece a la estructura de la especificación formal del protocolo y tiene ventaja de posibilitar la implementación automática del protocolo. El modelo sirve para definir los diferentes módulos que componen la implementación y sus interacciones.

Cada uno de los dos módulos del programa-implementación corresponde unívocamente a una transición, o a un procedimiento, primitiva o suceso de interfaces definidas en la especificación. Otros módulos del modelo se refieren a la elección hecha por el implementador para <<refinar>> las especificaciones, como por ejemplo, el control de flujo de la interfaz, el escalonamiento de las diferentes actividades del protocolo, el multiplexado de actividades concurrentes en diversas entidades de la capa, etc. En caso de que el protocolo requiera el control de conexiones, existe una entidad para controlar cada una de ellas. La información sobre

el estado de cada entidad es guardada en una estructura de datos llamada <<estructura de control de entidades>>.La estructura del modelo general es mostrada en la figura 4.5 donde los bloques con los trazos más fuertes representan estructuras de datos y los otros bloques representan procedimientos.

Según la figura 4.5,la implementación es excitada por la llegada de sucesos de las capas adyacentes.Al llegar un suceso,es identificado por el <<procesador de la interfaz>> para determinar cuál es la entidad de destino que deberá procesarlo.El procesador de la interfaz inmediatamente escalona elementos para que sea atendido por las <<rutinas de sucesos de la interfaz>>.Entonces la rutina de sucesos de la interfaz apropiada construye una estructura de datos con informaciones sobre el suceso de la interfaz particular,que se llama <<escalonador de funciones de transición>>.

Una vez conocido el tipo de evento de la interfaz e identificada la entidad-destino,el escalonador examina el estado de esa entidad en la estructura de control de entidades.El estado actual de la entidad y el tipo de suceso sirven de índice de la <<tabla de transiciones>>para obtener una lista de transiciones posibles, en orden de prioridad.El escalonador llama entonces el módulo responsable para procesar el tipo de transición con la prioridad más alta.

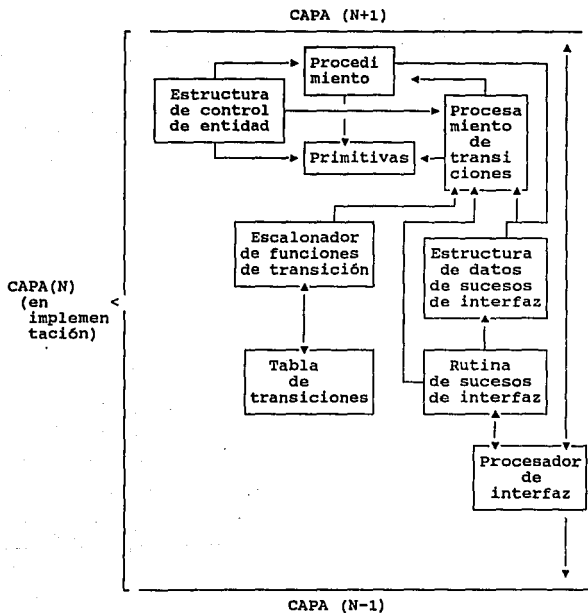


Figura 4.5 Modelo de implementación para la capa (N)

Si no es aplicable ninguna transición (la lista esta vacía) se envía de vuelta una indicación de error y el evento se descarta. A su vez, el módulo llamado puede -en función de las acciones especificadas para la transición que se va a procesar- llamar a procedimiento, invocar primitivas o generar sucesos para las capas adyacentes (cada uno de esos últimos están representados por un módulo en el modelo).

4.4 TEST DE IMPLEMENTACION DE PROTOCOLOS

La implementación de un protocolo, como de cualquier otro algoritmo, puede contener errores de lógica. Una implementación con errores lógicos puede ser no obstante ejecutable, pero, en general, producirá resultados inesperados y, lo peor de ello, indeseables. Para que esto no suceda es necesario verificar la implementación para, aunque no se garantice, pueda aumentar nuestra confianza de que su ejecución va a alcanzar los objetivos del protocolo.

La implementación de un protocolo se puede hacer en hardware o en software. La implementación en hardware es de menos interés aquí, porque está generalmente restringida a las subredes de

comunicación (capa [1], [2] y [3] del RM-OSI) cuyos componentes y/o servicios son ya disponibles comercialmente, siendo responsables de su test los suministradores. Las implementaciones en software de los protocolos (4) a (7) son más interesantes para nosotros. Esto es porque dichos protocolos, siendo de responsabilidad de los usuarios de la red, probablemente serán implementados como los programas ejecutables en los diversos sistemas de la red. Así, suponemos implícitamente implementaciones en el software de protocolos de alto nivel.

Con el test de implementación de un protocolo se determina si concuerda con la especificación (ya debidamente verificada) del protocolo. El test de conformidad es positivo si el software que implementa el protocolo ejecuta las funciones y provee los servicios del protocolo de acuerdo con su especificación. Durante el proceso de test, la implementación es verificada por una selección de <<entradas>> que definen los test a realizar. Entonces, las salidas generadas con los resultados esperados de los test. En general, una implementación es verificada en los siguientes puntos: si responde correctamente a las peticiones válidas de servicio; si se comporta correctamente en la comunicación con otras implementaciones del mismo protocolo ejecutándose en los sistemas distintos; si de esas otras implementaciones rechaza los errores o errores en la petición/prestación de servicios de las

implementaciones de las capas superior/inferior; y si realiza de forma apropiada los mecanismos internos de la capa, tales como temporizaciones, gestión de memorias intermedias, etc.

De lo anterior expuesto se deduce que el test de implementación de la capa (N) puede ser dividido en tres: el test de la interfaz con la capa (N+1) o de la interfaz con la capa (N-1) y el test de los mecanismos del protocolo interno a la propia capa (N). Existe un argumento contra este último test. Para realizarla, tiene que ser analizada la implementación, y sus detalles comprendidos. Esto es malo, ya que el COMPROBADOR tendría que ser dependiente de la implementación y no tratarla como una <<caja negra>>. El argumento afirma que si las interfaces con las capas (N+1) y (N-1) son correctas, entonces da igual cómo hace la capa (N) para suministrar los servicios a la capa (N+1) y para negociar las peticiones de servicio a la capa (N-1), pues la implementación del protocolo (N) es correcta. El soporte para la realización de los test de los mecanismos del protocolo (N) consiste en el hecho de que los escenarios de verificación para las interfaces de la capa (N) tal vez pueden diseñarse y ejecutarse mejor a través del examen de la implementación de la capa (N).

Idealmente, los test deben hacerse en la red donde va a rodar la implementación, bajo condiciones reales de funcionamiento. A veces, no obstante, la red aún no está disponible o se pretende probar

una implementación parcialmente concluida. La implementación es probada aisladamente en estos casos, <<simulándose>> condiciones de funcionamiento de la red. De cualquier forma debe diseñarse y desarrollarse un COMPROBADOR para la realización de los test. Las características del comprobador deben reflejar las peculiaridades de los test a realizar, del entorno de dichos test y de la capa a probar. Por tanto, el diseño del comprobador se divide lógicamente en dos partes básicas: una consiste en la elaboración de las secuencias de test y otra sobre la definición de su arquitectura a ser realizada.

4.4.1 ARQUITECTURA DEL COMPROBADOR

Si los test de implementación de un protocolo de la capa (N), fueran a ejecutarse en una red, la arquitectura del comprobador debe permitir su fácil incorporación a la estructura del RMS-OSI y tener acceso directo a la capa (N) con la implementación del protocolo a verificar. Otras características importantes de la arquitectura del comprobador son presentadas a continuación, junto

con otras que son complementarias a la hora de detallar la arquitectura.

1. Los servicios ofrecidos por la capa(N) pueden ser ejercitados completamente, combinándose representaciones de las primitivas de servicio de la capa.
2. El comprobador es distribuido por dos sistemas de la red: el sistema local y el sistema remoto. La implementación a ser comprobada se ejecuta en el sistema remoto, donde también se ejecuta parte del comprobador que realiza los servicios de la implementación. Esa parte del comprobador es el INTERPRETE DEL ESCENARIO. El resto del comprobador, que incluye también un intérprete de escenarios, se ejecuta en el sistema local.
3. El intérprete de escenarios lee e interpreta test elaborados en un lenguaje de test compuesto de representaciones de las primitivas del servicio de la capa (N) y de representaciones de otras facilidades disponibles en el comprobador.
4. El test de implementación de una red se ejecuta utilizando el intérprete de escenario en los sistemas local y remoto. El escenario de test en cada sistema está compuesto por los CONJUNTOS COMPLEMENTARIOS de primitivas de servicio para el protocolo, cuya implementación se está verificando. Un ejemplo

de conjuntos complementarios de primitivas seria la pareja <<ENVIAR-RECIBIR>> en una transferencia de datos. Por ejemplo, el lado local, en funcionamiento normal, invoca a la primitiva ENVIAR (datos) para llevar datos al lado remoto. Los datos son entonces transportados por las capas inferiores, a través de la red, hasta el lado remoto. Esto último es normalmente notificado en la recepción de los datos a través de la primitiva complementaria RECIBIR (datos).

5. El comprobador es capaz de inducir los tipos de errores que los protocolos de las capas inferiores o el protocolo-pareja de la capa (N), puedan generar espontáneamente. La introducción de errores se hace de manera controlada para poder observar las respuestas de la implementación que se está verificando, los errores, tales como pérdida, duplicado, pérdida de secuencia y corrección de unidades de datos del protocolo (N) (PDU(N)).
6. El sistema debe ejecutar un protocolo idéntico (protocolo-pareja) al protocolo cuya implementación del protocolo-pareja en el sistema local, es llamada IMPLEMENTACION DE REFERENCIA, ya probada. Es imprescindible que esta implementación no se desvíe en nada de su especificación. Por tanto, no debe ser alterada, a fin de interactuar más fácilmente con el resto del comprobador.

7. En el comportamiento del protocolo-pareja el comprobador es capaz de inducir excepciones de implementación de referencia. Estas excepciones permiten observar de manera controlada el comportamiento de la implementación en el sistema remoto, bajo condiciones anómalas de funcionamiento. Por ejemplo, en 4 el comprobador puede forzar al protocolo-pareja de la capa (N) del sistema a ser instruido con la invocación de la primitiva RECIBE (datos) en vez de ENVIA (datos), con la intención de verificar si la implementación bajo test, en el sistema remoto, trata el problema (invocación no complementarias de primitivas, es decir, invocación de RECIBE (datos) en ambos sistemas) de forma correcta.
8. La implementación bajo test no debe ser alterada en nada para convivir con el intérprete de escenarios que se ejecuta en el sistema remoto, bajo peligro de desviar la implementación de la especificación del protocolo.
9. La implementación bajo test debe ser tratada como una <<caja negra>>, sin ningún conocimiento de su organización interna.
10. La sincronización entre los sistemas local y remoto no puede ser garantizada si la comunicación entre ellos se hace a través de la red exclusivamente. La sincronización sólo se

obtiene si existe un canal de comunicación fiable,cautivo entre los sistemas.

De los puntos anteriores,podemos identificar tres componentes para la arquitectura del comprobador: el intérprete de escenarios (uno ejecutándose en el sistema remoto y otro en el local),la implementación de referencia(que se ejecuta en el sistema local) y el generador de errores y excepciones (que se ejecuta también en el sistema local).El intérprete de escenarios tiene una interfaz con la capa(N) que está siendo comprobada y puede interactuar para la inducción controlada de situaciones anómalas directamente con el generador de errores y excepciones.Interviene entre la subred de comunicaciones y la capa(4) el generador de errores y de excepciones para que pueda editar y alterar el contenido de los PDUs de/hacia cualquiera de la capa(4) y (7).La figura 4.6 muestra la relación entre los tres componentes de la arquitectura del comprobador.Aparentemente,esta arquitectura es considerada general para la utilización en test de implementación de una o más capas del RM-OSI.

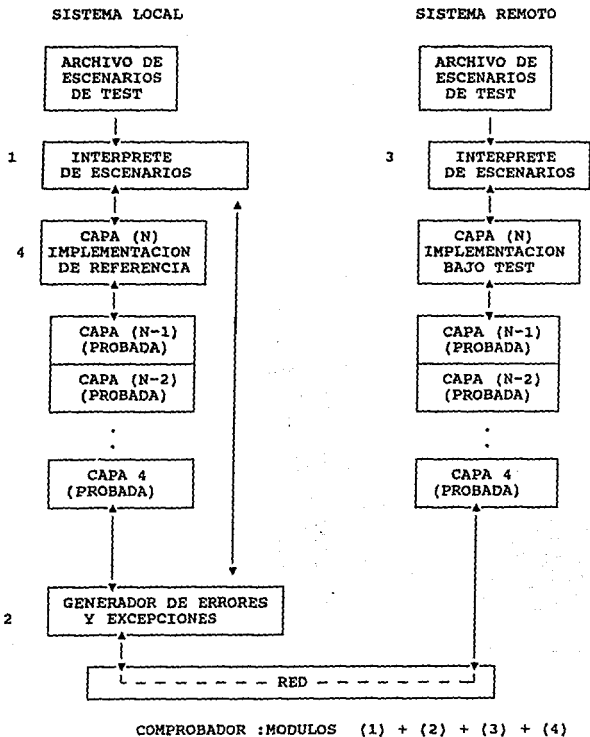


Figura 4.6 Arquitectura de un comprobador de implementaciones de protocolos en el entorno RM-OSI.

El intérprete de escenarios local coopera con el intérprete de escenarios remoto para excitar la implementación bajo test. Cada intérprete de escenarios utiliza un ARCHIVO DE ESCENARIOS en el cual existen los diferentes escenarios de prueba para ser ejecutados. Los escenarios de estos archivos forman pareja, en el sentido de que cada escenario del archivo de escenarios del sistema local es <<casado>> con un escenario del archivo de escenarios remoto. Los escenarios pareja contienen órdenes de invocación de primitivas pareja complementarias que solicitan servicios a capas que se están probando. En la implementación de test, son ejecutadas muchas secuencias de primitivas de servicio; por ejemplo, deben ejecutarse las secuencias de primitivas de escenarios de test, para el establecimiento de las conexiones, transferencia de datos y la realización de conexión. En este caso, los escenarios pareja de apertura de conexión tendrían de un lado órdenes para las primitivas de petición de establecimiento de conexión y, de otro lado, órdenes para las primitivas de espera de establecimiento de conexión (o de indicación de establecimiento de conexión). Si todas las órdenes de los escenarios de test son ejecutadas con éxito la implementación bajo test concuerda con la especificación del protocolo.

La implementación de referencia del sistema local es la implementación-pareja de aquel que se está verificando. Suministra

servicios de la capa(N) que se está verificando,al intérprete de escenarios del sistema local; la implementación de referencia sólo genera y reconoce acciones válidas del protocolo (N).Las implementaciones de las capas inferiores(N-1),(N-2),(N-3),(N-4) son probadas para garantizar que sólo generan y reconocen acciones válidas de sus respectivos protocolos.También pueden producirse errores y condiciones excepcionales,pero de forma aleatoria.La implementación bajo test,debe comportarse de forma apropiada bajo esas circunstancias.Para que esas circunstancias se den de forma controlada y de esa forma,deberá ser posible observar el comportamiento de la implementación bajo test,y utilizarse el GENERADOR DE ERRORES Y EXCEPCIONES del comprobador.

El generador de errores y excepciones es insertado entre la red y la capa (4) y opera en las PDUs que fluyen entre la implementación de referencia y la implementación bajo test.Estas PDUs pueden ser suprimidas,duplicadas,alteradas y bajadas por el generador de errores y excepciones,bajo orden del intérprete de escenarios.La activación del generador de errores y excepciones es realizada cuando el escenario de test seleccionado por el intérprete de escenarios define situaciones de funcionamiento anómalas.En este caso,el intérprete forma el generador para tomar la acción necesaria,para<<generar>>la situación de test deseada.

