



300617

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

2
2ej

**"RDSI: SOLUCION INTEGRAL DE COMUNICACIONES
PARA UNA INSTITUCION BANCARIA"**

TESIS CON
VALIA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A :

JORGE ALBERTO ACHIRICA UVALLE

DIRECTOR DE TESIS:

ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ

MEXICO, D.F.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
FUNDAMENTOS DE COMUNICACION DIGITAL	4
1.1) TRANSMISION ANALOGICA Y DIGITAL.....	5
1.1.1) CODIFICACION DIGITAL DE INFORMACION ANALOGICA..	9
1.1.2) CODIFICACION DIGITAL DE INFORMACION DIGITAL....	11
1.2) EFICIENCIA DE TRANSMISION.....	15
1.2.1) MULTIPLEXAJE.....	15
1.2.1.1) MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA....	16
1.2.1.2) MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO.....	17
1.2.2) COMPRESION.....	21
1.2.3) MULTIPLEXAJE Y COMPRESION.....	22
1.3) SISTEMAS DE SEÑALIZACION DE REDES.....	24
1.4) MODELO DE INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS.....	26
1.4.1) RECOMENDACION X.25 DEL CCITT.....	29

CAPITULO II

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS	32
2.1) DEFINICION DE RDSI.....	34
2.2) CANALES DE RDSI.....	44
2.2.1) CANAL D.....	45
2.2.2) CANAL B.....	46
2.2.3) CANALES H.....	46
2.3) DISPOSITIVOS FUNCIONALES Y PUNTOS DE REFERENCIA....	47
2.3.1) DISPOSITIVOS FUNCIONALES DE RDSI.....	48
2.3.2) PUNTOS DE REFERENCIA RDSI.....	51
2.4) PROTOCOLOS DE LA CAPA FISICA DE RDSI.....	52
2.4.1) INTERFAZ BASICA.....	52
2.4.1.1) CODIGO DE TRANSMISION DE LINEA Y FORMATO DE TRAMA.....	54
2.4.2) INTERFAZ PRIMARIA.....	59
2.4.2.1) INTERFAZ A 2.048 MBPS.....	61
2.5) PROTOCOLO DE LA CAPA DE ENLACE.....	63
2.5.1) CAMPO DE CONTROL Y TIPOS DE TRAMA DEL LAPD.....	65
2.5.2) DIRECCIONAMIENTO DEL LAPD.....	66
2.5.3) LAPB Y LAPD.....	68

2.6)	PROTOCOLOS DE LA CAPA DE RED.....	69
2.6.1)	CONTROL DE LLAMADAS POR CIRCUITO CONMUTADO.....	70
2.6.2)	CONTROL DE LLAMADAS POR PAQUETES CONMUTADOS....	75
2.6.2.1)	ACCESO REMOTO POR CIRCUITO CONMUTADO A MA- NEJADORES DE PAQUETE.....	76
2.6.2.2)	ACCESO DEL CANAL B AL MANEJADOR DE PAQUETES RDSI.....	77
2.6.2.3)	ACCESO DEL CANAL D AL MANEJADOR DE PAQUETES RDSI.....	77
2.7)	SISTEMA DE SEÑALIZACION NO. 7.....	79
2.7.1)	INTERACCION ENTRE Q.931 Y SS7.....	80
2.7.2)	INTERACCION ENTRE RDSI Y REDES CONMUTADAS PU- BLICAS.....	82
2.8)	RDSI DE BANDA ANCHA.....	84
2.8.1)	CAPAS DE B-ISDM.....	90
2.8.2)	EXPECTATIVAS DE B-ISDM.....	92
2.9)	SERVICIOS, APLICACIONES Y POSIBLE MERCADO DE RDSI..	95
2.9.1)	SERVICIOS DE RDSI.....	95
2.9.2)	FACILIDADES Y APLICACIONES FUTURAS DE RDSI.....	98
2.9.3)	FUTURO MERCADO DE RDSI.....	100
2.10)	PANORAMA GENERAL ANTE EL ARRIBO DE RDSI.....	104

CAPITULO III

PROBLEMATICA DE LAS COMUNICACIONES EN MEXICO	106
3.1) RED SUPERPUESTA.....	107
3.1.1) SISTEMAS DE TRANSMISION.....	110
3.2) SEÑALIZACION R2.....	116
3.2.1) DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS R2 NACIONAL E INTERNACIONAL.....	118
3.2.2) ANTEPROYECTO DE NORMA PARA LA INTERFAZ DIGITAL.	120
3.2.2.1) FORMATO DE VOZ/DATOS A 30 CANALES.....	123
3.2.2.2) FORMATO DE VOZ/DATOS A 31 CANALES.....	127
3.2.2.3) SEÑALIZACION DE INTERFAZ DIGITAL.....	127
3.3) EVOLUCION HACIA RDSI.....	132

CAPITULO IV

JUSTIFICACION DE LA IMPLANTACION DE RDI Y RDSI EN UN NODO DE LA RED DE COMUNICACIONES DE UNA INSTITUCION BANCARIA	135
4.1) CARACTERISTICAS Y FACILIDADES DE LOS CONMUTADORES RDSI ACTUALES.....	137
4.1.1) CARACTERISTICAS DE LOS CONMUTADORES RDSI.....	137
4.1.2) FACILIDADES DE VOZ PARA CONMUTADORES RDSI.....	140
4.1.3) FACILIDADES DE DATOS PARA CONMUTADORES RDSI.....	142

4.2) CASO PRACTICO: PROBLEMATICA Y PROPUESTA.....	143
4.2.1) SITUACION ACTUAL.....	144
4.2.2) EVALUACION DE ALTERNATIVAS.....	148
4.2.2.1) ANALISIS PARA EL TRAFICO INTERNO.....	150
4.2.2.2) ANALISIS PARA EL TRAFICO EXTERNO.....	157
CONCLUSIONES	163
BIBLIOGRAFIA	168

INTRODUCCION

El término Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) surgió poco más de una década atrás, con el fin de representar la evolución de las telecomunicaciones hacia una estructura integrada capaz de soportar una gran variedad de servicios.

Convencionalmente, la red de telecomunicaciones se limitaba estrictamente a la transmisión de voz en un ancho de banda muy pequeño; posteriormente la transmisión de datos fue posible gracias a la implantación de moduladores-demoduladores (modem) y a la aparición de las redes de paquetes de datos. Sin embargo, no existe una compatibilidad o universalidad para el uso de estos servicios, es decir, si se desea acceder la red telefónica pública se requiere una conexión a la oficina central y equipo telefónico adecuado para acceder la red mencionada. Por otro lado, si se desea acceder la red de paquetes de datos será necesario cableado adicional hacia la oficina central además de que el equipo a utilizar deberá manejar los protocolos propios de la red. De la misma manera si se requieren servicios adicionales como télex, televisión por cable, etc., cada nuevo servicio necesitará una ruta adicional de comunicación, diferentes protocolos y diferentes facilidades de red.

Inicialmente, RDSI eliminará el problema de estos diferentes métodos de acceso, por medio de una instalación universal

consistente de cableado y protocolos para las diferentes aplicaciones. Probablemente, cada uno de estos servicios será proporcionado por subredes independientes, que serán transparentes para el usuario ya que sólo tendrá un puerto de acceso y un juego de protocolos para solicitar el servicio.

El presente trabajo se dirige a aquellos que tienen interés en el estudio de las telecomunicaciones, particularmente a los profesionistas que tienen la responsabilidad de encontrar nuevas opciones que agilicen las comunicaciones dentro de la empresa en que se desenvuelven. El objetivo general es el de proporcionar al Ingeniero en Comunicaciones de nuestro país, los criterios adecuados para la planeación y actualización de las redes de telecomunicaciones, a fin de que la adaptación a RDSI sea lo más eficiente posible; el objetivo particular es el de justificar la utilización de RDSI (a manera de caso práctico), como la mejor opción, para añadir un nodo a una red de comunicaciones bancaria.

El estudio comienza con una introducción a la transmisión telefónica, haciendo énfasis en las características y ventajas de la transmisión digital como antecedente necesario para el concepto RDSI.

El segundo capítulo desarrolla la evolución del concepto RDSI, analizando los tipos de señalización y protocolos que se utilizan, las perspectivas y el alcance que se espera a mediano plazo y largo plazo.

El tercer capítulo da una visión global de la problemática de las comunicaciones en nuestro país, particularmente lo que se refiere al concepto de Red Digital Integrada (RDI) y las tendencias tecnológicas y de modernización que pretende implantar la nueva administración de Teléfonos de México.

Finalmente, se realiza un análisis técnico y económico para justificar la implantación del concepto RDSI en uno de los nodos de la red de comunicaciones de una empresa (con las limitaciones propias de la situación actual de las comunicaciones en México). Se eligió para este estudio una institución bancaria, ya que la comunicación de voz y datos juegan un papel muy importante en cada transacción por lo que la optimización de recursos resulta indispensable.

CAPITULO I

El objetivo de este capítulo es el de estudiar, de una manera general, los antecedentes de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). No se pretende profundizar en el análisis, sino presentar una panorámica global de los temas más importantes de la comunicación digital.

1.1) TRANSMISION ANALOGICA Y DIGITAL

Uno de los conceptos más importantes en comunicaciones, es la diferencia entre señales analógicas y digitales. Una señal analógica es continua y puede tomar cualquier valor en un rango preestablecido. Ejemplos de señales analógicas son la voz humana, el video y la música. Las señales analógicas también son conocidas como señales moduladas o de banda ancha.

Una señal digital es aquella que sólo puede tomar una serie de valores discretos en un rango determinado. Por ejemplo, una señal binaria sólo puede tomar dos valores, 0 ó 1. Las señales digitales se conocen también como señales sin modular o de banda base.

La información digital se puede representar por señales analógicas a través de un dispositivo que se denomina modulador-demodulador (modem). Un modem convierte series de pulsos o voltajes binarios en una señal analógica, modulando la frecuencia portadora de la señal. La señal resultante ocupa una parte del espectro de frecuencia, la cual se centra en la frecuencia de la portadora y se puede transmitir a través de un medio adecuado para dicha portadora, para después recuperar la señal con un modem al otro extremo de la línea.

De forma similar a la operación del modem, la información analógica se puede representar con señales digitales. El dispositivo que realiza esta función para el caso particular de la voz, se denomina codificador-decodificador (codec) el cual toma una señal analógica que representa la información de voz que se quiere transmitir y la aproxima a una secuencia de bits. Al otro extremo de la línea, la secuencia de bits se utiliza para reconstruir la información analógica.

En conclusión, se puede afirmar que la transmisión analógica es un medio para transmitir señales analógicas, sin importar su contenido; las señales pueden representar información analógica (como voz), o información digital (como la información que se puede transmitir a través de un modem). En cualquiera de los dos casos, la señal analógica sufrirá una atenuación, que limita la longitud de la distancia de transmisión. Para alcanzar mayores distancias, el sistema de

transmisión analógica incluye amplificadores que aumentan el nivel de la señal. Desafortunadamente también amplifican las componentes de ruido de la señal, por lo que la distorsión de la señal aumenta al colocar mayor número de amplificadores en cascada para obtener mayores distancias. Para información analógica, como la voz, se puede tolerar un rango de distorsión mientras sea entendible; en el caso de información digital, los amplificadores en cascada aumentarán el número de errores.

La transmisión digital, por el contrario, está en función del contenido de la información. Para lograr mayores distancias de transmisión, sin aumentar el número de errores, se utilizan repetidores. Los repetidores reciben la señal digital, recuperan el patrón de unos y ceros y retransmiten una nueva señal, evitando así su atenuación.

Actualmente, se tiene preferencia por la transmisión digital a pesar de que la infraestructura de comunicaciones es predominantemente analógica. Tanto las facilidades de comunicación de larga distancia, como las locales dentro de un edificio, están adoptando la transmisión digital y, cuando es posible, señalización digital. Las razones más importantes de este cambio son las siguientes:

COSTO

El desarrollo de la integración a larga y muy larga escala ha causado un descenso continuo en el costo y en el tamaño de la circuitería digital. Además, los costos de mantenimiento de los circuitos digitales es mucho menor que el de los circuitos analógicos.

INTEGRIDAD DE LA INFORMACION

Con el uso de repetidores digitales en lugar de amplificadores analógicos, los efectos del ruido no son acumulativos. Esto permite transmitir datos a mayores distancias manteniendo la integridad de la información.

CAPACIDAD DE TRANSMISION

Es mucho más económico utilizar enlaces de un ancho de banda muy grande ya que se pueden aprovechar medios como es el satélite y la fibra óptica. Estos medios necesitan un alto grado de multiplexaje para utilizar efectivamente esta capacidad, y esto se logra de una manera más sencilla y económica con técnicas digitales que con técnicas analógicas, como se verá un poco más adelante.

SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

Existen diversas técnicas de codificación que se pueden aplicar a información digital o a información analógica que se digitaliza previamente.

INTEGRACION

Si se tratan digitalmente tanto la información digital como la analógica, todas las señales tendrán la misma forma y se podrán procesar más fácilmente. De igual forma se pueden integrar servicios tales como voz, video y datos.

1.1.1) CODIFICACION DIGITAL DE INFORMACION ANALOGICA

La evolución de las telecomunicaciones públicas y de los conmutadores hacia la transmisión digital hace necesario la representación de la voz en forma digital. La técnica que más se conoce de digitalización de voz es la modulación por codificación de pulsos ("Pulse Code Modulation", PCM) que se basa en el teorema de muestreo. Este teorema afirma que si una señal se muestrea en intervalos regulares de tiempo y a una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia más alta de la señal, entonces la muestra contiene toda la información de la señal original.

Si la información de voz se limita a frecuencias menores a los 4,000 Hz, como se realiza en la red telefónica analógica, entonces son suficientes 8,000 muestras por segundo para obtener la totalidad de la información. Es necesario aclarar que se trata de muestras analógicas; para convertirlas a un formato digital, se debe asignar un código binario a cada una de las muestras. Este proceso se denomina cuantización y consiste en representar cada muestra en un número determinado de bits. Utilizando muestras de 8 bits, lo que permite $2^8 = 256$ niveles de cuantización, la calidad de la señal de voz que se recupera es comparable a la que se obtiene en la transmisión analógica. Esto implica que a una frecuencia de muestreo de 8000 muestras por segundo y 8 bits por muestra, se necesita una velocidad de transmisión de 64 kbps (kilobits por segundo) para una señal de voz.

Existen, sin embargo, ciertas desventajas en la modulación por PCM que se deben tomar en cuenta para obtener la máxima eficiencia en la transmisión:

- 1) Los niveles para cuantización de la señal están igualmente espaciados.
- 2) El error absoluto de cuantización es igual sin importar el nivel de la señal.
- 3) Los valores de amplitud pequeñas se distorsionan más.

Para solucionar estos problemas se utilizan los siguientes criterios:

- 1) Utilizar un número mayor de pasos de cuantización para señales pequeñas.
- 2) Utilizar un número menor de pasos de cuantización para señales mayores.

Resultados de estudios recientes demuestran que con algunas variaciones de PCM se puede obtener una buena calidad de transmisión de voz a velocidades menores como 32 kbps y hasta 16 kbps.

1.1.2) CODIFICACION DIGITAL DE INFORMACION DIGITAL

La manera más común y más fácil de transmitir señales digitales es usando dos diferentes niveles de voltaje para los dos dígitos binarios.

Típicamente, un voltaje negativo se usa para representar el uno binario y un voltaje positivo se usa para representar el cero binario. Esta forma de codificación se conoce como NRZ-L ("Nonreturn-to-Zero-Level") que quiere decir que la señal no regresa al voltaje de cero, y el valor durante la presencia de un bit es un nivel de voltaje, tal como se muestra en la figura 1.1.

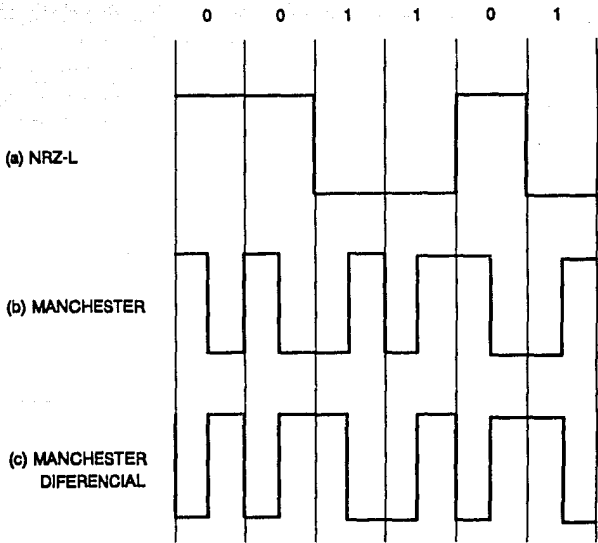


FIGURA 1.1 CODIFICACION DE SEÑALES DIGITALES

Una desventaja muy importante de la transmisión NRZ es la dificultad para determinar donde comienza un bit y donde termina. Para ejemplificar el problema se puede considerar una larga cadena de unos o ceros con codificación NRZ-L, la salida entonces será un voltaje constante durante un largo período de tiempo. Bajo estas circunstancias cualquier variación entre el reloj del transmisor y el receptor dará como resultado la pérdida de sincronización entre los dos.

Existen algunas técnicas de codificación agrupadas bajo el término de bifásicas, las cuales eliminan el problema mencionado anteriormente. Las dos técnicas más comunes son el Manchester y el Manchester Diferencial. Todas las técnicas bifásicas necesitan al menos una transición por cada período de bit y pueden tener hasta dos transiciones. Por lo tanto la máxima velocidad de modulación es el doble que el utilizado para NRZ; esto significa que el ancho de banda correspondiente es más grande. En compensación de estos puntos, las técnicas bifásicas tienen las siguientes ventajas.

- 1) Sincronización: Dado que existe una transición durante cada período, el receptor se puede sincronizar en dicha transición. Por esta razón los códigos bifásicos se conocen como códigos con reloj o códigos síncronos.
- 2) Detección de errores: La ausencia de la transición se puede utilizar para detectar errores. En caso de existir ruido en la línea, éste tendría que invertir la señal

antes y después de la transición para provocar un error sin detección.

En la codificación Manchester, existe una transición a la mitad de cada período de un bit. Esta transición sirve como un mecanismo de reloj y también como información: Una transición de nivel alto a nivel bajo representa un 1, y una transición de nivel bajo a nivel alto representa un 0. En el Manchester Diferencial la transición a la mitad del período sólo proporciona reloj a la señal. Un 0 se representa por la presencia de una transición al principio del período de un bit, y un 1 se representa por la ausencia de una transición al principio del período.

En el tipo de codificación diferencial, la señal se decodifica comparando la polaridad de elementos adyacentes de la señal en lugar de determinar el valor absoluto de un elemento de la señal. Esto trae como beneficio que cuando se trata de un esquema complejo de transmisión es fácil perder la polaridad de la señal. Por ejemplo, en una conexión multipunto si la polaridad se invierte accidentalmente en uno de los dispositivos todos los unos y ceros se invertirían para la codificación NRZ-L. Situación que no se presentaría con codificación diferencial.

1.2) EFICIENCIA DE TRANSMISION

Debido a las enormes cantidades que se gastan en servicios de transmisión y porque representan el mayor porcentaje del presupuesto de comunicaciones de una organización, es necesario optimizar y economizar estos servicios. En términos generales, existen dos técnicas que se utilizan para incrementar la eficiencia de transmisión: multiplexaje y compresión.

1.2.1) MULTIPLEXAJE

El multiplexaje implica que un gran número de fuentes de información, cada una de las cuales requiere una capacidad de transmisión determinada, compartan una capacidad de transmisión más grande.

Existen dos razones fundamentales que justifican el multiplexaje:

- 1) Entre más alta sea la velocidad de transmisión se optimizará la relación costo beneficio de la inversión. Esto quiere decir que para una aplicación dada en una distancia determinada, el costo por kbps disminuye con un incremento de la velocidad de transmisión.

- 2) Entre más grande sea la capacidad de un dispositivo de transmisión, en términos de canales de voz, será menor el costo por cada canal y la capacidad individual que se requiere disminuirá considerablemente.

1.2.1.1) MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA

El multiplexaje por división de frecuencia ("Frequency Division Multiplexing", FDM) es la forma de multiplexaje más común hasta el momento. Esta técnica se puede utilizar cuando el ancho de banda del medio de transmisión, excede el ancho de banda de las señales a transmitir. Se pueden transmitir simultáneamente tantas señales como se deseen, mientras cada señal se module en una frecuencia de portadora individual y que estas frecuencias se separen lo suficientemente para evitar traslapes de los anchos de banda de las señales. Un caso general de FDM se muestra en la figura 1.2a: seis señales alimentan un multiplexor, el cual modula cada señal en diferentes frecuencias ($f_1 \dots f_6$). Cada señal modulada requiere un ancho de banda centrado (conocido como canal) alrededor de su frecuencia de portadora. Para prevenir interferencias, los canales se separan por bandas de seguridad que son secciones del espectro sin utilizar.

Es necesario hacer notar que la señal que se transmite es analógica, pudiendo ser la señal de entrada analógica o digital. En caso de tratarse de una entrada digital, la

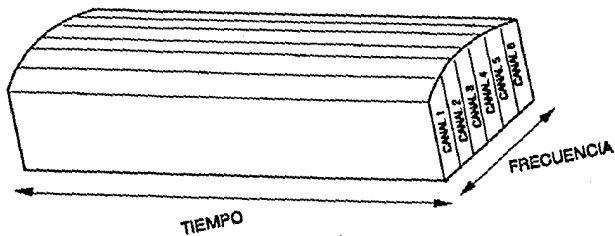
señal debe pasar primero por un modem para convertirla a analógica. En el caso de entradas analógicas, la señal debe modularse para moverla a la banda de frecuencia apropiada.

FDM se considera como una técnica muy eficiente (en términos de aprovechamiento de ancho de banda) para la transmisión telefónica, inclusive más que los sistemas digitales. Desafortunadamente tiene la desventaja de que el ruido se amplifica junto con la señal. Esto, que se añade al gran descenso de los costos de la electrónica digital, explica el reemplazo de los sistemas FDM por el multiplexaje por división de tiempo ("Time Division Multiplexing", TDM) en las redes telefónicas.

