

17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGON

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN
TERMINADOR DE RED, MÓDULO 2, PARA LA RED
DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS, RDSI.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

ÁREA COMUNICACIONES

P R E S E N T A:

BLANCA ESTELA FLORES CHÁVEZ

280090

ASESOR:

ING. DAVID B. ESTOPIER BERMÚDEZ.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES.

Gracias por sus desvelos y su apoyo incondicional, siempre nos han dado lo mejor de ustedes, nos han enseñado, con el ejemplo, a ser fuertes y perseverantes. Sin su apoyo, yo no hubiera llegado hasta aquí. Este pequeño logro no solo es mío, sino también es de ustedes que siempre me han brindado su confianza y me apoyaron para seguir adelante

Gracias por ayudarme a hacer mi sueño realidad.

A MIS HERMANOS.

Alejandra, Julio, Beatriz, Mauricio e Ixchel les agradezco su confianza y su apoyo incondicional. Durante el desarrollo de mis estudios tuve tiempos difíciles, pero ustedes siempre estuvieron a mi lado animándome a seguir adelante hasta llegar a la meta que me había propuesto. Gracias por todo lo que me han dado, por todos los momentos especiales que hemos vivido juntos y por tenerle paciencia a una hermana que a veces era un poco caprichosa.

Gracias por ser tan comprensivos y pacientes.

A MIS AMIGOS.

Ha terminado una etapa de mi vida que fue muy hermosa por que pude compartirla con mis amigos. Nunca los olvidare, así como tampoco olvidare todo lo que vivimos juntos; cada uno de ustedes es especial para mí y de todos guardo gratos recuerdos.

Gracias por brindarme su amistad.

A MIS PROFESORES.

Quiero agradecer a todos los profesores que me brindaron sus conocimientos; especialmente al Ing. David B. Estopier Bermúdez ya que además de haber sido mi profesor, fue mi asesor de tesis y gracias a su experiencia profesional, su conocimiento sobre el tema de esta tesis y su asesoramiento pude realizar este trabajo.

Gracias por su tiempo y dedicación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Gracias por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional. Espero que esta Universidad siga siendo la máxima casa de estudios del país y continúe abriendo sus puertas a todas las personas que buscan una superación profesional.

“Por mi raza, hablará el espíritu”

*Disfruta las cosas pequeñas de la vida,
porque algún día te darás cuenta
que ésas eran las
grandes cosas.*

INDICE

PRÓLOGO	4	
INTRODUCCIÓN		
BREVE RESEÑA DE LA EVOLUCIÓN DE RDSI EN MEXICO.	5	
CAPITULO I		
FUNDAMENTOS TEORICOS.		
1.1	Commutación	10
1.1.1	Commutación por división de espacio	11
1.1.2	Commutación por división de tiempo	18
1.1.3	Evolución de la conmutación	22
1.1.3.1	Commutación electromecánica	22
1.1.3.2	Commutación digital	26
1.2	Definición de red	27
1.2.1.	Concepto de topología	27
1.2.2	Tipos de redes	28
1.2.3	Protocolos	32
1.3	Señalización	48
1.4	Arquitectura de red	49
1.4.1	Normalización	49
1.4.2	Organismos de normalización	49
1.4.3	El estándar ISA	51
1.4.4	D.O.D	54
1.4.5	SS7	56
1.4.5.1	Arquitectura tipo de SS7	57
1.4.6	ATM	61
1.5	Medios de transmisión	68
1.6	Capacidad de canal	75
1.6.1	Ley de Shannon	75
1.7	Digitalización de señales	76
1.7.1	Teoría de muestreo de Nyquist	76
1.8	Temporización	79
1.8.1	Sincronización	79
1.8.2	Sincronización de la red	79

CAPITULO II

RUIDO Y SUS REPERCUSIONES EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

2.1	Phase JITTER.	86
2.2	Retardo	89
2.3	PICO.	89
2.3	BER.	90

CAPITULO III

PROTOCOLO HDLC Y SU APLICACION EN REDES.

3.1	HDLC.	91
3.1.1	Opciones de HDLC.	91
3.1.2	Formatos de la trama HDLC.	94
3.1.3	Transparencia del código y sincronización.	96
3.1.4	Campo de control HDLC.	97
3.2	Recomendación X.25 del CCITT.	103
3.2.1	Estructura de la recomendación X.25.	104
3.3	La Red Digital De Servicios Integrados (RDSI).	121

CAPITULO IV

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN.

4.1	Características básicas.	139
4.2	Adaptador de terminal.	140
4.2.1	Niveles funcionales de la RDSI.	141
4.3	Protocolos de línea usados.	141
4.3.1	Código de línea AMI.	141
4.3.2	Código de línea HDB3.	142
4.3.3	Código de línea B8ZS.	143
4.3.4	Código de línea 2B1Q.	145
4.3.5	Código de línea 4B3T.	146
4.4	Funciones de un adaptador de terminal (TA).	148
4.4.1	Funciones de adaptación de velocidad.	149
4.5	Importancia de un terminador de red módulo 2, (NT2) en la topología de la RDSI	151
4.5.1	Funciones de un NT2	152
4.5.2	Interfaces para la RDSI.	152

4.5.2.1. Interfaz usuario-red básico.	154
4.5.2.2 Interfaz usuario-red a velocidad primaria.	159
4.5.2.3 Interfaz a 2048 kbit/s.	162
4.6 Energía de alimentación.	164
4.7 Asignación de contactos del conector de la interfaz.	166
4.8 Multiplexación y adaptación de la velocidad.	167
4.9 Acoplamiento de impedancias.	170
4.10 Servicios proporcionados por la capa 1 a la capa 2	174
4.11 Establecimiento y liberación de la capa de enlace.	175
4.11.1 Establecimiento de los modos de transferencia de información.	176
4.12 Servicios proporcionados por la capa de enlace de datos a la capa de red.	181
4.13 Proceso para el control de la llamada básica.	182

CAPITULO V

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

5.1 Modelo genérico de análisis costo-beneficio para la RDSI.	185
5.2 Comparación de costos y beneficios, entre la RDSI y otras tecnologías.	189
5.3 Ejemplos de la aplicación de la RDSI.	191

CONCLUSIONES.	197
----------------------	------------

APÉNDICE A.	199
--------------------	------------

APÉNDICE B.	208
--------------------	------------

BIBLIOGRAFIA.	215
----------------------	------------

PRÓLOGO.

El gran auge que en los últimos años han logrado las comunicaciones ha tenido como consecuencia el nacimiento de nueva tecnología que satisfaga las crecientes demandas de los usuarios con renovadas necesidades dentro de el sistema de redes como lo son, mayor velocidad y una mejor integración de servicios como: voz, datos y vídeo en una sola red.

Lo anterior ha propiciado un marco apropiado para presentar la siguiente Propuesta de Implementación de un Terminador de Red, módulo 2, para la Red Digital de Servicios Integrados, RDSI.

Los propietarios de una red reconocen que deben rediseñar su red para satisfacer la demanda de las aplicaciones de los usuarios. Las nuevas arquitecturas implican la introducción de nuevas tecnologías, por lo que los planificadores de una red deben de contar con la información suficiente para poder tomar una decisión respecto de qué tecnologías adoptar, las bases de su funcionamiento, su compatibilidad con la tecnología existente en la empresa, su impacto en la capacidad de los costos/beneficios.

El tema de esta tesis se basa en la explicación de una nueva tecnología: la Red Digital de Servicios Integrados, que analiza a manera de propuesta, la implementación de un bloque funcional importante en esta arquitectura.

INTRODUCCIÓN.

La evolución de tecnologías, así como los desarrollos de nuevas aplicaciones para atender los diferentes requerimientos de los usuarios provocaron en la década de los 70's una dispersión de servicios y tecnologías que, pese a tener trayectorias físicas similares, éstas no eran compartidas, por lo que en un mismo sitio existían aplicaciones de voz, datos, imagen, etc., con sus respectivas redes independientes (y cableados independientes). Es así como los organismos internacionales se dieron a la tarea de procurar la integración de los servicios en un ambiente común, dando por resultado en el año de 1985 el concepto de RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) ó de sus siglas en inglés ISDN (Integrated Service Digital Network).

JUSTIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS A NIVEL MUNDIAL.

Algunos aspectos que justifican la implementación y desarrollo de la RDSI desde el punto de vista del usuario de red son los siguientes:

COSTO-SERVICIO: La RDSI disminuye costos al integrar en una sola red, la transmisión de voz, datos y vídeo sin la necesidad de una red especializada para la transmisión individual de lo antes mencionado. Tomando en cuenta que es costeable, por el momento, solo para grandes usuarios.

COMODIDAD: La necesidad del conocimiento de tantos procedimientos de acceso a red como redes especializadas se manejen, resultará en una mayor complejidad que el conocimiento de un procedimiento de acceso específico para una Red de Servicios Integrados.

Debido al carácter universal de RDSI, está se compone de módulos para su conexión de usuario. La ventaja de la modularidad de RDSI es que para su mantenimiento preventivo ó correctivo, se puede monitorear en que módulo se presentó la falla, sin necesidad de tener que monitorear punto por punto. De esta manera se reducen los costos en horas/hombre y se tiene, también, la ventaja de expansión, con la cual se pueden conectar ó enlazar más usuarios sin la necesidad de comprar módulos adicionales.

Los usuarios informáticos pueden transmitir ó recibir información a una velocidad de 64 kbps, con la ventaja de tener integrada en una misma red voz, datos y video, sin la necesidad de una red especializada para cada servicio.

Otro aspecto importante que se debe destacar de la Red Digital de Servicios Integrados es su escalabilidad, esto se refiere a que, debido al gran desarrollo tecnológico que se vive en el mundo de las telecomunicaciones, el software que se adquirió cuando se compró e instaló el equipo para la red, puede ser obsoleto en un período corto de tiempo, pero esto se puede solucionar instalando un software actualizado, sin necesidad de cambiar o modificar el hardware.

Para la instalación física de una Red Digital de Servicios Integrados, se pueden utilizar todos los tipos de cables actuales existentes en el mercado, (par de cobre, coaxial, fibra óptica), en caso de que se tuviera una red especializada, se podrían utilizar los mismos cables ya existentes.

RDSI no es la solución a todos los problemas, pero es una buena opción para una empresa que necesita una red dinámica con servicios de voz, datos y video integrados.

JUSTIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DIGITAL INTEGRADA EN MÉXICO.

Además de los factores antes mencionados que justifican la implementación de la Red Digital de Servicios Integrados a nivel mundial, así como para nuestro país, en el caso particular de la implementación de una Red Digital Integrada en México, es importante tomar en cuenta el siguiente aspecto:

Las problemáticas que presentan las redes independientes especializadas de voz y datos, antes descritas, se ven incrementadas por la insuficiencia que presentan para satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios que requieren el manejo de grandes volúmenes de información.

Los grandes usuarios en México, llamados así, debido a las características de sus necesidades de comunicación y de los grandes volúmenes de información que son mayores que los requerimientos de un usuario común, debido a la insuficiencia de la infraestructura de telecomunicaciones, estos usuarios optaron por formar redes privadas que cumplieran los objetivos específicos del usuario y del propietario de la red.