Observe que los intérpretes de escenario de los sistemas local

y remoto, en general, tienen que sincronizar sus actividades de test a través de la propia red que soporta los tests. Los retrasos de las diversas capas del protocolo bajo la capa(N) que está siendo probada y los retrasos de la subred de comunicaciones pueden originar problemas de sincronización de test. Minimizar esos problemas para el intérprete local de escenarios puede también activar, desactivar o revocar órdenes pendientes para el generador de errores y excepciones, a través de un canal de comunicación entre procesos.

El lenguaje de test empleado para hacer funcionar el comprobador debe ser capaz de expresar las primitivas de llamada de los servicios del protocolo de la capa(N), conjuntamente con sus listas de parámetros. Además, el lenguaje de test debe incluir órdenes de control para retrasar la ejecución de una primitiva, manejar escenarios de test, determinar tipos y cantidades de PDUs a ser generadas, recolectar resultados de test y otras funciones de gestión del comprobador.

El lenguaje de interfaz entre el intérprete de escenarios y la capa(N) controla una sesión de test. El operador del controlador utiliza órdenes de este lenguaje iniciar/abortar un test (inicial sincronización), examinar el estado de test en ejecución, etc. Finalmente, el lenguaje del generador de errores y excepciones funciona como un editor de PDUs para eliminarlas y manipular sus

campos y/o valores.

El test de la implementación de un protocolo(N), fuera del contexto de una red requiere una arquitectura diferente de la que aparece en la figura 4.6. En este caso, simplemente el comprobador es un proceso que se <<agarra>> a la capa(N), envolviéndola por completo de acuerdo con la concepción lógica de la figura 4.6.

El comprobador se encarga de estimular la interfaz de servicios de la capa(N) a través de sus primitivas, atiende las necesidades de comunicación de la capa(N), simulando las capas inferiores y además emula el comportamiento del protocolo(N) pareja como si ejecutara la <<implementación de referencia>> antes descrita. Las secuencias del test a ser ejecutadas son derivadas del <<archivo de escenarios>>, que sirve como archivo de datos de entrada del proceso de prueba.

La arquitectura de la figura 4.7 requiere aparentemente un mayor esfuerzo de diseño y desarrollo que la anterior (fig. 4.6). Se puede suponer que la codificación del comprobador sería mucho más compleja por que no se tiene una implementación de referencia. No obstante, este no es el caso. La inteligencia del comprobador viene de los ESCENARIOS DE TEST y no del código del propio comprobador. Para aclarar este concepto tomemos la figura 4.7 donde el comprobador puede ser separado lógicamente en tres partes : una interfaz para la parte superior de la capa(N) que

está siendo probada; una interfaz para la parte inferior; y un analizador de escenarios. La función de la interfaz superior es traducir una petición de servicios en el escenario para la capa apropiada a la implementación que está siendo probada. A su vez, la interfaz inferior no simula totalmente las capas(N-1).....(1), sino que simplemente extrae (inserta) las PDUs(N) de (a) la capa(N), pasándolas a (desde) el analizador de escenarios. Por lo tanto, las interfaces son muy simples. El analizador de los escenarios, a su vez, NO simula la implementación de referencia, pero lee el escenario y <<monta>> PDUs o capas de servicio y verifica si las (capas de servicio) recibidas son correctas DE ACUERDO CON LAS ACCIONES ESPECIFICADAS EN EL ESCENARIO. Es el escenario, el que contiene la inteligencia del comprobador. El mayor esfuerzo de desarrollo cuando se compara la arquitectura de la figura 4.6, es justamente la elaboración de los escenarios que deben contener muchas más informaciones.

Por ejemplo, en la figura 4.6, un escenario podría comenzar de la siguiente forma:

-Si se pide el establecimiento de conexión con tales
párametros;

-entonces debe llegar o una aceptación o un rechazo por un
motivo válido.

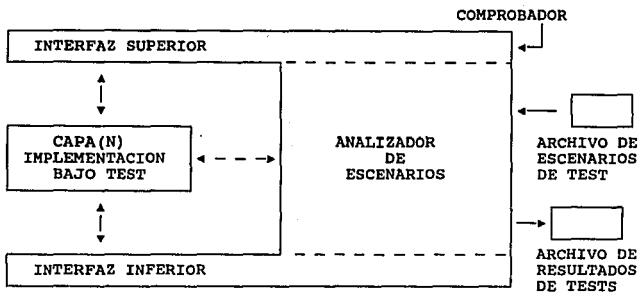


Figura 4.7 Arquitectura de un comprobador de implementación de protocolos fuera del entorno RM-OSI

En el caso de la figura 4.7, el escenario sería algo así como:

- si se pide el establecimiento de conexión con tales parámetros;
- entonces debe salir una PDU del tipo PC en la interfaz inferior, con tales campos;

- en este caso, hay que comprobar lo que hace con el siguiente <<lanzador>>: hay que mandar una PDU de datos;
- etcétera.

La comunicación entre el comprobador y la implementación bajo test puede realizarse a través de los mecanismos de transferencia de mensajes entre procesos del sistema operativo utilizado. De esa manera, se eliminan los problemas de sincronismo de los test peculiares de la arquitectura de la figura 4.6, ya que el test no está distribuido.

Por tanto, el funcionamiento del comprobador de área es muy simple. Definido el escenario del test a ser ejecutado invoca el comprobador las primitivas de servicio correspondiente a la implementación de la capa(N) que está siendo probada. Esta, además del procedimiento necesario para atender las primitivas invocadas emite las peticiones de servicio para la capa inferior, que es simulada por el comprobador. Estas peticiones pueden en este instante ser verificadas para que sean consistentes con la especificación del protocolo(N); de acuerdo con las órdenes del escenario, excita de regreso la capa(N) mediante su interfaz con la capa(N-1), pasándole PDUs correctas o no. Una vez recibidas y procesadas las PDUs, la capa(N) emite las respuestas inicialmente

invocadas. Una vez más, el comprobador examina estas respuestas para enlazar la implementación bajo test con la información contenida en el escenario. En cualquier instante, el comprobador, tiene control total sobre la campaña de test.

Observe que la arquitectura de un único y gran proceso para el comprobador de la figura 4.7 es sólo un concepto lógico. En la práctica, el comprobador puede ser modularizado en una serie de procesos para facilitar su implementación.

4.4.2 GENERACION DE SECUENCIAS DE TESTS

Las secuencias de test deben ser elaboradas de tal forma que puedan direccionar aspectos de salida de los servicios y de los mecanismos del protocolo, para probar si son suministrados por la implementación bajo test correctamente. Los criterios esenciales a ser atendidos en la elaboración de cada test en la secuencia son:

1. El test tiene un objetivo claro, pudiéndose declarar de forma precisa lo que se logrará con su realización.
2. El resultado del test es conocido A PRIORI.

3. El test es peculiar y no variante trivial de otro test de la secuencia. Esto no implica que tests distintos no puedan utilizar una misma secuencia de test para alcanzar su objetivo. Los tests de invarianza de comportamiento requieren su petición en realidad.
4. La elaboración del test no requiere conocimiento de detalles de la implementación bajo test, esta debe ser tratada como una <<caja negra>>.

En principio, las secuencias de test que componen los escenarios de test pueden ser generadas de forma manual. El número de secuencias a generar puede ser grande o pequeño, dependiendo del nivel y del alcance de los tests a realizar. Un número grande de secuencias generadas manualmente puede ser tedioso o imposible.

Se elabora un test manualmente, describiéndose primero sus objetivos mediante una declaración concisa. Entonces, el objetivo es interpretado en el contexto del comprobador y limitaciones para determinar su operatividad (es decir, si es viable o no, dadas las limitaciones del comprobador). Segundo, se propone un test de secuencia y son identificadas las primitivas de servicio para la implementación (pares complementarios) bajo test -referentes a la secuencia-. La producción manual de secuencias de test depende

mucho del diseñador de los test, pues, antes de producirse una secuencia, en general, se requiere la concepción del objetivo del test, algo que se adquiere con la experiencia. En consecuencia la producción manual de secuencias de test puede ser interesante en ausencia de algún test importante, debido a las desatenciones o al insuficiente conocimiento del protocolo en el que se está realizando la verificación o de la arquitectura del comprobador. No obstante, no se debe ignorar, que la generación manual de las secuencias de test es un instrumento valioso para entrenarse en el área de protocolos.

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS R D S I

A principios de 1970 la red telefónica utilizada en todos los países consistía de conmutación analógica conectada por un sistema de transmisión analógica. Desde la introducción de la red de larga distancia en 1930s, apareció sin embargo en la red de teléfono un nuevo problema: la transmisión de ruido reducía la calidad de la red de larga distancia a niveles inaceptables. Como resultado las compañías telefónicas comenzaron a buscar hacia sistemas que pueden transmitir datos sin introducir ruido. En 1970 fué encontrado una solución para este problema: la introducción de transmisión digital dentro de la red del teléfono analógico.

Desde entonces los sistemas de transmisión digital tienen la habilidad de eliminar con calidad la transmisión de ruido, la calidad de señal puede ser mejorada. De cualquier modo sobre todo el costo de una red híbrida es muy alto (convertidor A/D en cada punto de la conmutación).

En disposición a mejorar el costo-eficiencia la administración de teléfono aprobó eliminar el intermedio de convertidores A/D. Por lo tanto un conmutador TDM(digital) se desarrolló. Con la

comercialización de la central digital en 1980s (construcción de una central alrededor de un conmutador digital), el camino está ahora abierto para la introducción de la nueva red de teléfono en costo-eficiencia que consiste en centrales digitales y sistemas de transmisión digital. Esta red es llamada "RED DIGITAL INTEGRADA" (IDN o RDI).

Las necesidades de las comunicaciones modernas, como por ejemplo, la demanda de la transmisión de datos, facsimil y video de los usuarios, de éstos y otros servicios, ha propiciado establecer un compromiso internacional para sustituir una parte considerable del sistema telefónico, en el mundo entero, por un sistema digital. Su principal objetivo consiste en la integración de los servicios de voz, con los servicios que no utilizan la voz.

Dado que la RDSI es fundamentalmente un rediseño del sistema telefónico, la coordinación internacional se está llevando a cabo en el CCITT, y en sus muchos grupos de investigación afiliados, más que por la ISO (Organización Internacional de Normalización). Los trabajos del CCITT se realizan por ciclos de cuatro años, con grupos de investigación encargados de preparar recomendaciones que se van a enviar a la Sesión Plenaria celebrada cada cuatro años. Las recomendaciones básicas del CCITT se aprobaron en 1984, con algunas mejoras efectuadas en 1988. La figura 5.1 muestra una lista de estas recomendaciones.

Número	Título
1.120	Redes digitales de servicios integrados
1.210	Principios de servicios de telecomunicaciones soportados por una RDSI
1.211	Servicios portadores soportados por una RDSI
1.310	Principios funcionales de la RDSI
1.320	Manual de referencia de protocolo RDSI
1.411	Configuraciones de referencia-interfase usuario-red de la RDSI
1.412	Estructura y acceso de la interfase usuario-red de la RDSI
1.420	Interfase básica usuario-red
1.421	Acceso a la velocidad principal usuario-red
1.430	Especificación de la capa 1-interfase básica usuario-red de la RDSI

Figura 5.1 Algunas de las principales recomendaciones RDSI del CCITT

- 1.431 Especificación de la capa 1-interfase usuario-red de la velocidad primaria
- 1.440 Aspectos generales-protocolos de la interfase de la capa de enlace de datos usuario-red de la RDSI
- 1.441 Especificación de la interfase de la capa de enlace de datos usuario-red de la RDSI
- 1.450 Aspectos generales-interfase de la capa 3 usuario-red de la RDSI
- 1.451 Especificación-interfase de la capa 3 usuario-red de la RDSI

Figura 5.1 Algunas de las principales recomendaciones RDSI del CCITT (continuación)

En esencia, todas las informaciones (voz, datos, televisión, facsimil, etc) se transmiten mediante tecnología digital. Los objetivos principales de la RDSI son cinco:

1. Ofrecer una red digital uniforme a escala mundial que proporcione una amplia gama de servicios y que emplee las mismas normas en todos los países.
2. Ofrecer un conjunto uniforme de normas para la transmisión digital de una red a otra y a través de cada red.
3. Proporcionar una interfaz de usuario normal para la conexión a la RDSI, con el fin de que los cambios internos de la red no afecten al usuario final.
4. En combinación con el tercer objetivo, proporcionar al usuario final independencia: para la red RDSI no tiene relevancia las características de la misma.
5. En relación directa con los objetivos 3 y 4, ofrecer a las aplicaciones y ETD de usuario portabilidad.

La RDSI se centra en tres aspectos fundamentales:

1. Normalización de los servicios que se ofrecen a los abonados, con el fin de favorecer la compatibilidad internacional
2. Normalización de las interfases entre el usuario y la red, con objeto de promover el desarrollo de terminales y equipos de red por parte de fabricantes independientes
3. Normalización de las posibilidades de la red, con el fin de favorecer las comunicaciones entre usuarios y redes.

La red de teléfono analógico frecuentemente utiliza sistemas de multiplexación por división de frecuencia (FDM) en troncales iguales. Como resultado la frecuencia máxima con que puede ser transmitida en esta red es de 3400 Hz.

La transmisión característica de la red híbrida (transmisión digital, conmutación analógica) es también limitada en frecuencia a casi 4000 Hz (convertidores A/D utilizan un valor de muestra de 8 KHz). Desde que la RDI no contiene convertidores A/D internos de la red actual, las limitaciones previas no aplican algo más. Las características de transmisión en una red digital son expresadas como números de bits de datos/segundo. Un canal multiplexor por división de tiempo (TDM) le corresponde 8 bits/125 microsegundos,

la velocidad de la RDI corresponde a 64000 bits/segundo. Aunque la RDI proporciona canales punto-a-punto de 64000 bits/segundo, el usuario accesa silenciosamente a la red entre la línea del suscriptor analógico. El usuario transmite tranquilamente palabras en el canal (300 - 3400 Hz).

A principios de 1975, las redes de computadores permanecían en el interior del edificio. Desde 1975 ciertos usuarios, por ejemplo los bancos, deseaban conectarse a terminales lejanas en sus diferentes ramas al computador de la oficina central. Esto requería una red de larga distancia adecuada para transmisión de datos. Sólo la red disponible a mediados de los setentas con fácil acceso en el ancho-mundo fue la red de teléfono. Por lo tanto lo lógico fue conectar terminales a ella. Desde entonces las características de las cadenas de bits para una terminal requiere altas frecuencias, esta conexión no puede ser realizada directamente y se requiere un circuito de adaptación entre la terminal y la red analógica: el modem. Este modem convierte la cadena de bits dentro de un canal que puede ser llevado en la red del teléfono.

La velocidad de transmisión-datos a una razón de costo del modem es malísimo. Los modem típicos trabajan a velocidades formales de 300 a 2400 bits/segundo. Las velocidades de transmisión más altas (subiendo a 14 400 bits/segundo) requieren alta inversión.

La red de teléfono típicamente opera en una modalidad de conmutación de circuito. Desde el tiempo de desconexión hasta el tiempo de soltar la llamada un circuito es reservado para una comunicación, normalmente muchísima transmisión de datos en el otro punto es interrumpida. El medio es utilizado sólo una fracción del tiempo entre logon y logoff. Una red con operación en una modalidad de conmutador de paquetes puede ser mucho más eficiente. En la modalidad de conmutación de paquetes ningún circuito físico está reservado para la duración de la llamada. Los mensajes están preparados, proporcionados con la información de dirección necesaria. Por separado cada mensaje es entregado a la red. Este carácter es entonces entregado al destino utilizando la información en la dirección del campo.