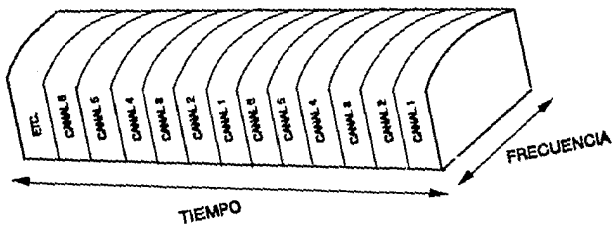
1.2.1.2) MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO

El multiplexaje por división de tiempo es posible cuando la velocidad de transmisión del medio sobrepasa la que requieren las señales a transmitir; esto permite que un número determinado de señales digitales o señales analógicas (que contienen información digital) se puedan transportar simul-

táneamente, intercalando los bits de cada señal (por turnos) en el tiempo. Por ejemplo un multiplexor tiene seis entradas de 9.6 kbps cada una. Una línea de por lo menos 57.6 kbps puede dar servicio a las seis fuentes (figura 1.2b).



(a) FDM



(b) TDM

FIGURA 1.2 FDM y TDM

Existen dos variantes de TDM que se utilizan frecuentemente: TDM síncrono y TDM estadístico.

TDM SINCRONO

En estos sistemas, la información se organiza en tramas, cada uno de los cuales contiene un ciclo de ranuras de tiempo. En cada trama, una o más ranuras se dedican a cada una de las fuentes de información. La transmisión consiste en el envío de una secuencia de tramas. El conjunto de ranuras de tiempo que se dedica a una fuente en cada trama, se denomina canal (haciendo notar que se usa la misma terminología que para FDM).

La longitud de la ranura de tiempo equivale a la capacidad de almacenamiento del transmisor, típicamente un bit o un carácter. La técnica de intercalamiento de caracteres se usa con fuentes asíncronas. Cada ranura de tiempo contiene un carácter; generalmente el bit de inicio y el bit final de cada carácter se eliminan antes de la transmisión y se insertan nuevamente por el receptor, aumentando así la eficiencia. La técnica de intercalamiento de bits se usa con fuentes síncronas.

El TDM síncrono no se denomina así por el hecho de utilizar transmisión síncrona sino porque las ranuras de tiempo se preasignan a las fuentes de información y se transmiten ten-

gan o no información que enviar. Aquí se puede hacer una analogía con FDM ya que una banda de frecuencia se dedica a una fuente de información tenga o no algo que transmitir.

Aún con esta asignación es posible para un dispositivo TDM síncrono manejar fuentes de diferentes velocidades. Por ejemplo, las entradas con velocidades más bajas se les puede asignar una ranura de tiempo por cada trama, mientras que a las fuentes de velocidades mayores se les asigna ranuras de tiempo múltiples por cada trama.

TDM ESTADISTICO

El TDM estadístico también se conoce como TDM asíncrono o TDM inteligente, y representa una técnica mucho más eficiente que el TDM síncrono. El multiplexor estadístico asigna las ranuras de tiempo según la necesidad de transmisión en ese momento. De igual manera que en el TDM síncrono, el multiplexor estadístico tiene un determinado número de líneas de entrada y una línea de alta velocidad a la salida, con la ventaja de que la línea multiplexada tiene una velocidad de transmisión menor a la suma de las velocidades de las líneas de entrada. Esto se debe a que el multiplexor estadístico aprovecha que no todos los dispositivos transmiten al mismo tiempo, por lo que no se envían ranuras de tiempo vacías cuando no hay información para transmitir.

1.2.2) COMPRESION

El principio de compresión se puede definir de la siguiente manera: todos los tipos de información existentes (texto, voz, imagen, video) contienen elementos redundantes, por lo tanto, la información se puede comprimir eliminando estos elementos redundantes. Obviamente, cuando los datos comprimidos se reciben, debe ser posible expandir la información a su estado original; es por esto que cuando la información se comprime, algún tipo de codificación debe sustituir a la información eliminada a fin de que el receptor pueda reconstruir, con base en el código, la información original.

La compresión de datos permite un incremento en la cantidad de información que se transmite a través de un enlace, por unidad de tiempo. Al efectuarse la compresión, una o varias fuentes de información pueden manejarse a través de un enlace de menor velocidad, resultando una reducción de costos muy importante comparada con la misma información transmitiéndose a una velocidad mayor.

Otro beneficio que se obtiene a través de la compresión de datos, es que se reduce la duración de la transmisión. Por ejemplo, existen algunos dispositivos que comprimen quince veces la información de una hoja de fax. Por lo tanto, una transmisión normal de tres minutos se reduce a aproximada-

mente 12 segundos. Si la transmisión se realiza a través de la red telefónica pública, se lograrán grandes ahorros por concepto de transmisión de fax.

Finalmente, es importante señalar que ya que la compresión de datos involucra cierta codificación, puede ofrecer entonces una seguridad adicional a la transmisión.

1.2.3) MULTIPLEXAJE Y COMPRESION

Las técnicas del multiplexaje estadístico y la compresión de datos, pueden ser una combinación muy poderosa para lograr la máxima eficiencia de transmisión. Por ejemplo, un enlace de 9600 bps soporta cierto número de terminales que transmiten en tramas promedio de 1000 bits de longitud. La figura 1.3 muestra el retraso en función de la utilización; así pues, si la carga del sistema es de 8 kbps (promedio de 8 tramas por segundo), entonces el retraso será de 365 ms. Es de esperarse que con una compresión del 30% (cada trama de 1000 bits se comprime a 700 bits), habrá por lo menos un 30% de mejora en el tiempo de respuesta de la transmisión. De hecho, y como se muestra en la figura, el aprovechamiento es mucho mayor. Para una transmisión de 8 tramas por segundo, el retraso por trama es de sólo 124 ms. Esto quiere decir que el ahorro por el concepto de compresión aumenta de una manera significativa, por el multiplexor estadístico.

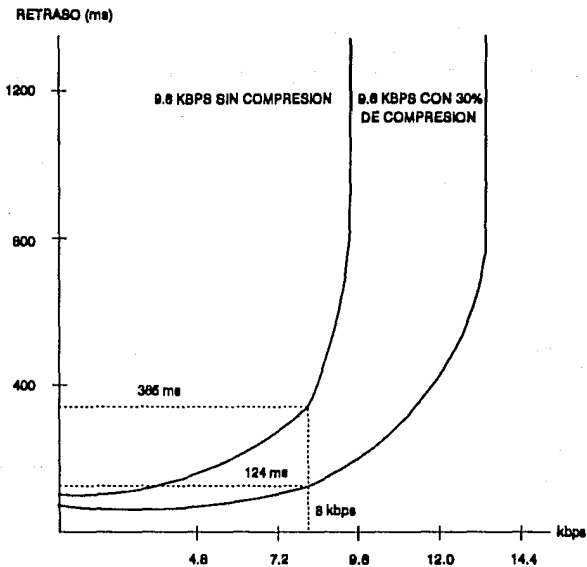


FIGURA 1.3 USO DE LA COMPRESION CON MULTIPLEXAJE ESTADISTICO

La razón de esta optimización, es que la reducción del número de bits en la transmisión no sólo disminuye el tiempo de transmisión sino también la utilización de la línea. Debido a este efecto tan drástico, la mayoría de los fabricantes de multiplexores estadísticos ofrecen como parte propia del producto, la compresión de datos.

1.3) SISTEMAS DE SEÑALIZACION DE REDES

El sistema de señalización de la red telefónica proporciona un camino a los puntos de conmutación para el intercambio de rutas y de la información de la conexión. Antes de la década de los setenta, una llamada telefónica se establecía en la red con un enlace a la vez, donde la señalización compartía el mismo medio físico que la llamada, en la banda de 300 a 3400 Hz.

En 1976, se introdujo en los Estados Unidos la señalización por canal común ("Common Channel Signaling", CCS) para la red telefónica. Una red CCS tiene como objetivo el intercambio de la señalización entre oficinas centrales (con equipo procesador), utilizando canales independientes a los de voz (por esto se dice que es una señalización fuera de banda respecto al canal de usuario). Esto permite la localización, prueba y liberación rápida de las facilidades (se entiende por facilidad todo servicio suplementario a solicitar por el usuario por medio de un código o procedimiento específico)

de la red. La red CCS puede examinar toda la trayectoria de una llamada para determinar si las facilidades se encuentran disponibles; si lo están, la señalización de la red proporciona todos los recursos para su utilización. Las redes CCS tienen dos modos de señalización que se refieren a la asociación entre la trayectoria de señalización y la trayectoria del flujo de información correspondiente; son los siguientes:

- 1) Modo de señalización asociada: Los mensajes de señalización correspondientes a un flujo de información entre dos centrales, se transmiten en una troncal de señalización que interconecta directamente las dos centrales en cuestión.
- 2) Modo de señalización no asociado: La trayectoria de señalización no tiene que seguir necesariamente la misma trayectoria que el grupo de troncales de usuario correspondiente.

El Sistema de Señalización No. 6 ("Signaling System No. 6", SS6) del Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía ("Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique", CCITT) es la versión internacional de la red CCS y es el que se utiliza a nivel mundial. Sus características principales son las siguientes:

- + Aplicación: Doméstica
- + Tipo de señalización: Analógica

- + Velocidad: 2400 - 4800 bps
- + Capacidad de enlace: 2000 - 4000 circuitos
- + Longitud del mensaje: 180 bits
- + Ruteo: Grupo de troncales y oficina de destino
- + Arquitectura: Mixta
- + Flexibilidad: Limitada

1.4) MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS ("OPEN SYSTEM INTERCONNECTION", OSI)

A finales de la década de los setenta, la Organización Internacional para la Estandarización ("International Standard Organization", ISO) desarrolló el Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), con el fin de permitir la comunicación entre equipos de diferentes marcas, y que se basa en una arquitectura de siete capas. Esta arquitectura de capas proporciona total transparencia ya que la operación de cada capa es independiente de las demás.

La figura 1.4 muestra las siete capas del modelo OSI. Estas se comunican a través de la red por medio de protocolos. Las capas adyacentes del mismo equipo se comunican entre sí a través de interfaces. La arquitectura de las redes (tales como RDSI) especifican la función de las capas, los procedimientos de protocolos para la comunicación puerto a puerto y la comunicación a través de la interfaz para la comunicación entre capas adyacentes.

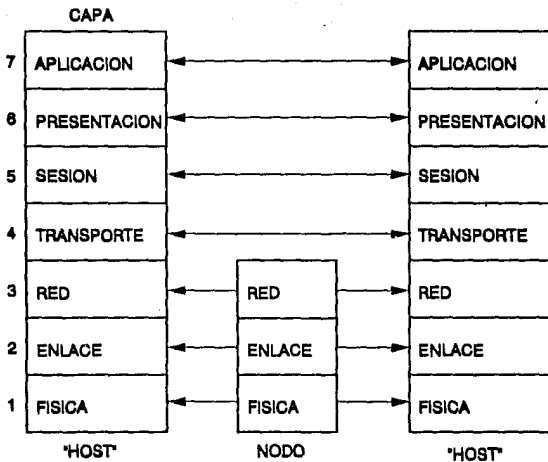


FIGURA 1.4 MODELO DE REFERENCIA OSI

Las tres capas inferiores del modelo OSI se conocen como capas en cadena, ya que comprenden los procesos de comunicación que se realizan entre el computador principal y los nodos, y los nodos entre sí.

- Capa física: Especifica la interfaz física entre el dispositivo de transmisión de datos y el medio de transmisión. Abarca parámetros como voltaje de señal, duración de bits, así como las características mecánicas y eléctricas que ayudan a establecer, mantener y desactivar el enlace físico.

- Capa de enlace: Especifica el protocolo para una comunicación sin errores a través de la capa física. Envía bloques de información con la sincronización necesaria, control de error y control de flujo.

- Capa de red: Determina los protocolos para funciones como enrutamiento, control de tráfico, inicio y terminación de la llamada y comunicación entre el usuario y la red.

Las cuatro últimas capas se conocen como capas de punto final ya que se implantan sólo a nivel de computador principal ("host").

- Capa de transporte: Proporciona transferencia de datos de una manera transparente, inclusive con recuperación de errores punto a punto.

- Capa de sesión: Proporciona la estructura de control para la comunicación entre aplicaciones.
- Capa de presentación: Realiza cambios a la información, a fin de estandarizar la interfaz de aplicación y proporcionar servicios generales de comunicación.
- Capa de aplicación: Proporciona servicios a los usuarios tales como protocolos de transferencia de archivo, compresión, etc.

1.4.1) RECOMENDACION X.25 DEL CCITT

Los protocolos estándar del CCITT para RDSI abarcan sólo las tres capas inferiores del modelo OSI. RDSI puede proporcionar una gran variedad de servicios utilizando también una gran variedad de protocolos, sin embargo, la interfaz red-usuario se diseñó para manejar un sólo juego de protocolos para el acceso a la red, sin importar el servicio a solicitar. Por tanto los protocolos que comprenden la interfaz red-usuario se realizan en las capas 1 a 3. Estos protocolos se estudiarán con más detalle en el capítulo siguiente.

La recomendación X.25 del CCITT define la interfaz entre el usuario y una red pública de datos por conmutación de paquetes ("Packet Switched Public Data Network", PSPDN). Las

principales computadoras de los usuarios se denominan como equipo terminal de datos ("Data Terminal Equipment", DTE) y los nodos de la red como equipo terminal de circuito de datos ("Data Circuit Equipment", DCE).

Esta recomendación es muy importante ya que el X.25 es el protocolo de conmutación de paquetes que más se utiliza actualmente y es 100% compatible con RDSI. La recomendación X.25 define tres capas de protocolos correspondientes a una interfaz red-usuario:

- Capa 1: Intercambio de bits entre DTE y DCE.

- Capa 2: Asegura una comunicación sin error entre DTE y DCE denominándose el protocolo de esta capa de enlace como Procedimientos Balanceados para el Enlace de Acceso ("Link Access Procedures Balanced", LAPB).

- Capa 3: Proporciona las reglas para el establecimiento de varias llamadas virtuales a través de un canal físico entre DTE y DCE; se conoce como Protocolo de la Capa de Paquetes ("Packet Layer Protocol", PLP).

La recomendación X.75 es muy similar a la X.25. Su enfoque inicial fue para la interconexión entre PSPDN's, ahora tiene una visión más general y es aplicable a muchos tipos de redes de paquetes como PSPDN's, RDSI's y redes de área local ("Local Area Networks", LAN's).

La telefonía pública y las redes de telecomunicaciones evolucionan rápidamente hacia el uso exclusivo de la tecnología digital. Este cambio tiene su motivación en la competencia por ofrecer menores costos y mayor calidad de transmisión de voz y de servicios de red. El uso de procesamiento distribuido junto con la comunicación de datos, propicia que esta tendencia de digitalización proporcione el ambiente adecuado para una integración de todos los servicios en lo que se conoce como la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), de la cual se hablará en el siguiente capítulo.

CAPITULO II

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

El concepto de una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) surge a finales de la década de los setenta, como una necesidad nacional e internacional para el futuro de las telecomunicaciones, con el objetivo primordial de definir interfaces digitales usuario-red y red-red. Ahora, y de acuerdo a su evolución, constituye la arquitectura modelo para el establecimiento de redes telefónicas públicas con características digitales punto a punto.

RDSI es para la red de telecomunicaciones de los noventa, lo que el control por almacenamiento de programa ("Stored Program Control", SPC) fue en la década de los sesenta. De hecho, RDSI es una continuación del concepto de red SPC, proporcionando conexión digital, en lugar de conexión analógica aprovechando la tendencia de utilizar la inteligencia de la red para obtener una mayor funcionalidad y control.

En la década de los sesenta se da el primer paso hacia RDSI: la Red Digital Integrada ("Integrated Digital Network", IDN) cuya fundamentación radica en la transmisión y conmutación digital. El surgimiento de la modulación por codificación de pulsos (PCM) y el multiplexaje por división de tiempo (TDM) (de los cuales se habló en el capítulo anterior) fueron factores determinantes en el desarrollo de la comunicación di-

gital, cuyas motivaciones principales eran la economía y la eficiencia de la operación.

La conversión de las telecomunicaciones hacia una transmisión y conmutación digital está en un nivel de avance bastante considerable en lo que se refiere a Estados Unidos, Europa y Japón; más aun, ya se encuentran en las etapas finales de liberación del servicio RDSI a nivel nacional y conexiones internacionales entre ellos, por lo que pronto se podrá conocer el concepto de RDSI como una solución real y de carácter global.

2.1) DEFINICION DE RDSI

El Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (CCITT), que es en su mayoría responsable de la estandarización del concepto RDSI, da la siguiente definición en la Recomendación I.110, 1988:

"RDSI es una red, que evolucionó de una Red Digital Integrada (IDN) telefónica, y que proporciona conectividad digital punto a punto soportando una gran variedad de servicios, incluyendo voz y servicios diferentes de voz, a los cuales se tiene acceso a través de interfaces estándar de red de tipo multiuso".

La versión 1988 de las recomendaciones de la serie I (ver tabla 2.1), fue lo suficientemente detallada para comenzar a implantar el concepto RDSI a finales de la década de los ochenta. A continuación se presenta un breve resumen de estas recomendaciones.

SERIES I.100: CONCEPTOS GENERALES

Las series I.100 sirven como una introducción general a RDSI. Muestran la estructura general de las recomendaciones así como un glosario de términos.

SERIES I.200: ASPECTOS DEL SERVICIO

De alguna manera, las recomendaciones de la serie I.200 se pueden considerar como las más importantes ya que aquí se especifican los servicios a proporcionar al usuario. El término servicio se puede definir (según CCITT I.112) como: "Aquel que es ofrecido por una administración a sus clientes para satisfacer un requerimiento específico de telecomunicación".

A pesar de que ésta es una definición muy general, el término "servicio" ha obtenido un significado muy particular dentro del CCITT, el cual se caracteriza por:

TABLA 2.1 RECOMENDACIONES CCITT (1988)

PARTE I-GENERALIDADES

- I.110 PREAMBULO Y ESTRUCTURA GENERAL DE LAS RECOMENDACIONES DE LA SERIE I
- I.111 RELACION CON OTRAS RECOMENDACIONES RELEVANTES A RDSI
- I.112 TERMINOLOGIA DE RDSI
- I.113 TERMINOLOGIA DE RDSI DE BANDA ANCHA
- I.120 REDES DIGITALES DE SERVICIOS INTEGRADOS
- I.121 ASPECTOS DE RDSI DE BANDA ANCHA
- I.122 ESTRUCTURA PARA SERVICIOS ADICIONALES POR PAQUETES
- I.130 METODO PARA LA CARACTERIZACION DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE SOPORTA RDSI Y CAPACIDADES RDSI
- I.140 ATRIBUTOS PARA LA CARACTERIZACION DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE SOPORTA RDSI Y CAPACIDADES RDSI
- I.141 ATRIBUTOS DE TARIFICACION RDSI

PARTE II-CAPACIDADES DE SERVICIO

- I.200 GUIA PARA LA SERIE I.200
- I.210 PRINCIPIOS DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE SOPORTA RDSI Y CAPACIDADES DE RDSI
- I.211 SERVICIOS PORTADORES QUE SOPORTA RDSI
- I.212 TELESERVICIOS QUE SOPORTA RDSI
- I.220 DESCRIPCION DE DINAMICA COMUN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES BASICOS

TABLA 2.1 RECOMENDACIONES CCITT (1988)

PARTE II-CAPACIDADES DE SERVICIO

- I.221 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS COMUNES DE SERVICIOS
- I.230 DEFINICION DE SERVICIOS PORTADORES
- I.231 CATEGORIAS DE SERVICIOS POR CIRCUITO CONMUTADO
- I.232 CATEGORIAS DE SERVICIOS POR PAQUETE CONMUTADO
- I.240 DEFINICION DE TELESERVICIOS
- I.241 TELESERVICIOS MANEJADOS POR RDSI
- I.250 DEFINICION DE SERVICIOS SUPLEMENTARIOS
- I.251 SERVICIOS DE IDENTIFICACION DE NUMERACION
- I.252 SERVICIOS DE ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA
- I.253 SERVICIOS DE FINALIZACION DE LLAMADA
- I.254 SERVICIOS COMPARTIDOS
- I.255 COMUNIDAD DE SERVICIOS DE INTERES
- I.256 SERVICIOS DE TARIFICACION
- I.257 SERVICIOS ADICIONALES DE TRANSFERENCIA DE INFORMACION

PARTE III-ASPECTOS Y FUNCIONES GLOBALES DE RED

- I.310 PRINCIPIOS FUNCIONALES DE RED
- I.320 MODELO DE REFERENCIA DE PROTOCOLO RDSI
- I.324 ARQUITECTURA DE RED DE RDSI
- I.325 CONFIGURACIONES DE CONEXION RDSI
- I.326 CONFIGURACIONES PARA REQUERIMIENTOS DE RECURSOS RELATIVOS DE RED

TABLA 2.1 RECOMENDACIONES CCITT (1988)

PARTE III-ASPECTOS Y FUNCIONES GLOBALES DE RED

- I.330 PRINCIPIOS DE NUMERACION Y DIRECCIONAMIENTO
- I.331 PLAN DE NUMERACION PARA LA ERA RDSI
- I.332 PRINCIPIOS DE NUMERACION PARA LA INTERACCION DE RDSI
CON REDES DEDICADAS CON DIFERENTES PLANES DE NUMERACION
- I.333 SELECCION DE TERMINALES EN RDSI
- I.334 PRINCIPIOS QUE RELACIONAN LAS DIRECCIONES DE RDSI CON
LAS DEL MODELO OSI
- I.335 PRINCIPIOS DE RUTEO PARA RDSI
- I.340 TIPOS DE CONEXION DE RDSI
- I.350 ASPECTOS GENERALES DE LA CALIDAD DE SERVICIOS Y DESEMPEÑO DE RED EN REDES
- I.351 RECOMENDACIONES DE OTRAS SERIES QUE SE APLICAN AL PUNTO DE REFERENCIA T
- I.352 DESEMPEÑO DE LA RED CON RETRASOS EN EL PROCESAMIENTO DE LA LLAMADA

PARTE IV-INTERFACES USUARIO-RED

- I.410 PRINCIPIOS Y ASPECTOS GENERALES RELACIONADOS CON LAS RECOMENDACIONES DE USUARIO-RED
- I.411 CONFIGURACIONES DE LAS INTERFACES RED-USUARIO
- I.412 ESTRUCTURAS DE LAS INTERFACES RED-USUARIO

TABLA 2.1 RECOMENDACIONES CCITT (1988)

PARTE IV-INTERFACES USUARIO-RED

- I.420 INTERFACE BASICA
- I.421 INTERFACE PRIMARIA
- I.430 INTERFASE BASICA. ESPECIFICACIONES DE LA CAPA 1.
- I.440 ASPECTOS GENERALES DE LA INTERFACE DE LA CAPA DE ENLA-
CE
- I.441 ESPECIFICACIONES DE LA INTERFACE DE LA CAPA DE ENLACE
- I.450 ASPECTOS GENERALES DE LA INTERFACE DE LA CAPA 3
- I.451 ESPECIFICACIONES DE LLAMADA BASICA PARA LA INTERFACE
DE LA CAPA 3
- I.452 PROCEDIMIENTOS GENERICOS PARA EL CONTROL DE SERVICIOS
SUPLEMENTARIOS DE RDSI
- I.460 MULTIPLEXAJE, ADAPTACION DE VELOCIDAD Y SOPORTE DE LAS
INTERFACES EXISTENTES
- I.461 SOPORTE DE DTE CON PROTOCOLOS X.21 X.20
- I.462 SOPORTE DE TERMINALES EN MODO DE PAQUETE
- I.463 SOPORTE DE DTE CON INTERFACES DE LA SERIE V
- I.464 MULTIPLEXAJE, ADAPTACION DE VELOCIDAD Y SOPORTE DE LAS
INTERFACES EXISTENTES PARA CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA
RESTRINGIDA DE 64 KBPS
- I.465 SOPORTE DE DTE CON INTERFACE DE LA SERIE V PARA MULTI-
PLEXAJE ESTADISTICO
- I.470 RELACION DE FUNCIONES TERMINALES DE RDSI

PARTE V-INTERFACES ENTRE REDES

- I.500 ESTRUCTURA GENERAL DE LAS RECOMENDACIONES PARA INTER-
FACES ENTRE REDES
- I.510 DEFINICION Y PRINCIPIOS GENERALES PARA EL INTERACCION
DE REDES RDSI
- I.511 INTERFACE ENTRE REDES ISDN PARA LA CAPA 1
- I.515 PARAMETROS DE INTERCAMBIO EN LA INTERACCION DE RDSI
- I.520 ARREGLOS GENERALES PARA LA INTERACCION ENTRE RDSI
- I.530 INTERACCION ENTRE RDSI Y REDES TELEFONICAS PUBLICAS
CONMUTADAS
- I.540 INTERACCION ENTRE RDSI Y REDES CONMUTADAS PUBLICAS DE
DATOS
- I.550 INTERACCION ENTRE REDES PUBLICAS DE DATOS POR CONMUTA-
CION DE PAQUETES
- I.560 REQUERIMIENTOS PARA EL SERVICIO DE TELEX EN RDSI

PARTE VI-PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO

- I.601 MANTENIMIENTO DE INSTALACION Y ACCESO DE SUSCRIPTOR
- I.602 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO PARA LA INSTALACION
- I.603 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO PARA EL ACCESO BASICO
- I.604 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO PARA EL ACCESO PRIMARIO
- I.605 PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO PARA ACCESO BASICO MULTI-
PLEXADO

- Compatibilidad completa, punto a punto.