La conformación de estas redes privadas para el uso de los grandes usuarios se realizó en base a la utilización de recursos de telecomunicaciones (enlaces vía satélite, enlaces de radio por línea de vista y equipos de transmisión y conmutación independientes de la infraestructura de Teléfonos de México).

Debido a la problemática que presenta el surgimiento de las redes especializadas independientes en el país y considerando las ventajas que presenta una Red Digital Integrada surge la infraestructura de comunicaciones digitales denominada Red Superpuesta.

SURGIMIENTO DE LA RED SUPERPUESTA EN MÉXICO.

El principio de conformación de una RDSI, se basa en la sustitución progresiva de los sistemas de transmisión y conmutación analógicos por sistemas digitales, haciendo uso de la red telefónica convencional ya existente. Al principio toda la Red Telefónica Pública Conmutada en México estaba conformada por infraestructura de conmutación analógica, la sustitución progresiva de sistemas de conmutación digitales y el desarrollo de una red totalmente digital orientada a grandes usuarios que proporciona conectividad con la Red Telefónica Pública Conmutada constituye finalmente la Red superpuesta. La red superpuesta está conformada por una red que utiliza recursos de conmutación y transmisión completamente digitales que proporciona conectividad con los centros TANDEM y Centros de Acceso a larga Distancia Nacional e Internacional para permitir el acceso a cualquier usuario desde cualquier punto.

En 1990 inicia operaciones la Red Superpuesta en tres ciudades de la República Mexicana, la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. La topología de red en estas ciudades está formada en base a una red híbrida, esta topología establece la conexión entre nodos de primer nivel de acuerdo a una configuración tipo malla y conexión de usuarios a nodos de segundo nivel.

SURGIMIENTO DE LA RED DIGITAL INTEGRADA EN MÉXICO.

Debido al desarrollo, crecimiento y rentabilidad que surgió con el concepto de Red Superpuesta en México se realizó un proyecto de la red, tendiente a la total digitalización de los sistemas de conmutación y transmisión en el país, surgiendo así, en México el concepto de RDI.

FILOSOFIA DE SERVICIO DE LA RED DIGITAL INTEGRADA

Una Red Digital Integrada es la implementación progresiva de las redes convencionales analógicas, por las Centrales de Conmutación Digitales. Por lo tanto la RDI, debe consistir plenamente de centrales digitales, conectadas por medio de troncales digitales, siendo la única conversión analógica-digital la de los circuitos del abonado analógico.

La potencialidad de las redes totalmente digitales, y las desventajas anteriormente enumeradas, de las redes especializadas para servicios diferentes, propiciaron el desarrollo de la RDI hacia la completa digitalización incluyendo el circuito de abonado y la completa integración de las redes convencionales de voz y datos constituyendo así la Red Digital Integrada. El progresivo desarrollo de la RDI significa, enlaces totalmente digitales entre centrales y canales de 64 kbits/seg. a través de toda la red en comparación con un ancho de banda estándar de 3 kHz en las redes analógicas.

Progresivamente el circuito de abonado se verá incluido en la extensión de la red, la digitalización de este constituirá la primera etapa en el proceso hacia la RDSI.

La red Digital Integrada en México, está constituida por nodos de varias categorías, en las cuales se encuentra localizado todo el equipo de conmutación y transmisión empleado.

Estos nodos están interconectados con sistemas de transmisión de alta capacidad asociadas a velocidades de transmisión de 140 Mbit/seg. (SDH, Synchronous Digital Hierarchy), completamente digitales, permitiendo establecer comunicación entre localidades en una misma ciudad (enlaces urbanos) ó acceder a la Red Telefónica Pública Conmutada para comunicación con usuarios que no se encuentran conectados a la RDSI.

El principal objetivo de la RDI de México es la necesidad de satisfacer los servicios de telecomunicaciones requeridos por los usuarios. En la RDI no solo se contempla la transmisión de voz y datos a baja velocidad, sino también la transferencia de información a altas velocidades con un alto grado de calidad y confiabilidad.

A continuación se dará una breve explicación del contenido de cada capítulo que integra este trabajo de tesis.

CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS. En este capítulo se explicará lo que es la conmutación y su evolución. Se definirá lo que es una red y algunos tópicos relacionados con ello. Se explicaran otros conceptos importantes relacionados con redes como son la señalización, algunas de las arquitecturas de red que existen, los medios de transmisión con los que se cuenta y las diferentes formas de sincronizar una red.

CAPITULO II. RUIDO Y SUS REPERCUSIONES EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN. Al realizar el diseño de una red ó hacer la planeación para adoptar nueva tecnología, se deben de tomar en cuenta algunos factores no deseables como son el Jitter, el retardo, el pico y el BER; en este capítulo se definirán y se explicaran sus repercusiones en los sistemas de comunicación.

CAPITULO III. PROTOCOLO HDLC Y SU APLICACIÓN EN REDES. El tema principal de esta tesis es el estudio de un bloque funcional de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). En este capítulo se explicarán los conceptos básicos de la RDSI, su surgimiento, el tipo de protocolo que utiliza y también se estudiara otra red WAN relacionada con RDSI, la red X.25 que es un antecedente de la red antes mencionada.

CAPITULO IV. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN. Este es el capítulo medular de esta tesis, en primer lugar, se explicara lo que es un adaptador de terminal, que es otro bloque funcional de la arquitectura RDSI, y la relación con un terminador de red módulo 2. Posteriormente se explicarán los tipos de medios de transmisión utilizados para una conexión del mismo y algunas características físicas de estos.

CAPITULO V. ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO. Al realizar la planeación de la sustitución o instalación de nueva tecnología, se deben de tomar en cuenta los costos y los beneficios obtenidos. En este capítulo se realizara un análisis de los costos y los beneficios que proporciona la Red Digital de Servicios Integrados.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1 CONMUTACIÓN.

Alexander Graham Bell inventó el primer teléfono práctico en 1876. Esto llegó a ser muy rápido aparentemente, sin embargo el uso del teléfono era muy poco sin algunos recursos de cambio de conexión que eran básicos. Estas primeras oficinas de conmutación se establecieron en New Haven, Connecticut solo dos años más tarde. Estas oficinas de conmutación, y otras que les precedieron, fueron localizadas en puntos centrales en un área de servicio y proporcionaron conexiones conmutadas para todos los suscriptores del área. De a su localización en el área de servicio, estas oficinas de conmutación eran frecuentemente referidas como oficinas centrales.

El uso del teléfono creció y suscribió deseos de conexiones a larga distancia, llegó a ser necesario interconectar el servicio individual de áreas con troncales entre las oficinas centrales. Otra vez, los conmutadores fueron necesarios para interconectar estas oficinas, y desarrollar un segundo nivel de conmutación. Continuando con la demanda para cualquier conexión a larga distancia, con mejoras en las facilidades de transmisión a larga distancia, se simularon niveles de conmutación. De esta manera la red telefónica de los Estados Unidos desarrollo un total de 5 niveles que son los siguientes:

Clase de conmutador	Designación funcional
1	Centros regionales
2	Centro seccional
3	Centro primario
4	Centro de cuota
5	Oficina de término

En el nivel más bajo de la red existen 5 clases de oficinas de conmutación, también llamadas oficinas centrales (oc) u oficinas de término (ot). El siguiente nivel de la red está compuesto por cuatro clases de oficinas de cuota. La red de cuota del sistema Bell contiene tres niveles más de conmutación: centros primarios, centros seccionales y centros regionales.

La red jerárquica requiere más nodos de conmutación, llevar a cabo esto, significa, ahorrar en el número de troncales: el enlace de transmisión entre conmutación de oficinas. La determinación del número total de circuitos troncales en cualquier red es necesariamente una función del total de tráfico entre cada par de nodos de conmutación.

En la red jerárquica, hay una y solo una ruta entre dos nodos cualquiera. Si la ruta directa no está disponible (por una sobrecarga de tráfico ó la falla de un equipo) el primer nivel de conmutación puede proveer una conexión troncal a troncal llamado funciones de conmutación tandem.

Un alto uso de las troncales es usado para conexiones directas entre las oficinas de conmutación con altos volúmenes de tráfico entre oficinas. Normalmente, el tráfico entre dos oficinas es ruteado a través de troncales directas. Si las troncales directas están ocupadas, la red escoge una ruta alterna.

El tráfico siempre era enrutado a través del nivel más bajo de la red.

Este procedimiento no solo usa pocas facilidades de red si no también implica circuitos de mejor calidad debido a la ruta corta y a los pocos puntos de conmutación.

Además del alto uso de troncales, la red fue aumentada también, con facilidades de conmutación adicionales llamadas conmutadores tandem. Estos conmutadores fueron empleados en el nivel más bajo de la red y proveen conmutación entre oficinas finales.

1.1.1 CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE ESPACIO.

Conceptualmente, la estructura de conmutación simple es un arreglo rectangular de punto de cruz. Está matriz de conmutación puede ser usada para conectar cualquiera de las N-entradas para cualquiera de las M-salidas. Si las entradas y salidas son conectadas a un circuito de dos alambres, solo un punto de cruz por conexión es requerido.

De hecho en la actualidad, dos (y a veces tres) contactos de conmutación son asociados con cada punto de cruz de un conmutador de dos hilos. Desde que estos contactos son parte de una unidad única y operan al unisono, ellos consideran a un único punto de cruz.

Los arreglos rectangulares de punto de cruz son designados para proveer conexiones intergrupo solamente (tránsito), esto es, desde un grupo interno a un grupo externo. Las aplicaciones para este tipo de operaciones se describen a continuación:

1. Concentradores remotos
2. Distribuidores de llamadas
3. La porción de un PBX ó conmutador de oficina final que provee conmutación de tránsito.
4. Estado único a estado múltiple de conmutadores

En muchas aplicaciones, esto no es necesario, los grupos internos son conectados a cualquiera de los grupos externos. En situaciones comprometidas grandes grupos de salida, tienen considerables ahorros en el total de puntos de cruz que pueden llevarse a cabo si cada grupo de adentro puede acceder solo a un número limitado de grupos de afuera. Cuando tal situación ocurre, se dice que existe "disponibilidad limitada". Para evitar el traslape en la disponibilidad de los grupos de afuera para varios grupos de adentro, se estableció un tecnicismo llamado "nivelación".

Las estructuras de conmutación de nivelación fueron frecuentemente usadas para accesos a grupos de troncales grandes en conmutadores electromecánicos donde el punto de cruz era caro y los módulos individuales de conmutación eran limitados en tamaño. Los niveladores fueron también usados en estados individuales de conmutación de conmutadores grandes de estado múltiple donde existe más de un camino para cualquier grupo de salida particular.

La conmutación intragrupo es una conmutación anillo a anillo, requiere que cada anillo pase conectado a cualquier otro anillo. Proporciona una completa disponibilidad desde todos los grupos de entrada a todos los grupos de salida que sean requeridos de la matriz de conmutación. La figura 1.1 muestra dos estructuras de matriz que pueden ser usadas para interconectar totalmente líneas de dos hilos.