5.1 Requerimientos de una Red de Telecomunicaciones Digital

A principios de 1980, aparece el conmutador digital ofreciendo una eficiente comunicación de datos también se utiliza como buena calidad al hablar. Se reconsideró apropiado considerar la prueba de requerimientos necesarios para telecomunicaciones futuras. En los servicios a fin de ser capaz a responder a los requerimientos

del usuario en la dirección de lo más eficiente en costo.

Una red de telecomunicaciones digital debe proporcionar una amplia clasificación de servicios en el área de voz también como datos y aplicaciones de video.

Las aplicaciones de datos son proporcionados a una velocidad adecuada, dependiendo de la aplicación. Sobre todo el costo para todos son minimizados.

Estos costos incluyen:

- costo de cableado
- costo de conmutación
- costo de transmisión
- costo para equipo de termino-usuario

Covertura Grande

La red debe proporcionar los circuitos, también como un paquete de conmutación.

En orden se minimiza la cantidad de equipo termino-usuario, traducción y emulación de la terminal de servicios que debe proporcionarse en alguna parte de la red. Como resultado, dice el PC IBM, un microcalculador compatible con capacidad de transmisión

elemental puede utilizarse como cualquier tipo de terminal o como sistema único. Esto reduce hardware y costo de cableado en gran parte.

Numerando planes con esto al mismo tiempo las nuevas redes son requeridas en un amplio-mundo, facil-a-utilizar y consistente. Todo el equipo debe tener el mismo número a las premisas del mismo termino-usuario.

Se deducen las siguientes conclusiones:

- Queda la telefonía como el número uno en el servicio de telecomunicaciones
- La comunicación de datos es más y más importante especialmente para los negocios termino-usuario, donde múltiples servicios de datos son ofrecidos conmutando en uno u otro circuito o conmutando paquetes del medio.
- Conmutando voz y no voz accediendo a uno u otro al mismo tiempo o subir a diferente destino al abrir un recorrido total de un nuevo servicio de datos. La implementación reduce en orden el costo como quiera que sea, este servicio debe proporcionarse existiendo el cableado del suscriptor. Proporcionándose por "acceso integrado", existiendo comunicación en el cableado de

voz con no-voz. En este camino, se utiliza la línea local de planta optimizada.

- Se proporciona un tipo de control avanzado. En otras palabras, se proporciona una avanzada señalización usuario-a-red. En este camino, los usuarios pueden solicitar aspectos adelantados de la red.

La RDI proporciona la capacidad de transmisión de datos a 64000 bits/seg. en un camino de conmutación de circuitos. La introducción de conmutación de paquetes dentro de este punto de conmutación es posible a un costo marginal. Si ahora el suscriptor accesa es modificado a un acceso digital (TDM), dentro de la red envuelve una red completamente digital para datos y conversación.

Esta red basada en la RDI (Red Digital Integrada) en que la conmutación de paquetes es introducida, y esta se proporciona con interfases especiales usuario-a-red llamándose la **Red Digital de Servicios Integrados**.

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

Red de propósito general, con la posibilidad de conectividad digital punto-a-punto con un acceso que es capaz de soportar un arreglo amplio de intervalos de servicios proporcionados por medio de una pequeña colocación de interfases normales

En el ambiente de los negocios el termino punto-usuario, fija un número de requerimientos en la red de telecomunicaciones:

- La instalación de punto-usuario proporciona el cargo de un número de servicios, voz como también no voz
- Es apto para utilizar en paralelo voz y no voz
- Los servicios de datos se proporcionan a velocidad apropiada y a un "bajo" costo (cargo)

En orden se ofrecen estos servicios, la terminal se proporciona con un acceso de conmutación de servicios de voz y no voz. Estos servicios se ofrecen por uno u otro en número de redes separadas o una red integrada.

Las administraciones como quiera que sea responden a los requerimientos de los usuarios, optimizando su inversión por:

- La integración de redes diferentes en la transmisión y nivel de conmutación

- Hacer la utilización óptima de instalación común de cableado en la planta local. A esto optimizado en orden, se proporciona la integración de servicios en una conexión de 2 hilos
- La inversión de los servicios extras también se realiza más eficientemente, moviéndose por los servicios dentro de la red pública. Aquí ellos pueden ser compartidos por un extenso grupo de usuarios

5.2 Acceso Digital

La RDSI puede realmente ser considerada como una evolución natural de la red de teléfono en la red digital integrada, las conexiones digitales punto-a-punto están disponibles entre las centrales locales. Los suscriptores accesan silenciosamente en la red a través de una línea de acceso analógico. En este medio está toda la información transmitida en la red de teléfono en la forma de señal de voz analógica.

Sin embargo puede ser una buena idea para proporcionar un acceso digital para la red digital integrada. Se reduce en orden el costo como quiera que sea, existiendo la línea de suscriptor este acceso es soportado.

Como resultado, numerosos estudios comenzarán en la primera mitad de los 1980s a la posibilidad de contener la técnica de la transmisión digital de el cableado existente del suscriptor.

Durante estos estudios, aparecen los siguientes puntos convenientes:

- Es posible sostener una transmisión duplex completa de la información digital existiendo cableado de suscriptor
- Puede proporcionarse un recorrido de datos de 144 Kbit/seg. Sin embargo es inútil porque la troncal de red sólo soporta canales operando a 64 Kbits/segundo. Como resultado, en la línea del suscriptor la información es multiplexada dentro de tres canales utilizando multiplexación por división de tiempo.

El primer canal es un canal de comunicación y opera a una velocidad de 64 Kbits/segundo.

El segundo canal es también un canal de comunicación y opera a una velocidad de 64 Kbits/segundo.

El tercer canal es utilizado para la central señalizando información. Este canal opera a una velocidad de 16 Kbits/segundo. Utilizando esta línea de acceso digital, el suscriptor puede ahora

conectar directamente terminales de datos a la red sin utilizar un modem.

La colocación de telefonos pueden ser conectados también a esta línea de acceso digital. En este caso, la voz es convertida dentro de una forma digital interna al colocar el teléfono.

5.2.1 Características

La RDSI ofrece mucho más que un simple acceso digital de línea a la red de teléfono. Algunos de estos aspectos extras son descritos aquí.

- Cada acceso RDSI de línea ofrece dos canales de comunicación. Como resultado, dos comunicaciones pueden ser establecidas en cada línea de acceso
- Los teléfonos de RDSI están equipados con un exhibidor. Este exhibidor visualiza el número de la llamada del suscriptor durante la fase resonante de la llamada
- En la línea de acceso, la información es enviada señalizando un canal dedicado, el canal señalizado es silenciosamente accesible para cuando los canales-B están utilizandose

- La RDSI automáticamente selecciona el equipo compatible. En otras palabras, al hacer una llamada automáticamente llega a una pieza de equipo compatible. Como resultado, diferentes piezas de equipo incompatible pueden ser conectadas a la misma línea del suscriptor y puede ser llamado utilizando el mismo número de directorio. La red automáticamente escoge el equipo compatible en la línea del suscriptor apropiado.

Aunque el servicio principal seguirá siendo la voz, ésta puede enriquecerse con algunos otros. Por ejemplo, muchos directores de compañías poseen un botón de intercomunicación en sus teléfonos, por medio del cual llaman a sus secretarías en forma inmediata (sin necesidad de que exista un tiempo de establecimiento). Una característica de la RDSI es la de considerar teléfonos con botones múltiples para establecer instantáneamente llamadas a teléfonos localizados arbitrariamente en cualquier parte del mundo. Otra característica es la de exhibir en un tablero luminoso el número telefónico, nombre y dirección de la persona que llama, mientras suena el teléfono. Una versión más sofisticada de esta característica, permite conectar el teléfono a un ordenador para que se muestre en una pantalla, mientras suena el timbre, el registro de una base de datos de la persona que llama. Un corredor

de bolsa, por ejemplo, podría hacer que, en el momento de contestar el teléfono, los valores de cartera de la persona que lo llama estuvieran ya preparadas en la pantalla, junto con los precios actuales y monto de acciones correspondientes.

Otros servicios de voz son aquellos que consideran la transferencia de llamadas y la reexpedición de las mismas a cualquier número en el mundo entero, así como las llamadas colectivas (que incluyen más de dos personas) a nivel mundial. Además, las técnicas de lenguaje digitalizado permiten que las personas que llaman, al recibir una señal de ocupado, o descubrir que no hay nadie en casa, puedan dejar un mensaje. Aunque ya existen las máquinas contestadoras, la mayoría de los hogares no las tienen y algunos jamás las tendrán, pero podrían utilizar el servicio, si fuera parte del sistema telefónico y si costase poco.

Los servicios de transmisión de datos de la RDSI permitirán a los usuarios conectar su terminal u ordenador a cualquier otro del mundo. Otra característica importante de la transmisión de datos es la referente a los grupos privados de usuarios, en donde sus miembros sólo pueden llamar a otros miembros del mismo grupo, y ninguna llamada, fuera del grupo, será aceptada (excepto de forma cuidadosamente controlada). Esta peculiaridad es muy útil para una compañía que emplea el sistema telefónico como una red privada; las cuales son de gran importancia por razones de

privacidad y seguridad para muchas compañías, y también para agencias del gobierno, de la diplomacia y agencias militares.

5.3 Servicios RDSI

Una de las razones principales de la RDSI ha sido la demanda de nuevos servicios y el deseo de su integración con la telefonía de voz.

El **videotex** es un acceso interactivo a bases de datos remotas, para una persona con terminal. Por ejemplo el correo, telégrafo y teléfono, suprimen los directorios telefónicos y la información por operadora (con un ahorro tremendo) mediante el suministro de pequeños terminales a cada uno de los abonados para acceder al directorio telefónico.

El directorio telefónico es sólo una pequeña muestra de la aplicación del videotex. También tener en línea a la sección amarilla, teclear el nombre de un producto para obtener una lista de las compañías que lo venden, seleccionar una de estas compañías y obtener una lista de precios, en la pantalla de su terminal. El usuario finalmente, podría comprar el producto indicado al hacer simplemente el registro de su número de orden en la línea y

cargarlo a su tarjeta de crédito o recibo telefónico. En otras aplicaciones al quedar instalado el sistema de videotex básico, se puede mencionar: las reservas en líneas aéreas, hoteles, teatro y restaurantes, así como la realización de operaciones bancarias y otras muchas aplicaciones.

El telex esencialmente es una forma de correo electrónico para utilización doméstica y de negocios. En casi todos los países, el sistema telefónico obtiene un gran beneficio, en tanto que el sistema postal tiene una pérdida enorme, (por resultar mucho más económico enviar bits en forma electrónica desde Nueva York hasta California, que transportarlos físicamente por avión, camión o, en caso extremo, a pie). Por lo tanto, tiene sentido, desde el punto de vista económico, transformar cada teléfono en una estación de trabajo terminal/teléfono, no sólo para fines de utilización en videotexto, sino también para redactar, archivar, imprimir, recibir, editar y enviar correo electrónico, con objeto de reducir la carga que actualmente recae sobre el sistema postal.

El servicio teletex debe ser económico para que tenga una gran aceptación, así que está diseñado para los terminales sencillos dedicados a texto y gráficos básicos. Muchos negocios necesitan enviar contratos con firmas manuscritas, gráficas, diagramas, copias heliográficas, ilustraciones y otro tipo de materiales gráficos a destinos lejanos.

El Facsimil (con frecuencia llamado fax), mediante el cual se registra y digitaliza una imagen electrónicamente. El flujo de bits resultante es transmitido al lugar de destino para ser dibujado en una hoja de papel (una máquina fotocopidora, en realidad), con la ventana de entrada y la bandeja de salida en ciudades diferentes. Como en el caso de teletex, aquí es necesario archivar, editar, expedir y difundir imágenes de facsimil.

El facsimil no se limita al copiado de documentos en papel, sino que generalmente es útil en la transmisión de cualquier tipo de imágenes. Por ejemplo, las conferencias telefónicas de negocios podrían aumentar, al tener gráficas y dibujos sobre pizarrones, que se pudieran transmitir junto con las voces.

El facsimil es otro de los servicios que necesita un gran ancho de banda, aun cuando existe cierto tipo de servicios potenciales que sólo necesiten un ancho de banda reducido, los que normalmente se conocen como servicios de telemetría o alarma. Por ejemplo, resulta un gasto enorme establecer una gran organización de gente y automóviles para recolectar un número de 32 bits en cada domicilio particular (la lectura de medidores de electricidad). Sería mucho más eficiente tener al medidor en línea, para que la compañía eléctrica pudiera tomar lectura, con el simple hecho de llamar al teléfono respectivo.

Los servicios de alarma incluyen a los detectores de humo e incendios de casas particulares y negocios, que automáticamente llaman al departamento de bomberos, en el momento que detectan el humo o fuego. Si el teléfono del departamento de bomberos muestra automáticamente el número telefónico, nombre y domicilio de la persona que llama, los detectores podrán abaratare porque, no tendrán que identificarse cuando realicen la llamada.

5.3.1 Arquitectura del Sistema RDSI

La idea principal detrás de la RDSI es la del bus digital de bits, que viene a ser un conducto conceptual entre el usuario y el proveedor de servicios portadores por el fluyen los bits. Lo importante aquí es, que el flujo de bits fluye por el bus en ambas direcciones, independientemente de su procedencia, ya sea que se haya originado en un teléfono digital, un terminal digital, una máquina digital facsimil u otro tipo de dispositivo.

El bus digital de bits soporta, generalmente, varios canales independientes mediante la multiplexión por división en el tiempo del flujo de bits. El formato exacto del flujo de bits y su multiplexión es una parte de las especificaciones de interfase, cuidadosamente definida. Para el bus de bits se han desarrollado

dos normas principales, una con un ancho de banda reducido para aplicaciones domésticas y otro con un ancho de banda mayor para negocios, que soporta múltiples canales, idénticos al canal de utilización doméstico. Es más, los negocios pueden tener conductos de bits múltiples si necesitaran una capacidad adicional que rebasa la que les puede proporcionar la norma para conductos de negocios.

En la figura 5.2 puede observarse la configuración normal utilizada en hogares o negocios pequeños. El que proporciona el servicio coloca un dispositivo terminal de la red, NT1, en el local del cliente y lo conecta a la central RDSI en la oficina del proveedor, localizada a varios kilómetros de distancia, por medio de un par trenzado que previamente se utilizó para conectarlo al teléfono del cliente. La caja NT1 tiene un conector, sobre el que se puede insertar un bus pasivo. Este cable puede soportar hasta ocho teléfonos de la RDSI, así como terminales, alarmas y otros dispositivos, de la misma manera en que se conectan a una LAN (red de área local). El límite de la red, desde el punto de vista del usuario, es el conector que es situado en la caja NT1.

En realidad, la caja NT1 es más que un tablero de conexión, ya que contiene la electrónica para la administración de redes, para la prueba en anillo de los circuitos locales y remotos, y para el mantenimiento y vigilancia del rendimiento. Por ejemplo, para cada

dispositivo del bus pasivo debe tener una dirección única para poderse direccionar.

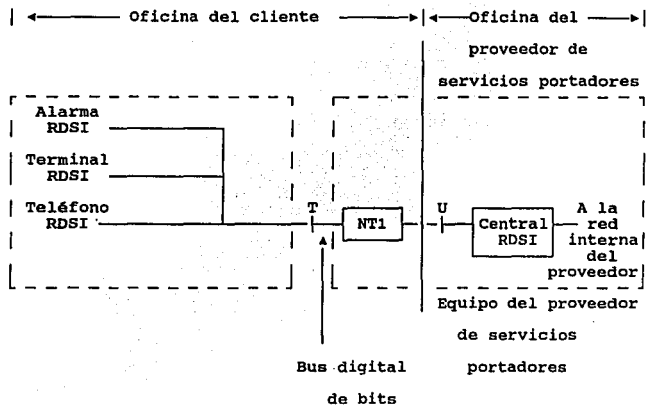


Figura 5.2 Ejemplo de un sistema RDSI para utilización doméstica

Un planteamiento consistiría en tener una redcilla en cada dispositivo RDSI, e indicar a los usuarios que, cuando se instale una nueva alarma contra robo, ésta tenga una dirección diferente a la del teléfono, al detector de humo y termostato. La probabilidad de que el promedio de los usuarios hagan esto correctamente es cercano a cero. En su lugar, cuando se activa un nuevo dispositivo en el bus, le solicita a NT1 una dirección, el cual comprueba su lista de direcciones utilizadas, y después le carga al nuevo dispositivo una dirección disponible.