- Terminales con estándares CCITT, incluyendo procedimientos.

- Listado de los suscriptores al servicio en un directorio internacional.

- Procedimientos de prueba y mantenimiento, según CCITT.

- Reglas de contabilidad y tarificación.

Existen tres servicios con estandarización completa del CCITT: telegrafía, telefonía y comunicación de datos. Por el momento existen cuatro nuevos servicios telemáticos (servicios orientados al usuario para la transferencia de servicios) que se encuentran en proceso de estandarización: teletexto, fax, videotexto y manejo de mensajes. El objetivo de todos estos servicios es el de asegurar una comunicación internacional de alta calidad para el usuario terminal, sin importar el tipo del equipo terminal y el tipo de red usado a nivel nacional para manejar el servicio.

La serie I.200 clasifica los servicios en servicios portadores de bajo nivel y teleservicios de alto nivel. Por cada servicio se definen varios atributos que se configuran mediante un acuerdo entre el proveedor y el suscriptor.

SERIES I.300: ASPECTOS DE RED

Mientras que la serie I.200 se enfoca en el usuario, en términos de los servicios proporcionados al usuario, la serie I.300 se enfoca en la red, en cuanto a la forma en que ésta proporciona dichos servicios.

SERIES I.400: INTERFACES USUARIO-RED

La serie I.400 estudia la interfaz entre la red y el usuario. Los tres temas principales de esta serie son:

- Configuraciones físicas: Cómo las funciones de RDSI se se configuran en el equipo. Los estándares especifican grupos funcionales y definen puntos de referencia entre estos grupos.

- Velocidades de transmisión.

- Protocolos: Estudia los protocolos del modelo OSI (capa 1 a 3) que especifican la interacción entre usuario y red.

SERIES I.500: INTERFACES ENTRE REDES

La serie trata la interconexión de una red RDSI con otras redes, incluyendo redes de paquetes y redes conmutadas.

SERIES I.600: PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO

Define algunas mediciones de error y las relaciona con el mantenimiento de la red.

El estudio de estas recomendaciones involucra tanto a gobiernos, organizaciones de estandarización y empresas de telecomunicaciones, todos ellos persiguen una serie de objetivos clave para el desarrollo de RDSI:

- + Estandarización: Este punto es esencial ya que se proporcionará un acceso universal a la red. El equipo estandarizado RDSI se podrá reubicar inclusive de un país a otro, para ser conectado a la red. El costo de este equipo tendrá una tendencia a la baja ya que habrá una fuerte competencia para proporcionar esta funcionalidad.
- + Transparencia: El servicio será independiente de la información a transmitirse por el usuario.
- + Servicios conmutados y rentados: Esto proporcionará al usuario una gran variedad de opciones para la configuración de la red optimizando costos y operación.
- + Tarifas por costo relacionado: El precio de RDSI deberá ser independiente del tipo de información a transmitir; así se evita la posibilidad de que un servicio subsidie a los demás. La distinción en las tarifas deberá enfocarse

al costo de proporcionar una eficiencia y características funcionales específicas de un servicio.

+ Migración gradual: Debido al gran tamaño de la infraestructura actual de telecomunicaciones, con sus interfaces de usuario correspondientes, la conversión a RDSI debe ser gradual. Las interfaces RDSI deben evolucionar a partir de las actuales a fin de interactuar con las redes en operación y después completar el reemplazo.

+ Capacidad de multiplexaje: Con el fin de dar servicio a conmutadores y equipos de redes de área local existentes.

2.2) CANALES DE RDSI

En comunicación de datos, un canal es un conducto por el que se puede transmitir información analógica o digital.

En la telefonía convencional, la conexión entre la central pública y el abonado se realiza mediante un canal analógico, que se utiliza para diferentes tipos de información.

La Red Digital de Servicios Integrados sólo puede transmitir información digital utilizando tres tipos básicos de canales que se diferencian por su función y por su velocidad:

CANAL	USO	VELOCIDAD
B	Servicios	64 kbps
D	Señalización y paquetes de datos	16 kbps ó 64 kbps
H ₀	Seis canales B	384 kbps
H ₁	Todos los canales H ₀	
	H ₁₁ (24B)	1.536 Mbps
	H ₁₂ (30B)	1.920 Mbps
H ₂	RDSI banda ancha (propuesto)	
	H ₂₁	32.768 Mbps
	H ₂₂	43-45 Mbps
H ₄	RDSI banda ancha (propuesto)	132-138 Mbps

2.2.1) CANAL D

Todo dispositivo RDSI que se conecta a una red, usa un conector físico estándar e intercambia mensajes con la misma para solicitar un servicio. El contenido de estos mensajes varía con el tipo de dispositivo. La función principal del canal D es la de llevar este intercambio de mensajes o seña-

lización entre el usuario y la red. Como este intercambio difícilmente ocupará todo el ancho de banda disponible del canal, se puede ocupar el ancho de banda restante para paquetes de datos siendo ésta su función secundaria.

El canal D puede operar a velocidades de 16 ó 64 kbps, dependiendo de la interfaz de acceso de usuario, tema que se discutirá posteriormente.

2.2.2) CANAL B

La señalización intercambiada a través del canal D, proporciona las características del servicio que el usuario solicita. Este servicio (voz, datos, audio, video) se transmite a través del canal B, el cual opera a una velocidad de 64 kbps.

El canal B puede utilizarse para aplicaciones de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes utilizando protocolos estándares tales como el X.25.

2.2.3) CANALES H

Estos canales se utilizan cuando se requieren servicios a velocidades mayores de 64 kbps, y su ancho de banda equivale al de un grupo de canales B.

El primer tipo de canales H es el canal H_0 , el cual maneja una velocidad de 384 kbps, que equivale al ancho de banda de seis canales B.

Un canal H_1 comprende todos los canales H_0 disponibles a través de una interfaz T1 o E1. El canal H_{11} opera a 1.536 Mbps y es equivalente a cuatro canales H_0 (24 canales B) para ser compatible con el estándar norteamericano T1. El canal H_{12} opera a 1.920 Mbps y es equivalente a cinco canales H_0 (30 canales B) para ser compatible con el estándar internacional E1.

Los canales H_2 y H_4 son aún propuestas para las aplicaciones de RDSI de banda ancha, el cual está todavía bajo estudio y del que se hablará posteriormente.

2.3) DISPOSITIVOS FUNCIONALES Y PUNTOS DE REFERENCIA

Los estándares de RDSI definen varios tipos de dispositivos. Cada tipo de dispositivo tiene ciertas funciones que no necesariamente implica la presencia física de un equipo; por esto, las recomendaciones los denominan como dispositivos funcionales.

Debido a que existe un gran número de tipos de dispositivos funcionales, también existe un gran número de interfaces entre dispositivos, cada una requiriendo un protocolo de comu-

nicación específico. Cada interfaz se denomina punto de referencia y se muestran junto con los dispositivos funcionales en la figura 2.1.

2.3.1) DISPOSITIVOS FUNCIONALES DE RDSI

La oficina central de RDSI se denomina intercambio local ("Local Exchange", LE). Entre sus funciones están implantar los protocolos de RDSI, mantenimiento, operación de la interfaz física y proporcionar los servicios solicitados por el usuario.

El equipo de terminación de la red tipo 1 ("Network Termination 1", NT1) representa la terminación de la conexión física entre el usuario y el LE. Sus funciones principales son el monitoreo del comportamiento de la línea, transferencia de potencia, sincronización y multiplexaje de los canales B y D.

El equipo de la terminación de la red tipo 2 ("Network Termination 2", NT2) son aquellos dispositivos que proporcionan al cliente conmutación, concentración y multiplexaje en sitio. Ejemplos de estos dispositivos son conmutadores, redes de área local, controladores de terminal, etc. Un NT2 puede omitirse en algunas aplicaciones como servicios habitacionales de RDSI.

El equipo terminal ("Terminal Equipment", TE) incluye dispositivos de usuario final como teléfonos analógicos o digitales, equipo terminal de datos de redes X.25 (DTE), terminales de trabajo RDSI o terminales integradas de voz y datos ("Integrated Voice Data Terminals", IVDT). El equipo terminal tipo 1 ("Terminal Equipment 1", TE1) abarca a aquellos dispositivos que utilizan los protocolos RDSI y manejan los servicios RDSI (ejemplo: teléfono RDSI). El equipo terminal tipo 2 ("Terminal Equipment 2", TE2) abarca los dispositivos no compatibles con RDSI, tales como los teléfonos analógicos que se utilizan actualmente.

Un adaptador de terminal ("Terminal Adapter", TA) permite a un dispositivo TE2 comunicarse con la red. Este dispositivo es muy importante ya que la mayoría del equipo que se usa está dentro de la clasificación TE2. El TA proporciona las conversiones de protocolo necesarias para que teléfonos analógicos, DTE's, computadoras personales (PC's) y otros dispositivos puedan conectarse a la red.

Es importante hacer notar que un sólo equipo puede realizar las tareas de varios dispositivos funcionales; por ejemplo, un conmutador puede realizar las funciones de NT1 y NT2. Esta combinación se conoce a menudo como NT12.

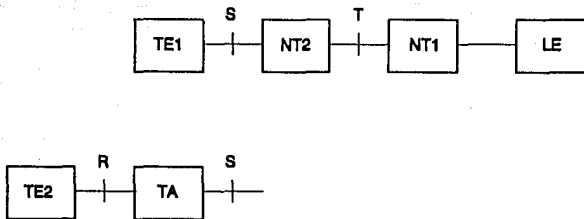


FIGURA 2.1 PUNTOS DE REFERENCIA Y DISPOSITIVOS FUNCIONALES RDSI

2.3.2) PUNTOS DE REFERENCIA DE RDSI

Los puntos de referencia definen la comunicación entre los diferentes dispositivos funcionales. La importancia de estos puntos de referencia radica en que se pueden utilizar diferentes protocolos en cada uno de ellos. CCITT define tres puntos de referencia: R, S y T.

El punto de referencia R se encuentra entre un TE2 y un TA. El TA permitirá aparecer al TE2 como un dispositivo RDSI ante la red; sin embargo, no existe un estándar universal para el punto de referencia R, ya que el proveedor del TA determina como se va a realizar la comunicación entre TA y TE2. Existen algunos estándares reconocidos como el EIA-232-D (antes RS-232-C) o el V.35, o soluciones propietarias como añadir una tarjeta dentro de la terminal en cuestión.

El punto de referencia S se encuentra entre el equipo RDSI del usuario (TA o TE1) y el equipo de la terminación de la red (NT2 o NT1).

El punto de referencia T está entre el NT1 y el NT2; en ausencia de un NT2, la interfaz usuario-red se denomina generalmente como punto de referencia S/T. Las recomendaciones CCITT contienen protocolos muy específicos para los puntos de referencia S y T, sin embargo, el objetivo no es profundizar en el análisis de cada una de las recomendacio-

nes, sino tener una visión clara de cuál es la estructura de una red RDSI.

2.4) PROTOCOLOS DE LA CAPA FISICA DE RDSI

La capa física o capa número uno, describe la conexión física entre TE y NT, incluyendo el conector, código de línea, tramas y características eléctricas. La conexión física es síncrona, serial y bidireccional; puede ser punto a punto (interfaz básica o interfaz primaria) o punto a multipunto (sólo la interfaz básica). Los canales B y D comparten la línea física utilizando multiplexaje por división de tiempo.

2.4.1) INTERFAZ BASICA

La interfaz básica comprende dos canales B y un canal D (2B+D), tal como se especifica en la Recomendación CCITT I.430, aunque también se puede configurar como 1B+D o como un canal D sólomente.

Como ya se mencionó, la interfaz básica puede tener dos variantes: configuración punto a punto y configuración punto a multipunto. En la configuración punto a punto, el NT y el TE pueden estar separados hasta un kilómetro.

Existen dos tipos de configuración punto a multipunto. En la opción del "bus" corto pasivo, se pueden conectar hasta ocho TE a un NT en un bus de hasta 150 m de longitud; los TE y NT se pueden localizar en cualquier parte del "bus". En la opción del "bus" pasivo extendido, numerosos TE pueden agruparse en un extremo del "bus" hasta 1 km de distancia del NT.

La conexión física entre TE y NT requiere por lo menos dos pares de hilos; un par para cada dirección de la transmisión, esto no tiene ninguna dificultad, sin embargo el problema radica en el suministro de potencia a los TE. Este es un asunto de gran complejidad ya que todos los equipos terminales y también los TA tendrán algún tipo de memoria interna que identificará una dirección y atributos de los servicios a soportar y además capaz de manejar los protocolos propios de RDSI. Por lo tanto los dispositivos de RDSI demandarán mayor potencia; con la tecnología actual un NT requeriría aproximadamente 400 mW de potencia mientras que el TE necesitaría por lo menos 200 mW, cantidades significativamente mayores a las que puede proporcionar la central pública. Aún en el caso de que ésta pudiera proporcionar esta potencia adicional, la red local RDSI sería una facilidad de transmisión digital, por lo que la potencia de corriente alterna no se podría transmitir a través de la misma línea (más aún cuando la tendencia tecnológica es el de cablear las redes locales utilizando fibra óptica). Este problema es

el más controversial en el estudio de la interfaz básica, sin embargo, se proponen las siguientes soluciones:

- + Potencia "fantasma" (definición del CCITT en sus recomendaciones para la interfaz básica) a través de los pares de transmisión y recepción.

- + Potencia a través de un par adicional, proveniente de una fuente local de corriente alterna o directa.

2.4.1.1) CODIGO DE TRANSMISION DE LINEA Y FORMATO DE TRAMA

El código de transmisión de línea en la interfaz básica es el de inversión alternada de marca ("Alternate Mark Inversion "AMI"), donde un cero se representa por una señal de línea de aproximadamente 750 mV que se alterna en polaridades negativas y positivas; un uno se representa por la ausencia de voltaje. Como la polaridad de los ceros es alterna, este esquema de señalización se encuentra en balance de corriente directa; esto es, que no existe una corriente directa neta en la línea, en un período determinado. Esto permite la existencia de líneas de mayor longitud, mejores acoplamientos inductivos y capacitivos y reduce problemas con la estática.

Dos ceros consecutivos con la misma polaridad constituyen una violación de código. Las violaciones de código no nece-

sariamente se consideran errores, por el contrario, son una parte importante del esquema de señalización de la interfaz básica ya que se utilizan para proporcionar la sincronía en la transmisión. Estas violaciones siempre aparecerán en pares ya que una sólo violación causaría desbalance en la corriente directa de la línea.

La transmisión en la interfaz básica se organiza en bloques de bits que se conocen como tramas I.430, cada una conteniendo 48 bits. Cada segundo se transmiten 4000 tramas I.430 (cada una con duración de 250 μ s), alcanzando la velocidad de 192 kbps. Cada trama contiene 16 bits de cada uno de los canales B y 4 bits del canal D, alcanzando velocidades de 64 kbps y 16 kbps respectivamente. El esquema de intercalamiento de los bits de los canales B y D en una trama de la interfaz básica, es el siguiente:

CANAL:	B1	D	B2	D	B1	D	B2	D
NUMERO DE BITS:	8	1	8	1	8	1	8	1

El comienzo de las tramas que envía el TE al NT tienen un retraso de dos bits respecto a las tramas que envía el NT al TE. De esta manera el NT controla el reloj de todos los TE's.

Las tramas que se envían en ambas direcciones son prácticamente iguales, con la excepción de que la trama de NT a TE lleva un eco de los bits del canal D (bits E), los cuales sólo son una repetición de los bits que se transmiten en el canal D, en la dirección TE a NT. Los bits E tienen una importancia relevante en la configuración punto a multipunto, ya que pueden existir múltiples TE's en la línea de la interfaz básica, por lo cual es necesario asegurar que sólo un TE transmita a la vez en el canal D en la dirección TE a NT. Este problema no existe para el canal B, ya que será propiedad exclusiva de un TE a la vez. Asimismo, no existe este problema en la dirección NT a TE ya que sólo existe un dispositivo NT.

Los bits L se utilizan para asegurar de que no exista una corriente directa neta en la línea. Por lo tanto el bit L será un cero si se precede de un número non de ceros y será un uno si se precede de un número par de ceros.

El bit de activación A se usa para indicar que la interfaz básica se encuentra activa y enviando información; su utilización es parte del proceso de activación de la interfaz, el cual se discutirá más tarde. El uso del bit libre S, se encuentra aún bajo estudio.

Los bits restantes en la trama de la interfaz básica son para señalización física y para reloj. En concreto, el bit de trama F es un bit con valor de cero que constituye una

violación de código con respecto al último cero que se transmitió en la trama anterior. De hecho, la polaridad de este pulso siempre será positiva. Las reglas de codificación de la recomendación I.430 especifican que el primer cero que se transmite después de los bits iniciales F y L, serán otra violación de código, preservando así el balanceo de corriente directa.

Un grupo de 20 tramas I.430 constituye una multitrama las cuales proporcionan un canal Q de 800 bps en la dirección TE a NT. Todavía no se especifica el uso exacto del canal Q y, de acuerdo a las recomendaciones CCITT, no es obligatorio el manejo de multitramas por parte del NT.

La recomendación I.430 define cinco patrones de señalización que se conocen como señales INFO, las cuales indican el estado del enlace físico de la interfaz básica. Se definen como sigue:

- + INFO 0: No existe señal de línea; puede enviarse desde NT o TE.

- + INFO 1: Es una señal continua a una velocidad de 192 kbps, repitiendo el patrón 0 (polaridad positiva), 0 (polaridad negativa) y seis unos; se envía sólo en la dirección TE a NT.

+ INFO 2: Es una trama I.430 donde los bits A, B, D y E toman un valor de cero, y los bits restantes toman el valor de acuerdo a las reglas de la trama. Se envía en la dirección NT a TE.

+ INFO 3: Es una trama I.430 con datos de operación en los canales B y D, con el bit A tomando un valor de uno. Sólo se envía en la dirección TE a NT.

+ INFO 4: Es una trama I.430 con datos de operación en los canales B y D, con el bit A tomando un valor de uno. Sólo se envía en la dirección NT a TE.

Estas señales INFO se utilizan como parte de los procedimientos de activación y desactivación del NT y TE. Regularmente no existirá actividad eléctrica a través del punto de referencia S/T a menos de que un TE se encuentre activo; este es un ejemplo de una señal INFO 0. En general, el procedimiento de activación de un TE es como sigue:

- 1) Un TE enviará una señal INFO 1 cuando se conecta, cuando se aplica o reestablece energía o cuando se pierde el alineamiento de trama.
- 2) La señal INFO 2 del NT proporcionará la sincronización apropiada al TE.

- 3) El TE enviará una señal INFO 3 para indicar el establecimiento del alineamiento de trama.
- 4) El NT responderá con una señal INFO 4 para indicar que la interfaz básica se encuentra activa y en operación.

Cuando se quita la energía a un TE, éste enviará una señal INFO 0 para indicar su estado al NT.

Es necesario aclarar que, aunque los estudios se iniciaron con el código de línea AMI, se añadieron también a las Recomendaciones CCITT los códigos 4B3T (4 binarios, 3 ternarios) y 2B1Q (2 binarios, 1 cuaternario); este último se considera que puede llegar a ser el estándar universal de código de línea.

2.4.2) INTERFAZ PRIMARIA

La recomendación CCITT I.431 menciona dos tipos de interfaz primaria: a 1.544 Mbps y 2.048 Mbps. Estas velocidades están en función de la jerarquía digital de los sistemas de transmisión existentes, cuyas características eléctricas tienen su especificación en la recomendación G.703 del CCITT; las diversas estructuras para las interfaces primarias se muestran en la tabla 2.2.