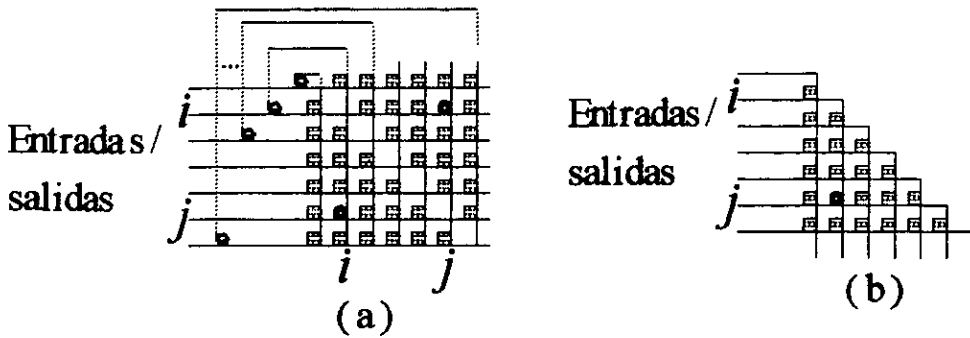


Figura 1.1 matrices de conmutación de dos hilos a) Matriz cuadrada b) Triangular

Ambas estructuras de la Figura 1.1 permiten cualquier conexión para ser establecida por selección de un simple punto de cruz. La matriz cuadrada, también llamada matriz de dos lados, permite cualquier conexión particular para ser establecida en dos caminos.

Así, si el enlace de entrada i es conectado al enlace de salida j , la selección del punto de cruz puede ser la intersección de adentro i y a fuera j - ó la intersección de entrada j y salida i . Para simplificar, estos puntos de cruz son referidos como (i, j) y (j, i) respectivamente. En una implementación típica de punto de cruz (i, j) es usado cuando la entrada i requiere un servicio, y el punto de cruz (j, i) es usado cuando j requiere servicio.

En la matriz triangular de la figura 1.1, los puntos de cruz redundantes son eliminados. La reducción del punto de cruz no trae ninguna complicación. Antes de realizar una conexión entre conmutación de entrada i y conmutación de entrada j , el elemento de control de conmutación es determinando cual es grande: i ó j . Si i es grande, el punto de cruz (i, j) es seleccionado. Si i es pequeño, el punto de cruz (j, i) será seleccionado.

CONMUTACIÓN DE ESTADO MÚLTIPLE.

En la estructura antes descrita, un grupo de entrada es conectado directamente a un grupo de salida a través de un punto de cruz simple. (Los conmutadores de cuatro hilos usan dos puntos de cruz por conexión, pero solo una conexión para un grupo de entrada a uno de salida). Por esta razón, estas estructuras de conmutación son referidas como conmutadores de "estado simple". Los conmutadores de estado simple tienen la propiedad de que cada punto de cruz individual puede ser usado, para interconectar un par particular de entrada/salida. Desde que el número de pares de entrada/salida es igual a $N(N-1)/2$ para un arreglo triangular, ó $N(N-1)$ para un arreglo cuadrado, el número de punto de cruz requerido para un conmutador grande está prohibido. Además, el número de largo del punto de cruz en cada grupo de entrada y línea de salida implica una larga suma de carga de capacidad en el camino del mensaje.

Otra deficiencia fundamental del estado simple es que cada punto de cruz específico se necesita para cada conexión en específico. Si se cae ese punto de cruz, la conexión asociada no puede ser establecida. Una excepción es la conexión cuadrada, un conmutador de dos hilos que tiene un punto de cruz redundante para cada conexión potencial. Antes de que el punto de cruz redundante pueda ser usado como un camino alternativo, el algoritmo de selección de la entrada-orientada podría ser modificada para admitir una selección de salida-orientada.

Un análisis de un conmutador de estado simple grande revela que el punto de cruz es utilizado ineficientemente. Solo un punto de cruz en cada fila o columna de un conmutador cuadrado es siempre usado, siempre que todas las líneas sean activadas. Para incrementar la utilización eficiente del punto de cruz y de este modo reducir el número total, es necesario que para cualquier punto de cruz particular que se vaya a usar se tenga más de una conexión potencial.

Si el punto de cruz es dividido entre varios, de cualquier manera, es también necesario que más de un camino sea disponible para cualquier conexión potencial esto no ocurre en cada bloque. El camino alternativo sirve para eliminar o reducir bloques y también para proveer protección contra descuidos. La división de los puntos de cruz para caminos potenciales a través de conmutadores es perfecto para conmutación de estado múltiple. En la figura 1.2 se muestra un diagrama a bloques de una forma particular de un conmutador de estado múltiple.

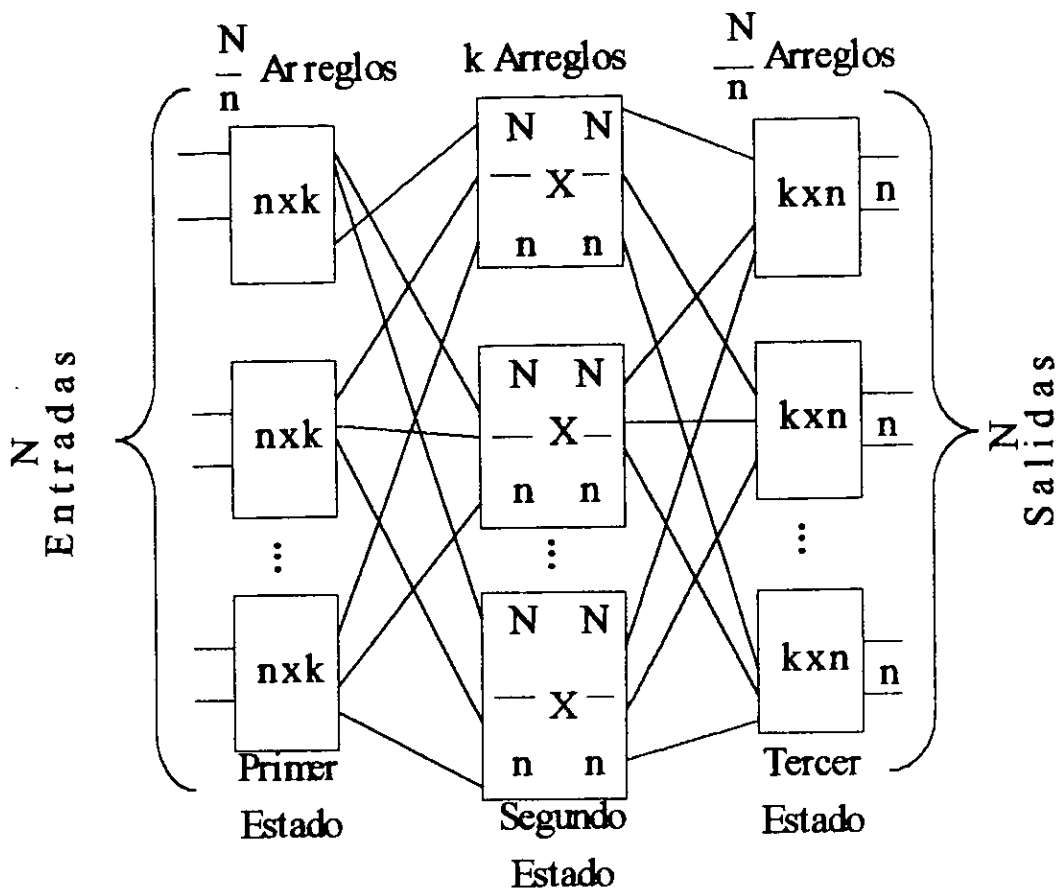


Figura 1.2. Matriz de conmutación de tres estados

El conmutador de la figura anterior es un conmutador de tres estados en el cual las entradas y salidas son particionadas en grupos de n entradas y n salidas cada una. Las entradas para cada subgrupo son servidas para un arreglo cuadrado de punto de cruz. El arreglo para los grupos de entrada (primer estado) son arreglos $n \times k$ donde cada una de las salidas k es conectada a un arreglo de estado central k . Las conexiones interestado son frecuentemente llamadas uniones. El tercer estado consiste de un arreglo rectangular de $k \times n$ que provee conexiones desde cualquier arreglo de estado central al grupo de n salidas.

Todos los arreglos de estado central son arreglos N/n por N/n que provee conexiones desde cualquier arreglo de primer estado a cualquier arreglo del tercer estado. Si todo un arreglo provee toda la disponibilidad, existen k posibles caminos a través del conmutador para cualquier conexión particular entre entradas y salidas. Cada camino k utiliza un arreglo de estado central separado.

Esta estructura de estados múltiples provee caminos alternos a través del conmutador para evitar errores. Además, cada enlace de conmutación es conectado a un número limitado de punto de cruz, por lo que la capacidad de carga es minimizada.

El número total de puntos de cruz requeridos N_x para un conmutador de tres estados, como el mostrado en la figura 1.2 es:

$$N_x = 2Nk + k(N/n)^2$$

donde N = el número de entradas/salidas
 n = el tamaño de cada grupo de entradas/salidas
 k = el número de arreglos de estado central

CONMUTADORES DOBLES DE CUATRO HILOS.

Los conmutadores de estado múltiple pueden ser usados para cualquier operación de conmutación de dos hilos ó cuatro hilos. La figura 1.3 describe una conexión de cuatro hilos a través de un conmutador de cuatro estados.

Obsérvese que dos caminos pueden establecerse para una conexión completa. Una conexión de dos hilos requiere solo un camino, desde cada salida es conectado externamente para que este corresponda con la entrada

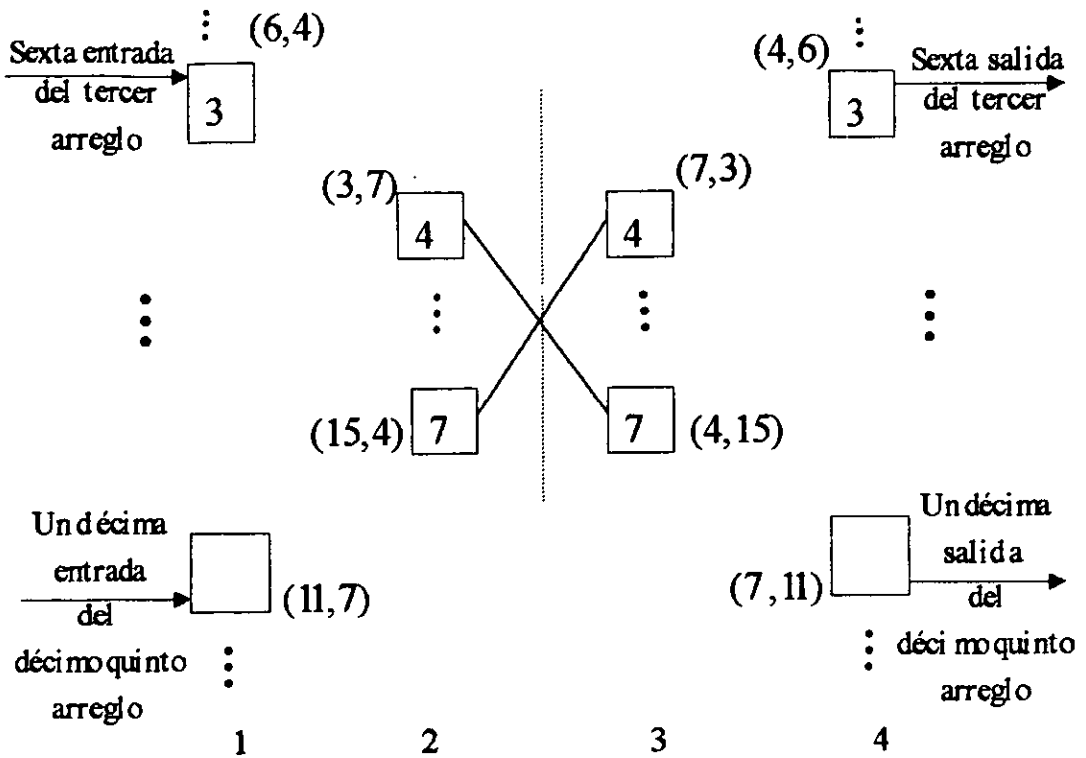


Figura 1.3. Conexión de cuatro hilos a través de un conmutador de cuatro estados.