NT1 también contiene una lógica para decisión de contienda tal que, si existen varios dispositivos tratando de acceder al mismo tiempo al bus, se pueda determinar quién deberá ser el ganador. En términos del modelo OSI, NT1 viene a ser fundamentalmente un dispositivo de la capa física, cuya función está relacionada con la forma de las conexiones y los voltajes utilizados para representar bits, pero no se sabe nada acerca de la manera en que están construidas las tramas sobre el flujo bruto de bits.

Para negocios muy grandes vea el modelo de la figura 5.3. En este modelo se encuentra un dispositivo, NT2, denominado PBX (central privada), que se conecta a NT1 y proporciona la interfase real para los teléfonos, terminales y otros equipos. Desde el punto de vista conceptual, una PBX de la RDSI no es muy diferente a una central RDSI, aunque en general es más pequeña y no puede manejar tantas conversaciones al mismo tiempo.

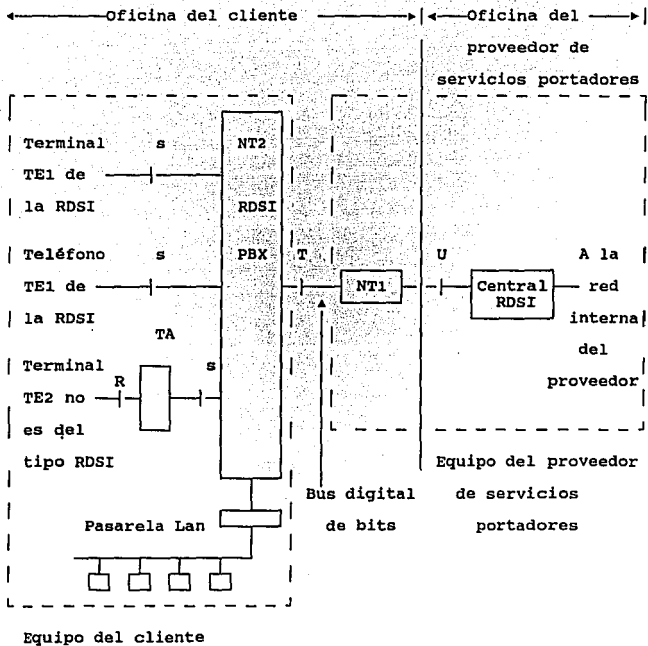


Figura 5.3 Ejemplo de un sistema RDSI con una PBX para utilización de compañías grandes.

Las llamadas que se hacen entre dos teléfonos o terminales localizados en el interior de la compañía, para las que generalmente se marcan los cuatro dígitos de la extensión, se realiza, en el interior de la central PBX, sin que la RDSI tenga conocimiento del proveedor de los servicios portadores. Cuando un empleado marca el "9" (o algún otro código), para obtener una línea externa, la PBX asigna un canal en el bus digital de bits de salida y lo conecta al que llama. Si no hay disponible ningún canal, el que llama escucha una señal de ocupado. Las PBX cubren las capas 1 a 3, por lo menos, del modelo OSI.

Una PBX de la RDSI puede directamente conectarse a los terminales y teléfonos de la RDSI. Sin embargo, el mundo todavía está lleno de dispositivos que no son RDSI, como son los terminales RD-232-C, por ejemplo. Por acomodar a éstos, el usuario puede instalar uno o más adaptadores de terminal que le hablen en RS-232-C al terminal y en RDSI a la PBX. En síntesis en la figura 5.3 se describen cinco tipos de dispositivos en el local del usuario, distribuidos de la siguiente manera:

1. NT1: frontera con la red.
2. NT2: usuario PBX.
3. TE1: terminal RDSI.

4. TE2:terminal que no es RDSI.

5. TA:adaptador de terminal.

El CCITT definió cuatro puntos de referencia, el R, S, T y U, entre los diferentes dispositivos, los cuales están indicados en la figura 5.3. El punto de referencia U es la conexión entre la central RDSI en la oficina del proveedor de servicios y la NT1. Constituido por un par trenzado de dos hilos de cobre o fibras ópticas. El punto de referencia T es lo que el conector NT1 provee al usuario. El punto de referencia S es la interfase entre la PBX de la RDSI y las terminales de la RDSI. El punto de referencia R es la conexión entre el adaptador del terminal y los terminales que no corresponden a RDSI. Son varios los tipos de interfases que se pueden utilizar en R.

La NT1 puede constituir la frontera de la RDSI de la compañía; puede estar controlada por la empresa explotadora de la red. Proporciona al usuario un interfaz fijo y normalizado con la RDSI. La NT1 se encarga de que la red sea transparente para el usuario, y lo aísla de los aspectos físicos de la RDSI.

Las funciones de la NT2 (terminación de la red 2) son equivalentes a las del nivel físico y los niveles superiores del modelo ISA. Como ejemplo de las funciones NT2 podemos citar las

centralitas privadas (PBX), las redes de área local (LAN) y los controladores de terminales o concentradores. En otras palabras, la que NT2 puede ser una centralita, una red local o un controlador de terminales, puede llevar a cabo funciones como la conmutación, multiplexado o gestión de protocolos. Su responsabilidad abarca principalmente el manejo de protocolos de los niveles 2 y 3.

Las funciones concretas a realizar no están estipuladas dentro de las recomendaciones de la RDSI. Sin embargo, se deja una cierta libertad para que un PBX pueda llevar a cabo funciones en los niveles 1, 2 y 3, mientras que un simple multiplexor por división de tiempo (TDM) sólo realizaría, seguramente, funciones en el nivel 1.

La NT12 (terminación de la red 1,2) es un dispositivo multifunción que combina capacidades de los equipos NT1 y NT2. Los dispositivos enlazan con su función a través de un conector de punto de referencia S.

El Adaptador de Terminal (TA) es en realidad un convertidor de protocolo que transforma los interfaces existentes RS-232--C, V.24 o X.21 en una interfaz RDSI normal. Las normas de la RDSI permiten combinar la función del TA con la de un ETD de usuario. Su principal función es ofrecer una conexión RDSI a un dispositivo de equipo terminal final.

5.4 La PBX Digital

La moderna PBX, a la que también se le conoce como PABX (central privada automática, CPA), es un sistema de tercera generación. La PBX de la primera generación fueron secciones de tableros operados por personas.

Para hacer una llamada, un empleado tomaba el teléfono que le daba una señalización al operador y éste preguntaba: "Por favor, qué número desea?". El operador, entonces, lo conectaba a la extensión deseada, o bien, a una línea externa, insertando los dos extremos de un cable corto, utilizado como puente, en la PBX para establecer un circuito físico entre la persona que llama y el destinatario. La segunda generación de PBX trabajó de la misma manera, con la excepción de emplear relés electromecánicos, encargados de hacer la conexión en lugar del operador manual.

La tercera generación de PBX tiene la estructura general mostrada en la figura 5.4. El corazón de la PBX es un circuito conmutador en el que se insertan los módulos.

Cada módulo en tarjeta sirve de interfase con alguna clase de dispositivo y produce una salida como flujo de bits de la RDSI. Un módulo para RDSI no tiene mucho trabajo que hacer, pero un módulo para teléfono analógico deberá digitalizar la señal en el

formato requerido RDSI. Los módulos de la troncal se conectan a la central RDSI.

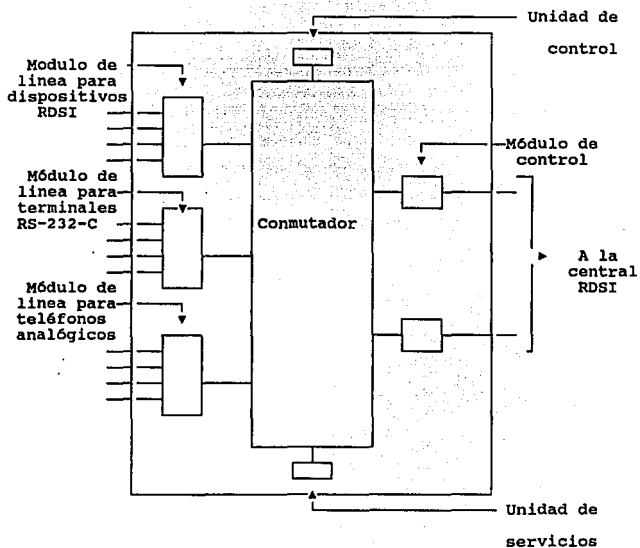


Figura 5.4 Estructura de bloques de una PBX digital

La unidad de control es un ordenador de propósito general que hace funcionar la PBX. Cuando se descuelga un teléfono o se activa una terminal, llega una interrupción al módulo de control, desde la línea del módulo apropiada. Posteriormente, esta unidad de control recibe los dígitos del número llamado y establece la conmutación para crear un circuito entre los dos dispositivos, el que llama y el llamado. La unidad de servicio proporciona los tonos de marcar, las señales de ocupado y algunos otros servicios necesarios para la unidad de control.

Comúnmente se utilizan dos tipos de conmutadores; uno de ellos, el conmutador matricial, se muestra en la figura 5.5. En una PBX con n líneas de entrada y n líneas de salida (es decir, n líneas dúplex), el conmutador matricial tiene n^2 intersecciones, en donde una línea de entrada y una línea de salida se puede conectar mediante un conmutador de naturaleza semiconductor, tal y como se muestra en la figura 5.5.

En la figura 5.6 se muestra un ejemplo en el que la línea 0 está conectada a la línea 4, la línea 1 a la línea 7 y la línea 2 a la línea 6; en tanto que la línea 3 y 5 no tienen conexión. Todos los bits que llegan a la PBX desde la línea 4, por ejemplo, se envían inmediatamente a la línea de salida 0 de la PBX. De este modo el conmutador matricial realiza la conmutación de circuitos haciendo una conexión eléctrica directa, como la hacían los cables

utilizados como puente en la primera generación de las PBX, pero automáticamente y en unos cuantos microsegundos.

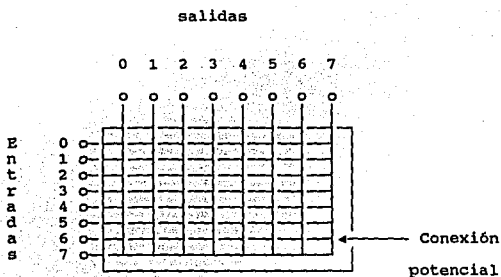
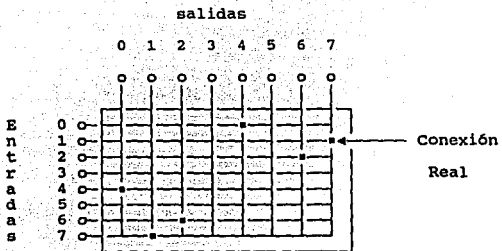


Figura 5.5 Conmutador matricial sin conexiones



0 conectado con 4

1 conectado con 7

2 conectado con 6

Figura 5.6 Conmutador matricial con tres conexiones establecidas

El problema que surge con un conmutador matricial es que el número de puntos de cruce aumenta con el cuadrado del número de líneas de la PBX. Si se supone que todas las líneas son dúplex y que no hay conexiones consigo mismo sólo serán necesarios los puntos de cruce que se encuentran arriba de la diagonal.

Por lo tanto, se necesitan $n(n-1)/2$ puntos de cruce. Para $n=1000$, serán 499 500 puntos de cruce los que se necesiten. En tanto la construcción de un chip VLSI (con una alta escala de integración) con este número de transistores de conmutación, es por lo menos concebible, no podría construirse un chip con 1000 patillas. Sin embargo, dividiendo al conmutador matricial en pequeños tramos e interconectándolos entre sí, es posible construir conmutadores multietapa.

Un tipo de conmutador completamente diferente es el conmutador por división de tiempo, mostrado en la figura 5.7. Con este tipo de conmutación, las n líneas de entrada se muestran en secuencia, para constituir una estructura de entrada con n ranuras; en donde cada una de estas ranuras tiene k bits. Para las PBX de la RDSI, las ranuras tendrían 8 bits, normalmente, construidas con 8000 tramas y procesadas cada segundo (la RDSI utiliza la norma PCM).

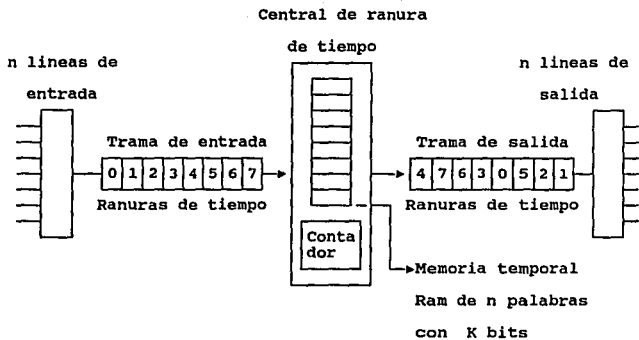
La parte medular del conmutador por división de tiempo es el intercambiador de ranuras de tiempo, que acepta y produce tramas, en la entrada y salida respectivamente, en las que las ranuras se

han reordenado. En la figura 5.7, la entrada de la ranura 4 sale en primer lugar, después la 7, y así sucesivamente.

Por último, se demultiplexa la trama de salida con la ranura de salida con la ranura de salida 0 (en la ranura de entrada 4), dirigiéndose a la línea 0, y así sucesivamente. En pocas palabras, el conmutador mueve un octeto de la línea 4 de entrada a la línea 0 de salida; otro octeto de la línea 7 de entrada a la línea 1 de salida, y así sucesivamente. El resultado completo, visto desde fuera, corresponde a un circuito conmutador, aun cuando no existan conexiones físicas que lo demuestren.

El intercambiador de ranura de tiempo trabaja de la siguiente forma: cada ranura (es decir, un octeto), se escribe en una memoria temporal RAM, localizada en el interior del intercambiador, cuando una trama de entrada está lista para su procesamiento. Las ranuras se escriben ordenadamente, de tal forma que la palabra i , en la memoria temporal, contiene la ranura i .

Después de que todas las ranuras de la trama de entrada se almacenan en la memoria temporal, se construye nuevamente la trama de salida por medio de la lectura de las palabras, pero en un orden diferente. Un contador va de 0 a $(n-1)$. En el paso j , se lee el contenido de la palabra j , de una tabla de transformación, la cual se utiliza para direccionar la tabla RAM.



7	1
6	2
5	5
4	0
3	3
2	6
1	7
0	4

Tabla de transformación de n palabras

Figura 5.7 Conmutador por división en el tiempo

De esta forma, si la palabra 0 de la tabla de transformación contiene un 4, la palabra 4 de la memoria temporal RAM será la primera en ser leída, y la primera ranura de la trama de salida será la ranura 4 de la trama de entrada. El contenido de la tabla de transformación determina qué permutación de la trama de entrada se generará como trama de salida y también, que línea de entrada se conectará a que línea de salida.

Ahora está más claro el papel que desarrolla una unidad de control en un conmutador por división en el tiempo. Su función consiste en establecer las conexiones por medio del ajuste del contenido de la tabla de transformación de ranuras. Si una conexión bilateral simultánea entre ranuras i y j se establece, la ranura i en la tabla de transformación toma el valor j y la ranura j en la de i .