A diferencia de la interfaz básica, la interfaz primaria no tendrá su conexión final en el TE, sino que se utilizará como una troncal que conecte el equipo de cómputo del cliente con el LE.

Las interfaces primarias pueden proporcionar cualquiera de las siguientes configuraciones: canales B y D de 64 kbps, canal H0 de 384 kbps, combinación de canales B y H0, o canales H1 de 1536 y 1920 kbps.

Las características eléctricas de las interfaces de 1.544 y 2.048 Mbps se especifican a la entrada del receptor y a la salida del receptor en los circuitos de intercambio de la interfaz. La única configuración de cableado disponible para la interfaz primaria es la de punto a punto.

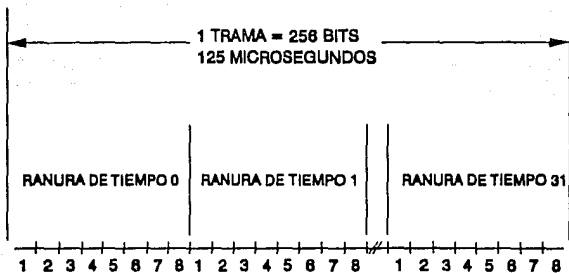
TABLA 2.2

ESTRUCTURAS DE INTERFAZ			
DESIGNACION	ESTRUCTURA		CANAL D
Interfaz de canal B	23B+D 30B+D	1544 kbps 2048 kbps	D = 64 kbps
Interfaz de canal H ₀	4H ₀ ó 3H ₀ +D 5H ₀ +D	1544 kbps 2048 kbps	D = 64 kbps
Interfaz de canal H ₁	H ₁₁ H ₁₂ +D	1544 kbps 2048 kbps	D = 64 kbps
Interfaz combinada de canales	nB + mH ₀ + D		D = 64 kbps

La interfaz a 1.544 Mbps se utiliza principalmente en Japón y en Estados Unidos, mientras que la interfaz a 2.048 Mbps es el estándar que se maneja en Europa, parte de Asia y la que se adoptó en México para la conexión digital; a continuación se estudiará la interfaz a 2.048 Mbps por tratarse del estándar en nuestro país.

2.4.2.1) INTERFAZ A 2.048 MBPS

La interfaz a 2.048 Mbps se basa en el estándar E1 de la Conferencia Europea de Administraciones Postal y de Telecomunicaciones ("Conference of European Postal and Telecommunications Administrations", CEPT) donde se especifica el multiplexaje de 32 canales de 64 kbps. El formato de trama de esta interfaz se muestra en la figura 2.2. Cada trama consiste de 256 bits, incluyendo 32 ranuras de tiempo consecutivas numeradas del 0 al 31; considerando 8000 tramas por segundo, entonces se llega a una velocidad total de 2.048 Mbps y una velocidad de usuario de 1.984 Mbps. Los bits correspondientes a la ranura de tiempo 0 se utilizan para indicación de alarma remota y "chequeo" cíclico redundante, el cual proporciona la señal de alineamiento de trama. Las ranuras de tiempo de la 1 a la 15 y de la 17 a la 31, se utilizan para los 30 canales B, mientras que la ranura 16 se reserva para el canal D. El código de línea que se utiliza es el bipolar de alta densidad de orden tres ("High Density Bipolar 3", HDB3).



**FIGURA 2.2 FORMATO DE TRAMA DE LA INTERFAZ
A 2.048 MBPS**

Los parámetros eléctricos para una interfaz de 2.048 Mbps se especifican en la tabla 6 de la recomendación G.703 del CCITT y son las que se muestran a continuación.

- + Velocidad de la línea: 2.048 Mbps \pm 50 ppm
- + Impedancia de carga de prueba: 120 Ω
- + Código de línea: HDB3
- + Ancho nominal del pulso: 244 ns
- + Voltaje de pico nominal del pulso de marca: 3 V.

2.5) PROTOCOLO DE LA CAPA DE ENLACE

La función primaria de la capa de enlace, de acuerdo al modelo de referencia OSI, es la de proporcionar una comunicación sin errores entre dos dispositivos; por lo tanto, el protocolo correspondiente debe manejar ciertas funciones para lograr este objetivo, entre las cuales se encuentran:

- + Señalización del comienzo y término de la transmisión.
- + Direccionamiento: Indica cual dispositivo en la línea es el transmisor o receptor de la trama correspondiente.
- + Reconocimiento de recepción de tramas
- + Secuencia: Mantiene la secuencia de las tramas transmitidas.
- + Detección de errores y tramas fuera de secuencia.
- + Control de flujo con transmisores de alta velocidad.

El protocolo de la capa de enlace se denomina Procedimientos de Acceso de Enlace del canal D ("Link Access Procedures on the D Channel", LAPD) y tiene muchas similitudes con el protocolo del estándar X.25 (LAPB); estos dos protocolos son derivaciones del protocolo de Control de Enlace de Datos de Alto Nivel ("High-level Data Link Control", HDLC).

El LAPD define la conexión lógica entre el usuario (TE) y la red (NT o LE) a través de los puntos de referencia S y/o T en el canal D. Maneja comunicación serial, síncrona y bidireccional ya sea en configuración punto a punto o punto a multipunto. Los principios generales del LAPD se describen en las recomendaciones CCITT Q.920 (I.440) y los procedimientos de operación en la recomendación Q.921 (I.441).

La unidad de transmisión en el LAPD es la trama (figura 2.3) la cual comprende los siguientes campos:

- + Bandera: Corresponde al patrón 01111110. Señaliza el inicio y el final de la trama.
- + Dirección: Identifica el dispositivo del usuario (así como el servicio) que está enviando o que va a recibir la trama. Consta de dos bytes.
- + Control: Identifica el tipo de trama y puede llevar bits de reconocimiento. Consta de uno o de dos bytes, dependiendo del tipo de trama.

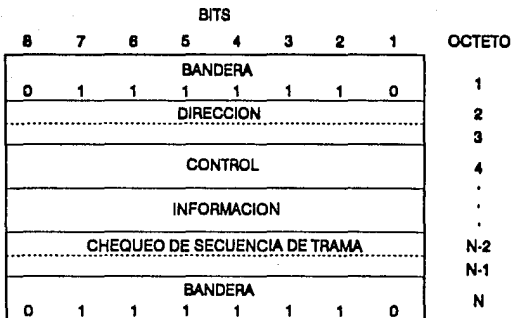
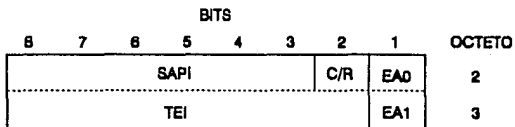


FIGURA 2.3 FORMATO DE TRAMA DEL LAPD



EA: BIT DE EXTENSION (0 ó 1)

C/R: BIT DE COMANDO Y RESPUESTA

FIGURA 2.4 FORMATO DEL CAMPO DE DIRECCIONAMIENTO

- + Información: Contiene información a nivel operativo y administrativo. Tiene una longitud variable pero siempre en bytes; puede estar ausente en algunas tramas.
- + "Chequeo" de secuencia de trama ("Frame Check Sequence", FCS): Contiene el resultado del cálculo del "chequeo" cíclico redundante.

Es importante hacer notar que el bit número 1 (el de más bajo orden) es el que se transmite primero.

2.5.1) CAMPO DE CONTROL Y TIPOS DE TRAMAS DEL LAPD

Como ya se mencionó, el campo de control especifica los tipos o formatos de trama a transmitir, que se clasifican de la siguiente forma:

- + Tramas de información (I): Pueden llevar información a nivel administración de la red, así como información de capas superiores (incluyendo información de usuario).
- + Tramas de supervisión (S): Controlan el intercambio de las tramas I, a nivel de reconocimiento, control de flujo y recepción de tramas I fuera de secuencia.
- + Tramas sin numerar (U): Se utilizan para iniciar y terminar una conexión lógica, intercambiar información sin

secuencia e indicar algunas condiciones de error.

2.5.2) DIRECCIONAMIENTO DE LAPD

Una de las características principales del LAPD es la estructura del campo de direccionamiento (ver figura 2.4) y la habilidad de multiplexar varios enlaces a través del mismo canal físico. La dirección, que se denomina como Control de Identificación del Enlace de Datos ("Data Link Control Identifier", DLCI), tiene una longitud de 13 bits y comprende dos subcampos: Identificador Final de Terminal ("Terminal Endpoint Identifier", TEI) e Identificador del Punto de Acceso al Servicio ("Service Access Point Identifier", SAPI).

El SAPI es un subcampo de 6 bits que constituye el primer byte del campo de direccionamiento; a pesar de que esta configuración permitiría hasta 64 definiciones de SAPI, el CCITT define cuatro hasta el momento: SAPI 0 se utiliza para control de procedimientos de llamadas de acuerdo a la recomendación CCITT Q.931 (I.451). SAPI 1 es para la comunicación de paquetes según también la recomendación anterior. SAPI 16 se utiliza para paquetes de datos según la recomendación X.25 y SAPI 63 se usa para mensajes de administración, operación y mantenimiento ("Operations, Administrations and Maintenance", OAM). Los valores restantes se reservan para futuras estandarizaciones.

El TEI es un subcampo de 7 bits que constituye el segundo byte del campo de direccionamiento. Esto permite el asignamiento de hasta 127 TEI's para una interfaz (TEI 127 se reserva para la transmisión múltiple de mensajes), número que rebasa el número de terminales RDSI que se pueden manejar.

La interfaz básica permite que varias terminales RDSI se conecten en configuraciones punto a multipunto, y debido que el LAPD proporciona un enlace lógico punto a punto, es necesario que exista un mecanismo para el multiplexaje de varios enlaces lógicos. Esto no es nada sencillo, ya que algunos de los servicios disponibles en un TE serán los mismos servicios disponibles en otro, entonces el SAPI no podrá diferenciar por sí mismo un enlace lógico de otro. Es por esto que los TE's se diferencian asignándoles un TEI, así, juntos el SAPI y el TEI forman una dirección específica para la identificación del enlace lógico.

Otro punto de complejidad respecto al uso de múltiples enlaces lógicos LAPD, es la existencia de enlaces lógicos de transmisión múltiples, cuyo objetivo principal es el de proporcionar al LE un medio para enviar simultáneamente una trama en particular a cada terminal RDSI en una interfaz que soporta un servicio en particular. Un TEI 177 siempre se usa para el enlace lógico de transmisión múltiple.

La estructura general del LAPD surgió en 1984 en el Libro Rojo, Recomendaciones CCITT Q.920 (aspectos generales) y Q.921 (especificaciones). La revisión de 1988 eliminó cuatro opciones respecto a la de 1984, con el fin de aumentar la portabilidad de las terminales, y como ya no quedan puntos pendientes de estudio, la estandarización del LAPD se considera completa por lo que muchos fabricantes de circuitos de alta escala de integración ("Large Scale Integration", LSI) se encuentran planeando o implementando el concepto en circuitos integrados.

2.5.3) LAPB Y LAPD

Las recomendaciones CCITT y algunas implementaciones de RDSI permiten el uso del protocolo X.25 LAPB en el canal D, sin tener dificultades para distinguir uno de otro ya que sus campos de direccionamiento son diferentes. El LAPB tiene un campo de direccionamiento de 8 bits de longitud donde el bit de menor orden siempre vale 1; el LAPD tiene un campo de direccionamiento de 2 octetos de longitud donde el bit de menor orden del primer octeto siempre vale 0. Esto quiere decir que la red o el usuario siempre podrá identificar cual protocolo se está utilizando inmediatamente después de recibir el primer bit después de la bandera.

Otro punto muy importante es que el LAPB define sólo una conexión punto a punto entre un DTE y un DCE, lo cual es

100% aplicable a un usuario o red de RDSI. El problema es que no hay manera de definir dos enlaces lógicos LAPB a través de una interfaz usuario-red tal como se pueden definir enlaces múltiples LAPD. Por lo tanto, sólo un dispositivo a la vez puede utilizar LAPB en una interfaz determinada, lo cual limita mucho el uso del LAPB para aplicaciones en dispositivos RDSI.

Finalmente, es necesario aclarar que las observaciones anteriores no quieren decir que las aplicaciones X.25 actuales se consideren obsoletas en una red RDSI. Un TA para un DTE que utiliza X.25, puede fácilmente convertir las tramas de LAPB en tramas LAPD sin afectar el contenido de la información.

2.6) PROTOCOLOS DE LA CAPA DE RED

Los protocolos de señalización de la capa de red de RDSI se especifican en las recomendaciones CCITT Q.930 (aspectos generales) y Q.931 (aspectos particulares). Estas dos recomendaciones definen los protocolos para el establecimiento, mantenimiento y liberación de conexiones de varios tipos:

- + Conexión de circuitos conmutados utilizando el canal B.

- + Conexión de paquetes conmutados utilizando el canal B o el canal D.

+ Conexión para señalización entre usuarios, utilizando el canal D.

Las características principales de los protocolos se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1) Señalización fuera de banda: La señalización para el control de la red se realiza a través de un canal o enlace separado del que se utiliza para transmitir la información del usuario. Esto permite la posibilidad de intercambiar información de control en cualquier momento, sin importar el estado de la llamada.
- 2) Manejo de señalización para conmutación de circuitos, conmutación de paquetes y conexión entre usuarios a través de la misma interfaz.
- 3) Aplicación del mismo protocolo, tanto para la interfaz básica (2B + D) como para la interfaz primaria (30B + D) incluyendo las configuraciones punto a punto y la de punto a multipunto.
- 4) Definición y transferencia de información para el chequeo de compatibilidad entre el TE que llama y el TE al que se está llamando, el cual sólo responderá si existe dicha compatibilidad.

- 5) Protocolos análogos para llamadas de entrada y de salida, con el fin de permitir el control de llamadas directas entre usuarios (por ejemplo la conexión entre dos conmutadores a través de líneas privadas).

- 6) Estructura modular de mensajes: El formato de los mensajes de acuerdo a CCITT Q.931, consiste principalmente de dos partes: la parte común, la cual es común a todos los mensajes, y la parte específica del mensaje. La parte específica del mensaje comprende elementos de información que pueden tener el carácter de obligatorios u opcionales según el mensaje en particular.

- 7) Alineamiento con la parte de usuario de RDSI del Sistema Señalización No. 7 ("Integrated Services Digital Network User Part - Signaling System No. 7", ISUP - SS7), lo cual permite la interacción de la recomendación Q.931 con ISUP - SS7, a un nivel de red.

2.6.1) CONTROL DE LLAMADA POR CIRCUITO CONMUTADO

En la figura 2.5 se muestra un procedimiento típico de una llamada por circuito conmutado, a través de la interfaz usuario-red para la configuración punto a punto. En este caso, la terminal que inicia la llamada envía un mensaje de preparación "SETUP" hacia la red. Este mensaje contiene, entre otros elementos de información, el número que se desea

llamar y las características del servicio que se está solicitando; esta información puede manejarse en dos formatos diferentes: en bloc (todo en un sólo mensaje) o por traslape (envío en una serie de mensajes). Si el "SETUP" es aceptable, la red envía el mensaje de procedimiento de llamada "CALL PROCEEDING" hacia la terminal que llama y comienza el proceso de la llamada a través de la red.

Cuando la central de intercambio local ("Local Exchange", LE) recibe la llamada, envía un mensaje de "SETUP" a la terminal de destino, la cual a su vez puede enviar (de manera opcional) el mensaje de "CALL PROCEEDING" a la terminal llamante; esto con el fin de contar con una secuencia simétrica de llamada entre la terminal llamante y la terminal que se llama.

Si la terminal de destino necesita avisar a su usuario del arribo de una llamada, por ejemplo con un timbre como es el caso de los equipos telefónicos convencionales, la terminal empieza a alertar al usuario y envía de regreso el mensaje de alerta "ALERT" hacia la red, con el fin de avisar al usuario que llama que la terminal de destino se encuentra alertando en ese momento. Cuando la terminal de destino contesta, envía un mensaje de conexión "CONNECT" hacia la red solicitando el establecimiento de la conexión; la red envía entonces un mensaje de reconocimiento de conexión "CONNECT ACKNOWLEDGE" hacia la terminal de destino. Esta terminal de destino puede responder opcionalmente con un mensaje igual

(nuevamente para mantener la simetría de la conexión) y así iniciar el flujo de la información a través del canal B.

Análogamente se realiza el proceso en la configuración punto a multipunto, con la diferencia que más de una terminal puede responder a la llamada, enviando el mensaje de conexión;

Cuando se presenta una colisión de este tipo, la terminal que envió el mensaje primero es la que toma la llamada mientras que las otras terminales reciben un mensaje de liberación "RELEASE". Normalmente, utilizando la interfaz básica (2B + D), la red envía el mensaje "SETUP" a través de un enlace de transmisión múltiple y se prepara para recibir más de un mensaje de "ALERT" y de "CONNECT", asumiendo una configuración punto a multipunto.

Como ya se sabe, en la interfaz primaria (30B + D) sólo se permite la configuración punto a punto, por lo que la red envía el mensaje de "SETUP" a través de un enlace punto a punto.

Cuando termina el flujo de información, cualquiera de las dos partes puede iniciar la desconexión del canal B enviando el mensaje de desconexión "DISCONNECT" hacia la otra terminal. El procedimiento se completa con un intercambio de mensajes de liberación "RELEASE" y reconocimiento de liberación "RELEASE ACKNOWLEDGE". Así queda libre el número de referencia de la llamada y el canal B para otra conexión.

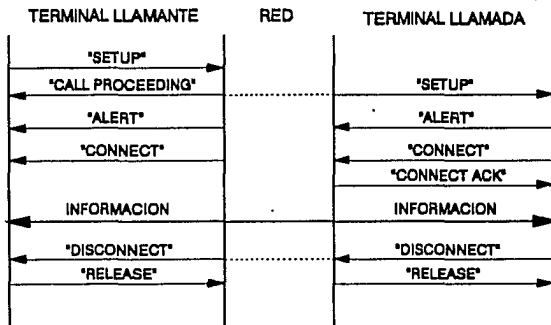


FIGURA 2.5 PROCEDIMIENTO DE LLAMADA

2.6.2) CONTROL DE LLAMADAS POR PAQUETES CONMUTADOS

A diferencia de las llamadas por circuito conmutado, las llamadas por conmutación de paquetes necesitan un protocolo de soporte durante el proceso de transferencia de información. Las terminales que utilizan el protocolo X.25 deben tener una conexión a través de la cual tengan acceso a un circuito virtual ya sea de una Red Pública de Conmutación de Paquetes de Datos ("Packet Switched Public Data Network", PSPDN) o el manejador de paquete correspondiente a RDSI.

El servicio del circuito virtual proporciona el protocolo necesario para el control y la transferencia de datos en las llamadas de tipo X.25, por lo tanto la labor de RDSI es la de proporcionar la conexión entre la terminal X.25 y su servicio de circuito virtual, los cuales posteriormente utilizarán los procedimientos X.25 para la llamada. Algunos parámetros como el número de llamadas virtuales que se permiten, o la existencia de servicios unidireccionales dependen de la red X.25 y no de la conexión con RDSI, es decir, los procedimientos Q.931 proporcionarán un acceso RDSI y el protocolo X.25 se encargará de realizar la llamada virtual. RDSI maneja tres tipos de acceso para transmisiones X.25:

- Acceso remoto por circuito conmutado
- Acceso del canal B
- Acceso del canal D

2.6.2.1) ACCESO REMOTO POR CIRCUITO CONMUTADO A MANEJADORES DE PAQUETES

Este tipo de acceso es muy similar al de control de llamada por circuito conmutado, sin embargo, ya que el objetivo es el de proporcionar un acceso, se presentan algunas restricciones o diferencias de importancia.

La intención del usuario que genera la llamada es el de tener acceso a un canal de servicios de una PSPDN, por lo tanto el destino del mensaje "SETUP" de RDSI será un puerto de acceso de la PSPDN, que se denomina unidad de acceso ("Access Unit", AU) (figura 2.6). La naturaleza de esta conexión hace suponer que no serán necesarios los mensajes de "CALL PROCEEDING" o "ALERT".

Si el AU fuera a recibir un paquete X.25 con un mensaje de preparación de llamada por parte de la PSPDN y con direccionamiento a una terminal RDSI, sin que existiera el acceso correspondiente, entonces el AU actuaría como el originador de la llamada y originaría el mensaje "SETUP2 para establecer el acceso. De esta manera, tanto el usuario como el AU pueden iniciar una llamada X.25 a través de un acceso existente, sin importar quién lo estableció.

2.6.2.2) ACCESO DEL CANAL B AL MANEJADOR DE PAQUETES RDSI

Este es un método que se utiliza para preparar un acceso directo del canal B hacia un servicio de circuito virtual X.25. Los procedimientos de señalización no implican ninguna restricción para la ubicación del manejador de paquetes, pero es lógico esperar que se encuentre dentro de la RDSI, de cualquier forma, así parecería para el usuario.

La señalización para manejar este acceso tiene mucha similitud con la anterior, con algunas diferencias importantes como que sólo se permite el "SETUP" en la modalidad de enbloq; otra diferencia es que la red no envía un mensaje de "CALL PROCEEDING", en su lugar transmite un mensaje de "CONNECT" tan pronto como se acepta la solicitud de acceso.

Es importante señalar que esta técnica puede utilizar indistintamente los procedimientos de capa de enlace tanto de RDSI como de CCITT X.25.

2.6.2.3) ACCESO DEL CANAL D AL MANEJADOR DE PAQUETES RDSI

Para utilizar este método sólo se tiene que adecuar el paquete X.25 en un formato de trama de información LAPD, dar al Identificador del Punto de Acceso al Servicio (SAPI) el valor de 16 y enviar la trama a través del canal D.