Los dos caminos de la figura 1.3 demuestran una particular relación provechosa: un camino es una imagen de espejo de otro camino. Cuando todas las conexiones en el conmutador son puestas con una relación doble, resultan en diversos beneficios. Por lo tanto este método de colocar conexiones es a veces referido como una operación doble.

Los beneficios que proporciona son: primero que nada, solo una operación de encontrar el camino es necesaria desde que el camino es invertido, automáticamente disponible como una imagen de espejo de un camino adelante. En esencia, todos los puntos de cruz en un lado están en pares con otro punto de cruz en un arreglo correspondiente en el lado opuesto del conmutador. Cuando un punto de cruz de un par es usado en una conexión, los otros puntos de cruz del par también son usados. Desde la disponibilidad de un punto de cruz en un par esta seguro de la disponibilidad del otro, el camino de regreso es automáticamente especificado y disponible.

Una segunda ventaja de la operación doble de cuatro hilos resulta porque la suma de información, especificando la información de estado del conmutador, puede ser cortado a la mitad. Solo el estado de cualquier par de puntos de cruz ó una unión asociada es necesaria para conectar un camino disponible a través del conmutador.

Un tercer beneficio de la estructura doble ocurre por que la probabilidad de bloqueo es la mitad de encontrar dos caminos ocupados. Esto podría parecer que el par de puntos de cruz en la manera de describirlos podría restringir el camino disponible para una conexión particular. En lo contrario, el punto de cruz duplicado garantiza que un camino invertido es automáticamente disponible por cualquier camino seleccionado en la dirección adecuada.

Una cuarta ventaja potencial de la operación doble puede ser obtenida por la selección lógica del doble punto de cruz para arreglos correspondientes en el conmutador.

La operación de doblar a la que se refieren los párrafos anteriores refieren un conmutador con un número igual de estados de conmutación. Un número igual fue escogido porque el concepto es fácil de demostrar cuando no se tiene presente un estado central.

1.1.2 CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO.

Como demostración ó evidencia para un conmutador de estado múltiple, la división de los puntos de cruz individuales más que una conexión potencial provee significativos ahorros en los costos de implementación de conmutadores por división de espacio.

En la conmutación por división de espacio, los puntos de cruz de los conmutadores de estado múltiple eran divididos desde una conexión a la siguiente, pero un punto de cruz asignado a una conexión particular es dedicado para esta conexión durante lo que dure la misma.

La conmutación por división de tiempo envuelve la división del punto de cruz para periodos cortos de tiempo así que los puntos de cruz individuales y sus enlaces entre estados asociados son reasignados continuamente a conexiones existentes. Cuando los puntos de cruz son divididos de esta manera, se tienen más ahorros en los mismos, y se puede realizar la conexión de más puntos de cruz. En esencia, los ahorros son realizados por multiplexaje de división de tiempo, los puntos de cruz y los enlaces entre estados en la misma manera que los enlaces de transmisión son multiplexados por división de tiempo para dividir el par de hilos entre oficinas.

La conmutación por división de tiempo es igualmente aplicable a cualquier señal analógica ó digital. La conmutación por división de tiempo analógica es atractiva cuando la interfaz para la transmisión analógica, facilita desde las señales que son solo muestreadas y no decodificadas digitalmente. Sin embargo, las experiencias en los conmutadores por división de tiempo analógicos grandes tienen las mismas limitaciones que tienen los enlaces de transmisión por división de tiempo analógico: una prueba, los enlaces con modulación PAM son particularmente vulnerables al ruido, distorsión y cruce de llamadas (crosstalk). En los conmutadores digitales, las señales de voz son regeneradas todo el tiempo, ellas pasan a través de una compuerta lógica.

CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO ANALÓGICO.

Aunque la conmutación por división de tiempo analógico ha llegado a ser obsoleta, es un buen punto de partida para establecer los principios básicos de la conmutación por división de tiempo. Un bus de conmutación simple soporta un número múltiple de conexiones para interpolar muestras PAM desde recibir la línea de interfaces hasta transmitir las. La operación es mostrada como si las interfaces que reciben son separadas de sus respectivas interfaces de transmisión.

Cuando se conectan líneas analógicas de dos hilos las dos interfaces son necesariamente implementadas en un módulo común. De cualquier manera, en algunos sistemas PAM-PBX, muestras analógicas son simultáneamente transferidas en ambas direcciones entre las interfaces.

La conmutación por división de tiempo analógica incluye dos proveedores de control. El primer proveedor controla la puerta de entrada sobre el bus, una muestra a la vez. El segundo proveedor de control opera en sincronismo con el primero y selecciona la línea de salida aproximada por cada muestra que entra.

En un completo establecimiento de pulsos, una de cada línea de entrada activa, es referido como una trama. La tasa de trama es igual a la tasa simple de cada línea. Para sistemas de voz, los rangos de tasa simple son desde 8 hasta 12 kHz.

CONTROL DE CONMUTADOR DE MATRIZ.

Cuando es determinado un camino que está disponible a través de un control común de conmutación de red, el elemento de control del conmutador transfiere la información necesaria a la red para seleccionar el punto de cruz apropiado. El punto de cruz seleccionado dentro de la matriz es enrutado en uno de dos caminos. El control es quizás asociado con las líneas de salida y por consiguiente especifica cuales entradas son conectadas con sus salidas asociadas, ó el control de información quizás sea asociada con cada salida, y subsecuentemente especifica cual salida que le corresponde esa entrada va a ser conectada. El primer acercamiento es referido como "control asociado de salida" mientras que el segundo es por lo tanto referido como "control asociado de entrada".

El "control asociado de entrada" es inherentemente requerido en conmutadores paso a paso donde la información llega en el enlace de entrada para seleccionar directamente los enlaces de salida para cada estado sucesivo.

En sistemas de control común, cualquiera que sea la dirección de la información de ambos de la línea originaria y de la línea terminal es simultáneamente disponible. Por consiguiente la conexión puede establecerse por principio en la salida deseada y anterior a través del conmutador mientras selecciona entradas para cada estado.

CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO DIGITAL.

La conmutación analógica de matriz descrita anteriormente es esencialmente una conmutación de matriz por división de espacio. Para seguir cambiando las conexiones para periodos cortos de tiempo de una manera cíclica, la configuración del conmutador por división de espacio es duplicada una vez por cada espacio de tiempo.

Este modo de operación es referida para cada conmutación multiplexada en tiempo. Mientras que en este modo la operación puede ser útil para ambas señales analógica y digital, las señales digitales multiplexadas por división de tiempo usualmente requieren conmutación entre espacios de tiempo, también entre líneas físicas. Este segundo modo de conmutación representa una segunda dimensión de conmutación y es referida como conmutación de tiempo.

Los requerimientos básicos de una red de conmutación por división de tiempo se muestra en la figura 1.4.

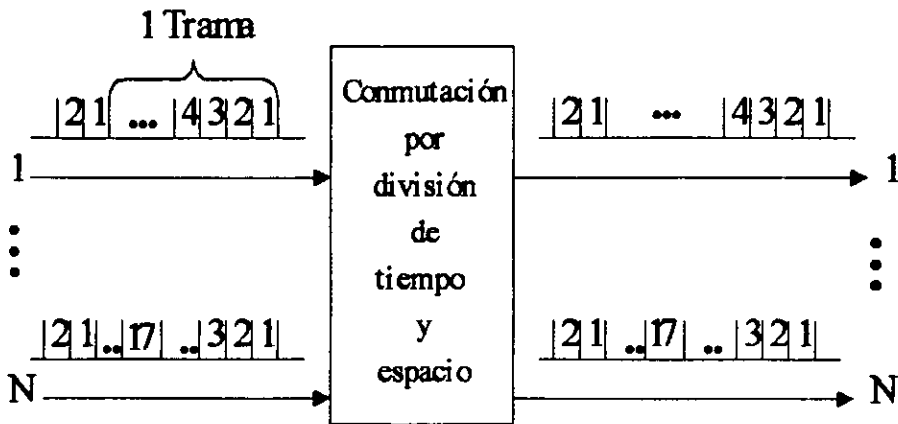


Figura 1.4. Conmutación por división de tiempo y espacio.

Como un ejemplo de conexión el canal 3 del primer enlace TDM (multiplexado por división de tiempo) es conectado al canal 17 del último enlace TDM.

La conexión indicada implica que la información que llegó en el espacio de tiempo 3 del primer enlace es transferido al espacio de tiempo 17 del último enlace. Desde la digitalización de la voz el proceso inherentemente implica una operación de 4 hilos, la conexión de regreso es requerida y realizada por transferencia de información desde el espacio de tiempo 17 del último enlace de entrada para el espacio de tiempo 3 del primer enlace.

Cada conexión requiere dos transferencias de información: cada una implica la translación en tiempo y espacio.

Una variante de la estructura de conmutación es posible para completar la transferencia indicada en la figura 1.4. Todas estas estructuras inherentemente requieren al menos dos estados: un estado por conmutación de espacio y un estado de conmutación por división de tiempo. Los conmutadores grandes usan múltiples estados de ambos tipos.

Una desventaja de TDM es tener un recurso dedicado aunque no lo use.

1.1.3 EVOLUCIÓN DE LA CONMUTACIÓN.

1.1.3.1 CONMUTACIÓN ELECTROMECAÁNICA.

Previó a la introducción de máquinas de conmutación electrónica digital a finales de 1970 las oficinas de conmutación en Norte América, y alrededor del mundo, fueron equipadas con uno de dos tipos básicos de conmutadores electromecánicos: paso a paso (también llamado "conmutador Strowger" en honor de su inventor Almon B. Strowger) y crossbar. Los puntos de cruz del conmutador paso a paso son contactos de leva que se mueven en respuesta directa a los pulsos marcados. Como los pulsos del primer dígito entran al conmutador ellos inmediatamente "dan un paso", la leva vertical a la fila horizontal correspondiente al primer dígito. Después de seleccionar la columna correcta, la leva gira a través de otro bloque de contactos hasta una línea desocupada para que el siguiente estado de conmutación sea establecido. El próximo bloque de pulsos marcados, representan el segundo dígito, entonces los "pasos" del segundo estado se realizan de la misma manera. El proceso continua a través de cualquiera de muchos estados que son necesarios para un tamaño de conmutador particular.

Como el nombre lo indica, un conmutador paso a paso usa control progresivo directo: los segmentos sucesivos de un camino a través del conmutador son establecidos conforme cada dígito sea marcado. Con un control progresivo, los elementos de control del conmutador son integrados dentro de la matriz de conmutación.