Los conmutadores por división en el tiempo utilizan tablas que son lineales, más que cuadráticas, con respecto al número de las líneas, pero tienen otra limitación. Dentro del periodo de una trama, alrededor de 125 microsegundos, se necesitan almacenar n ranuras en memoria temporal de RAM y después leerlas nuevamente. Si cada uno de los accesos a memoria toma T microsegundos, el tiempo necesario para procesar una trama es de $2nT$ microsegundos, de tal forma que tienen $2nT=125$ o $n=125/2T$. Para una memoria con un tiempo de 100 ns por ciclo, se pueden llegar a tener 625 líneas

como máximo. También se puede poner esta relación en forma inversa y utilizarla para determinar el ciclo de memoria que se necesita para soportar un número de líneas dado. Como en el caso del conmutador matricial, aquí es posible tener los conmutadores multietapa, a través de los cuales se puede dividir el trabajo en varias partes y después combinar los resultados ordenadamente para manejar un número de líneas mayor.

5.5 INTERFASE DE USUARIO DE LA RDSI

La RDSI es un sistema dinámico que puede cambiar y adaptarse a las necesidades particulares del usuario en cada momento. Las señales transportadas por la RDSI pueden ser una mezcla de voz, datos y video, hasta cubrir la capacidad del circuito de enlace (figura 5.8). Un abonado a RDSI puede acceder simultáneamente a servicios de conmutación de circuitos y de paquetes.

En el nivel de línea, se introduce una interfase cableando en la planta existente. Este "acceso básico" (AB) será utilizado al proporcionar servicios para los usuarios o a pequeñas PABXs. Los usuarios de grandes datos requieren una porción de los canales, están conectados a la RDSI por lo menos de un acceso de valor

primario (AVP). En cada una de estas interfases normalmente un número de canales están definidos por CCITT.

observaciones:

Para información detallada acerca de estas interfases, pueden ser consultadas las recomendaciones de la CCITT.

Para señalización de interoficina se utiliza la señalización N7 de CCITT

Se proporcionan redes de datos dedicadas a interfases. Estas interfases utilizan el protocolo X.25.

Una de las prestaciones verdaderamente exclusiva de los servicios RDSI es de que mientras los restantes servicios cargan sus cuotas por tiempo de conexión, RDSI lo hace en base a la capacidad de enlace utilizada. Recordemos que el objetivo de la RDSI consiste en presentar al usuario un conducto digital de bits. Pero, antes de analizar detalladamente este tipo de interfase, es conveniente hacer notar que el término "interfase" tiene un significado diferente en el campo de aplicaciones de la RDSI que el que tiene en la OSI. En la figura 5.9 puede verse el esquema, ahora ya bastante conocido, de OSI en donde el término "interfase" se refiere a los límites que existen entre dos capas de la misma máquina y las líneas horizontales corresponden a los protocolos de igual a igual.

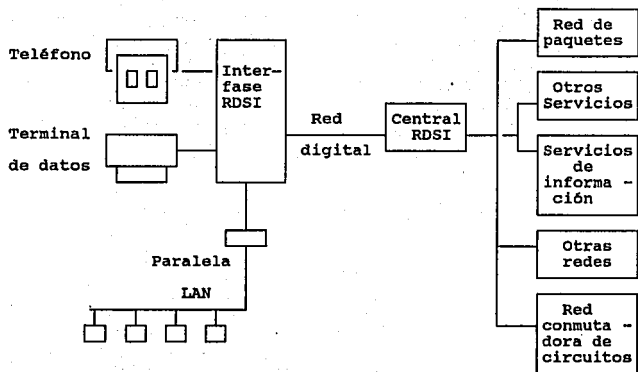


Figura 5.8

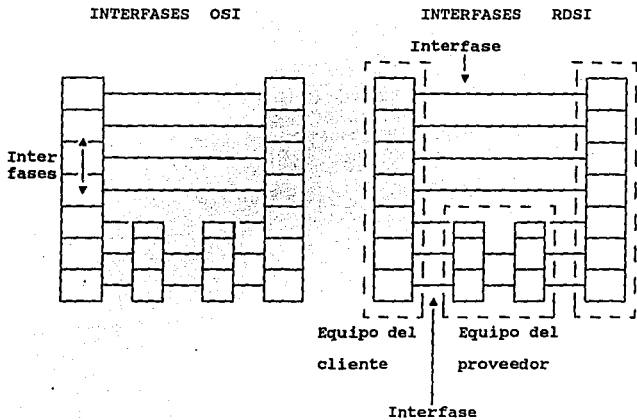


Figura 5.9 Interfases en un modelo OSI y RDSI

La manera en que el CCITT ve su campo de aplicaciones es diferente porque aquí está, primordialmente, relacionada con la interfase que existe entre el equipo del proveedor de servicios portadores y el del usuario, así que han acordado definir el término de "interfase" para indicar los protocolos de igual a igual de las capas inferiores de la estructura, como se muestra en la figura 5.9.

Las capas de la RDSI están estructuradas en una forma semejante a la que se tiene en el modelo OSI, aunque la correspondencia no es muy exacta y muchos de los protocolos de la RDSI no están relacionados con los del modelo OSI correspondientes a la misma capa. La capa física RDSI, al igual que la correspondiente del modelo OSI, trata de los aspectos mecánicos, eléctricos, funcionales y de procedimiento de la interfase. Para comenzar, la RDSI utiliza un nuevo tipo de conector que no tiene ninguna relación con los conectores tipo D de 25, 37 y 9 patillas, que comúnmente se emplean en la RS-232-C y RS-449. El conector RDSI tiene ocho contactos, dos de los cuales se utilizan para transmitir y para la tierra de la transmisión; dos más se utilizan para recibir y para la tierra de recepción; y los cuatro restantes se utilizan como un medio de alimentación de energía, de NT1 o NT2 al terminal, o viceversa. Con la utilización de este esquema de transmisión balanceada, el cable de la RDSI, de la misma manera que la RS-422-A, puede tener hasta

1 Km de longitud, con una excelente inmunidad al ruido.

Como se mencionó anteriormente, el conducto de bits de la RDSI soporta a varios canales entrelazados mediante la utilización de un proceso de multiplexión por división en el tiempo. Así, como se muestra en la siguiente lista, se han podido normalizar varios tipos de canales:

A - canal analógico telefónico de 4 Khz

B - canal digital PCM, para voz o para información de datos con velocidades de 64 Kbps

C - canal de 8 a 16 Kbps

D - canal digital para señalización fuera de banda de 16 o 64 Kbps

E - canal digital para señalización interna de la RDSI de 64 Kbps

H - canal digital de 384, 1536 o 1920 Kbps.

En cualquier red de comunicaciones, se encuentran dos tipos de información.

La información de control, también llamada señalización, esta cambiada entre el usuario y el punto de conmutación (señalización usuario-a-red) o entre los puntos de conmutación consecutivos (señalizando oficinas-internas). Señalizando todo en la RDSI es orientado a mensajes. Esto ofrece una flexibilidad grande para la introducción de nuevos servicios de información de usuario (conversación y datos) cambiado entre distintos termino-usuario.

Canal-B

El canal normal de comunicación provisto en la red de teléfono tiene un valor de datos de 64 000 bit/seg. puede llevar una u otra conversación, circuito de datos conmutados o paquetes de datos.

El acceso al canal-B es controlado por la red. A petición del usuario, este usuario puede obtener permiso de utilizar un canal-B.

Canal-D

Cuando un canal-B no puede ser utilizado sin permiso, se requiere un canal extra entre el usuario y la red que le permite solicitar en orden al usuario la señal de comunicación o solicitar liberar la comunicación. Este

canal señalizado es llamado el canal-D utilizandose para la señalización de transmisión de mensajes entre el usuario y la central. Durante el tiempo libre en el otro extremo del canal-D, puede también ser utilizado para transmitir otros mensajes (conmutando mensajes o información de telemetría).

El propósito del CCITT no consiste en permitir una combinación arbitraria de canales en el conducto digital de bits. Hasta ahora se han normalizado tres combinaciones y son las que se enuncian a continuación:

1. Velocidad básica: 2B + 1D
2. Velocidad principal: 23B + 1D (en Estados Unidos y Japón), o bien, 30B + 1D (en Europa)
3. Híbrida: 1A + 1C

La velocidad básica debe de verse como un sustituto para POTS (antiguo servicio telefónico sencillo, ASTLC), tanto para negocios pequeños como en utilización doméstica y, también, en una compañía grande en la utilización individual de los empleados. Cada uno de

los canales tipo B de 64 Kbps, puede manejar un canal sencillo PCM de voz, con muestras de 8 bits efectuadas 8000 veces cada segundo (nótese que los 64 Kbps se deben entender, en este caso, como 64000 y no como 65 536). La señalización se lleva a cabo en el canal D, en forma separada, de tal manera que el usuario puede emplear la totalidad de los 64 Kbps (como en el sistema de 2.048 Mbps del CCITT, y a diferencia del sistema T1 de Estados Unidos y Japón).

La idea de ofrecer al usuario dos canales, en lugar de uno, se debe primordialmente a razones de mercado; animar a los clientes a percibir los dos canales RDSI, como una mejora con respecto a los sistemas POTS de un sólo canal. Sin que exista ninguna mejora aparente, el proveedor de servicios portadores tendría muchas dificultades para convencer a sus clientes de que la RDSI es una buena idea, dado que esta red resulta más costosa y a muchos de ellos, realmente, no les interesa tanto saber si la señalización es de naturaleza digital o analógica. Una utilización típica del sistema de dos canales, podría ser el tener dos personas llevando a cabo una conversación telefónica, mientras observan un documento en el otro canal. Los canales tipo B, para la transmisión de datos, pueden llegar a submultiplexarse a 32 Kbps, 16 Kbps, o a velocidades más bajas, pero, por supuesto, todos los canales deberán comenzar y terminar en los mismos terminales.

La velocidad básica del canal tipo D, es de 16 Kbps. Las llamadas se solicitan por medio del envío de un mensaje sobre este canal. Un mensaje típico, utilizado para establecer una llamada, tendrá que especificar cuál de los dos canales tipo B se va a utilizar, el número telefónico de la RDSI que se va a llamar, así como algunas otras opciones (por ejemplo, llamadas a cobro revertido).

El canal D se subdivide en tres subcanales lógicos: el subcanal s para señalización (es decir, el establecimiento de llamada), el subcanal t para los aspectos de telemetría (por ejemplo, para los detectores de humo) y el subcanal p para paquetes de datos con un ancho de banda pequeño.

En el escenario correspondiente a la conmutación de paquetes, el cliente de la RDSI llama al IMP más cercana. Esta conexión se utiliza para la transmisión de paquetes de información del equipo del cliente al IMP, el que, a su vez, los transmite a su destino final por medio de la red de conmutación de paquetes tradicional. La ventaja de este planteamiento es que la llamada a la IMP es, por lo general, de tipo local, de tal forma que el cargo por el servicio utilizado es el costo de una llamada local más cierta cantidad por paquete. Este método puede llegar a ser más económico si el volumen del tráfico es bajo, por ejemplo, en aquellos casos cuando se emplee un terminal interactivo.

Una terminal RDSI es una terminal de datos provista con una interfase-S. Este es un punto de referencia de 4 hilos (terminando en un conector de 8 alfileres [pines]) definida para la interfase de acceso básico para RDSI. Entre esta interfase, cada terminal puede obtener acceso al total de la capacidad de la línea del suscriptor (144 Kbit/seg.). Es sólo el punto de referencia en la interfase del suscriptor normalizada por la CCITT.

Una terminal equipada con una interfase-S es mencionada como una terminal RDSI (TE1) como se muestra en la figura 5.10

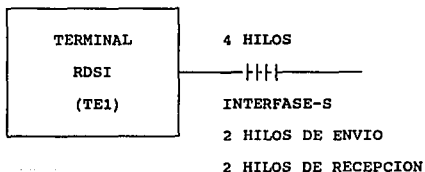


Figura 5.10 Terminal RDSI (TE1)

La CCITT describe los siguientes aspectos para la interfase-S

- Características físicas
- Control de error y corrección de procedimientos (canal D)
- Señalización de mensajes y procedimientos (canal-D)

Cada una de la obtención de acceso de terminal a 2 canales duplex de conversación (canal-B) señalizando un canal (canal-D) de 16 Kbit/segundo y son colocados en solicitudes. Como resultado cada terminal puede soportar dos "conversaciones" duplex al mismo tiempo.

La interfase-S soporta dos canales B y un canal D. En otras palabras, soporta una red de usuario de 144 Kbits/segundo esta interfase es también algunas veces mencionada como interfase-S₀. El "0" (cero) indica 2B + D.

Las terminales RDSI normalmente más utilizada es proporcionada con una interfase RS-232. Siguiendo un orden de conexión a la red RDSI, se requiere una caja de traducción de protocolo, el adaptador terminal (AT). Este adaptador terminal convierte la información dentro del formato RDSI. En esta forma, la red RDSI puede soportar cualquier tipo de terminal si el adaptador terminal apropiado esta disponible.

Se requieren adaptadores terminales diferentes para soportar tipos diferentes de interfases

- RS-232: En este camino, pueden ser soportadas los terminales equipados con una interfase RS-232
- Hilos A y B : En este camino, existiendo equipamiento con una interfase normal de teléfono puede ser soportada. Por ejemplo este puede ser utilizado para el soporte de máquinas de fax del grupo 2 o grupo 3
- X.25: En este camino, pueden ser soportadas las PCs tipo X.25

En ambos casos, la conexión a la red RDSI es proporcionada por la interfase-S.

Observaciones:

El procedimiento de control de error y el procedimiento de señalizado descritos para la interfase-S, se aplica en general al canal-D (también para VAP o en la línea del suscriptor).

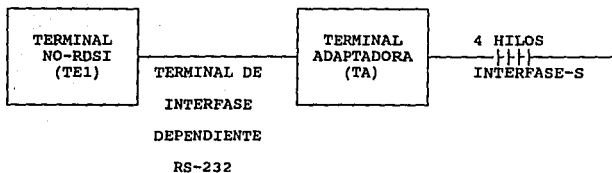


Figura 5.11 La interfase terminal es también definida como interfase

Sólo las nuevas interfases requieren establecer un orden en una RDSI, estas interfases son las de usuario-a-red, proporcionando la conexión entre terminador-usuario y su conexión de red. Hacer en orden una utilización máxima de la inversión existente, estas nuevas interfases se proporcionan en el cableado existente del suscriptor.

- Un suscriptor normal es conectado al sistema por medio de su línea de suscriptor de dos hilos, una punta terminada en el MDF (Main Distribution Frame) en la central y la otra punta en la conexión de caja a los requerimientos del suscriptor.
- Pequeñas PABXs (Private Automatic Branch Exchange, centrales de ramas automáticas privadas) pueden conectarse a la central utilizando un número de línea de suscriptor (consistiendo cada uno de una conexión de dos hilos). En esta forma la PABX puede soportar múltiples comunicaciones con la red pública al mismo tiempo.
- PABXs Digitales Grandes son conectadas a través de un TDM de 32 canales a la central pública, por medio de la utilización de una conexión de cuatro hilos. Son conectados a la central pública en un nivel de troncales.

La RDSI utiliza el cableado de la planta de línea local ya instalada en la red (dominio público). Utilizando el cableado en un camino diferente (acceso integrado) por la RDSI termina al subir con tres configuraciones de acceso usuario-a-red en el nivel de red pública.

Para los suscriptores residentes de la RDSI, los dos hilos de línea de suscriptor son digitalizados dentro de una INTERFASE DE ACCESO BASICO (AB) (Interfase-U) ofreciendo 2 canales-B (64 000 bits/segundo) y un canal-D (16 Kbits/segundo).

Para los negocios pequeños, se proporciona una PABX pequeña. Se conecta a la central pública por medio de los dos hilos de conexión del teléfono existente. Cada una de las conexiones otra vez proporciona dos canales B y un canal-D (acceso básico, interfase-U).