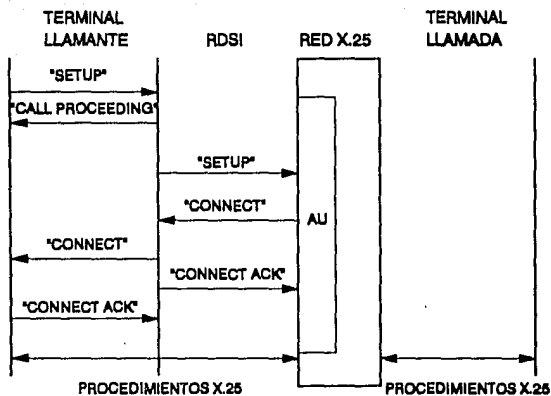


FIGURA 2.6 ACCESO REMOTO A MANEJADORES DE PAQUETE

2.7) SISTEMA DE SEÑALIZACION No. 7

El Sistema de Señalización No. 7 ("Signaling System No. 7", SS7) es el estándar de red de señalización por canal común ("Common Channel Signaling", CCS) para RDSI, siendo la modalidad de señalización asociada la que se adoptó ya que es la única que asegura la secuencia adecuada de los mensajes. Sus características principales son las siguientes:

- + Aplicaciones: Doméstica y servicios internacionales
- + Tipo de señalización: Digital
- + Velocidad: 56 kbps - 64 kbps
- + Capacidad del enlace: 30,000 circuitos
- + Longitud del mensaje: Variable, hasta 273 octetos
- + Ruteamiento: Oficina central de destino
- + Arquitectura: Capas
- + Flexibilidad: Alta

El protocolo consiste de dos partes: transferencia de mensaje común ("Message Transfer Part", MTP), el cual proporciona un servicio similar al X.25 o a la interfaz de red del canal D de RDSI, y la de aplicaciones específicas de usuario, tales como la parte de usuario de RDSI, parte telefónica de usuario, parte de datos de usuario, parte de control de señalización y la parte de aplicaciones de transacciones.

El MTP comprende protocolos correspondientes a las tres capas inferiores del modelo OSI y son los siguientes: enlace

de señalización de datos, enlace de señalización y administración de señalización y manejo de mensajes de la red, respectivamente.

La parte de aplicaciones específicas de usuario corresponde a las capas superiores del modelo OSI. Dentro de ellas destaca el ISUP, ya que su interacción con la Recomendación CCITT Q.931 (protocolo de la capa de red) tiene un avance de estudio considerable en las Recomendaciones Q.761 a Q.766.

2.7.1) INTERACCION ENTRE Q.931 Y SS7

La figura 2.7 muestra la interacción de la recomendación Q.931, con aplicación en la interfaz usuario-red, y el ISUP - SS7, con aplicación en la interfaz de la central de intercambio, para una conexión de circuito conmutado RDSI.

El mensaje Q.931 de "SETUP" se traduce al mensaje de dirección inicial de SS7 ("Initial Address Message", IAM) en la central de intercambio local originadora y se envía a la central de destino. Al llegar a ésta, se vuelve a traducir al formato Q.931 "SETUP".

Si la llamada es compatible, la terminal alerta al usuario y envía un mensaje de "ALERT" a la red; éste se traduce al mensaje de dirección completa de SS7 ("Address Complete Message", ACM) con un indicador que notifica la condición de

usuario libre. El mensaje ACM se vuelve a traducir al formato de "ALERT" y se envía al usuario originador de la llamada. Después la terminal destino envía un mensaje de "CONNECT" y la central de intercambio local terminal completa la conexión de ambos canales, traduciendo el mensaje de "CONNECT" al mensaje de contestación de mensaje ("Answer Message", ANM) de SS7.

Para liberar la conexión, cualquiera de las dos partes puede enviar el mensaje de "DISCONNECT" el cual se traduce al mensaje de liberación de SS7 ("Release", REL) el cual se confirma después con el mensaje liberación completa ("Release Complete", RLC), quedando disponible el circuito de intercambio.

La traducción de los mensajes entre el formato Q.931 y el SS7 se debe a que, inicialmente, las respectivas estandarizaciones las realizaron grupos de estudio diferentes. Después se juntaron los esfuerzos con el fin de uniformizar los mensajes y los procedimientos correspondientes. Desafortunadamente no es posible cambiar algunos de los términos ya que cuentan con una difusión muy amplia; de cualquier manera, se sigue trabajando para la revisión de una Recomendación de interacción entre Q.931 y SS7.

2.7.2) INTERACCION ENTRE RDSI Y REDES CONMUTADAS PUBLICAS

Las RDSIs tienen que evolucionar a partir de las redes telefónicas conmutadas públicas ("Public Switched Telephone Network", PSTN's) actuales, introduciendo en ellas paulatinamente equipo de conmutación y transmisión digitales. Durante este período de transición, las RDSI's tendrán que interactuar con otras redes existentes, sobretodo con las PSTN's ya que son las más numerosas a nivel mundial. Es un hecho que los teléfonos digitales que se conectan a una interfaz básica (2B + D) deben comunicarse con todos los teléfonos convencionales que se conectan a una PSTN.

La figura 2.8 muestra un ejemplo típico de comunicación entre una RDSI y una PSTN con una banda de audio de 3.1 kHz. En este caso se cuenta con una central de interacción o intermedia (parte de la RDSI) que recibe el IAM de una central local RDSI y se encarga de checar si la capacidad que se solicitó puede dejar la RDSI. Si la solicitud es de un servicio de voz o está dentro de la banda de audio de 3.1 kHz, entonces la llamada puede entrar a la PSTN y envía la señalización de toma de línea y envía los dígitos del usuario final a la PSTN a través su sistema de señalización analógica convencional.

Al mismo tiempo, la central de interacción envía de regreso un ACM indicando que la llamada está abandonando la RDSI y que información adicional sobre la condición de la llamada,

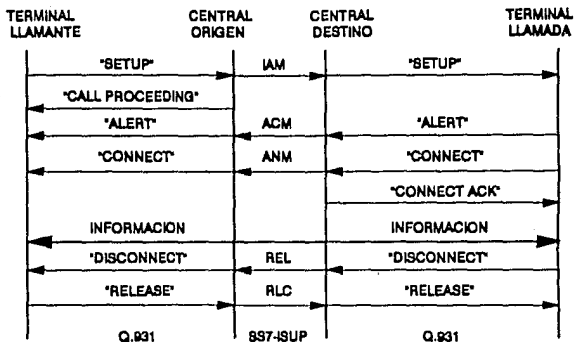


FIGURA 2.7 INTERACCION ENTRE Q.931 Y SS7-ISUP

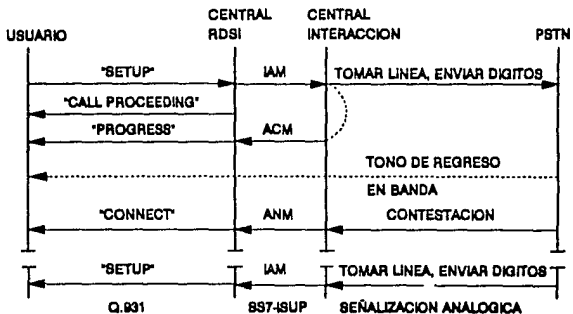


FIGURA 2.8 COMUNICACION ENTRE RDSI Y PSTN

se encuentra disponible; el ACM se traduce a un mensaje de progreso "PROGRESS" en formato Q.931 en la central originadora. Después, un tono (señalización dentro de banda) se envía a través de la PSTN hacia el usuario llamante, el cual se convierte a formato digital PCM en la central de interacción y se envía a través del canal B. Cuando el usuario destino contesta, la señalización se convierte en la central de interacción al mensaje ANM y después en la central originadora al formato Q.931 "CONNECT".

En el caso de la llamada se origine en la PSTN (como se muestra en la parte inferior de la figura 2.11), no existe mucha diferencia en la señalización: la central de interacción envía el IAM, el cual se convierte en la central de intercambio local a formato Q.931 "SETUP". El mensaje "SETUP" se transmite a todas las terminales con conexión a la línea de destino, las cuales realizan las pruebas de compatibilidad correspondientes.

Actualmente los servicios que se pueden proporcionar a un usuario de RDSI (a nivel de red) tienen muchas limitaciones debido a la señalización de bajo nivel que manejan las PSTNs; sin embargo se encuentran bajo estudio las especificaciones y protocolos para los servicios suplementarios como conferencias múltiples, llamada en espera, llamada de tarjeta de crédito y la supervisión de la llamada en caso de estar ocupado.

2.8) RDSI DE BANDA ANCHA

Las interfaces básica y primaria de RDSI utilizan un esquema de transmisión síncrono que se denomina algunas veces como modo de transferencia síncrono ("Synchronous Transfer Mode", STM); entendiéndose por síncrono la dependencia del tiempo existente de los canales dentro de la trama. Estas interfaces contienen ranuras de tiempo para algunos canales B y D. La ranura de tiempo se asigna aún cuando no haya actividad en el canal.

Las aplicaciones de RDSI de banda ancha ("Broadband Integrated Services Digital Nerwork", B-ISDN) utilizarán canales de una alto ancho de banda. Se podrían definir tramas STM de canales B, D o H (de hecho hay propuestas para la utilización de los canales H2 y H4) sin embargo el desperdicio de ancho de banda sería enorme debido a la asignación de ranuras de tiempo haya o no actividad en el canal. El RDSI de banda ancha tiene tres diferencias fundamentales en relación al RDSI tradicional o RDSI de banda angosta ("Narrow Band Integrated Services Digital Network", N-ISDN):

- + N-ISDN utliiza la infraestructura telefónica actual: par trenzado de cobre. B-ISDN utiliza fibra óptica.
- + N-ISDN es principalmente una red de conmutación de circuitos y que realiza la conmutación de paquetes sólo en el

canal D, el cual se usa para señalización. B-ISDN sólo usa conmutación de paquetes.

- + Las velocidades de los canales de N-ISDN no pueden modificarse, mientras que B-ISDN utiliza canales virtuales sin preespecificación de velocidad. La única limitante de los canales virtuales es la capacidad de la interfaz física usuario-red (la cual puede ser de 155.52 Mbps o de 622.08 622.08 Mbps).

Estas velocidades surgieron a partir de la Recomendación CCITT que se conoce como jerarquía digital síncrona ("Synchronous Digital Hierarchy", SDH), refiriéndose el término síncrono a la transmisión a través de fibra óptica. SDH evolucionó a partir de una familia de estándares que se conocen como red óptica síncrona (Synchronous Optical Network", SONET"). Los términos SDH y SONET a veces se utilizan como sinónimos; el SDH describe el medio de transmisión para B-ISDN. La fibra óptica puede ofrecer un ancho de banda de hasta 100 Gbps para la transmisión. Estas alternativas de red (redes Gigabit) se encuentran actualmente bajo estudio.

La estandarización de B-ISDN contempla la utilización de los mismos puntos de referencia y los mismos dispositivos que para N-ISDN. Sin embargo la notación para este servicio tendrá adicionalmente la letra B, de tal manera que un equipo

terminal de B-ISDN se designará como B-TE y el punto de referencia T como T_B .

La solución para la implementación del B-ISDN se conoce como modo de transferencia asíncrono ("Asynchronous Transfer Mode", ATM) el cual tiene sus fundamentos en multiplexaje por división de tiempo estadístico, donde una ranura de tiempo se asigna sólo cuando hay actividad en el canal.

En 1988 el CCITT seleccionó el ATM como el modo de transferencia para B-ISDN. En 1990 se aprobó la primera serie de Recomendaciones la cual especifica los aspectos básicos de ATM correspondientes a las capas inferiores del modelo OSI. Los detalles de las capas superiores se encuentran actualmente en discusión y su estandarización se espera en el período de 1992 a 1994.

ATM es una técnica híbrida que combina la simplicidad y las altas velocidades de la conmutación de circuitos, con la flexibilidad de la conmutación de paquetes X.25. La unidad básica de la transferencia de datos es la célula (figura 2.9), la cual se procesa en diferentes etapas de la comunicación: en la terminal, multiplexores, puntos de cruce, etc. La célula es un paquete de longitud fija con un campo principal o de inicio y un campo de información. El formato fijo de los dos campos asegura que el procesamiento puede realizarse por medio de un equipo sencillo que proporciona altas velocidades y elimina programación extra del mismo.

Además de manejar una gran variedad de servicios de comunicaciones, ATM tiene como objetivo proporcionar una transferencia independiente, en muchos aspectos, de dichos servicios. Un ejemplo muy claro es la independencia del tiempo ya que no existe ninguna relación entre el reloj de aplicaciones y el reloj de la red. También existe independencia semántica donde la unidad de información de la red (la célula) y la unidad de información de aplicaciones no se relacionan. Esto trae como resultado una unidad de protocolo de transferencia en la cual la parte principal o inicial se utiliza sólo para funciones de transferencia de red. La red ATM no se encarga de procesar el campo de información, de hecho, no realiza ninguna revisión de error.

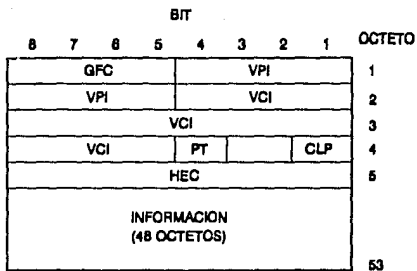
Las células se multiplexan asincrónamente, es decir, los diferentes flujos de células de información se ordenan antes de intercalarse en el medio de transmisión. Las células que se integran al flujo del medio deben adaptarse a la velocidad de transmisión (sin excederla) insertando células libres, las cuales se eliminan cuando llegan al siguiente nodo de destino a fin de que se mantenga un flujo continuo de células.

La identificación del canal de las células se realiza con el concepto de canal virtual de las redes X.25. Dicha identificación se lleva a cabo localmente (puede ser en el multiplexor) y puede variar en cada nodo. La identificación consiste de dos campos complementarios que se conocen como identi-

ficador de trayectoria virtual ("Virtual Path Identifier", VPI) e identificador de canal virtual ("Virtual Channel Identifier", VCI). En cada interfaz, los canales de comunicación se identifican por la combinación del VPI y VCI. El concepto de trayectoria virtual se introdujo para el manejo de 2^{16} (65,536) conexiones ATM como un sólo canal.

Dentro del campo principal se encuentran varios subcampos cuyos estudios se encuentran en etapas iniciales pero con una definición precisa de cuál va a ser su función. Uno de ellos es el tipo de carga útil, el cual ayuda al usuario a distinguir células que llevan información de usuario, de células que llevan información del servicio. De esta manera, el usuario puede crear un subcanal para checar si la calidad del servicio es realmente del nivel adecuado.

Para asegurar un acceso equitativo a la red pública, un nuevo estándar se está desarrollando. El problema a resolver es el de proporcionar acceso a configuraciones multiterminales (como una LAN). El estándar en cuestión es el del punto de referencia S_B , a fin de que varias terminales compartan un acceso simultáneo a la red. Este procedimiento tendrá supervisión en la célula ATM en el subcampo control de flujo genérico ("Generic Flow Control", GFC) el cual se encuentra todavía bajo estudio, siendo hasta ahora el único punto de acuerdo el de manejar diferentes esquemas, no importando si la LAN se configura como anillo, estrella, etc.



GFC: FLUJO DE CONTROL GENERICO
VPI: IDENTIFICADOR VIRTUAL DE TRAYECTORIA
VCI: IDENTIFICADOR VIRTUAL DE CANAL
PT: TIPO DE CARGA UTIL
CLP: PRIORIDAD DE LLAMADA PERDIDA
HEC: CAMPO DE CONTROL DE ERROR

FIGURA 2.9 ESTRUCTURA DE LA CELULA ATM

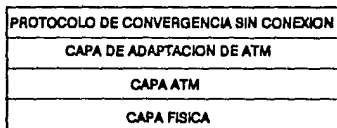


FIGURA 2.10 CAPAS DE RDSI DE BANDA ANCHA

2.8.1) CAPAS DE B-ISDN

El RDSI de banda ancha contempla hasta el momento, cuatro capas principales para su operación (figura 2.10):

1) Capa física

Proporciona la interfaz entre el medio de transmisión y el resto del paquete del protocolo. El medio de transmisión siempre deberá ser transparente a la arquitectura del protocolo, es decir, los protocolos de capas superiores no deben afectarse por la conexión física. Esta capa debe manejar transmisión eléctrica y óptica así como configuraciones punto a multipunto.

2) Capa ATM

Esta capa es común a todos los servicios B-ISDN. Su función es la de proporcionar capacidad de transferencia de células; construye las células y coloca la información adecuada en el campo inicial o principal.

3) Capa de adaptación de ATM ("Asynchronous Transfer Mode Adaptation Layer", AAL)

Esta capa debe realizar las funciones complementarias que hacen posible que la información que se intercambia sea compatible con los requerimientos del servicio a solicitar. Las

Recomendaciones CCITT I.362 e I.363 definen y especifican los cuatro tipos de AAL's. Los dos primeros se refieren a transferencia de datos, el tipo número tres se refiere a la señalización usuario-red y el tipo cuatro para la transferencia de datos sin conexión. Este último es al que se dedican más esfuerzos actualmente, y de hecho, se tiene ya una compatibilidad con el modo de transferencia sin conexión del estándar 802.6 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y en Electrónica ("Institute of Electrical and Electronics Engineers", IEEE).

4) Protocolo de convergencia sin conexión ("Connectionless Convergence Protocol", CLCP)

Esta capa aún no tiene una aceptación total dentro de CCITT, pero posiblemente tendrá una aprobación en un corto período de tiempo, esto se debe a que equivale a la capa número tres del servicio de datos conmutado multimegabit ("Switched Multimegabit Data Service", SMDS); con esta correspondencia, una red puede ofrecer el servicio SMDS independientemente de la tecnología que lo soporta, ya sea ATM o IEEE 802.6.

2.8.2) EXPECTATIVAS DE B-ISDN

El desarrollo de B-ISDN se encuentra aún en las primeras etapas de estudio, y se espera que hasta finales de la década de los noventa se introduzcan sus facilidades. Sin embar-

go, mientras más se incrementa la capacidad del lado del usuario, de igual manera se incrementa el rango de servicios disponibles. Estos servicios, en un ambiente de operación completa, podrán clasificarse en servicios interactivos (donde hay un intercambio de información en dos direcciones) y servicios de distribución (la información se transmite sólo en una dirección). Los servicios interactivos se realizan entre dos suscriptores o un suscriptor y un proveedor de servicios. Se incluyen en esta clasificación servicios de voz, de mensajes y de consulta.

En los servicios de distribución la transferencia de información se realiza del proveedor del servicio hacia el suscriptor. Se incluyen en esta clasificación servicios de transmisión masiva como es el caso de televisión.

B-ISDN se diferenciará de N-ISDN en varios aspectos, por ejemplo, para cubrir los requerimientos de video de alta resolución se necesitará una velocidad de transmisión de alrededor de 150 Mbps. Para manejar simultáneamente servicios interactivos y servicios distributivos se necesitará una velocidad total de aproximadamente 600 Mbps, por lo que la única tecnología apropiada para el manejo de estas velocidades será la de fibra óptica. La figura 2.11 muestra una descripción de la arquitectura propuesta para B-ISDN; la central de intercambio local ("Local Exchange", LE) deberá manejar tanto N-ISDN (para el cual se puede utilizar par trenzado de cobre para las interfaces básica y primaria)

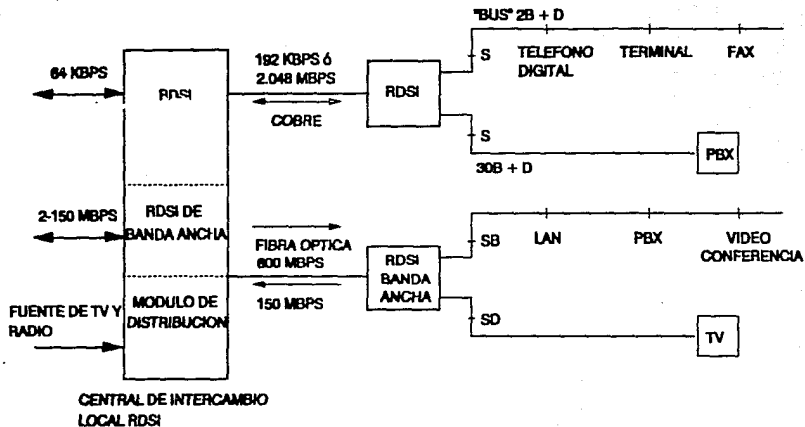


FIGURA 2.11 PERSPECTIVA DE LA ARQUITECTURA COMPLETA RDSI

como B-ISDN (en el cual se utilizará fibra óptica), por esto es claro afirmar que la introducción de B-ISDN dependerá fundamentalmente del ritmo de introducción de circuitos locales de fibra óptica.

2.9) SERVICIOS, APLICACIONES Y POSIBLE MERCADO DE RDSI

Las especificaciones CCITT para RDSI detallan las interfaces y servicios que la red puede proporcionar, pero regularmente, las aplicaciones no se mencionan. Esto tienen como objetivo el no limitar la RDSI a los usos que se asociaran a las especificaciones que se establecieran en un momento dado. La meta final de RDSI es la de proporcionar una herramienta de información y comunicación a nivel mundial, y aunque la conversión de la totalidad del sistema telefónico tomará varias décadas en completarse, es importante conocer las características y la magnitud de este desarrollo ya que la planeación de los recursos y nuevas facilidades de telecomunicaciones deberán estar en función de las expectativas de RDSI para lograr una integración más eficiente al sistema.

2.9.1) SERVICIOS DE RDSI

1) Conmutadores y Centrex

Aún en un ambiente RDSI, se seguirá presentando la disyuntiva enter escoger un comutador ("Private Branch Exchange", PBX) o Centrex ("Central Exchange") donde las mismas opciones de conmutación de un PBX se tienen en la oficina central. Son varios los factores a considerar como la inversión inicial de un PBX contra la renta por puerto de Centrex, beneficios y salarios por soporte local, cargos por reconfiguraciones y en general el análisis costo beneficio de las dos opciones.

2) Redes T1 y E1

La interfaz primaria de RDSI proporciona el ancho de banda y la flexibilidad de un enlace E1 o T1 sin el costo de una línea privada de este tipo. Los usuarios podrán tener una línea de acceso de 1.544 Mbps ó de 2.048 Mbps entre su ubicación y la oficina central, y así escoger los servicios que deseen para cada canal individual de acceso.

3) LAN's

RDSI ofrecerá varias opciones para el manejo de las redes de área local. Puede escogerse entre un PBX o un Centrex RDSI. Estas dos opciones serán un sustituto a largo plazo, para las LAN con administración de usuario; en particular, la opción del PBX-RDSI da la posibilidad de tener un control local de la red y además con la perspectiva de interconexión

para formar Redes de Area Metropolitana ("Metropolitan Area Network", MAN) a través del RDSI de banda ancha.

4) Conmutación de paquetes y X.25

La Recomendación CCITT X.25 es el protocolo con mayor aceptación en las PSPDN's. Los procedimientos adicionales para que un DTE accese la PSPDN vía RDSI se detallan en las Recomendaciones CCITT X.31 y X.32. El manejo de los computadores principales con protocolo X.25 en una RDSI es fundamental para el éxito del concepto; ya que los protocolos X.25 pueden manejarse tanto por el canal B como por el D, muchas líneas que se dedican a la conmutación de paquetes se podrán eliminar en un ambiente RDSI.