Este distintivo es muy usado para implementar una variedad de tamaños de conmutadores y permite una expansión relativamente fácil. Un conmutador de control progresivo, de cualquier manera, tiene un número significativo de limitaciones:

1. Si se selecciona un camino equivocado, la llamada será bloqueada aunque exista un camino apropiado a través del conmutador, aunque esto no es prueba de que se cometiera un error en el estado actual, ya que el camino equivocado pudo haber sido seleccionado en un estado anterior.
2. No existe una ruta alterna para troncales de salida. Esto es, la línea de salida es directamente seleccionada por pulsos sintonizados de entrada y no pueden ser substituidos.
3. Otras señales de trama de los pulsos sintonizados (por ejemplo: pulsar el botón de tono de señalización) no son directamente usados.

En contraste con el conmutador paso a paso, un conmutador crossbar es uno de los que usa centralización, es decir, control común para la selección del camino del conmutador. Conforme los dígitos son marcados, el elemento de control del conmutador recibe la dirección de entrada antes de procesarla. Cuando un camino apropiado a través del conmutador es determinado (el cual envuelve el número de translación ó la ruta alterna), el elemento de control transfiere la información necesaria en forma de señales de control a la matriz de conmutación para establecer la conexión. El rasgo distintivo fundamental, y ventaja de un conmutador de control común es que la implementación de funciones de control es separada desde la implementación del conmutador. El control común del sistema crossbar introduce la habilidad para asignar direcciones lógicas (números telefónicos) independientemente de los números de la línea física.

El punto de cruz de un conmutador crossbar son contactos mecánicos con magnetos para levantar y mantener una conexión. El término "crossbar" surge desde el uso de cruces horizontales y bars para inicializar la selección de contactos. Una vez establecidos los contactos de conmutación son mantenidos por electromagnetos energizados, con corriente directa que pasan a través de un circuito establecido. Cuando el circuito es abierto, la pérdida de corriente causa que el punto de cruz sea liberado automáticamente.

Las limitaciones operacionales de un control progresivo de un conmutador paso a paso fueron usados por primera vez en cinco pequeñas clases de oficinas de conmutación. Los conmutadores crossbar, en otras manos, fueron usados predominantemente en áreas metropolitanas. En algunos casos los conmutadores paso a paso fueron aumentados con control común para recibir los dígitos dentro del equipo de control especial. Después de procesar la solicitud, el equipo de control genera pulsos que levantan una conexión como si el conmutador fuera recibiendo la marcación de pulsos directamente.

CONTROL DE PROGRAMAS DE EQUIPOS.

Los sistemas de conmutación paso a paso y crossbar usan componentes electromecánicos para ambos, la matriz de conmutación y los elementos de control. En algunos casos los elementos de control electromecánicos en estos conmutadores representan formas rudimentarias de propósito especial de conmutadores digitales.

El cableado electromecánico lógico, casi siempre ha limitado las capacidades y es virtualmente imposible modificarlas.

Un adelanto para la telefonía fue establecido en 1965 cuando el sistema Bell fue instalado por primera vez en un sistema de conmutación controlador-computador: la No.1 ESS (los PBX's controlados por computadora fueron disponibles después de 1965). El No.1 ESS representa el primer ejemplo de control por computadora en la jerarquía de la red pública. Este sistema de conmutación utiliza un programa de abastecimiento para computadoras digitales para sus funciones de control. El programa de control de abastecimiento (PCA) asemeja al No.4 ESS que permitió la introducción de nuevos equipos con características tales como: sintonización abreviada, llamada de transmisión, llamada de espera, y tres tipos de llamadas.

El programa de control de abastecimiento no solo provee ventajas significativas para el usuario final, también simplifica muchas tareas administrativas y de mantenimiento para las compañías operadoras. Una gran parte de la línea de administración que requería muchas modificaciones manuales, ahora puede realizar estas modificaciones con cambios en las tablas de los datos de la computadora de un conmutador PCA. Además los números de las líneas físicas son independientes de los números de la línea lógica (directorio), estos números hechos se cambian fácilmente. Algunos otros beneficios de PCA para el operador de una compañía son: guardar automáticamente los registros, pocas probabilidades de bloqueo, estadísticas de la generación de tráfico, llamadas automáticas, contabilidad de unidades de mensajes.

El conmutador de matriz del No.1 ESS (y también el No.2 ESS, No.3 ESS y No.1A ESS) son implementados con relevadores electromecánicos. El término ESS, indica que los conmutadores están realizados por sistemas de conmutación electrónica, referidos en general a un conmutador controlador-computador. En contraste, la terminología EAX realizada por GTE por intercambio electrónico automático, no necesariamente implica nada sobre la naturaleza de la matriz. De cualquier manera, el No.4 ESS, el cual fue instalado por primera vez en 1976, tiene una alta capacidad de doble conmutador usando un controlador-computador y electrónica digital para estos controladores de matriz.

Este No.4 ESS es electrónico en su control y pertenece a la matriz de conmutación. Además, los conmutadores DMS de Northern Telecom, el No.5 EAX de GTE y el No.5 de ESS de AT & T también utilizan circuitos lógicos digitales para la matriz de punto de cruz.

INTERCAMBIO DE RAMAS PRIVADAS.

En los Estados Unidos el término "intercambio de rama privada" (PBX - Private Branch Exchange) refiere genéricamente a cualquier sistema de conmutación propio ó arrendado para negocios u organizaciones para proveer ambas funciones de conmutación interna y acceder a la red pública. Estos PBX en los Estados Unidos pueden usar control manual ó automático. El término "PABX" es también usado en los Estados Unidos, particularmente en cualquier ciudad, para referir específicamente a un PBX controlado automáticamente.

El desarrollo histórico de los sistemas PBX fue seguido muy de cerca para los conmutadores de la red pública. Los PBX's con control computarizado llegaron a ser disponibles en 1963 (antes del No.1 ESS) cuando AT & T No.101 ESS fue el primero que se instaló.

Desde este tiempo un gran número de manufactureras independientes han desarrollado PBX's controlados por computadora. De hecho, el mercado de los PBX's ha sido uno de los negocios más innovadores y competitivos del mundo de las telecomunicaciones.

El uso de controladores por computadora para PBX's provee más beneficios para usuarios que un controlador por computadora en la red pública. Los PBX's proveen numerosas facilidades que son disponibles por costo de manejo. Algunos rasgos distintivos comunes y útiles en un PBX son los siguientes:

1. Resumen de la contabilidad para empleados individuales ó de departamentos.
2. Múltiples clases de servicios con prioridades y accesos restringidos al código de área, líneas WATS, y más.
3. Costo-arrendamiento de un ruteo para seleccionar automáticamente las líneas vinculadas, circuitos de cambio extranjero, WATS, DDD, etcétera.
4. Regresó automático de llamadas cuando los circuitos son disponibles.
5. Monitoreo del tráfico y análisis para determinar la utilización de los circuitos existentes ó para averiguar las probabilidades de bloqueo y el costo efectivo de la red.

1.1.3.2 CONMUTACIÓN DIGITAL.

La investigación original dentro de la conmutación digital en los laboratorios Bell fue reportada por Earle Vaughan en 1959. Los modelos de laboratorio fueron desarrollados para mostrar el concepto de integración digital en sistemas de transmisión multiplexados por división de tiempo con los sistemas de conmutación por división de tiempo. Desafortunadamente el necesario estado sólido electrónico no tenía el desarrollo suficiente en esos tiempos, así que el desarrollo comercial de los conmutadores digitales no tenía seguimiento, por lo tanto continuo el desarrollo del No.1 ESS a lo largo de las líneas con tecnología electromecánica por división de espacio. Casi 10 años después, sin embargo, los laboratorios Bell llegaron a desarrollar un conmutador doble digital, el No.4 ESS.

Cuando fue puesto en servicio en Enero de 1976, el No.4 ESS proporcionó diversas y nuevas capacidades para la red doble. Primero, este fue el primer conmutador doble para ser designado para un programa de control de abastecimiento externo. Segundo, esta capacidad fue en los tiempos en los cuales prevalecía el conmutador electromecánico al mismo tiempo: el No.4A crossbar. La gran capacidad del No.4 ESS significó que muchas áreas metropolitanas pudieran consolidar el tráfico doble dentro de un conmutador en lugar de varios. Tercero, el diseño por división de tiempo digital del No.4 ESS permite una conexión para líneas digitales T-portadora.

Para 1976, cuando el primer No.4 ESS fue instalado, esta transmisión digital fue limpia en el área de intercambio y las pequeñas troncales interdobles. Esto significó economías y mejoramiento en la calidad de transmisión resultando en la eliminación de bancos de canales a las interfaces entre troncales digitales y un sistema de conmutación.

El temprano desarrollo de los conmutadores digitales de oficina-final en los Estados Unidos fue emprendido por un equipo independiente de manufactureros con el primer sistema que llegó a ponerse en servicio en 1977. Este sistema fue primeramente diseñado para oficinas de conmutación pequeñas de las compañías independientes de teléfonos. El primer gran sistema de conmutación digital de oficinas finales que fue introducido dentro de la red de Norte América fue el DMS-100 provisto por Northern Telecom.

El funcionamiento esencial de un conmutador de matriz digital por división de tiempo es que, todas las entradas son enlaces multiplexados por división de tiempo. Estos enlaces representan sistemas digitales par-ganancia, troncales inter-oficina T-portadora, ó las salidas que eran colocadas en bancos de canales y usadas para interfaz de líneas analógicas para el conmutador digital

En cualquier evento el conmutador de matriz por sí mismo es diseñado para servir solamente a enlaces de entrada TDM.

Básicamente, la matriz de conmutación es requerida para transferir información proveniente de un espacio de tiempo específico (canal) sobre un enlace TDM que está por llegar en un tiempo de espacio específico sobre un enlace TDM de salida. Una conexión arbitraria envuelve dos diferentes enlaces físicos y dos espacios de tiempo diferentes, el conmutador procesa el espacio de translación requerido (espacio de conmutación) y el tiempo de translación (tiempo de conmutación). Esto es la operación básica referida a veces como conmutación en dos dimensiones, la conmutación por espacio es realizada con circuitos selectores lógicos digitales convencionales (ó multiplexores) y el conmutador de tiempo es realizado por abastecimiento temporal de información en una memoria digital ó en un circuito de registro.

1.2 DEFINICIÓN DE RED.

De acuerdo con la Recomendación X.300: Una red es un conjunto de nodos y enlaces que provee conexiones entre dos o más puertos a fin de facilitar la telecomunicación entre ellos, pudiendo actuar o no sobre la información transportadora.

1.2.1 DEFINICIÓN DE TOPOLOGÍA

TOPOLOGÍA FÍSICA. La topología determina la forma física de interconexión de los elementos del sistema de comunicaciones.

TOPOLOGÍA VIRTUAL: La topología virtual es la manera lógica de realizar la conexión de los elementos de la red.

1.2.2 TIPOS DE REDES.

Topología jerárquica.

La estructura jerárquica es una de las más extendidas en la actualidad. El software que controla la red es relativamente simple, y la topología proporciona un punto de concentración de las tareas de control y de resolución de errores. En la mayoría de los casos, el ETD situado en el nivel más elevado de la jerarquía es el que controla la red. En la Figura 1.5 (a), el flujo de tráfico entre los distintos ETD arranca del ETD A.

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

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

Topología horizontal (bus).