El usuario de negocio grande, esta con la capacidad a reemplazar su PABX digital por una PABX RDSI. La TDM (digital) existente de 32 canales, cable de troncal de cuatro hilos de acceso silencioso contiene 32 canales TDM (multiplexación por división de tiempo). Los 32 canales TDM ofrecen 30 canales-B (64 000 bits/segundo) y 1 canal-D (canal de 16 Kbits/segundo) y es llamado ACCESO DE VALOR PRIMARIO.

Aunque la RDSI utiliza el cableado existente del suscriptor en el dominio público, es modificada a la premisa del suscriptor. Todas las conexiones RDSI en el dominio privado (desde el suscriptor a la conexión de red o a la PABX) realiza la utilización de la configuración de cuatro hilos que es soportada por el equipo de termino-usuario (interfase-S)

En un nivel físico, existe la siguiente normalización

- La interfase-S es normalizada por la CCITT en un nivel físico
- La interfase de acceso de valor primario utiliza las normas existentes para los 32 canales TDM.
- La interfase-U no es normalizada en el nivel físico porque la interfase-U utiliza el cableado existente, la implementación de los canales 2B + D de la malla en esta conexión depende de el cableado instalado. Es muy difícil encontrar una norma para la interfase-U.

Existen futuras normalizaciones para el canal-D en todas las implementaciones. El canal-D lleva mensajes. Procedimientos de control de error. Secundariamente, se han normalizados los mensajes de señalización al ser utilizados para señalar al canal-D.

La interfase-S de la RDSI de más soporte de la PABXs de la RDSI tan bien como líneas de acceso de suscriptor analógico en el lado del usuario.

Cualquier interfase-S puede soportar subir a ocho piezas de equipo.

5.6 ACCESO A LA RDSI PARA EL SUSCRIPTOR NORMAL

El suscriptor normal de la RDSI puede ser conectado directamente a la red RDSI utilizando una interfase de acceso básico. Esta interfase ofrece, dos canales B y uno D al suscriptor. Es instalado en la línea pública del suscriptor existente.

Proporciona posibilidades de conexión para subir a 8 terminales en el nivel de punto de referencia de la interfase-S

El acceso básico presenta las siguientes características (ver figura 5.12)

A la premisa del suscriptor se tiene un punto de referencia de 4 hilos, normalizado por la CCITT permitiendo la conexión de subir a 8 terminales = Interfase-S.

Punto de referencia a la red pública, no normalizada por el momento = Interfase-U. Sólo el aspecto físico de la interfase-U difiere desde la interfase-S

Un circuito de adaptación especial realizando la conversión de 2 a 4 hilos: terminación de red transparente (NT1).

El servicio es proporcionado en la forma de

- 1 Canal-D utilizado para señalización y paquetes de datos

- 2 Canales-B asignado en respuesta a una terminal específica a ser utilizada para conmutador de circuito de conversación o datos, o conmutación de paquetes de datos.

La distancia entre la central y la terminación de red está limitada a un máximo de 10 Km.

Una función de una PBX tal es mencionada utilizando dos de los términos TERMINACION DE RED INTELIGENTE (NT2). Más específicamente, el término terminación de red inteligente se refiere a una función de conmutación instalada al término de la premisa del usuario (=PABX).

5.6.1 Acceso RDSI para usuarios de pequeños negocios

Esta PABX soporta interfases-S (acceso básico) tan bien como extensiones analógicas al lado del usuario.

Cualquier interfase-S es capaz de soportar a subir ocho piezas de equipo término-usuario.

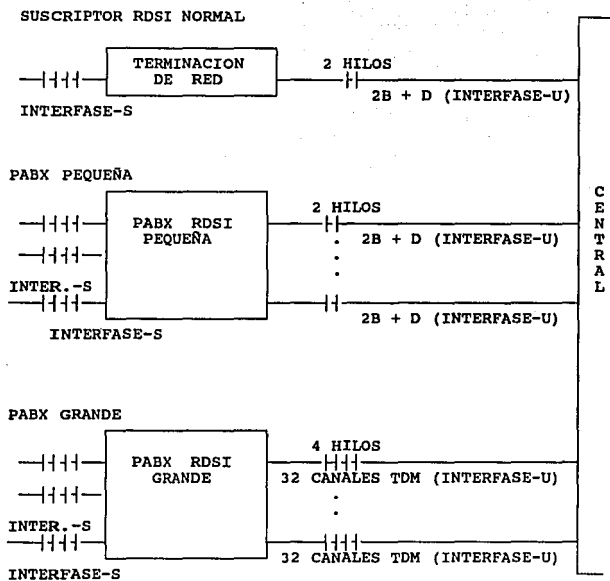


Figura 5.12 Sobrevista de interfaces usuario-a-red para RDSI

Para la conexión a la red pública se utiliza un número de líneas de acceso básico. La información es transmitida en la línea existente del suscriptor a dos hilos (interfase-U).

En la mayoría de los casos, la PABX RDSI no es conectada directamente a la línea del suscriptor porque la interfase que va a la línea del suscriptor no está normalizada. En lugar de eso, la línea del suscriptor es terminada con una terminación de red transparente que convierte la información que viene desde la central pública dentro de una interfase-S normalizada que entra con la PABX. Más generalmente, esta interfase interna PABX se menciona utilizando el nombre de interfase-T (ver la figura 5.13)

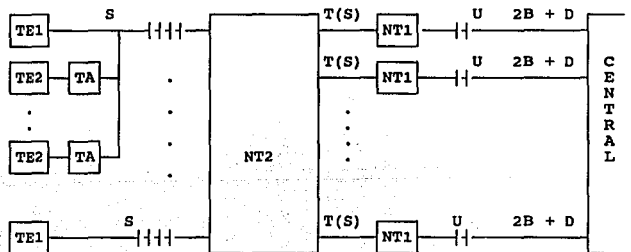


Figura 5.13 Acceso RDSI para usuarios de negocios pequeños

En algunos casos, la PABX soporta directamente la interfase-U en el lado público. En este caso, la función NT1 indicada en el dibujo es integrada en el mismo PABX (ver figura 5.14).

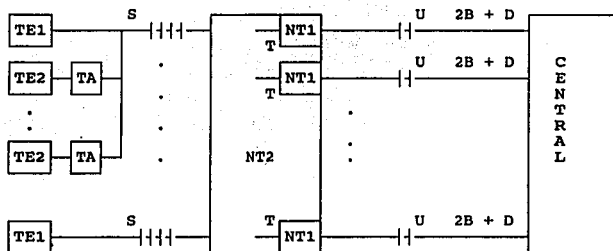


Figura 5.14 Acceso RDSI para usuarios de negocios pequeños (función integrada NT1)

Generalmente las PABX RDSI soportan extensiones RDSI así como también extensiones analógicas. En la mayoría de los casos, ambos tipos de interfases son intercambiadas utilizando el suscriptor correcto por tarjeta de acceso.

5.6.2 Acceso RDSI para usuarios de negocios grandes

Los usuarios de negocios grandes están conectados a la red pública a través de una PABX grande. Esta PABX grande accesa a la red sobre una o más conexiones de 2 Mbits/segundo.

Los grandes usuarios de RDSI son conectados a la red en un camino similar. En otras palabras los grandes usuarios utilizan una PABX grande en sus premisas. Esta PABX grande es conectada a la red pública sobre un flujo de uno o más de 2 Mbits/seg.

Este flujo de 2 Mbits/segundo soporta los siguientes canales:

30 canales B que pueden ser utilizados para cualquier tipo de tráfico de usuario.

El canal-D, canal de 16 Kbit/segundo o de 32 Kbit/segundo en multiplexión por división de tiempo (TDM). Este canal lleva una

señalización, en algunos casos también es utilizado para la transmisión de paquetes de datos (conmutación de paquetes) este canal opera a una velocidad de 64 Kbits/segundo.

Este flujo de 2 Mbits/segundo es mencionado en la utilización del nombre de ACCESO DE VALOR PRIMARIO (AVP)

Generalmente las PABX RDSI grandes soportan otros accesos de usuario como acceso básico de interfases-S. En una PABX RDSI grande se puede soportar típicamente los siguientes accesos de usuario

- Interfases-S: Acceso normal básico RDSI subiendo a ocho piezas soportando interfases de equipamiento de termino usuario.
- Líneas analógicas: La colocación normal de teléfono puede ser conectada a las líneas de acceso analógico.
- Interfases-S₂: Termino-usuario grande, por ejemplo el sistema principal puede ser conectado a la PABX grande a través de una interfase de usuario RDSI del tipo de acceso de valor primario. Esta interfase es mencionada como S₂. El 2 indica, es acceso primario.

La conexión a la central pública es soportada utilizando una conexión de 2 Mbits/seg. (acceso de valor primario). Esta interfase

es algunas veces mencionada utilizando la abreviación U₂.

La distancia entre la central y la PBX es ilimitada. Si conviene también la distancia grande, pueden instalarse generadores.

La interfase de valor primario es una interfase de cuatro hilos.

La estructura física de AB (interfase de acceso básico) y AVP (acceso de valor primario) es completamente diferente. Sin embargo las especificaciones para control de flujo error-corrección y el enrutamiento son el mismo (ver figura 5.15)

A C C E S O B A S I C O	A C C E S O D E V A L O R P R I M A R I O
NIVEL FISICO :	
- Interfase-S:4 hilos (norma CCITT)	- 30 B + D
- Interfase-U:2 hilos	- Nivel físico de transmisión PCM
- 2 B + D (16 Kbits/seg.)	

NIVEL DE ENLACE DE DATOS :

Control de error y funciones de control de flujo

Figura 5.15 Interfases II

A C C E S O D E V A L O R
A C C E S O B A S I C O P R I M A R I O

NIVEL DE RED :

Funciones de enrutamiento

Señalizando mensajes y procedimientos

Figura 5.15 Interfases II (continuación)

5.6.3 Utilización de Concentradores

La RDSI sólo puede ser ofrecida a suscriptores quienes esten conectados por lo menos de sus interfases usuario-a-red a una central pública digital, modificada para soportar RDSI.

Todos los demás suscriptores conectados a una analógica o a una central que no sea RDSI por lo menos en su cableado. Para estos suscriptores, se pueden hacer dos tipos provisionales de acceso.

- Si un número grande de suscriptores en esta área de servicios requiere RDSI, la central puede ser extendida utilizando una central RDSI llena situada en la misma ubicación.
- En la mayoría de los casos, sólo es ubicado un pequeño número de suscriptores de acceso básico en el área de servicios de cualquier central (en los primeros años de RDSI). En este caso, una central es demasiado costosa. Un concentrador ofrece una alternativa mucho mejor.

Todas las conexiones de acceso básico RDSI llegan al MDF (forma de distribución principal) de la central y corre desde este a un concentrador RDSI. Este concentrador ahora estabiliza la conexión a una central remota RDSI utilizando acceso de valor primario (ver figura 5.16).

Un concentrador es un invento utilizado en telefonía en área rural (número pequeño de suscriptores). Lleva acabo un número limitado de funciones de la central. Para las otras funciones

(taxación, enrutamiento, etc.) le es confiado a una central Host (de hospedaje).

Un concentrador RDSI ejecuta las siguientes funciones:

- Observa la condición de los suscriptores RDSI (señalización de mensajes)
- Si un canal-B está utilizándose, el concentrador conecta la información a un canal-B de acceso de valor primario
- Toda la señalización de mensajes es enviada a la central host después de analizarla (buscando capturar o liberar mensajes).

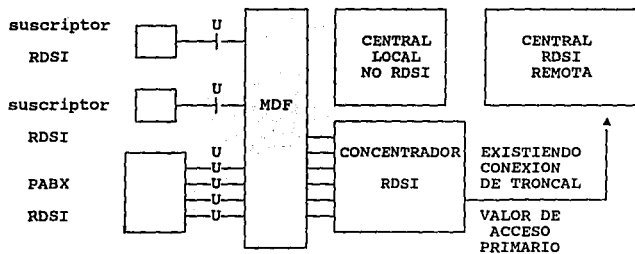


Figura 5.16 Conexión remota de suscriptores RDSI

El propósito de la interfase de la velocidad principal es el de utilizar en asociación con una PBX, en el punto de referencia T. Esta interfase tiene 23 canales tipo B y un canal tipo D (64 Kbps) en Estados Unidos y Japón, y 30 canales tipo B y 1 canal tipo D (a 64 Kbps) en Europa. La elección de tener 23B + 1D se hizo para que una trama de la RDSI se adapte fácilmente con el sistema T1 de ATT; por razones semejantes, la interfase 30B + 1D se adapta al sistema de 2.048 Mbps del CCITT. La ranura de tiempo treinta y dos del sistema del CCITT se utiliza para el encapsulado de tramas y para mantenimiento general de la red. Nótese que la cantidad resultante de canal D por canal B en la velocidad principal, es mucho menor que el correspondiente al de la velocidad básica, de tal manera que no se espera que haya muchos paquetes de datos con un ancho de banda baja, o bien, para telemetría.

El propósito de la configuración híbrida es permitir que los teléfonos analógicos, empleados comúnmente, puedan combinarse con un canal tipo C para producir algo que evoque, aunque sea de forma muy vaga, la velocidad básica. A pesar de que no tiene ningún parecido, y todo el mundo lo sabe, pero es mejor que nada.

En la figura 10 se muestra el formato de la trama de la capa física para tráfico con velocidad básica, que va de NT1 o NT2 a TE1. (El tráfico de TE a NT1 o NT2 utiliza el bit L en lugar de los bits E y S).



48 bits en 250 microsegundos = velocidad aproximada de datos de 192 Kbps.

36 bits de datos (16B1,16B2,4D) en 250 microsegundos = velocidad neta de los datos de 144 Kbps

F = BIT DE ENTRAMADO

L = CARGA BALANCEADA DE CC

E = ECO DEL BIT D ANTERIOR (PARA RESOLUCION DE CONTIENDA)

D = CANAL D (4 BITS X 4000 TRAMAS/SEGUNDO = 16 Kbps)

A = BIT DE ACTIVACION

S = BIT SUSTITUTO

Figura 5.17 Formato de la trama de la capa fisica, a una velocidad básica, para tráfico NT a TE, en los puntos de referencia S o T

La trama es de 48 bits, 36 corresponden a datos, y se envían en un tiempo de 250 microsegundos, dando lugar a una velocidad de transmisión de datos de 144 Kbps, pero ocupando 192 Kbps del ancho de banda, incluyendo la cabecera. Los bits tipo F contienen un patrón muy bien definido que ayuda a mantener ambos lados en sincronía. Los bits tipo L son para ajustar el valor promedio de bit (a los sistemas T1 no les gustan las tramas que contengan únicamente 0). Los bits tipo E se utilizan para resolver la contienda cuando varios terminales, en un bus pasivo, están compitiendo por el derecho de utilizar un canal. El bit A se emplea para activar los dispositivos. Los bits tipo S todavía no tienen ninguna labor asignada. Por último, los bits B1, B2 y D están dedicados a datos del usuario.

Es importante observar que la figura 10 representa el formato de la trama de la capa física, y que los datos del usuario son solamente un flujo de bits en bruto. No hay ninguna comprobación de error, código de redundancia, de asentimiento ni retransmisión. Si algún error llegara a ocurrir deberá ser manejado por las capas superiores del modelo OSI. Todo lo que la RDSI hace es, de hecho, ofrecerle al usuario flujos de bits en bruto en forma física con el empleo de los canales B (y en menor grado sobre el canal D).

Los flujos de bits de la RDSI pueden utilizarse para soportar conmutación de circuitos o conmutación de paquetes, dependiendo del tipo de tráfico. En un escenario de conmutación de circuitos, el cliente de la RDSI llama al usuario destinatario y utiliza un canal de 64 Kbps, como una conexión de capa física, para transmitir voz digitalizada, información de datos o cualquier otra cosa. Los 64 Kbps se dedican totalmente a la llamada, durante todo el tiempo que dure. El cargo será proporcional tanto a la duración como a la distancia de la llamada normalmente. Pero no con respecto al volumen de los datos enviados.