5) Protocolos propietarios de red

Dos de las más importantes arquitecturas propias de red actualmente son la Arquitectura de Sistemas de Red de IBM ("Systems Network Architecture", SNA) y la Arquitectura de Redes Digitales de DEC ("Digital Network Architecture from DEC, DECnet"); es por esto que los usuarios de éstas y otras arquitecturas propietarias, se preguntan cual será su papel en el ambiente RDSI.

SNA y DECnet desde su introducción en la década de los setenta, como parte de su proceso de evolución, lograron un alineamiento importante (aunque no total), con el modelo OSI.

Además que ambos fabricantes anunciaron el manejo, a corto plazo, de todos los protocolos OSI. Ambas arquitecturas continuarán evolucionando hacia el concepto RDSI; en el último de los casos, su utilización será indispensable aunque sólo sea para el transporte de los paquetes X.25.

2.9.2) FACILIDADES Y APLICACIONES FUTURAS DE RDSI

1) Captura de llamada universal

Permitirá al usuario contestar su teléfono sin importar su ubicación (inclusive de un teléfono público).

2) Correo de voz

Facilidad de un buzón de mensajes para cada usuario de la red, independientemente si se trata de un suscriptor particular o de un negocio.

3) Llamada en espera con correo de voz

Avisa a un usuario de una llamada en espera; si ésta no se contesta en un cierto período, se pedirá al usuario que llama que deje un mensaje en el buzón de voz correspondiente (con transferencia automática al buzón).

4) Identificación de llamada

Anuncia la identidad de la persona que llama a través de un formato digital de voz de una computadora.

5) Identificación de línea de llamada entrante

Esta facilidad es muy importante ya que al llegar una llamada, la red al identificar el número puede acceder información del usuario en una base de datos. Esto puede tener muy diversas aplicaciones como en el telemarketing (el sistema puede llamar al cliente si ningún agente se encuentra disponible), transferencia inmediata tanto de información de voz, como de datos a otros agentes en un departamento de atención a clientes, y servicios de emergencia ya que en muchas ocasiones el usuario que requiere este servicio, no se encuentra en posibilidad de hablar por lo que al llamar al número de emergencia se identificarían inmediatamente datos personales del número telefónico que llama.

6) Sistema universal financiero

Se permitirán las conversiones necesarias de protocolo para acceso a las diferentes bases de datos financieras.

7) Terminales punto de venta

Una terminal punto de venta es una combinación de una caja

registradora con una computadora. Así, mientras se realiza la compra, la terminal puede actualizar el inventario y al mismo tiempo corroborar la aceptación del crédito a solicitar.

8) Videoconferencia

Permite realizar conferencias múltiples con diversos lugares con transmisión de voz e imagen simultánea. Puede tener aplicación para juntas o reuniones o cursos donde resulte demasiado costosa la transportación de los participantes.

9) Aplicaciones diversas de datos

- + Acceso a redes de área local e interconexión de las mismas
- + Redes de área metropolitana
- + Llamadas de conferencia de computadoras personales (PC's)
- + Conversión de protocolos asíncronos a formato SNA
- + Emulación de terminales 327x, eliminando así el uso de cable coaxial
- + Grupo 4 de fax
- + Videotexto

2.9.3) FUTURO MERCADO DE RDSI

Es un poco difícil predecir el mercado que tendrá en primeras instancias RDSI por tratarse de un producto nuevo, de

tecnología diferente y con un costo inicial de inversión elevado; sin embargo, mientras más disponible se encuentre el servicio, el costo tenderá a abatirse paulatinamente.

Por estas razones es que RDSI penetrará primero en negocios y oficinas, para después incursionar en el sector habitacional. Las empresas tienen mayor capacidad económica para afrontar un perfeccionamiento de este nivel de su red de comunicaciones, lo cual es imperativo en estos días en los que se considera a las redes telefónicas como una herramienta importante para incrementar la productividad.

Puede hacerse una clasificación de los clientes potenciales del servicio RDSI; es la siguiente:

1) Sector habitacional

La mayoría de esta clientela tiene muy poca necesidad de servicios de información, aunque haya casos en los cuales se trabaje en la casa ya sea porque ahí está la ubicación del negocio, o por la necesidad de realizar el trabajo de la oficina es este lugar. Aunque existen varias aplicaciones atractivas al usuario como facilidades (desvío o llamada en espera), televisión por cable, conexión con el computador principal de la empresa, etc. el costo inicial es muy alto en comparación con el servicio actual, aunado al factor de que muy pocas personas se atreven a innovar un concepto en casa antes de observarlo en la oficina o en otro lugar. Es

por esto que el concepto RDSI debe crecer primero a nivel empresarial para después implantarse en el sector habitacional, una vez que se empiecen a abatir los costos y a motivar la confianza de la gente.

2) Clientes de empresas pequeñas

Se considera una empresa pequeña aquella que tiene un número pequeño de empleados y menos de 25 líneas telefónicas. Se ubican generalmente en un solo sitio y tienen un promedio menor a una línea telefónica por empleado. Representa un sector muy grande del mercado. La mayoría de estos negocios requieren una mayor cantidad de servicios de voz en relación a los de datos, por lo que sus necesidades se enfocan a reducir costos por la utilización de muchas líneas, ampliar la cobertura de llamadas y no perder llamadas entrantes. Facilidades telefónicas como desvío y rellamada automática pueden ser de gran utilidad para este tipo de usuarios. Sin embargo, no sería común que la empresa pequeña pudiera absorber los gastos que se asocian a la instalación de RDSI, por lo que su incursión al mercado será muy baja, por lo menos a corto y mediano plazo.

3) Clientes de empresas medianas

Una empresa mediana es aquella que tiene entre 25 y 50 empleados en cada una de sus ubicaciones. Este es un mercado

de tamaño moderado pero de gran importancia por el manejo que tienen de comunicación de datos. Aplicaciones típicas de RDSI incluirían acceso integrado de voz/datos a información, redes de PC's, acceso a computadores principales, acceso y actualización de bases de datos y teleconferencia. La integración de estos servicios justifica la inversión necesaria por parte de este sector.

4) Clientes de empresas grandes

Son aquellas que tienen muchas locaciones, cada una más de 50 empleados y con varios miles de líneas telefónicas. Aunque representan un sector pequeño del mercado, constituyen la mayoría de los ingresos de la compañía telefónica. La preocupación principal de las grandes empresas es la administración de la información como elemento esencial del éxito de la compañía, esto incluye factores como seguridad de información, conversión de protocolos, eliminación de cables coaxiales, etc. RDSI es un concepto que les puede proporcionar confiabilidad, economía y una eficiencia de producción al nivel que requieren. Es por esto que es el sector más dispuesto a invertir en esta tecnología.

5) Clientes de empresas muy grandes

Son aquellas que tienen miles de empleados en varias locaciones. Es un caso muy similar al anterior, con la diferencia que al contar con mayor personal técnico de alto nivel y

con un poder adquisitivo respetable, estas empresas no esperan a que estos servicios se encuentren disponibles al público, sino que contarán con su propio equipo sin depender de la central local de intercambio, representando un gran ahorro para la empresa y una gran pérdida para la compañía telefónica.

2.10) PANORAMA GENERAL ANTE EL ARRIBO DE RDSI

El concepto RDSI, como cualquier innovación tecnológica de gran escala, no se encontrará disponible de la noche a la mañana en todas las regiones del mundo; esto hace pensar a la mayoría de las empresas en el por qué incorporar su red de comunicaciones a un concepto en el cual no hay disponibilidad en todas las locaciones que se requieren, por qué no mejor esperar a que los servicios RDSI se encuentren disponibles a nivel general.

No se puede dar una respuesta precisa a estas preguntas, sin embargo, se recomienda observar la aceptación gradual del concepto. Desde luego no todos los usuarios se beneficiarán inicialmente con RDSI; se habla de aquellos que requieren independencia en los servicios de voz y datos o redes de baja velocidad y que por lo tanto no serán candidatos al servicio en su etapa preliminar. Los usuarios conservadores continuarán planeando a corto plazo de acuerdo a los servi-

cios tradicionales sin incluir RDSI en el camino, quizá planteando la opción de Centrex a largo plazo.

La posición más adecuada en estos tiempos es la actualizar la tecnología y capacidades de la red de comunicaciones. Un primer paso sería el de adoptar estándares en todas las áreas de la red donde sea posible; se debe tratar con varios proveedores, así con la adopción de estándares y la variedad de fabricantes, el cliente puede tener una cartera muy amplia de opciones y mantener una alta flexibilidad en el futuro. Finalmente, el usuario jamás debe ceder el control de su red de comunicaciones a su proveedor, lo cual es uno de los principales atractivos de la solución RDSI: RDSI maximiza el control del usuario de sus recursos de comunicación.

CAPITULO III

La dependencia tecnológica existente de México hacia otros países, siempre traerá consecuencias negativas en todos los campos de estudio. En el caso de las comunicaciones no es la excepción; existe un notable atraso en cuanto a la evolución de los servicios de comunicación en comparación con otros países. Mientras en los países desarrollados ya se hacen estudios para la interconexión de diferentes sistemas RDSI, en México apenas se está implementando el concepto de una red digital (red superpuesta) como un paso intermedio para llegar al concepto de Red Digital de Servicios Integrados (hablando a nivel de central pública, ya que actualmente existen algunas redes privadas de magnitud considerable, que operan bajo el concepto de RDSI).

Este capítulo tiene como objetivo analizar cuál ha sido el proceso de la digitalización de las comunicaciones en México y qué perspectivas se tienen a corto y mediano plazo para llegar al concepto de RDSI de acuerdo a los planes de la nueva administración de Teléfonos de México.

3.1) RED SUPERPUESTA

El concepto de red superpuesta surge a mediados de 1989 como un plan a cuatro años para lograr la conexión digital de las

principales ciudades de la República Mexicana, con el objetivo de dar servicio a los Grandes Usuarios que requieran telecomunicaciones de mayor calidad, tanto de voz como de datos. De acuerdo a su filosofía, la red superpuesta se constituye de tres elementos:

- Centrales digitales de conmutación de circuitos (TELCOM).
- Medios de transmisión digital PCM local (TEL-MIC URBANA).
- Medios de transmisión digital PCM interurbana (TEL-MIC INTERURBANA).

TELCOM soporta los servicios conmutados. Esta red tiene su base en sistemas de conmutación de circuitos, que emplean tecnología digital, a través de la cual se ofrecen de manera integral los servicios convencionales de voz y de datos, con algunos servicios suplementarios.

La red TEL-MIC URBANA es la infraestructura de transmisión local donde se apoya la red superpuesta y tiene como elementos sistemas de transmisión e interconexión PCM a nivel local (fibras ópticas y radios digitales), ofreciendo facilidades para el transporte de información digital de baja, media y alta velocidad; esto por medio de circuitos dedicados punto a punto y sin posibilidad alguna de conmutación.

También a través de esta red se contará con troncales urbanas para TELCOM.

TABLA 3.1 PLAN DE DISTRIBUCION DE TRONCALES 1989-1993

<i>FASE</i>	<i>CIUDADES</i>	<i>TRONCALES</i>
I 28 Mitad 89	México Guadalajara Monterrey	14,000 5,000 6,000
II 1990	Cd. Juárez Nuevo Laredo Chihuahua Reynosa Matamoros Ampliación Fase I	4,000 4,000 4,000 4,000 4,000 21,000
III 1991	Nogales Torreón Hermosillo Saltillo Queretaro Ampliación Fase I Ampliación Fase II	4,000 4,000 4,000 4,000 4,000 20,000 20,000
IV 1992	Durango Tijuana Mexicali Agua Prieta Cd. Acuña Ampliación Fase II Ampliación Fase III	4,000 4,000 4,000 3,000 3,000 20,000 15,000
V 1993	Toluca Puebla Mérida Cancún Ampliación Fase IV	3,000 3,000 3,000 3,000 12,000
TOTAL		203,000

La red TEL-MIC INTERURBANA es el soporte de transmisión de larga distancia. Por medio de sistemas de transmisión e interconexión PCM a nivel interurbano sobre medios digitales de la red de larga distancia o vía satélite, ofrece facilidades para el transporte de información digital de baja, media y alta velocidad, a través de circuitos dedicados punto a punto y sin posibilidades de conmutación.

Los servicios que ofrecerá la red superpuesta al término del plan establecido (ver tabla 3.1) son los siguientes: troncales digitales de 2 Mbps con facilidades como marcación directa a extensión ("Direct Inward Dialng", DID), red privada virtual de baja y alta velocidad, grupo cerrado de abonados, fax, servicio de lada 800; en lo que a transmisión se refiere, se contará con líneas privadas punto a punto interurbanas, con velocidades desde 64 Kbps hasta 2 Mbps, líneas digitales de alta velocidad y servicios adicionales como Centrex.

El plan global tiene una cobertura de 22 ciudades, con un total de 203,000 troncales digitales distribuidas en gran parte del país.

3.1.1) SISTEMAS DE TRANSMISION

EQUIPOS MULTIPLEXORES

La red superpuesta emplea equipos multiplexores desde primer orden (30 canales) hasta cuarto orden (19200 canales); estos equipos son de diseño compacto y se basan en el uso de tecnología de montaje de superficie y componentes de muy alta escala de integración ("Very Large Scale Integrated Circuits", VLSI) con circuitería cuya base son los semiconductores de óxido-metal complementarios ("Complementary Metal Oxide Semiconductors", CMOS) con lo que se logra un reducido consumo de potencia. Los equipos emplean microprocesadores, lo cual facilita el mantenimiento, localización de fallas y reconfiguración de red. Las alternativas que presentan para el multiplexaje de circuitos son las siguientes:

- a) Estándar: 2/8 Mbps, 8/34 Mbps, 34/140 Mbps.
- b) Eliminando pasos intermedios: 2/34 Mbps y 8/140 Mbps.
- c) Inserción/Extracción: 34/8 Mbps, 34/2 Mbps, 140/34 Mbps y 140/8 Mbps.

Los multiplexores estándar son los que tienen mayor utilización, y presentan las siguientes características:

- Cumplen con las recomendaciones G.703, G.742, G.751 y G.823 del CCITT.
- Las diferentes configuraciones (2/8, 8/34 y 34/140 Mbps) pueden manejarse como una sola tarjeta y pueden colocarse

en un mismo bastidor operando como un sistema.

- Todas las interfaces tienen el mismo diseño mecánico con el fin de usar el mismo conector.
- Monitoreo de errores continuo: con una tasa de error ("Bit Error Rate", BER) de $10E-3$ y programable: BER = $10E-4$, $10E-5$ y $10E-6$.
- Redundancia en suministro de fuerza a -48 VDC (-20 a -60 VDC).
- Manejo de voz y datos con las siguientes interfaces (sólo multiplexores de primer orden):
 - + Señalización E&M a dos y cuatro hilos.
 - + Recomendación CCITT G.703.

SISTEMAS OPTICOS

Estos equipos realizan la conversión electro-óptica para la transmisión de voz y datos a través de fibras ópticas; su diseño se basa en el empleo de tecnología híbrida de película delgada y circuitos integrados, lo que proporciona equipos de diseño compacto y bajo consumo de potencia. De acuerdo al diseño de la Red Superpuesta, se utiliza equipo que cubre velocidades desde 8 Mbps hasta 565 Mbps. Las características más importantes de estos equipos se muestran a continuación en la tabla 3.2.

VELOCIDAD	CODIGO	NUMERO DE CANALES	LONG. DE ONDA (nm)	TIPO DE FIBRA	DISTANCIA (km)	TRANSMISOR
8 MBPS	HDB3	120	1330	MONOMODO	20	LED
34 MBPS	HDB3	480	1330	MONOMODO	50	LASER
140 MBPS	CMI	1920	1330	MONOMODO	50	LASER
585 MBPS	CMI	4 X 1920	1330	MONOMODO	40	LASER

TABLA 3.2 CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE FIBRA OPTICA

	CABLE PARA PLANTA EXTERNA	CABLE PARA INTERIORES
NUM. DE FIBRAS	6 ó 12	6 ó 12
DIAMETRO EXT.	15.7 mm	13 mm
RADIO MINIMO	30 cm	30 cm
TIPO	ARMADO	SIN ARMADURA
REFUERZO	ACERO CUBIERTO CON POLIETILENO	ACERO CUBIERTO CON POLIETILENO
PESOMETRO	0.256 kg	0.160 kg
TEMPERATURA	-30 A 70 °C	-30 A 70 °C

TABLA 3.3 CARACTERISTICAS DEL CABLEADO DE FIBRA OPTICA

El diseño de la Red Superpuesta contempla el empleo de cables con seis fibras ópticas en la red de usuario, esto es, la conexión entre nodos de segundo nivel y usuarios, y cables con doce fibras ópticas que se usan para la red principal que interconecta los nodos de la red. De igual manera se cuenta con cables para uso en interiores y para planta exterior, difiriendo en que el cable para exteriores cuenta con una cubierta interna y una armadura más que el cable para interiores. En la tabla 3.3. se describen las características para cada cable.

Ambos cables cuentan con protección secundaria de tubo holgado en configuración de seis tubos con una y dos fibras por tubo. La fibra óptica es del tipo unimodo de vidrio de cuarzo, con optimización para obtener 300 nanómetros de acuerdo con la recomendación CCITT G.652.

SISTEMAS DE RADIO DIGITAL

Se utilizan básicamente dos equipos de radio enlace. Uno que opera en el rango de 17.7 GHz a 19.7 GHz y otro en el de 10.7 GHz a 11.7 GHz.

El primer equipo transmite a 2, 8, 34 ó 140 Mbps según las condiciones. Esto corresponde a la transmisión de 30, 120, 480 y 1920 canales telefónicos codificados en PCM respectivamente. Como opción adicional se tiene un canal analógico con operación de 300 Hz a 3.4 KHz.

Las interfaces para 2, 8, 34 y 140 Mbps cumplen con la recomendación G.703 del CCITT. Las frecuencias de canal para las diferentes velocidades se determinan con la banda de frecuencias que se indica en la Recomendación 595 del CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio). Esta trama de frecuencias puede ajustarse con pasos individuales de 2.5 MHz.

El segundo equipo transmite a una velocidad de 140 Mbps, lo que corresponde a la transmisión de 1920 canales telefónicos codificados en PCM. La interfaz es para señales codificadas en CMI de acuerdo a la recomendación G.703 del CCITT, agregando bits a la señal digital para proporcionar canales de servicio y señales para el sistema de supervisión y conmutación de protección.

Las frecuencias de canal se determinan de acuerdo a la recomendación CCIR 387-2 que permite la transmisión de doce canales en ambos sentidos (transmisión-recepción). El espaciamiento entre canales es de 40 MHz.

RADIOENLACE POR MICROONDAS

Este equipo opera en la banda de frecuencias de 14.5 a 15.35 MHz a velocidades de transmisión de 2, 4x2 u 8 Mbps con modulación 4FSK y su diseño es tal que el transmisor y el oscilador local se estabilizan por un sintetizador de frecuencia que se controla por medio de un cristal, que per-

mite seleccionar cualquier canal de transmisión y recepción dentro de un rango de 100 MHz, además de que el receptor es superheterodino doble, utilizando 227 y 35 MHz como frecuencias intermedias; como ventaja adicional es posible montar un multiplexor de segundo orden (opcional) que hace posible la transmisión de cuatro tramas de 2 Mbps.

3.2) SEÑALIZACION R2

Con objeto de lograr la comunicación entre los Grandes Usuarios de Télmex y la central pública, se desarrolló un lenguaje o protocolo de comunicación denominado Sistema de Señalización R2. Como cualquier lenguaje de comunicación, R2 tiene su estructuración y normalización para garantizar que las señales se utilicen e interpreten uniformemente por todos y cada uno de los equipos que conforman la red. Esta normalización se encuentra en las recomendaciones Q.440 a Q.480, Q.421, Q.422 y Q.424 del libro amarillo de CCITT.

El sistema de señalización R2 permite a los usuarios comunicarse entre sí, a través de la red telefónica, estableciendo un intercambio de información entre equipos (aparato telefónico, central telefónica, conmutadores) con base en señales acústicas, numéricas, de línea y de registro, las cuales se encuentran en proceso de estandarización en México y cuyo avance se encuentra aún a nivel de anteproyecto; éste se estudiará un poco más adelante.

Las señales acústicas permiten al usuario detectar mediante tonos las condiciones y/o cambios de estado de la red telefónica, como tono de ocupado, libre, llamada, invitación a marcar, etc.

Las señales numéricas permiten al usuario y a los equipos efectuar la identificación y localización de los usuarios y facilidades de la red telefónica, mediante la marcación de dígitos.

Entre un usuario y su central telefónica se utilizan las señales de línea de usuario, para indicar desde el momento que descuelga su teléfono (toma de línea), marca un número telefónico, establece una comunicación (contestación), finaliza su conversación (desconexión), quedando lista para efectuar o recibir otra llamada (línea de abonado libre).

Las señales de línea entre centrales, establecen el protocolo para ocupar, supervisar y liberar los enlaces entre centrales telefónicas y se clasifican como señales hacia adelante y señales hacia atrás.

Las señales de registro (MFC) se clasifican en señales de mando y señales de avance y se intercambian entre las centrales telefónicas en base a un código formado por la combinación de dos frecuencias entre seis. Estas señales permiten identificar el origen y el destino de la llamada, y determinar si el usuario llamado se encuentra libre u ocupado.

3.2.1) DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS R2 NACIONAL E INTERNACIONAL

A pesar de que el sistema R2 en México sigue las recomendaciones CCITT, el significado de las señales tuvo que adecuarse a los requerimientos nacionales. A continuación se estudiarán las diferencias básicas del sistema R2 y el R2 modificado, como se denomina en México.

El sistema R2 cuenta con seis frecuencias para cada dirección, lo cual da como resultado quince combinaciones; esta configuración se utiliza generalmente en los eslabones internacionales y sigue el principio de señalización extremo a extremo el cual se ilustra en la figura 3.1 y se puede resumir de la siguiente forma: El registro MFC saliente recibe toda la información que se requiere para establecer la conexión. Como la siguiente central de tránsito no necesita todos los dígitos para establecer la conexión, el registro MFC saliente sólo envía, al registro MFC entrante, los dígitos necesarios para encontrar la ruta hacia la central saliente.