La topología horizontal o en bus es la que aparece en la Figura 1.5 (b). Esta estructura es frecuente en las redes de área local. Es relativamente fácil controlar el flujo de tráfico entre los distintos ETD, ya que el bus permite que todas las estaciones reciban las transmisiones, es decir, una estación puede difundir la información a todas las demás. La principal limitación de una topología horizontal está en el hecho de que suele existir un sólo canal de comunicaciones para todos los dispositivos de la red. En consecuencia, si el canal de comunicaciones falla, toda la red deja de funcionar. Algunos fabricantes proporcionan canales completamente redundantes por si falla el canal principal, y otros ofrecen conmutadores que permiten rodear un nodo en caso de que falle. Otro inconveniente de esta configuración estriba en la dificultad de aislar las averías de los componentes individuales conectados al bus. La falta de puntos de concentración complica la resolución de este tipo de problemas.

Topología en estrella.

La topología en estrella es una de las más empleadas en los sistemas de comunicación de datos. Una de las principales razones de su empleo es histórica. La red en estrella se utilizó a lo largo de los años sesenta y principios de los setenta porque resultaba fácil de controlar, su software no es complicado y su flujo de tráfico es sencillo. Todo el tráfico emana del núcleo de la estrella, que en la Figura 1.5 © es el nodo central, marcado como A. El nodo A, por lo general un ordenador posee el control total de los ETD conectados a él. La configuración en estrella es, por tanto, una estructura muy similar a la de la topología jerárquica, aunque su capacidad de procesamiento distribuido es limitada.

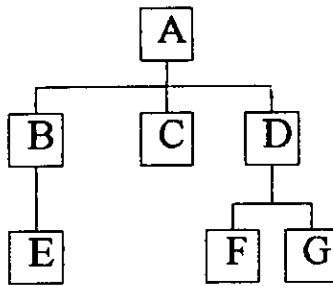
El nodo A es responsable de encaminar el tráfico hacia el resto de los componentes; se encarga, además, de localizar las averías. Esta tarea es relativamente sencilla en el caso de una topología en estrella, ya que es posible aislar las líneas para identificar el problema. Sin embargo, y al igual que en la estructura jerárquica, una red en estrella puede sufrir saturaciones y problemas en caso de avería del nodo central.

Topología en anillo.

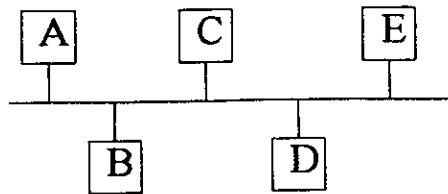
La estructura en anillo es otra configuración bastante extendida. Como vemos en la Figura 1.5 (d), la topología en anillo se llama así por el aspecto circular del flujo de datos. En la mayoría de los casos, los datos fluyen en una sola dirección, y cada estación recibe la señal y la retransmite a la siguiente del anillo. La organización en anillo resulta atractiva porque con ella son bastante raros los embotellamientos, tan frecuentes en los sistemas en estrella o en árbol. Además, la lógica necesaria para poner en marcha una red de este tipo es relativamente simple. Cada componente sólo ha de llevar a cabo una serie de tareas muy sencillas: aceptar los datos, enviarlos al ETD conectado al anillo o retransmitirlos al próximo componente del mismo. Sin embargo, como todas las redes, la red en anillo tiene algunos defectos. El problema más importante es que todos los componentes del anillo están unidos por un mismo canal. Si falla el canal entre dos nodos, toda la red se interrumpe. Por eso algunos fabricantes han ideado diseños especiales que incluyen canales de seguridad, por si se produce la pérdida de algún canal. Otros fabricantes construyen conmutadores que redirigen los datos automáticamente, saltándose el nodo averiado, hasta el siguiente nodo del anillo, con el fin de evitar que el fallo afecte a toda la red.

Topología en malla.

La topología en malla se ha venido empleando en los últimos años. Lo que la hace atractiva es su relativa inmunidad a los problemas de embotellamiento y averías. Gracias a la multiplicidad de caminos que ofrece a través de los distintos ETD y ECD, es posible orientar el tráfico por trayectorias alternativas en caso de que algún nodo esté averiado u ocupado. A pesar de que la realización de este método es compleja y cara (para proporcionar estas funciones especiales, la lógica de control de los protocolos de una red en malla puede llegar a ser sumamente complicada), muchos usuarios prefieren la fiabilidad de una red en malla a otras alternativas.

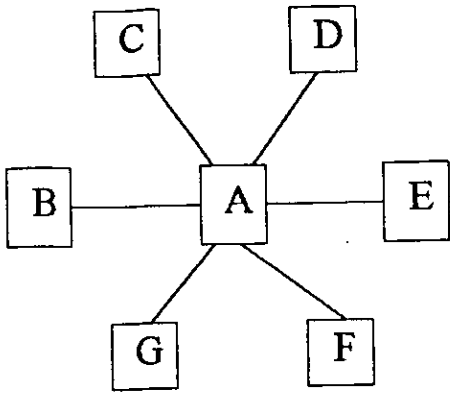


(a) Topología jerárquica o en árbol

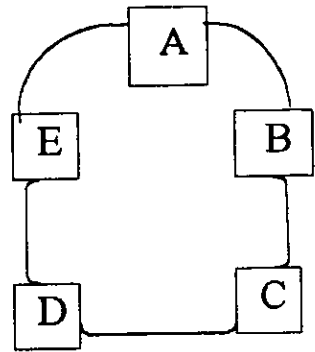


(b) Topología en bus

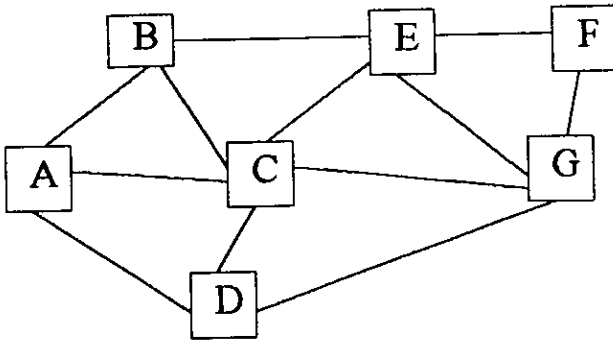
Figura 1.5 Topologías de red.



(c) Topología en estrella



(d) Topología en anillo



(e) Topología en malla

Continuación de la Figura 1.5 Topologías de red.

1.2.3 PROTOCOLOS.

CSMA/CD.

El procedimiento más probado para controlar una red local con estructura en bus es el acceso múltiple por escucha de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD), que puede clasificarse como un sistema sin prioridad y con detección de portadora (colisión). La versión más extendida de este método es la de la especificación Ethernet.

CSMA/CD Ethernet está organizada en torno a la idea de protocolos estratificados.

En la Figura 1.6 podemos ver los niveles o estratos que intervienen en CSMA/CD. El nivel de usuario es atendido por los dos estratos de CSMA/CD, el de enlace y el físico. Cada uno de los dos estratos inferiores constituye una entidad autónoma. (Una entidad es un componente autónomo y complementario de un estrato, un estrato puede estar constituido por varias o muchas entidades). El nivel de enlace es el que proporciona la lógica que gobierna realmente la red CSMA/CD. Es independiente del medio, y por tanto no le afecta el que la red sea de banda ancha o angosta.

El nivel de enlace incluye una entidad que se ocupa de encapsular y desencapsular los datos, y otra encargada de gestionar el acceso al medio, tanto para transmitir como para recibir. He aquí las principales funciones de estas entidades:

Encapsulado/desencapsulado:

- Establece la trama CSMA/CD, proporciona las direcciones de la fuente y del destino; calcula, en el nodo emisor, un campo para detección de errores, y emplea ese mismo campo en el nodo receptor para indicar si ha aparecido algún error.

Gestión de acceso al medio:

- Transmite la trama al nivel físico, y la extrae también del nivel físico.
- Almacena la trama en un buffer o memoria intermedia.
- Intenta evitar colisiones (en el lado emisor).
- Gestiona las colisiones (en el lado emisor).

El nivel físico si depende del medio. Se encarga, entre otras cosas, de introducir las señales eléctricas en el canal, de proporcionarles el sincronismo adecuado y de codificar y descodificar los datos. Al igual que el nivel de enlace, el nivel físico está formado por dos entidades principales: la entidad de codificación/descodificación de datos y la entidad de acceso al canal en recepción y en transmisión

Codificación/descodificación de datos:

- Genera las señales necesarias para sincronizar las estaciones del canal (esta señal de sincronismo se conoce como preámbulo).
- Codifica la corriente de datos binarios con un código con autosincronización (código Manchester) en el nodo emisor, y vuelve a convertir el código Manchester en datos binarios en el receptor

Acceso al canal:

- Introduce la señal física en el canal en el lado emisor, y toma esa señal del canal en la parte receptora de la interfaz.
- Detecta la presencia de una portadora, tanto en el lado emisor como en el receptor (lo que indica que el canal está ocupado).
- Detecta las colisiones en el canal, en el lado emisor (que indican que dos señales se han interferido mutuamente).

En una red CSMA/CD, cada estación incluye una parte emisora y una parte receptora, para manejar el tráfico de datos que entran y salen. El lado emisor se invoca cuando el usuario desea enviar datos a otro ETD de la red, y el receptor se invoca cuando el cable transporta señales dirigidas a las estaciones de la red.

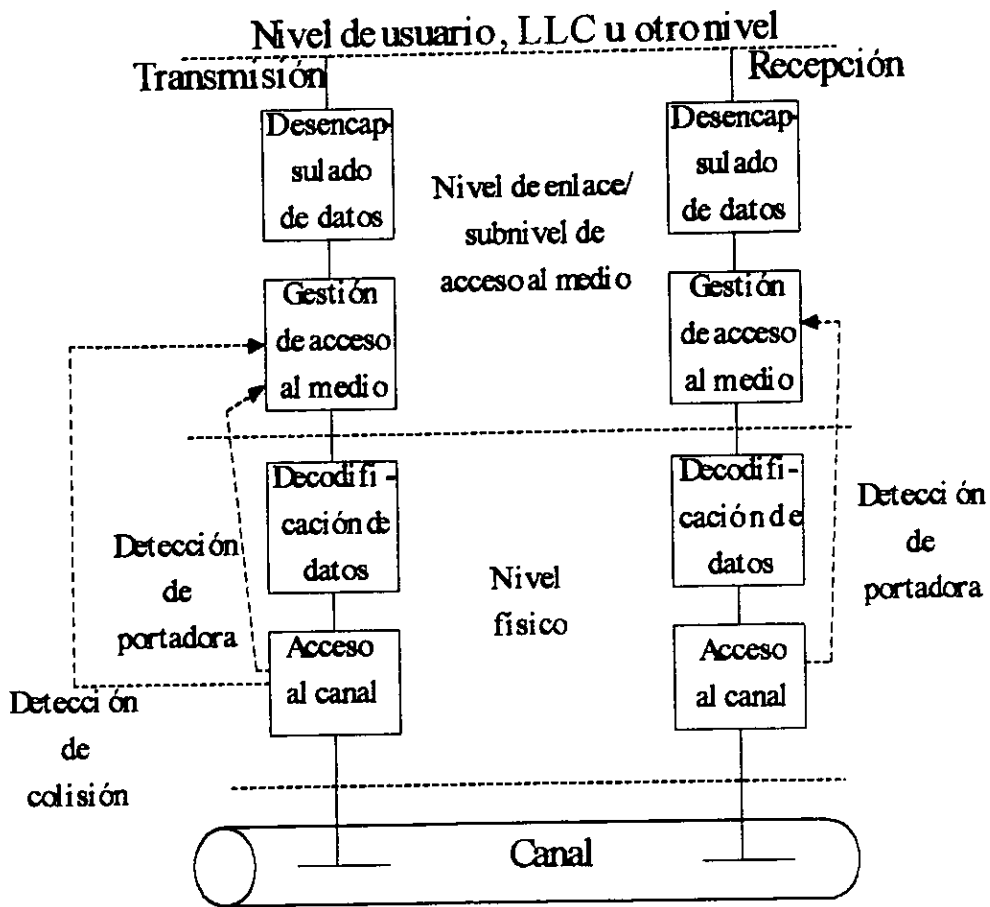


Figura 1.6 Formatos y niveles IEEE 802.3

Paso de testigo en anillo (con prioridad).