5.7 SEÑALISACION RDSI-SS #7

La RDSI utiliza el concepto de señalización fuera de banda, que inicio la ATT (con el método de señalización por canal común interoficina). La secuencia de bits tipo D, cuatro por trama como se muestra en la figura 5.17

Es considerada por la RDSI como un canal digital independiente, con sus propios formatos de trama, mensajes, etcétera. Todo el procedimiento necesario en el proceso de señalización (es decir, el envío de paquetes de control), se lleva a cabo en el canal D.

Los 64 Kbps de cada uno de los canales tipo B, pueden verse como datos exclusivos del usuario, que no necesitan cabeceras o algo similar. La RDSI no especifica el contenido de los canales B. En otros terminos, para los canales B, la RDSI únicamente especifica la capa física. Si un cliente de la RDSI llama a otro cliente de la RDSI, pueden establecer de cualquier manera un formato de trama del canal. Si un cliente RDSI llama a una red de conmutación de paquetes o a un sistema de base de datos, utiliza los formatos y protocolos localizados en la capa 2 a 7 que son compatibles con los que necesita la red de paquetes o el sistema base de datos, sin que la RDSI llegue a interesarle particularmente.

La situación con el canal D es totalmente diferente, dado que el cliente lo utiliza para comunicarse con el mismo sistema de la RDSI. Para hacer una llamada, por ejemplo, un dispositivo RDSI envía un paquete a NT1 con un cierto formato. Tanto el formato exacto del paquete, como la ubicación del número telefónico de la persona llamada dentro el paquete, especificándose detalladamente en las recomendaciones del CCITT. El formato y el contenido de los paquetes que intercambian el cliente y el proveedor de servicios portadores en el canal D, se especifican en el sistema denominado SS #7 (sistema de señalización número 7), del CCITT, cuyo desarrollo se llevó a cabo hacia fines de la década de 1970.

El sistema SS #7 es muy extraño. Se basó originalmente en el SS #6, la versión internacional de CCIS, pero se modificó (y todavía se sigue modificando) para adaptarlo mejor al modelo OSI. El sistema SS #7 tenía, en principio, cuatro capas, de las cuales las tres localizadas en la parte inferior eran funcionalmente muy parecidas a la X.25. La capa superior, llamada parte del usuario era un gigantesco revoltijo estructural que contenía todo lo que no, estaba relacionado en forma directa con el control de la red. En fechas recientes, se han definido algunos esquemas de protocolo dentro de esta parte del usuario para la realización de las aplicaciones específicas. A pesar de esto, la SS #7, básicamente se considera como un esquema para control del equipo de conmutación telefónica, y no como un esquema de comunicación del ordenador a ordenador, de propósito general.

En la figura 5.18 se muestra la jerarquía del protocolo SS #7. Ya se ha visto en la figura 5.17, el formato del flujo de bits de la capa física. El protocolo principal de la capa 2 es el LAPD (Procedimiento de Enlace D, que es similar al protocolo X.25 de la capa 2, denominado LAPB (Procedimiento de Enlace B). Los protocolos LAPB como LAPD están involucrados en la delimitación de las tramas, con la signación de números secuenciales a cada una de ellas, con el cálculo y verificación de los códigos de redundancia y, en general, con la conversión del flujo de bits que proporciona

la capa 1, potencialmente propenso al error, en un flujo de tramas fiable y ordenado secuencialmente que pueda ser utilizado por la capa 3.

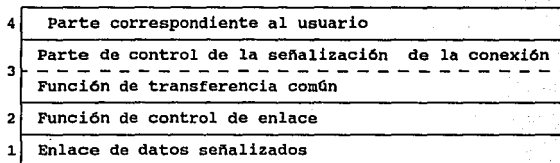


Figura 5.18 Jerarquía del protocolo en un canal D de la RDSI

La capa 3 del sistema SS #7 se divide en dos subcapas; la capa inferior está relacionada con el encaminamiento de llamadas y mensajes a través de la red de centrales telefónicas. Hay una gran variedad de paquetes que pueden utilizarse para notificar el estado del sistema, su congestión, la utilización de troncales, el tráfico de nodos, etc. La preocupación por la buena administración del sistema se debe a que el SS #7, es el sistema nervioso central telefónico mundial, que exige no tener un periodo mayor de 10 minutos de tiempo fuera de servicio por año en cualquier ruta. Si un nodo o una troncal se llega a congestionar, debe notificar de inmediato para que se pueda asignar una nueva ruta al tráfico afectado.

La capa superior se le agregó a la capa 3, cuando se comprendió que los 14 bits correspondientes a las direcciones de origen y destino, utilizadas en las capas inferiores, no eran suficientes. El trabajo de está por lo tanto, consiste en añadir más bits para el direccionamiento y para proporcionar una interfase a la parte del usuario más semejante a la capa de red del modelo OSI. Ha sido diseñado con objeto de soportar dos servicios sin conexión (con o sin asentimientos), y tres servicios orientados a conexión, con diferentes grados de fiabilidad.

5.8 GESTION TERMINAL

Para muchas aplicaciones el costo de las líneas de comunicación es superior al costo del equipo conectado a ellas. Como un esfuerzo por reducirlo se diseñaron redes que ofrecerían una posibilidad de conectar terminales múltiples que compartieran una sola línea de comunicación. El modelo conceptual se muestra en la figura 5.19, se puede observar que un controlador de terminal acepta entradas provenientes de una multitud de terminales, concentrando las salidas de una sola línea y llevando a cabo también la operación inversa. Todos los terminales que se muestran en la figura 5.19 están conectados en la misma línea multipunto, en tanto que en la figura 5.20, cada uno de los terminales tiene su propia línea punto a punto conectada al controlador.

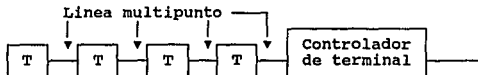


Figura 5.19 Controlador de terminal que utiliza una línea multipunto

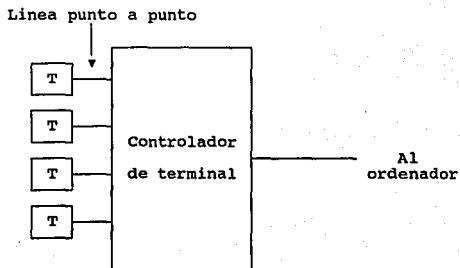


Figura 5.20 Controlador de terminal que utiliza líneas punto a punto

5.8.1 Sondeo

El hecho de que haya solamente una línea de salida hacia el ordenador, genera un problema que se puede plantear de la forma siguiente: Qué pasa si todos los terminales tratan de enviar información al mismo tiempo? Resulta clara la necesidad de desarrollar algún método para hacer cumplir una disciplina que evite este conflicto. El método tradicional obliga a cada uno de los terminales permanecer en silencio hasta que el controlador les indique la señal de "adelante". El nombre general que se le da a esta técnica es el de **sondeo**.

Los detalles de esta técnica de sondeo difieren para el controlador punto a punto (en forma de estrella) y para el controlador multipunto. Considerese, primero, el caso multipunto, en el que se tienen dos métodos de sondeo comunes. El primero llamado **sondeo de pasada de lista**, consiste en tener un controlador encargado de enviar simplemente un mensaje a cada uno de los terminales por turno, preguntando si el terminal tiene alguna información que transmitir. Estos mensajes de sondeo contienen una **dirección de lugar o dirección de estación**, identificando el terminal que se está direccionando.

Cada terminal conoce su propia dirección y sólo responde cuando se le interroga con dirección, aun cuando reciba todas las

interrogaciones generadas en el sondeo. Si el terminal que se interroga tiene alguna información para enviar, envía los datos; pero si no devuelve un mensaje especial indicando que "rechaza el sondeo". El controlador, generalmente, sondea a todos los terminales en forma secuencial y ciclica, pero bajo ciertas circunstancias particulares, algunos terminales importantes pueden obtener varios sondeos durante un mismo ciclo.

Cuando uno de los sondeos que se realizan en líneas bilaterales alternadas necesitan dos cambios de dirección de línea; uno de ellos para que el controlador pueda enviar información, y el otro para que el terminal lo pueda hacer también. Dado que el tiempo en el que la línea cambia de sentido, en el que se incluye el tiempo necesario para mover los supresores de eco, es con frecuencia de aproximadamente cientos de milisegundos, éste puede ser demasiado largo para completar un ciclo en una línea que atiende a muchos terminales, aun cuando la mayoría de ellos no hagan nada la mayor parte del tiempo. El otro método de sondeo, conocido como **sondeo de conexiones**, se diseñó para evitar este problema. Mediante el sondeo de conexiones, el terminal que se encuentra más alejado de él es interrogado por el controlador. El terminal direccionado, a su vez, cambia el sentido de la línea. Si éste tiene información para enviar, la envía al controlador; y si no tiene, envía un mensaje de sondeo, dirigido a su vecino más próximo en la misma línea. Si este

terminal tampoco tiene nada que transmitir, entonces envia también un mensaje de sondeo a su vecino (la del lado del controlador). El sondeo se propaga de terminal a terminal, hasta que el sondeo vuelve al controlador. La ventaja de este método, es que no se necesita cambiar la línea continuamente de sentido para saber que los terminales no tienen nada que enviar. En algunas ocasiones el sondeo de conexiones utiliza un canal lateral separado para realizar los sondeos.

Para el caso de un controlador en forma de estrella, como se muestra en la figura 5.20, el sondeo no se requiere para evitar el caos en las líneas. El sondeo de pasada de lista, a pesar de todo, se utiliza prácticamente en cualquier parte para permitir que la máquina maestra reciba la entrada en una forma ordenada. Estos mensajes generados por sondeo difieren del caso multipunto, debido a que no necesitan tener dirección de ubicación, puesto que el terminal sólo recibe los sondeos que le están dirigidos.

El protocolo BYSYNC (comunicación sincrónica binaria), que fue desarrollado por IBM, se utiliza muy ampliamente en la industria de ordenadores para el sondeo de terminales remotos, así como para otras aplicaciones. Este protocolo tiene como propósito operar líneas que funcionan en modo bilateral alternado, tanto multipunto como punto a punto. Este protocolo soporta tres conjuntos de códigos de caracteres: ASCII, EBCDIC y el transcódigo de 6 bits de IBM.

En la figura 5.21 se muestra el formato del mensaje generado por el protocolo BYSINC; donde el contenido del campo de la cabecera depende de la red y no está definido por el mismo protocolo. El campo ETB se utiliza para indicar la terminación de un bloque, cuando hay más bloques en secuencia; en tanto que ETX se utiliza para indicar la terminación del último bloque. El direccionamiento de los terminales en una línea multipunto no se lleva a cabo en la cabecera, sino mediante un mensaje de control separado.

SYN	SYN	SOH	Cabecera	STX	Datos	ETX o ETB	Código de redundancia
-----	-----	-----	----------	-----	-------	-----------------	--------------------------

SYN = Sincroniza

SOH = Inicio de cabecera

STX = Inicio de texto

ETX = Fin de texto

ETB = Fin del bloque de transmisión

Figura 5.21 Formato del mensaje BYSINC

Cuando se utiliza el formato de código ASCII, el bit de paridad se fija, y el código de redundancia es simplemente comprobación de paridad vertical. Para el caso del transcódigo de 6 bits o de los formatos EBCDIC, los caracteres individuales no se comprueban por paridad. En su lugar, se utilizan los códigos de redundancia cíclica.

5.8.2 Multiplexión contra concentración

Los controladores de terminal se pueden dividir en dos clases generales: multiplexores y concentradores. Un multiplexor es un dispositivo que acepta entradas procedentes de un conjunto de líneas con una secuencia estática y predeterminada; y genera salidas de datos en una sola línea de salida con la misma secuencia. Dado que cada ranura de tiempo de salida está dedicada a una línea específica de entrada, no es necesario transmitir los números de las líneas de entrada. La línea de salida debe tener la misma capacidad de la suma de las capacidades de las líneas de entrada.

En la figura 5.22 se describe un multiplexor con cuatro terminales. A cada uno de los terminales, manejados por un TDM (multiplexor por división de tiempo) de cuatro terminales, se les asigna la cuarta parte de las ranuras de tiempo de salida, independientemente de lo ocupada que pudiera estar. Si cada uno de los terminales funciona a 1200 bps, la línea de salida debe ser de $4 \times 1200 = 4800$ bps, dado que deben enviarse cuatro caracteres durante cada ciclo de sondeo.

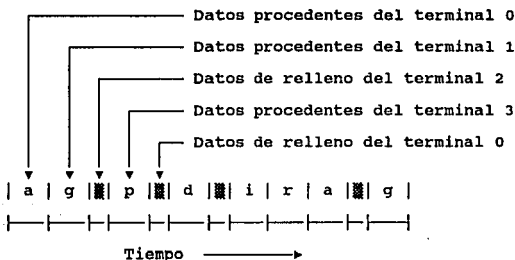


Figura 5.22 Multiplexión de cuatro terminales

La gran desventaja del TDM, es que cuando no exista tráfico en un terminal, se desperdicia una ranura de tiempo de salida. Las ranuras de salida se van llenando de la información bajo una estricta rotación, como se muestra en la figura 5.22. Si no hay datos, se utilizan unos caracteres de relleno. No es posible saltar u omitir una ranura de tiempo, debido a que el extremo receptor mantiene un seguimiento estricto sobre qué carácter proviene de que terminal, mediante su posición en el flujo de la salida. Al inicio el multiplexor y ordenador se sincronizan por si mismos; ambos saben que el ordenador que deben utilizar está dado, por ejemplo, por el patrón 012301230123 Los datos por si mismos no llevan una identificación indicativa de su origen. Si se llega a omitir una ranura de tiempo en el multiplexor, suponiendo que no hay datos por transmitir procedentes del terminal, el receptor queda fuera de fase e interpreta el origen de los caracteres siguientes de una manera incorrecta. Si cada terminal tiene la información por transmitir en una pequeña fracción de tiempo, el proceso de TDM hace una utilización muy poco eficiente de la capacidad de la línea de salida. Cuando el tráfico de información se encuentra en realidad muy por debajo de su potencialidad, se estará desperdiciando la mayoría de las ranuras de tiempo de la línea de salida; a menudo resulta posible utilizar una línea con salida de una capacidad menor que la correspondiente a la suma de

las líneas de entrada. A esta solución se le llama **concentración**.

El planteamiento común consiste en que sólo se transmitan los datos reales, y no datos de relleno. Esta estrategia introduce, sin embargo, el problema de decirle al receptor qué carácter proviene de qué línea de entrada. Una solución a este problema consiste en enviar dos caracteres de salida por cada carácter de entrada: es decir, indicando el número del terminal y el dato. En la fig. 5.23, se muestra cómo puede verse la salida, si en cada uno de los caracteres de datos fuera precedido por su número de terminal. A los concentradores que utilizan este principio se les conoce comúnmente como **multiplexores estadísticos** o **ATDM** (**multiplexor asíncrono por división en el tiempo, MADT**), en contraste con los verdaderos multiplexores (los sincrónicos), o **STDM** (**multiplexor síncrono por división en el tiempo, MSDT**), aunque estrictamente hablando, no se tiene un concentrador mediante un multiplexor estadístico que tenga tanta capacidad de salida como de entrada.