Con estos dígitos, que generalmente corresponden al código de área, el registro MFC entrante establece la conexión a través de la central, liberándose. Después el registro MFC saliente tendrá contacto con el registro entrante en la siguiente central, que recibe los dígitos necesarios para el establecimiento de la conexión a través de esta otra central de tránsito a la siguiente y así sucesivamente, hasta que

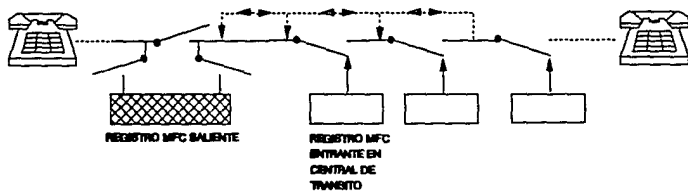


FIGURA 3.1 SEÑALIZACION EXTREMO A EXTREMO

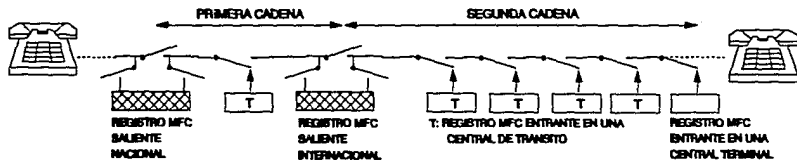


FIGURA 3.2 SEÑALIZACION R2 NACIONAL E INTERNACIONAL

finalmente el registro MFC saliente hace contacto con el registro MFC entrante de la central terminal, a la cual manda los dígitos necesarios para encontrar al abonado B.

Ahora bien, generalmente en las redes nacionales no se requieren tantas señales, por lo que sólo se emplean cinco y hasta cuatro frecuencias hacia atrás, lo cual da una cantidad menor de señales: diez o seis señales en lugar de quince.

En la figura 3.2 se tiene un ejemplo con los dos casos. Ambos se conocen con la designación R2, pero en la parte nacional se emplean sólo de 6 a 10 señales hacia atrás. Se usa también el principio de extremo a extremo pero en dos partes en lugar de una: una nacional y otra internacional. Esto significa que el registro R2 saliente internacional se comunica con el registro MFC saliente mediante 6 señales hacia atrás y en cambio coopera con los registros internacionales con 15 señales. Cuando el establecimiento de la llamada llega hasta la red nacional en el país direccionado, el registro R2 saliente internacional convierte su señalización en MFC nacional, lo que en realidad significa la eliminación de algunas señales.

3.2.2) ANTEPROYECTO DE NORMA PARA LA INTERFAZ DIGITAL

A pesar de la infraestructura actual de la Red Superpuesta,

aún no se ha logrado estandarizar la conexión digital de acuerdo a los requerimientos de nuestro país. Es cierto, que todo el diseño se realizó en función de las normas existentes a nivel internacional, sin embargo, es necesario contar con una Norma Oficial Mexicana (NOM) que tenga por objeto establecer las características generales de transmisión y señalización, así como los métodos de prueba aplicables a las interfaces digitales con que cuentan los equipos de conmutación telefónica privada digital con conexión a la red pública.

A continuación se presentan los aspectos principales del Anteproyecto de Norma para la Interfaz Digital a 2.048 Mbps, en cuanto a su formato general, en su avance de noviembre de 1991.

Los formatos que debe manejar la troncal digital son dos:

- Formato de voz/datos a 30 canales
(Características de PCM según NOM-I-57/3).

- Formato de voz/datos a 31 canales
(Características de PCM según CCITT G.732).

La señal digital se divide en tramas de 8,000 Hz (ver figura 3.3). A cada trama se asigna 32 ranuras de tiempo o canales, las cuales se numeran del 0 al 31. A cada intervalo de tiem-

po se asignan 8 bits que se numeran del 1 al 8. El número de bits por trama es de 256.

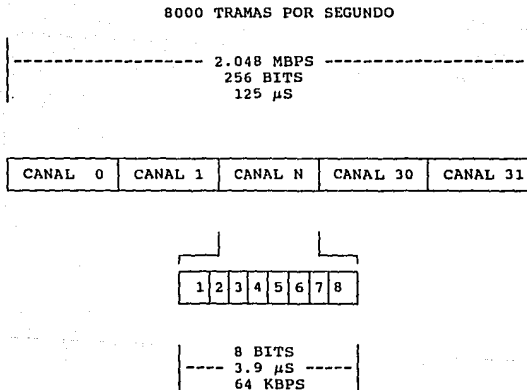


FIGURA 3.3. FORMATO DE TRAMA PARA LA INTERFAZ DIGITAL

3.2.2.1) FORMATO DE VOZ/DATOS A 30 CANALES

1) Canal 0

La ranura de tiempo 0 se asigna para llevar la señal de alineación de trama en las tramas pares (alternado) y una alarma remota en las tramas impares. La ranura de tiempo de canal 0 puede también asignarse para llevar información de la red nacional o internacional.

La señal de alineación de trama se encuentra en los bits 2 a 8, como se muestra a continuación:

X	0	0	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

donde el bit X(1) se reserva para uso internacional.

La asignación de bits para la ranura de tiempo de canal 0 (tramas impares) se muestra a continuación:

X	1	RJA	X	X	X	X	X
---	---	-----	---	---	---	---	---

Los bits 1 y de 4 a 8 se reservan para uso internacional y nacional respectivamente. Los bits de uso nacional pueden asignarse para llevar información de la red. La alarma remota tiene su asignación en el bit 3 y debe tomar el valor

de 1 cuando ocurra una alarma. Para evitar que la señal de alineación de trama pueda simularse por los bits 2 a 8, el bit número 2 siempre debe fijarse con un valor de 1.

Los bits que se asignan para uso nacional, no pueden tomarse para uso internacional bajo ninguna circunstancia. En los límites de cruzamiento de trayectorias para uso internacional deben tomar el valor de 1.

2) Canal 16

La señalización que se asocia al canal se transporta en una estructura de multitrama, la cual utiliza la ranura de tiempo 16 para este propósito (ver tabla 3.4).

En los bits 1 a 4 de la trama 0 se encuentra la señal de alineación de multitrama y en el bit 6 la alarma de señalización remota como se muestra a continuación :

0	0	0	0	X	Y	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---

donde X = 1 si no tiene uso.

TABLA 3.4

MULTITRAMA	TRAMA	NUMERO DE BIT							
		1	2	3	4	5	6	7	8
n	0	0	0	0	0	X	RJA	X	X
	1	a_1	b_1	c_1	d_1	a_{17}	b_{17}	c_{17}	d_{17}
	n	a_n	b_n	c_n	d_n	a_{+16}	b_{+16}	c_{+16}	d_{+16}
	15	a_{15}	b_{15}	c_{15}	d_{15}	a_{31}	b_{31}	c_{31}	d_{31}

X = 1 si no tiene uso.

La ranura de tiempo 16 de la trama 1 a 15 se usa para llevar la información de señalización de los canales n y n+16 (n=0) como se observa a continuación:

a_n	b_n	c_n	d_n	a_{n+16}	b_{n+16}	c_{n+16}	d_{n+16}
-------	-------	-------	-------	------------	------------	------------	------------

Los bits a y b pueden dar la información de señalización del canal n, y los bits c y d pueden utilizarse para transmisión de datos, suministrando un máximo de dos trayectorias de datos a 500 bps. Cuando no se utilizan los bits c y d, deben asignarse los siguientes valores: c = 0 y d = 1.

3) Canales 1 a 15 y 17 a 31

Las ranuras de tiempo de canal del 1 al 15 y 17 a 31 se asignan para voz y datos. Si una de estas ranuras se asigna para voz, la codificación se lleva a cabo según la Ley A de CCITT. Las ranuras de tiempo de canales libres, deben tener una asignación de bits como la que se muestra a continuación:

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

que corresponde al formato de palabra vacía de Ley A.

El formato de una palabra de voz es el siguiente:

SIGNO	MAGNITUD
MSB	LSB

El bit de signo, el primer bit de la palabra, se asigna como el bit más significativo (MSB). La parte de la magnitud de la palabra de 8 bits consiste de dos segmentos consecutivos de 3 y 4 dígitos respectivamente, que especifican el valor de la muestra en una escala lineal.

3.2.2.2) FORMATO DE VOZ/DATOS A 31 CANALES

Este formato, sin la asignación del canal 16, es idéntico al formato voz/datos de 30 canales que se estudió en el punto anterior. En este caso, las ranuras de tiempo de canal 1 hasta 31 son para servicio de voz/datos, mientras que la ranura de tiempo 0 se asigna para la alineación de trama, información nacional e internacional de la red y alarma remota; así, la información de señalización para los canales de voz/datos, se suministra por otro medio (tal como sucede en la señalización por canal común).

3.2.2.3) SEÑALIZACION DE INTERFAZ DIGITAL

La señalización en interfaz digital se puede considerar con una combinación de dos funciones de señalización diferentes: supervisión y selección. Las funciones de supervisión sirven para detectar las condiciones de libre y ocupado de los circuitos de troncal, señales de control para tráfico y tasa; estas funciones se refieren a la señalización de la

línea en la interfaz, la cual se basa en la señalización de línea R2 digital en las Recomendaciones CCITT Q.421, Q.422 y Q.424 del libro rojo.

Las funciones de selección se relacionan con el proceso de conexión de una llamada y se inician con la transmisión de información de destino necesaria, para establecer dicha conexión. Durante la fase de establecimiento de la llamada otro tipo de información puede transferirse, como categoría de origen, información de origen, señales de control para supresores de eco y llamadas internacionales y señales de fin de selección; estas funciones se refieren a la señalización de registro en la interfaz, la cual se basa en las Recomendaciones del sistema R2 del CCITT Q.440 a Q.480 con las adecuaciones necesarias de acuerdo a los requerimientos nacionales (sistema R2 modificado).

Las señales de registro se intercambian entre el emisor de código del lado saliente y el receptor de código del lado entrante, en base a un código que se forma con la combinación de dos de seis frecuencias y que se denominan códigos de multifrecuencia (MFC). El sistema permite obtener 15 señales hacia adelante y 15 señales hacia atrás, mediante la utilización de dos grupos de frecuencias, cada uno con una combinación de dos frecuencias entre seis (ver tabla 3.5).

TABLA 3.5 CODIGOS DE MULTIFRECUENCIA (MFC)

SEÑALES HACIA ADELANTE	1380	1500	1620	1740	1860	1980	*
SEÑALES HACIA ATRAS	1140	1020	900	780	660	540	*
1	X	X					
2	X		X				
3		X	X				
4	X			X			
5		X		X			
6			X	X			
7	X				X		
8		X			X		
9			X		X		
10				X	X		
11	X					X	
12		X				X	
13			X			X	
14				X		X	
15					X	X	

* FRECUENCIA EN HERTZ

El código que forma el grupo de frecuencias de señales hacia adelante se denomina como señales de avance; mientras que el código que forma el grupo de frecuencias hacia atrás, se denomina como señales de mando; el empleo de estos dos grupos permite tener una comunicación simultánea en ambas direcciones.

Tanto las señales de avance como las señales de mando tienen significados primarios, secundarios o terciarios, donde cada uno puede tener las 15 señales que permite el código.

La nomenclatura con la cual se identifican estos significados se muestra a continuación en la tabla 3.6.

TABLA 3.6

<i>SIGNIFICADO</i>	<i>SEÑAL DE AVANCE</i>	<i>SEÑAL DE MANDO</i>
Primario	I	A
Secundario	II	B
Terciario	III	C

El uso de las señales de avance en función de su significado primario, secundario o terciario se muestra a continuación en la tabla 3.7. Cada significado tiene 15 señales.

TABLA 3.7

<i>SEÑAL DE AVANCE</i>	<i>USO</i>
I-1 A I-15	Información de destino
II-1 A II-15	Categoría de origen
III-1 A III-15	Información de origen

El uso de las señales de mando en función de su significado se muestra a continuación en la tabla 3.8. Cada significado puede tener 15 señales, aunque según los requerimientos actuales de señalización, sólo se usan las primeras 6.

TABLA 3.8

<i>SEÑAL DE AVANCE</i>	<i>USO</i>
A-1 A A-6	Solicitud de información de destino
B-1 A B-6	Estado de la línea
C-1 A C-6	Solicitud de información de origen

Existen otros puntos bajo estudio dentro de este Anteproyecto, tales como condiciones de envío de señales, tratamiento de mensajes, procedimientos de alineación, detección y corrección de errores y lo referente al Sistema de Señalización No. 7; el nivel de avance indica que a finales de 1992 se podría tener una Norma Oficial Mexicana (NOM) para la interfaz digital.

3.3) EVOLUCION HACIA RDSI

Existen actualmente en nuestro país, dos rutas disperejas hacia el concepto de RDSI: redes privadas y red pública; existen algunas empresas que debido al rubro en el que se desenvuelven (particularmente instituciones bancarias), la oportunidad en la comunicación desempeña un factor muy importante en los movimientos o negociaciones que se realizan. Dichas empresas iniciaron el proceso de evolución a RDSI en México, ya que con su alto poder adquisitivo y la magnitud de las operaciones que realizan, la justificación del cambio resultaba sencilla.

Entre los servicios y aplicaciones que se encuentran operando a nivel de red privada se pueden mencionar los siguientes: enlaces 2B+D, enlaces 30B+D, teléfonos RDSI con señalización de número y nombre de abonado, videoconferencia, administración y monitoreo centralizado de todos los nodos de la red, facilidades como desvío (variable, en ocupado, en no contesta), rellamada automática (en ocupado y en no contesta), captura (dirigida, de grupo), números pilotos, llamada en espera, intervención, conferencia de hasta ocho participantes y marcación abreviada. En etapa de estudio se encuentra la utilización de adaptadores de terminal (TA) para la conexiones de redes de datos en configuración token ring.

Por otro lado, la nueva administración de Teléfonos de México se encontró con un reto de proporciones considerables: la

digitalización de la red pública. Como ya se vio, el proyecto de Red Superpuesta comenzó en 1989 con un primer objetivo: reemplazar el gran número de líneas privadas analógicas con servicios digitales, en primera instancia, a grandes usuarios. Este proceso se encuentra en su cuarta y penúltima fase de avance de acuerdo a planes, sin embargo, y ante el acelerado progreso de las redes privadas en México y de las telecomunicaciones mundiales, Teléfonos de México inició el proceso de estandarización de RDSI en conjunto con los grandes usuarios y con los principales fabricantes de conmutadores y centrales públicas que manejan el concepto RDSI y que operan en nuestro país.

Dicho proceso de estandarización comenzó a mediados de 1991 con una pregunta de mucha importancia: qué porcentaje de la red pública actual cumple con los requisitos de eficiencia y calidad para el manejo de RDSI; las expectativas no era muy optimistas al principio, sin embargo, los resultados más recientes de estos estudios indican que un 60% de la red pública actual de telecomunicaciones en México es apta para el manejo de RDSI. Estos resultados fueron muy alentadores ya que la mayor parte de la infraestructura actual se encuentra en condiciones óptimas, mientras que del 40% restante se tiene todavía la posibilidad de utilizar repetidores en algunos casos y reemplazar con nuevas líneas las que se encuentren en malas condiciones. La estrategia a seguir por Teléfonos de México para la liberación del servicio es la siguiente:

+ A finales de 1992 se liberan las especificaciones técnicas para los equipos RDSI en México.

+ En el transcurso de 1993 los principales fabricantes deben realizar los desarrollos correspondientes a las especificaciones de 1992, para sentar las bases y efectuar los concursos para compra de equipo.

+ A mediados de 1994 se debe tener los equipos base para iniciar la liberación de servicios de interfaz básica e interfaz primaria a finales del mismo año.

No hay que olvidar que este proceso se enfoca inicialmente a grandes usuarios de la red, y que el atraso respecto otros países es enorme, como ya se vio en el capítulo anterior; sin embargo, corresponderá a Télmex acortar distancias para la integración de la RDSI mexicana a la RDSI mundial.

CAPITULO IV

JUSTIFICACION DE LA IMPLANTACION DE RDI Y RDSI EN UN NODO DE LA RED DE COMUNICACIONES DE UNA INSTITUCION BANCARIA

Las telecomunicaciones en las instituciones bancarias juegan un papel muy importante en la oportunidad de las transacciones que se realizan. La transferencia de información, tanto de voz como de datos, requiere cada día de medios más eficientes y rápidos de acuerdo al área de operación. Es por esto que se eligió una institución bancaria para un caso práctico de análisis ya que en lo que se refiere a servicios de voz, debe existir una alta disponibilidad de las líneas en los momentos de mayor tráfico (en la hora pico); en lo que se refiere a los servicios de datos, la confidencialidad, seguridad, y la rapidez de acceso son características que el cliente exige para depositar su confianza en cualquier institución.

Estudios recientes demuestran que el concepto RDSI tendrá solamente un 25% de aplicación en lo que se refiere a servicios de voz, mientras que la capacidad restante se utilizará para servicios de datos y video. Sin embargo, las pruebas y aplicaciones que se están realizando en nuestro país se enfocan principalmente al área de voz. El caso que se analizará en este capítulo tiene su origen en la necesidad de la optimización de los servicios de voz y la implantación de algunos servicios de datos a través del conmutador, el cual debe cumplir con ciertos requerimientos y ciertas ca-

racterísticas que le deben permitir seguir interactuando con los servicios tradicionales y a su vez el desarrollo de aplicaciones RDSI.

4.1) CARACTERISTICAS Y FACILIDADES DE LOS CONMUTADORES RDSI ACTUALES

Existen varios fabricantes de prestigio que han incursionado en el campo de la conmutación digital; cada uno de ellos tiene su desarrollo particular pero con el mismo objetivo: la integración de servicios de comunicación a nivel global. Es por esto que a pesar de la gran variedad existente de equipos de cómputo se puede uniformizar en las características y facilidades generales que debe manejar un conmutador RDSI.

4.1.1) CARACTERISTICAS DE LOS CONMUTADORES RDSI

En cuanto a la estructura de los sistemas, se tiene una división básica: estructura del "hardware" (equipo) y estructura del "software" (programación). La estructura del "hardware" considera cuatro elementos principales:

+ Puertos para la conexión de periféricos

+ Sistema de control: Se basa en arquitectura de microproce-

sador, y puede manejar dos niveles: control periférico y control de procesamiento. El control periférico realiza el enlace entre los diferentes puertos y una interfaz de control, proporcionando una uniformidad de mensajes y formatos, mientras que el control de procesamiento se encarga del manejo de las funciones de tipo de cónmuto.

+ Matriz de conmutación: Utiliza la técnica de multiplexaje por división de tiempo y se encarga de la interconexión de los diferentes servicios.

+ Transporte de mensajes: Se encarga del enlace entre los grupos de control y la matriz.

El "software" puede clasificarse en dos: de aplicación y se sistema operativo. El "software" de aplicación es el que se encarga de la programación de los diferentes grupos de control de acuerdo a las funciones que se definan; el "software" de sistema operativo se encarga del monitoreo y supervisión de las funciones del "software" de aplicación.

Entre las características fundamentales de operación y administración, se encuentran las siguientes:

- 1). Puertos de interfaz básica (2B+D) y puertos de interfaz primaria (30B+D)

2) Clase de servicio

Se denomina así al acceso o restricción de algunas funciones o facilidades del sistema. Se tienen alrededor de 100 clases de servicio para definir.

3) Marcación directa a extensiones (DID)

Marcando primero el número de identificación del sistema, y después la extensión del abonado en particular se obtiene una comunicación directa sin necesidad de pasar por operadora.

4) Conversión de marcación

Esto permite la marcación a través de los métodos tradicionales: pulsos o tonos.

5) Grupos de troncales

Característica que permite la asignación de funciones específicas a líneas en específico, es decir, que se pueden definir distintas troncales de entrada, salida, bidireccionales a grupos independientes de extensiones.

6) Extensiones de circuito largo

Son aquellas que requieren voltaje adicional para alcanzar

la ubicación que se desea, debido a que existe una separación considerable entre el conmutador y dichas extensiones.

7) Respaldo del programa del sistema

En caso de falla en la programación del disco duro, debe existir un medio (cinta, por ejemplo) para poder inicializar nuevamente el sistema, de una manera externa. También se utiliza para las actualizaciones de "software".

8) Administración, monitoreo y tarificación centralizada

Cualquier extensión de cualquier nodo de la red puede modificarse en cuanto la clase de servicio y facilidades a utilizar. Se tiene también un monitoreo en línea de todos los servicios de la red, como extensiones, troncales, etc. así como reportes de tráfico del sistema y tarificación de servicios como carga distancia.

9) Interacción con computadores principales "host" y acceso a base de datos.

4.1.2) FACILIDADES DE VOZ PARA CONMUTADORES RDSI

1) Desvío de llamada

Permite el enrutamiento de una llamada a otra extensión o a

una troncal en diferentes modalidades: desvío fijo, en línea ocupada o en no contesta.

2) Rellamada automática

Permite seguir realizando intentos para establecer una comunicación, cuando una línea se encuentra ocupada o no contesta.

3) Captura de llamada

Permite contestar llamadas de otras extensiones, en diferentes modalidades: captura dirigida a una extensión o captura de grupo.

4) Grupos de extensiones con número piloto

Al formar un grupo de extensiones para un área en especial, se puede acceder cualquiera marcando el número piloto o principal del grupo. El acceso se realiza de forma secuencial.

5) Conferencia

Permite la participación de varios usuarios en una llamada.

6) Intervención y llamada en espera

Permite intervenir en una línea que se encuentra ocupada, ya sea por medio de un tono de aviso (llamada en espera) o hablando directamente con el usuario (intervención).

7) Marcación abreviada

Por medio de un código corto se puede liberar acceso a lugares estratégicos en diversos puntos del país, con la restricción general de marcación de larga distancia.

8) Transferencia y llamadas de consulta

Permite enrutar llamadas internas o externas hacia otras extensiones o simplemente realizar una consulta mientras la llamada original se encuentra en retención.

4.1.3) FACILIDADES DE DATOS PARA CONMUTADORES RDSI

1) Videoconferencia

Posibilidad de realizar llamadas con imagen a cualquier punto de la red, a través de una conexión de 64 kbps.

2) Teletexto

Posibilidad de conexión a través de adaptadores de terminal (TA) con el protocolo X.21. Se tienen facilidades disponibles como desvío y números de grupo.

3) Telefax

Conexión de equipos de los grupos 2 y 3 a través de TAs o de circuitos analógicos y del grupo 4 en el punto de referencia S.