La red con paso de testigo en anillo (prioridad) se vale de una señal o testigo para otorgar la prioridad de acceso a la red. Es un método utilizado por muchos fabricantes.

Presenta muchas semejanzas con el esquema de paso de testigo en anillo convencional. Así, por ejemplo, existe también un testigo que va pasando de una estación a otra del anillo, y que incluye en su interior un indicador para señalar si la red está ocupada o no. Si algún nodo desea transmitir datos y el testigo está libre, la estación capturará el control del anillo, convirtiendo el testigo en un indicador de comienzo de trama de usuario, al que se le añadirán los campos de datos y de control y se enviará a la siguiente estación del anillo.

Cada estación debe examinar el testigo. Si comprueba que se encuentra ocupado, deberá regenerarlo y entregarlo a la siguiente estación. Únicamente copiará sus datos si éstos deben ser entregados a la aplicación de usuario conectada a ese nodo en concreto. Cuando la información regrese de nuevo al nodo de partida, el testigo volverá a inicializarse y se insertará en la red.

En el esquema de entrega de testigo con prioridades, cada estación posee una determinada prioridad de acceso a la red. Esta condición se expresa colocando en el testigo indicadores de preferencia. Con este mecanismo, la red en anillo se convierte en un sistema de igual a igual con prioridad.

Paso de testigo en bus (Token bus).

La Figura 1.7 muestra el esquema de paso de testigo en bus recomendado por el comité IEEE 802.5. Este subnivel MAC consta de cuatro funciones principales: la máquina de interfaz (IFM), la máquina controladora de acceso (ACM), la máquina receptora (RxM) y la máquina de tránsito (TxM). Otro componente opcional es la máquina repetidora regeneradora, disponible en algunas estaciones repetidoras, como los moduladores de cierre del bucle.

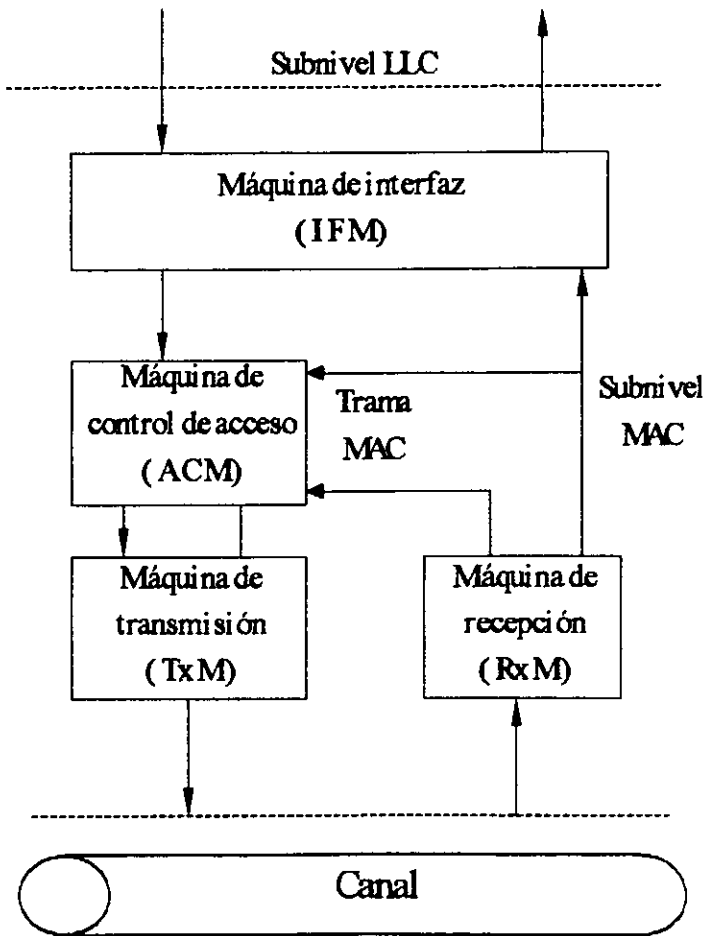


Figura 1.7 Paso de testigo en bus

El corazón del sistema Token Bus es la máquina ACM. Determina cuando puede colocarse una trama en el bus, y coopera con las ACM de otras estaciones para controlar el acceso al bus compartido. Asimismo, se encarga de inicializar y mantener el anillo lógico, lo cual incluye la detección de errores y la resolución de averías.

Las tramas LLC se entregan a la ACM a través de la máquina de interfaz (IFM). Este componente guarda en memoria intermedia las solicitudes del subnivel LLC.

La IFM manipula una serie de parámetros para optimizar la calidad del servicio desde el nivel LLC hasta el nivel MAC, y también comprueba las direcciones de las tramas LLC recibidas. Los componentes TxM y RxM tienen misiones algo limitadas. Es responsabilidad de la TxM la transmisión de la trama al nivel físico. Acepta una trama de la ACM y construye con ella una unidad de datos del protocolo MAC (UDP), colocando al principio de la trama un preámbulo y un delimitador de comienzo (SD). Asimismo, añade al final de la trama un FCS y un delimitador de final (ED). RxM, por su parte, acepta los datos del nivel físico, e identifica que ha llegado una trama completa cuando detecta el SD y el ED.

También comprueba el campo FCS para asegurarse de que la transmisión está libre de errores. Si se trata de una trama LLC, pasa del componente RxM al IFM, el cual informa de su llegada y se la entrega al subnivel LLC. Una vez en el subnivel LLC, tienen lugar todas las operaciones del subconjunto de HDLC necesarias para atender a la aplicación de usuario, o a otro nivel ISO.

La mayoría de los protocolos que aparecen en la Figura 1.8 se conocen como protocolos de línea (enlace o canal) o controles del enlace de datos (DLC - data link control). Reciben este nombre porque gobiernan el flujo de tráfico entre estaciones a través de un canal físico de comunicaciones.

Los protocolos de enlace de datos gestionan todo el tráfico de comunicaciones que atraviesa un canal. Así, por ejemplo, si a un puerto de comunicaciones acceden varios usuarios, el DLC ha de garantizar que todos ellos puedan transportar sin errores sus datos por el canal hasta el nodo receptor.

Un método muy utilizado para gestionar un canal de comunicaciones es el llamado *protocolo primario/secundario* (a veces llamado maestro/esclavo). En esta técnica se designa un ETD, un ETCD o un ECD como nodo principal del canal. Este nodo primario (por lo general un ordenador) controla todas las demás estaciones y determina si los dispositivos pueden comunicarse y, en caso afirmativo, cuando deben hacerlo.

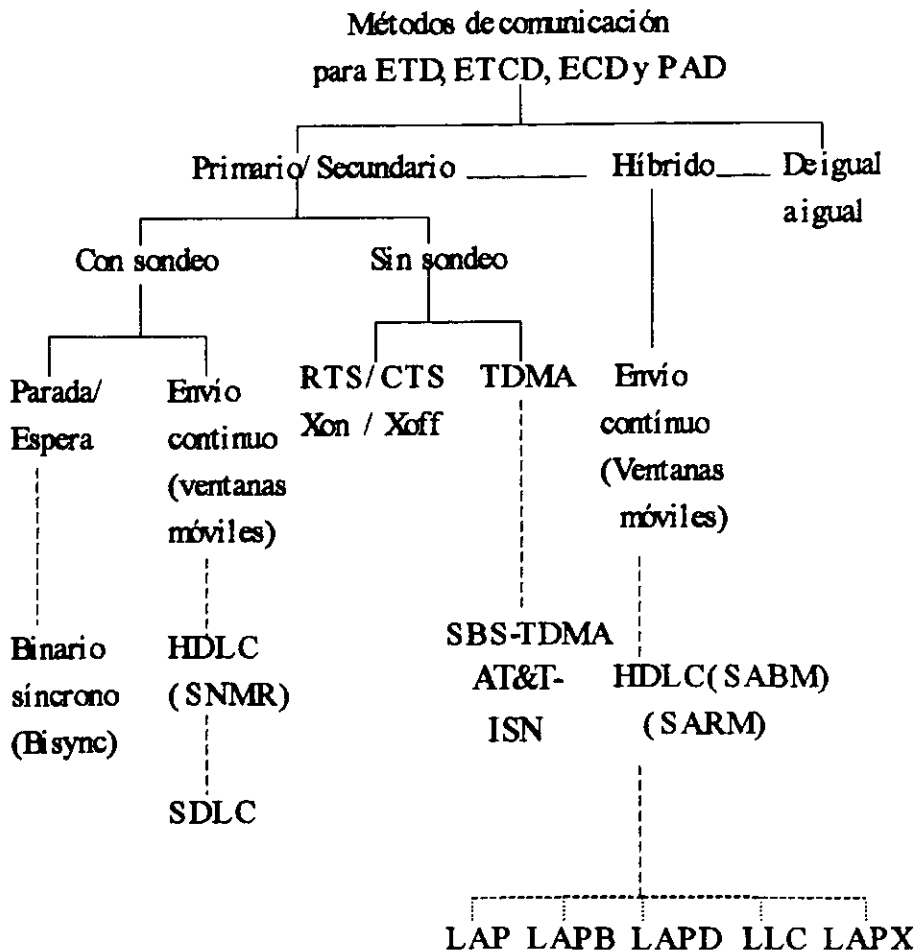
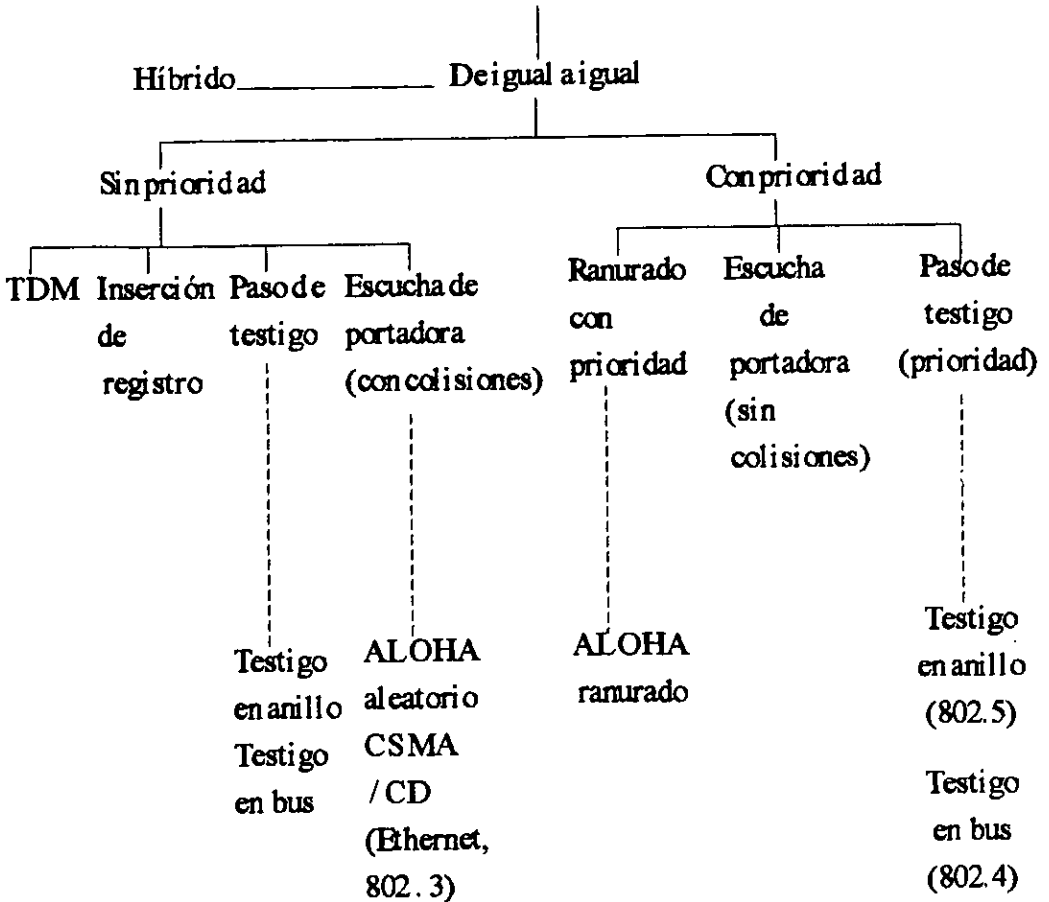