La concentración tiene una dificultad inherente. Si cada terminal comienza a enviar súbitamente datos de salida a su máxima velocidad, la línea de salida no tiene la capacidad suficiente para manejarlo. Por consiguiente, algunos datos se pueden perder. Por esta razón, los concentradores siempre se proporcionan con memorias temporales extras, para poder soportar cortos flujos intensos de datos. Cuanto más memoria tenga un concentrador, más

elevado es su costo, pero tiene, una probabilidad menor de perder datos. La selección de parámetros adecuados para definir el ancho de banda de la línea de salida y el tamaño de la memoria del concentrador, acarrea múltiples compromisos. Por ejemplo, si para cualquiera de ellos resulta tener un valor muy pequeño, los datos se pueden perder; en tanto que si los valores son muy grandes, la configuración completa del sistema es innecesariamente costosa. Además, la selección óptima depende de estadísticas del tráfico, que no siempre se llegan a saber durante el tiempo de diseño del sistema.

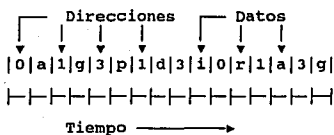


Figura 5.23 Concentración de cuatro terminales

Las tablas 5-1 y 5-2 ofrecen una perspectiva más amplia acerca de los estados de la RDSI y de procedimientos de establecimiento de sesiones que rigen en la RDSI.

TABLA 5 - 1 Estados de la RDSI en llamadas a través de circuitos conmutados

- U0 Estado nulo -no existe ninguna llamada.
- U1 LLamar unidad -llamada saliente como resultado de alguna acción del usuario solicitando el establecimiento de llamada.
- U2 Envío solapado -llamada saliente cuando el usuario envía a la red información para establecer la llamada en modo solapado.
- U3 LLamada saliente en curso -llamada saliente cuando la red ha asentido la información necesaria para cursar la llamada y el usuario se encuentra en espera de respuesta por parte de la red.
- U4 LLamada cursada -llamada saliente cuando la red ha procesado la llamada hasta la etapa en que la interfase usuario-red indicada en la dirección de destino, o alternativamente otra interfase especificada por la red o por el usuario de destino advierten la presencia de una señal recibida.

- U5 Negociación -llamada entrante cuando se está procesando la negociación de la disponibilidad de un canal B.
- U7 Llamada recibida -llamada entrante cuando se espera respuesta o contestación por parte del usuario llamado durante la fase de alerta.
- U8 Solicitud de conexión -llamada entrante en el que se espera un asentimiento de conexión procedente de la red.
- U9 Llamada entrante en curso -llamada entrante cuando el usuario ha asentido la información necesaria para cursar la llamada y la red se encuentra en espera de respuesta.
- U10 Activo -la llamada se encuentra en la fase de comunicación entre extremo y extremo.
- U11 Solicitud de conexión -estado que se presenta en respuesta a una solicitud de desconexión de llamada por parte del usuario previa al asentimiento por parte de la red.
- U12 Indicación de desconexión -estado que se presenta cuando la red ha indicado la desconexión y el usuario no ha indicado aún la liberación o separación.
- U13 Solicitud de separación -solicitud de separación de llamada, previa al asentimiento por parte de la red.

- U14 Separación -estado en el cual el canal B ha sido liberado, pero la llamada no lo ha sido aún.
- U15 Solicitud de suspensión -estado que se presenta en respuesta a alguna acción por parte del usuario para iniciar localmente los procedimientos de movimiento de terminales,previos al asentimiento por parte de la red.
- U16 Suspensión local -respuesta a una solicitud de suspensión, posterior a la recepción del asentimiento de la solicitud de suspensión por parte de la red.
- U17 Solicitud de reanudación -respuesta a una solicitud de hacer la reanudación de una llamada previamente suspendida,previo al asentimiento por parte de la red.
- U19 Solicitud de liberación -estado que se presenta en respuesta a una solicitud de liberación,previo al asentimiento por parte de la red.
- U20 Solicitud de facilidad remota -respuesta a una solicitud por parte de la red para la activación de una facilidad,previo a la respuesta por parte del usuario.
- U21 Solicitud de facilidad local -continuación de la solicitud a la red,por parte del usuario,de activación de una facilidad, previo a la respuesta de la red.

- N0 Estado nulo -no existe ninguna llamada.
- N1 Envío de un tono de llamada -estado que atraviesa una llamada saliente cuando la red envía un tono de llamada,previo a la recepción del primer mensaje.
- N2 Envío de solapamiento -estado que atraviesa una llamada al salir cuando la red se encuentra en espera de información adicional por parte del usuario antes de intentar establecer la llamada.
- N3 Llamada saliente en curso -estado que atraviesa una llamada saliente cuando la red ha asentido la información necesaria para cursar la llamada y el usuario se encuentra en espera de una respuesta por parte de la red.
- N4 Llamada cursada -estado que atraviesa una llamada saliente cuando la red ha comprobado que en la interfase del usuario llamado existe un equipo de usuario compatible capaz de aceptar la llamada.
- N5 Negación -estado que atraviesa una llamada entrante cuando el usuario y la red están intentando seleccionar un canal B sobre el cual completar la llamada.

- N6 Llamada presente -llamada entrante cuando la red ha indicado la llamada pero el usuario no ha indicado aún si puede aceptarla.
- N7 Llamada recibida -llamada entrante después de que el equipo de usuario ha indicado el comienzo de la fase de alerta del usuario.
- N8 Solicitud de conexión -estado que se presenta cuando una llamada entrante se encuentra en espera de una respuesta a un mensaje de conexión dirigido al usuario.
- N9 Llamada entrante en curso -estado que atraviesa una llamada entrante cuando el usuario ha asentido información necesaria para cursar la llamada y la red se encuentra a la espera de información adicional.
- N10 Activo -llamada que se encuentra en modo de comunicación entre extremo y extremo.
- N11 Solicitud de desconexión -estado que se presenta después de que un usuario ha indicado la desconexión y la red no ha liberado aún la conexión.
- N12 Indicación de desconexión -estado que se presenta cuando la red ha indicado la desconexión pero el usuario aún no lo ha hecho.

- N13 Solicitud de separación -estado que se presenta cuando la red ha solicitado la separación de una llamada, con asentimiento previo por parte del usuario.
- N14 Separación -estado que se presenta cuando el canal B ha sido liberado, pero la llamada no ha sido liberada aún por el usuario o por la red.
- N15 Solicitud de suspensión -estado que se presenta cuando la red ha recibido una solicitud de suspensión pero no ha enviado aún una respuesta al usuario.
- N16 Suspensión local -estado que se presenta cuando ha asentido la red una solicitud de suspensión de llamada.
- N17 Solicitud de reanudación -estado que se presenta cuando la red ha recibido una solicitud de reanudación pero aún no ha enviado una respuesta al usuario.
- N18 Tono activo -estado que se presenta después de una solicitud de desconexión de la red cuando se emplea la opción de envío de un tono dentro de la banda.
- N19 Solicitud de liberación -estado que se presenta cuando la red ha iniciado la liberación de una llamada (desconexión del canal B y liberación del valor de referencia de la llamada) y está esperando el asentimiento por parte del usuario.

N20 Solicitud de facilidad remota -estado que se presenta después de una solicitud por parte de la red para la activación de una facilidad,previo a la respuesta por parte del usuario.

N21 Solicitud de facilidad local -estado que se presenta después de una solicitud por parte del usuario para la activación de una facilidad,previo a la respuesta por parte de la red.

TABLA 5 - 2 Mensajes del nivel 3 de la RDSI

Mensajes de establecimiento de llamada	Mensajes de liberación de llamada
ALERTing (alerta)	DETach (separación)
CALL PROCeeding (llamada en curso)	DETach ACKnowledge (asentimiento de separación)
CONNect (conexión)	DISConnect (desconexión)
CONNect ACKnowledge (asentimiento de desconexión)	RELease (liberación)
SETUP (establecimiento)	RELease COMplete (liberación concluida)
SETUP ACKnowledge (asentimiento de establecimiento)	

Mensajes de la fase de
información de la llamada

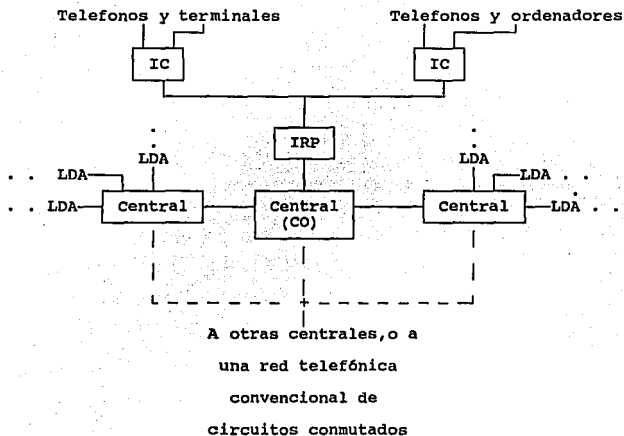
Mensajes diversos

RESume (reanudación)	CANCEl (cancelar)
RESume ACKnowledge (asentimiento de reanudación)	CANCEl ACKnowledge (asentimiento de cancelación)
RESume REJect (rechazo de reanudación)	CANCEl REJect (cancelación de rechazo)
SUSPend	CONGestion CONTROL (control de congestiones)
SUSPend ACKnowledge (asentimiento de suspensión)	FACility (facilidad)
SUSPend REJect (rechazo de suspensión)	FACility ACKnowledge (asentimiento de facilidad)
USER INFORMATION (información de usuario)	FACility REJect (rechazo de facilidad)
	INFORMATION (información)
	REGister (registro)
	REGister ACKnowledge (asentimiento de registro)
	REGister REJect (rechazo de registro)
	STATUS

Patente de conmutación de paquetes de voz-datos de los
Laboratorios Bell

En contraposición con las normas de la RDSI, en las que se emplea un híbrido entre conmutación de circuitos y de paquetes, tanto para voz como para datos, algunos sistemas de paquetes vocales que están apareciendo emplean únicamente conmutación de paquetes. Los Laboratorios Bell han recibido una patente fruto del trabajo de un antiguo empleado, Jonathan S. Turner (actualmente en la Universidad de Washington, en San Luis, Missouri).

El método seguido por Turner se muestra en la figura 5.24. En el domicilio del usuario, los canales vocales y las transmisiones de datos se dividen en paquetes y se digitalizan en la interfase del cliente (CI) antes de enviarse a la central telefónica. A lo largo de la línea digital de abonado (DSL) los paquetes se transmiten a la interfase de conmutación de paquetes, y en el conmutador digital residente en la central se encuentran diversos canales T1 de unos 1.5 Mbps.



IC: Interfase con el cliente
 CO: Contiene conmutadores de paquetes
 LDA: Línea digital de abonado
 IRP: Interfase con la red de paquetes

Figura 5.24 Sistemas de conmutación de paquetes de voz y datos de Bell System

A diferencia de las redes de paquetes convencionales, el sistema de Turner emplea equipos de procesamiento en paralelo de muy alta velocidad, en los cuales tienen lugar simultáneamente varias actividades en el mismo conmutador. Los conmutadores dirigen los paquetes mediante algoritmos de encaminamiento automático, y los paquetes se mueven de un conmutador a otro mediante asignaciones de canales lógicos, hasta llegar a su destino final. Turner calcula que una red nacional de voz y datos experimentaría un retardo de entre 100 y 200 milisegundos.

B I B L I O G R A F I A

REDES LOCALES DE COMPUTADORAS

J. A. BELTRAO MOURA, J. PH. SAUVE

W. FERREIRA GIOZZA, J. F. MARINHO

REDES DE AREA LOCAL

THOMAS W. MADRON

REDES DE COMPUTADORAS

UYLES BLACK

REDES DE ORDENADORES

ANDREW S. TANENBAUM

ELECTRONICA MODERNA PARA INGENIEROS Y TECNICOS

KAUFMAN SEIDMAN

TELECOMUNICACIONES PARA PC

JHON C. DVORAK, NICK ANIS

INTRODUCCION A LAS TELECOMUNICACIONES POR FIBRA OPTICA

JEAN PIERRE NERON

TRANSMISION DE INFORMACION, MODULACION Y RUIDO

MISCHA SCHWARTS

INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

ROGER L. FREEMAN

REVISTA BYTE

ABRIL 1992

I N D I C E A L F A B E T I C O

Acceso a la RDSI para el suscriptor normal.....	289
Acceso digital.....	247
Acceso RDSI para usuarios de negocios grandes.....	294
Acceso RDSI para usuarios de pequeños negocios.....	290
Adaptación de la cadena de bits de entrada para temporización de central (red sincrona).....	94
AMI : Inversión de Marcas Alternas.....	74
Análisis de alcance	194
Ancho de banda.....	28
Aplicación de las redes.....	100
Arquitectura del comprobador.....	219
Arquitectura del sistema RDSI.....	255
Cables de pares trenzados.....	10
Cable coaxial de banda ancha.....	13
Cable coaxial de banda base.....	11
Capa de aplicaciones.....	142
Capa de enlace de datos.....	136
Capa de medios físicos.....	136
Capa de presentación.....	141
Capa de red.....	137
Capa de sesión.....	140

Capa de transporte.....	138
Características.....	249
Codificación.....	68
Comunicación por satélite.....	20
Conexiones.....	154
Conversión de la señal.....	37
Cuantización.....	58
Cuantización no lineal.....	63
Decodificación de bits.....	72
Decodificación e integración.....	70
El circuito de comunicaciones.....	3
Especificación de protocolos.....	174
Especificación de servicios.....	171
Especificación formal de protocolos.....	170
Establecimiento de una conexión.....	155
Estrategia de control de flujo.....	204
Estrategia de reconocimiento.....	202
Estrategia de retransmisión.....	201
Estructura de la trama de 24 canales.....	84
Estructura de la trama de 32 canales.....	82
Estructura de red.....	102
Fibras ópticas.....	14
Filtro pasa bajas o anti aliasing.....	53

Generación de secuencias de tests.....	232
Gestión.....	164
Gestión terminal.....	308
HDB3 : Alta Densidad Bipolar Exceso 3.....	75
Identificación de entidades.....	143
Identificadores en el RM-OSI.....	149
Implementación como proceso de usuario.....	209
Implementación de protocolos.....	197
Implementación en el núcleo del sistema operativo.....	210
Implementación en un procesador FRONT-END (enfrente-termina).....	211
Infrarrojo.....	17
Integración de implementación en el sistema.....	209
Interfase de usuario de la RDSI.....	272
Las siete capas del RM-OSI de la ISO.....	132
La PBX digital.....	263
Liberación de una conexión.....	156
Localización de recursos.....	207
Localización de usuario apropiado.....	205
Microondas.....	18
Modelos de transición.....	176
Modelo general de implementación.....	213
Modem.....	22

Modulación por pulsos codificados.....	50
Muestreo.....	50
Multiplexación por división de tiempo (TDM).....	78
Multiplexado.....	156
Multiplexión contra concentración.....	314
Normas y modelos OSI.....	124
NRZ : No Retorno a Cero.....	73
Opciones de la implementación.....	198
Patente de conmutación de paquetes de voz datos	
los laboratorios Bell.....	327
Protocolos.....	167
(La) red telefónica.....	119
Razón de transmisión y frecuencia de línea.....	86
Red asincrona maestro esclavo.....	92
Red asincrona.....	90
Red digital de servicios integrados.....	235
Red sincrona mutua.....	93
Regeneración.....	87
Requerimientos de una red de telecomunicaciones digital....	242
Señales digitales.....	36
Señalización RDSI-SS # 7.....	303
Servicios RDSI.....	252
Sincronización de la red.....	90

Sistemas de codificación.....	72
Sistemas de identificación.....	145
Sistema PCM de alto orden.....	86
Sondeo.....	310
Test de implementación de protocolos.....	216
Topologías de bus.....	116
Topologías de red.....	106
Topología en anillo.....	110
Topología en estrella.....	112
Topología en malla.....	118
Topología jerárquica.....	108
Transferencia de datos.....	159
Transmisión analógica.....	25
Transmisión digital.....	43
Utilización de concentradores.....	297
Utilización de las redes.....	98
Valores de temporizaciones.....	199
Ventaja de las redes.....	99
Verificación de protocolos.....	189