4) Comunicación de datos con "host"

Con una terminal es posible acceder diferentes procesos de información ya que se cuenta con la conversión de los protocolos más comunes.

5) Redes de datos

Permite el intercambio de información entre terminales a través de un enlace básico 2B+D.

4.2) CASO PRACTICO: PROBLEMATICA Y PROPUESTA

El caso a analizar tiene como objetivo justificar, en dos niveles, la incorporación de un nodo a una red de comunica-

ciones ya existente de una institución bancaria. El primer nivel corresponde al manejo interno de la comunicación; la red existente trabaja bajo el concepto de RDSI y se pretende establecer un enlace de este tipo con el nuevo nodo. El segundo nivel corresponde a la comunicación externa y se refiere a la disyuntiva entre utilizar los servicios conmutados tradicionales o servicios digitales.

4.2.1) SITUACION ACTUAL

La figura 4.1 muestra la situación actual de la red de comunicaciones de la institución bancaria en cuestión. Se cuenta con un nodo principal el cual se encarga de la señalización y sincronización con los otros dos nodos. La conexión entre nodos se realiza mediante interfaces primarias RDSI (30B+D), y a su vez se conectan a los nodos un número específico de sucursales a través de líneas privadas analógicas. Una de las sucursales con conexión al nodo principal se encuentra en un edificio donde renta dos pisos; este edificio lo adquiere la administración del banco y decide reubicar ahí sus instalaciones del corporativo financiero que se encuentran operando en el nodo principal. A continuación se muestran las características de comunicación tanto del área que se va a trasladar, como del edificio que se adquirió.

El área cuenta con 350 extensiones analógicas, las cuales tienen la distribución de tráfico que se muestra en la tabla

HORA	NUMERO DE LLAMADAS						MIN.
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROM.	
8-9	180	270	290	315	220	255	504
9-10	650	710	420	394	458	526	1903
10-11	878	1240	1489	1325	1129	1212	4240
11-12	2425	2022	1948	2134	2371	2180	6649
12-13	1143	1223	1688	1432	1325	1362	3587
13-14	768	651	554	628	729	706	894
14-15	324	310	284	257	409	317	720
15-16	124	229	178	250	162	189	121

* HORA PICO

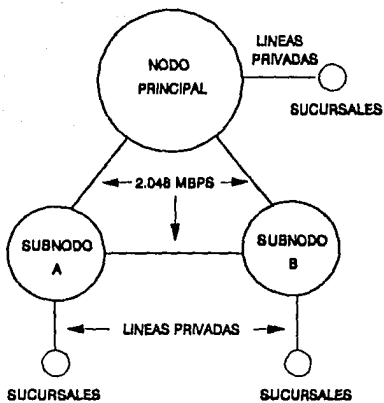
2180 LLAMADAS (PROMEDIO) EN LA HORA PICO

DURACION TOTAL DE 2180 LLAMADAS: 6649 MINUTOS

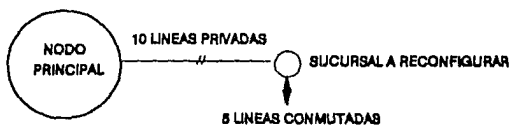
6747 LLAMADAS (PROMEDIO) EN UN DIA

DURACION PROMEDIO DE UNA LLAMADA: 3 MINUTOS 3 SEGUNDOS

TABLA 4.1 MEDICION DE TRAFICO



A) CONFIGURACION GENERAL



B) PROBLEMÁTICA

FIGURA 4.1 SITUACION ACTUAL

4.1. De dicha tabla, se puede concluir que el promedio de llamadas diarias (en la hora pico) es de 2180 con una duración promedio de 3 minutos 3 segundos cada una. El porcentaje de llamadas internas (dentro de la red) es del 37% y el de llamadas externas es del 63% (siendo la tercera parte llamadas de entrada). Su comunicación externa se realiza por medio del grupo de troncales generales del nodo. En cuanto a necesidades de datos (a través del conmutador), tiene conexión al correo electrónico de la institución.

El edificio donde se va a realizar el cambio cuenta con 10 líneas privadas analógicas con conexión al nodo principal, 5 líneas conmutadas en mal estado y con un conmutador RDSI que proporciona las facilidades estándar dentro del edificio. Dicho conmutador tiene la siguiente configuración:

HARDWARE

- + 400 puertos para extensiones analógicas de 500 a 1000 Ω de bucle

- + 42 puertos para troncales de central pública

- + 8 puertos para teléfonos digitales

- + 1 puerto mantenimiento remoto y un puert RS-232

- + 2 puertos para interfaz 2B+D y 1 puerto para 30B+D

SOFTWARE

+ 1 paquete de software para la operación del sistema

4.2.2) EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Existen en el sitio de instalación 10 líneas privadas que en primera instancia no se sabe si cubre las necesidades de comunicación por lo que debe hacerse un estudio de tráfico para determinar si se necesitan más líneas. Después, evaluar si se continúa con líneas analógicas o se conecta digitalmente con el nodo principal.

El estudio de tráfico se basa en varios parámetros importantes como número de llamadas en la hora pico (la hora de mayor tráfico), tiempo promedio de cada llamada, grado de servicio y erlangs. El grado de servicio expresa la probabilidad de encontrar congestiones (imposibilidad de comunicación) durante la hora pico y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Grado de servicio} = \frac{\text{Número de llamadas perdidas}}{\text{Número total de llamadas}}$$

El grado de servicio que se recomienda es el de 0.01, es decir, se pierde una llamada de cada 100.

El Erlang es la unidad de tráfico que indica la ocupación continua de un circuito y se define como la cantidad de llamadas que una línea puede manejar en una hora, si ésta fuera ocupada el 100% del tiempo. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Erlang} = \frac{\# \text{ de llamadas en la hora pico} \times \text{duración (segundos)}}{3600 \text{ segundos}}$$

El CCITT tiene como estándar en la Recomendación Q.87 la fórmula B de Erlang, la cual se utiliza para calcular el número de líneas adecuadas según el grado de servicio y el tráfico existente:

$$\text{Grado de servicio} = \frac{A^n/n!}{1 + A + A^2/2 + \dots + A^n/n!}$$

Para simplificar el uso de esta fórmula, se utilizan tablas que están en función del número de líneas, erlangs, y diferentes grados de servicio.

4.2.2.1) ANALISIS PARA EL TRAFICO INTERNO

Para determinar el número de líneas necesarias entre el nodo principal y el nuevo nodo, es necesario aplicar la fórmula B de Erlang de acuerdo a las estadísticas de ocupación:

+ El 37% de las llamadas representa un total de 807 llamadas en la hora pico.

+ Tiempo promedio por llamada: 3 minutos 3 segundos

+ Grado de servicio: .01

Primero se debe calcular el tráfico en las 350 extensiones, en la hora pico:

$$\# \text{ de Erlangs} = \frac{807 \text{ llamadas} \times 183 \text{ segundos}}{3600 \text{ segundos}} = 41.02 \text{ Erlangs}$$

Con este resultado y de acuerdo a las tablas de la fórmula B de Erlang (ver segmento correspondiente en la tabla 4.2), se obtiene un total de 54 líneas, siendo evidente que las 10 líneas privadas existentes no pueden cursar las necesidades de tráfico del edificio hacia el nodo principal.

TABLA 4.2 TABLAS DE LA FORMULA B DE ERLANG (GRADO DE SERVICIO = 1%)

NUMERO DE LINEAS	TRAFICO EN ERLANGS
51	38.8
52	39.7
53	40.6
54	41.5
60	46.9
65	51.5
70	56.1
75	60.7
80	65.4
81	66.3
82	67.2
83	68.2
84	69.1
85	70.0

Ahora es necesario, determinar si se justifica la conexión digital a la red o se añaden más líneas privadas analógicas, para lo cual es conveniente iniciar con una comparación de estos dos servicios, como se muestra en la tabla 4.3.

Esta comparación confirma que la calidad de los servicios digitales supera en todos los aspectos a los servicios analógicos además del valor agregado que proporcionan, por lo que es necesario justificar económicamente la implantación del enlace.

TABLA 4.3

<i>EXPECTATIVAS</i>	<i>ANALOGICO</i>	<i>DIGITAL (2.048 Mbps)</i>
Fuera de servicio	5-10%	0%
Relación de falla	1:1	1:30
Cruces/Cortes	Pocos	Ninguno
Inteligibilidad	Buena	Excelente
Tipos de servicios	Convencionales	Valor agregado
Contratación	Largo plazo	Corto plazo

De acuerdo a los resultados del análisis anterior, se deduce que las dos alternativas a escoger son las siguientes:

+ Aumentar el número de líneas privadas (44 adicionales).

+ Contratación de dos enlaces de 2.048 Mbps con Télmex.

CONTRATACION DE 44 LINEAS PRIVADAS ADICIONALES

GASTO DEL PRIMER AÑO

1) Inversión inicial

Corresponde a \$ 400 dólares por la conexión de cada una de las 44 líneas. Total: \$ 17,600 dólares.

2) Cargo mensual de cada línea privada: \$ 80 dólares

Se debe pagar la renta de las 10 líneas existentes y de las 44 adicionales. Total de renta anual: \$ 51,840 dólares.

GASTO TOTAL AL PRIMER AÑO: \$ 69,440 DOLARES

Considerando que a partir del segundo año sólo se pagará el concepto de renta mensual se tienen los siguientes gastos acumulados hasta el quinto año (todas las cantidades están en dólares).

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
69,440	121,280	173,120	224,960	276,800

CONTRATACION DEL SERVICIO DE RDI

Esto consiste en la contratación de dos enlaces de 2.048 Mbps, ya que cada uno tiene una capacidad de 30 canales; así el total de 60 cubre las necesidades de tráfico del nodo.

GASTO DEL PRIMER AÑO

1) Inversión inicial

Corresponde a \$ 12,000 dólares por la conexión de cada uno de los 2 enlaces. Total: \$ 24,000 dólares.

2) Cargo mensual por enlace: \$ 2,000 dólares

Total de renta anual: \$ 48,000 dólares.

Tomando en cuenta que existe una bonificación de \$ 400 dólares por cada línea privada que se devuelva (en este caso 10) entonces se tiene:

GASTO TOTAL AL PRIMER AÑO: \$ 68,000 DOLARES

Considerando que a partir del segundo año sólo se pagará el concepto de renta mensual se tienen los siguientes gastos acumulados hasta el quinto año (todas las cantidades están en dólares).

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
68,000	116,000	164,000	212,000	260,000

Comparando los gastos por servicios tradicionales y los gastos por servicios digitales se observa que la segunda alternativa proporciona un ahorro a partir del segundo año de la inversión, por lo que se justifica la incorporación a la red del nuevo nodo (ver figura 4.2); aclarando que para Télmex el servicio se considera RDI, mientras que dentro de la red se considerará RDSI de acuerdo a las características de operación existentes.

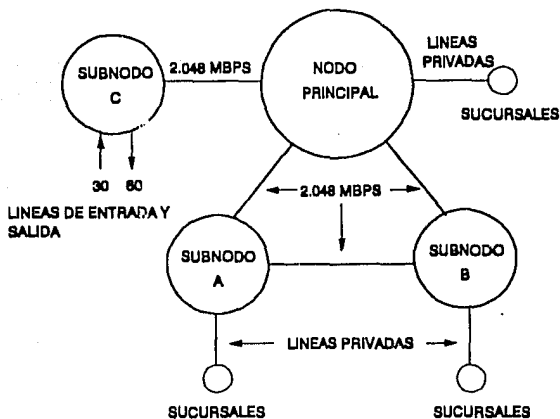


FIGURA 4.2 PROPUESTA DE CONFIGURACION

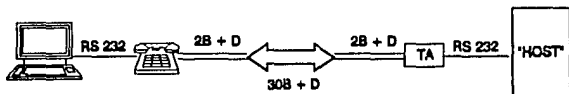


FIGURA 4.3 PROPUESTA DE CONEXION DE CORREO ELECTRONICO

En cuanto a las necesidades de datos, la conexión del correo electrónico al nuevo nodo resulta transparente como se muestra en la figura 4.3, ya que se tiene una interfaz básica para la conexión con el conmutador local y después se enlaza con la interfaz primaria de 2.048 Mbps.

Además, como ya se mencionó, el servicio digital proporciona valores agregados como la posibilidad de tener las facilidades propias del equipo a nivel de red como desvío, rellamada, etc. y servicios como videoconferencia e intercambio de información entre terminales.

4.2.2.2) ANALISIS PARA EL TRAFICO EXTERNO

Para determinar el número de líneas necesarias para el tráfico externo de llamadas del nodo, es necesario aplicar nuevamente la fórmula B de Erlang de acuerdo a las estadísticas de ocupación:

+ El 63% de las llamadas representa un total de 1373 llamadas en la hora pico.

+ Tiempo promedio por llamada: 3 minutos 3 segundos

+ Grado de servicio: .01

Primero se debe calcular el tráfico de llamadas externas en las 350 extensiones, en la hora pico:

$$\# \text{ de Erlangs} = \frac{1373 \text{ llamadas} \times 183 \text{ segundos}}{3600 \text{ segundos}} = 69.79 \text{ Erlangs}$$

Con este resultado y de acuerdo a las tablas de la fórmula B de Erlang (tabla 4.2), se obtiene un total de 85 líneas.

Nuevamente se debe realizar el análisis de justificación correspondiente para saber si se instalan líneas conmutadas analógicas o líneas digitales. Las alternativas son las siguientes:

+ 85 líneas conmutadas analógicas

+ 3 enlaces de 30 líneas (1 para entrada y 2 para tráfico de salida, según las consideraciones de tráfico establecidas anteriormente).

CONTRATACION DE 85 LINEAS CONMUTADAS

GASTO DEL PRIMER AÑO

1) Inversión inicial

Corresponde a \$ 550 dólares por la conexión de cada una de las 85 líneas. Total: \$ 46,750 dólares.

2) Cargo mensual de cada línea conmutada: \$ 13 dólares más el servicio medido (\$ 100 el minuto)

Total de renta anual (según proyección de servicio medido de acuerdo a la tabla 4.1 y considerando dos terceras partes de líneas de salida): \$ 80,173 dólares.

GASTO TOTAL AL PRIMER AÑO: \$ 126,923 DOLARES

Considerando que a partir del segundo año sólo se pagará el concepto de renta mensual se tienen los siguientes gastos acumulados hasta el quinto año (todas las cantidades están en dólares).

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
126,923	207,096	287,269	367,442	447,615

CONTRATACION DEL SERVICIO DE RDI

Esto consiste en la contratación de tres enlaces de 30 canales para el tráfico de entrada y salida; así el total de 90 cubre las necesidades de tráfico del nodo.

GASTO DEL PRIMER AÑO

1) Inversión inicial

Corresponde a \$ 36,000 dólares por la conexión de cada uno de los 3 enlaces. Total: \$ 108,000 dólares.

2) Cargo mensual por enlace: \$ 1,050 dólares + servicio medido.

Total de renta anual (según proyección de servicio medido de acuerdo a la tabla 4.1 y considerando dos terceras partes de líneas de salida): \$ 104,713 dólares.

GASTO TOTAL AL PRIMER AÑO: \$ 212,713 DOLARES

Considerando que a partir del segundo año sólo se pagará el concepto de renta mensual se tienen los siguientes gastos acumulados hasta el quinto año (todas las cantidades están en dólares).

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
212,713	317,426	422,139	526,852	631,565

Comparando los gastos por servicios tradicionales y los gastos por servicios digitales se observa que todavía sigue siendo más rentable el servicio tradicional y no se justifica económicamente el cambio a servicios digitales. Sin embargo, de acuerdo a la prioridad que jueguen la disponibilidad y la calidad del servicio para el tipo de operaciones que realice el usuario, se decide entre la justificación económica y la justificación por calidad del servicio. En este caso, dado el giro del negocio se puede recomendar la utilización de las líneas digitales, teniendo en cuenta dos factores: primero, que la tendencia en nuestro país (y en todo el mundo) actualmente es la del abatimiento de costos de los servicios digitales y segundo, que se trata de una red de comunicaciones digital existente, cuya comunicación interna tiene una eficiencia superior a la de la red pública, por lo que mantener los mismos estándares dentro de la red resulta muy importante.

El análisis que se realizó puede considerarse la etapa inicial de dicho nodo a la red. El siguiente paso podría ser, una vez operando al 100%, el de determinar la factibilidad de conectar este nuevo nodo al resto de los subnodos de la red, es decir, establecer un enlace internodo si la comunicación entre ellos así lo justifica, realizando los estudios de tráfico correspondientes entre los dos nodos. Sin embargo se demostró que algunos servicios empiezan a ser rentables mientras que otros seguirán dependiendo de las aplicaciones específicas por lo que se debe tener un monitoreo continuo tanto de las necesidades del banco como de los nuevos servicios disponibles a fin de tener siempre el criterio de evaluación más adecuado.

Cada empresa y cada área de las empresas tendrán necesidades diferentes; en esta etapa se están digitalizando las empresas con alto poder adquisitivo, tanto a nivel de redes privadas como de Red Digital Integrada, sin embargo es labor de las áreas de comunicaciones de la empresa mediana y pequeña mantenerse en una actualización permanente para el momento en que los servicios se encuentren disponibles (y accesibles económicamente) para todos los usuarios de la red telefónica.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los avances vertiginosos en la tecnología de la computación y de la comunicación cada vez toman un camino más unido. La línea divisoria entre estos dos campos de la ingeniería casi desaparece con la utilización de las mismas técnicas de digitalización para servicios de voz, datos y transmisión de imágenes. La evolución de estos conceptos tiene un objetivo final el cual se denomina Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

Los principios y consideraciones que se expresaron en este estudio proporcionan dos tipos de criterios de evaluación; el primero es un acercamiento teórico para comprender la situación de las comunicaciones actuales y tener las bases para afrontar el cambio gradual hacia la integración de servicios. El segundo es un acercamiento práctico (y una solución a un caso real) a través del cual se tiene una visión de los criterios que se toman actualmente para la optimización de los servicios de comunicación.

El impacto de RDSI tanto en usuarios como en proveedores será profundo. Para controlar esta evolución e impacto masivo, se está realizando un esfuerzo de estandarización a nivel mundial. A pesar de que actualmente existe una gran variedad de equipos para transmisión y conmutación digital, cada uno con sus características y protocolos propios, la estrategia

de implementación tiene una definición precisa y con un punto muy importante: adaptación a los sistemas actuales y reemplazarlos gradualmente, lo que permite al Ingeniero en Comunicaciones tener la oportunidad de planear la integración de las redes de acuerdo al desarrollo y capacidad de su empresa.

Existen dos aspectos fundamentales referentes a RDSI: el acceso universal y transparente, y los servicios de usuario. Con la estandarización de las interfases RDSI se logrará una flexibilidad enorme, ya que cualquier equipo compatible con RDSI (llámese teléfono, terminales o computadoras personales) podrá conectarse a la red y tener comunicación con cualquier otro sistema del mundo.

En cuanto a los servicios de usuario existen tendencias tecnológicas que dependen de la evolución de RDSI, entre las más importantes se encuentran: comunicación de computadoras, teléfono-terminal celular (posibilidad de enlazar una computadora portátil con un teléfono celular), capacidades enormes de almacenamiento y transmisión de información, reconocimiento de voz (que se relaciona generalmente con el procesamiento del lenguaje) y los edificios "inteligentes" (donde existirán subredes telefónicas para el control de servicios como aire acondicionado, humedad, alarmas, circuito cerrado de televisión, etc.) entre otros.

En nuestro país el panorama no es muy claro aún, ya que el atraso respecto a otros países (donde las aplicaciones de RDSI tienen un alto nivel de avance), es enorme. La nueva administración de Teléfonos de México tiene un plan muy ambicioso para la digitalización de las comunicaciones en México, sin embargo, tiene una tarea muy difícil de realizar: primero, corregir las deficiencias de la administración anterior; después estandarizar los servicios que está ofreciendo de Red Digital Integrada (RDI), ya que aún no tiene una definición concreta de las políticas y tarifas del servicio, a pesar de ya se encuentra en etapa de comercialización. La estrategia que tomó a últimas fechas parece ser un buen camino para lograr un avance más uniforme; se refiere a la unión de esfuerzos con los grandes usuarios que utilizan en sus redes privadas el concepto RDSI y con los principales fabricantes de equipo de conmutó (que van a la vanguardia en esta tecnología). Los resultados, aún con carácter de parciales, indican que la estandarización de RDSI en México no tomará mucho tiempo y se podrá ofrecer el servicio a empresas (los servicios básicos) a finales de 1994, mientras que al público en general, a mediados de 1997.

Para finalizar, es importante hacer notar que en la etapa de desarrollo que se encuentra nuestro país, hablando de digitalización de comunicaciones, no es fácil la justificación de la implantación de los diferentes servicios (tal como se vio en el caso real del capítulo 4). Sin embargo, se debe mantener una mentalidad abierta para la búsqueda de las me-

jores soluciones, que tal vez al principio no sean las más económicas, pero serán la base fundamental para la adaptación de las redes actuales a la globalización de las comunicaciones.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1) KESSLER GARY C.
ISDN: CONCEPTS, FACILITIES AND SERVICES
MCGRAW-HILL, INC.
USA, 1990

- 2) FREEMAN ROGER L.
INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
EDITORIAL LIMUSA S.A. DE C.V.
MEXICO, D.F. 1989

- 3) BARTEE THOMAS C.
ISDN, DECNET, AND SNA COMMUNICATIONS
HOWARD W. SAMS & COMPANY
USA, 1989

- 4) VERMA PRAMODE K.
ISDN SYSTEMS: ARCHITECTURE, TECHNOLOGY, AND APPLICATIONS
PRENTICE-HALL INTERNATIONAL EDITIONS
USA, 1990

- 5) STALLINGS WILLIAM
BUSINESS DATA COMMUNICATIONS
MAXWELL MACMILLAN INTERNATIONAL EDITIONS
USA, 1990

- 6) PHILLIPS PUBLISHING INC.
ISDN CASE STUDIES: LEADING EDGE SOLUTIONS FOR CENTREX
AND PBX
USA, 1990

- 7) LATHI B.P. .
SISTEMAS DE COMUNICACIONES
EDITORIAL INTERAMERICANA
MEXICO, D.F. 1990

- 8) STALLINGS WILLIAM
ADVANCES IN ISDN AND BROADBAND ISDN
IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS
USA, 1992

- 9) RECOMENDACIONES CCITT
LIBRO AMARILLO, LIBRO AZUL, LIBRO ROJO.