Figura 1.8. Clasificación de las redes de ordenadores.

Métodos de comunicación
para ETD, ETCD, ECD y PAD



Continuación de la Figura 1.8. Clasificación de las redes de ordenadores

El segundo método importante es el *protocolo de igual a igual*. En este sistema ningún nodo es el principal, y por lo general todos los nodos poseen la misma autoridad sobre el canal. Sin embargo, ello no quiere decir que todos tengan idéntico acceso a la red, ya que pueden existir prioridades preestablecidas entre los distintos elementos. A pesar de ello, la ausencia de un nodo primario proporciona a todos los nodos las mismas oportunidades de utilizar los recursos de la red. Los sistemas de igual a igual son frecuentes en las redes locales con topología en anillo, en bus y en malla.

Sistemas con sondeo/selección.

El primer ejemplo de sistemas primario/secundario es el esquema de sondeo/selección, generalmente abreviado como sondeo, simplemente. Los sistemas de este tipo giran en torno a dos tipos de órdenes: Sondear y Seleccionar. La misión del comando Sondear es transmitir datos al ordenador primario, mientras que la función del comando Seleccionar es justo lo contrario: transmitir datos desde el nodo primario al secundario. En los protocolos más modernos no son necesarios comandos de selección, ya que el nodo principal reserva recursos y buffers en el receptor durante el establecimiento del enlace, por lo que los datos se envían cuando al nodo principal le parece conveniente.

Sondeo de grupo.

El sondeo de grupo se trata de un mecanismo muy común en comunicaciones multipunto. El sondeo de grupo es más frecuente en topologías en anillo o en bucle, o en líneas con concentradores. Ambas técnicas se valen de un nodo primario para generar el comando de sondeo. En las topologías multipunto, cada sondeo está dirigido a una estación concreta del canal. La estación responde con datos o con una contestación negativa al sondeo. En las configuraciones en anillo se emplea un sondeo general o de grupo dirigido a todas las estaciones del canal. Cada estación puede aprovechar el sondeo y responder en consecuencia, pasando el sondeo (y quizá algunos datos) a la siguiente estación del bucle. Una estación puede agregar su transmisión a la serie de datos que la precedían en el canal.

Sondeo/selección con parada y espera.

Una de las formas más sencillas de sondeo/selección es la técnica de parada y espera

Se llama así porque el ETD transmite una trama y queda a la espera de una contestación. Es un mecanismo semidúplex por definición (bidireccional alternado), ya que las transmisiones tienen lugar en ambos sentidos, pero sólo en uno cada vez. La técnica de parada y espera se utiliza bastante, pues se trata de un sistema relativamente económico; los programas que lo controlan son sencillos, y tienen una lógica bastante reducida. Sin embargo, el esquema parada-espera puro tiene un defecto: no ofrece secuenciamiento. Para subsanar este inconveniente se ha creado el sistema de parada-espera secuencial, en el cual las estaciones emplean números de secuenciamiento que mantienen la contabilidad y controlan el flujo de tráfico.

ARQ continuo (Ventanas móviles).

Otro ejemplo de sistema de sondeo primario/secundario es la técnica ARQ continuo. La técnica ARQ (Allowed to ReQuest) permite a una estación solicitar automáticamente una retransmisión de otra estación. Este método puede emplear transmisión dúplex integral (bidireccional simultánea).

Los dispositivos ARQ continuo manejan el concepto de ventanas de transmisión y de recepción. Sobre cada enlace se establece una ventana con el fin de reservar recursos para ambos ETD. Esta reserva puede incluir la asignación de recursos físicos del ordenador o de espacio en el buffer para el ETD que transmite. En la mayoría de los sistemas, la ventana proporciona espacio de buffer y reglas de secuenciamiento. Durante el comienzo de una sesión de enlace (diálogo - handshake) entre los ETD se establece una ventana. Si el ETD A y el ETD B tienen que comunicarse, el ETD A reservará una ventana para el B, y el B hará lo propio para el A. Esta idea de creación de ventanas es necesaria para los protocolos dúplex, ya que éstos producen un flujo continuo de tramas entrantes en el nodo receptor sin las confirmaciones intermitentes del esquema parada-espera. Por lo tanto, el receptor ha de disponer de espacio suficiente para manejar el tráfico que llega constantemente.

SISTEMAS SIN SONDEO.

Solicitud de transmisión/Permiso para transmitir (RTS/CTS).

Este protocolo de comunicación de datos está considerado como de bastante bajo nivel. A pesar de ello, es muy utilizado, debido sobre todo a su fuerte relación y dependencia con el popular interfaz físico RS-232-C.

El empleo de RS-232-C para llevar a cabo comunicaciones entre ETD es bastante frecuente en entornos locales, ya que RS-232-C es básicamente un interfaz para corta distancia, por lo general con canales de escasos cientos de metros; los dispositivos pueden controlar la comunicación mutua activando y desactivando las señales RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send) presentes en el canal RS-232 (líneas 4 y 5, respectivamente). Una aplicación típica de esta técnica es la conexión de un terminal a un multiplexor sencillo.

El terminal solicita el uso del canal activando su línea RTS (4). El multiplexor responde a esta petición activando su línea CTS (5). A continuación el terminal puede ya enviar sus datos al multiplexor a través de la línea de transmisión de datos (2).

Xon/Xoff

Otra técnica de tipo primario/secundario sin sondeo bastante empleado es el mecanismo Xon/Xoff. XON es un carácter de transmisión ASCII (ANSI/IA5), y suele representarse con el código DC1.XOFF, que también es un carácter ANSI/IA5, se representa con el código DC3. Los periféricos como impresoras, terminales gráficos o trazadores pueden usar la técnica Xon/Xoff para gobernar el tráfico que reciben. La estación maestra o primaria, habitualmente un ordenador, envía datos al extremo remoto donde se encuentra el periférico, el cual imprime o representa los datos en un medio externo. Como la velocidad de los trazadores o impresoras suele ser menor que la velocidad de transmisión del canal y del ordenador, los buffers de estos dispositivos pueden llenarse. Por eso, y para evitar su desbordamiento, devuelven al ordenador una señal Xoff, que significa "dejar de transmitir".

Una vez recibido el Xoff, el ordenador cesará su transmisión. Conservará todos los datos que vaya produciendo, hasta que llegue una señal Xon. Este código indica que el periférico vuelve a estar disponible (sus buffers están vacíos de nuevo, seguramente) y preparado para recibir más datos.

Acceso múltiple por división temporal (TDMA)

Un mecanismo más elaborado para controlar sistemas primario/secundario sin sondeo es el Acceso Múltiple por División Temporal (TDMA). Se designa un nodo como estación principal (a veces llamada estación de referencia (REF)). Su misión es aceptar las solicitudes de las estaciones secundarias, que son indicaciones de que la estación secundaria desea utilizar el canal. Las solicitudes se envían como parte de las transmisiones en curso, dentro de un campo de control especial. Cada cierto tiempo, la estación de referencia transmite una trama de control que indica qué estaciones pueden emplear el canal durante un cierto periodo. Una vez recibida una trama de autorización, la estación secundaria ajusta su reloj para transmitir dentro del intervalo preseñalado.

El esquema TDMA no usa ningún sistema de sondeo y selección. A pesar de ello, podemos incluirlo dentro de la clasificación de redes primario/secundario, ya que la estación de referencia TDMA tiene la posibilidad de asignar o no distintas estaciones al canal. Estas asignaciones, que responden a las situaciones efectuadas, se basan en la prioridad relativa de cada estación, o en el tipo de tráfico que genera.

SISTEMAS SIN PROPIEDAD.

Multiplexado por división temporal (TDM) o ranurado.

El multiplexado por división temporal (TDM) es probablemente la más sencilla de estas técnicas. En un sistema TDM, cada estación tiene asignado un periodo de tiempo en el canal de comunicación, y los distintos periodos están repartidos por igual entre todos los usuarios. Durante cada periodo o ranura de tiempo, cada usuario posee el control total del canal.

Sistemas con escucha de portadora (colisión).

Las redes con escucha de portadora (colisiones) son sistemas de igual a igual sin prioridad. Se trata de un esquema muy extendido en redes locales. En algunas instalaciones se emplea esta técnica según las especificaciones de la norma Ethernet e IEEE 802.3.

Para una red con escucha de portadora, o detección de actividad, todas las estaciones son iguales, por lo que todas ellas pugnan por el empleo del canal con el mismo derecho. (No obstante, es posible introducir prioridades jugando con los tiempos de espera de los distintos dispositivos). Antes de transmitir, cada estación ha de examinar el canal para comprobar si está ocupado. Si el canal está libre, cualquier estación que desee transmitir datos podrá enviar su trama por el mismo. En caso contrario, deberá esperar a que termine la señal en curso.

Las redes con escucha de portadora ofrecen varios métodos para conseguir el control del canal. Uno de ellos, la técnica no persistente, permite a todas las estaciones transmitir inmediatamente una vez detectada la liberación del canal, sin que exista ningún otro arbitraje previo a la transmisión. En caso de que el canal esté ocupado, cada estación esperará un período aleatorio de tiempo antes de volver a examinar el estado del canal.

Otra técnica que emplean los sistemas ranurados es la llamada p -persistente, en la que cada estación posee un algoritmo de espera (p alude a la probabilidad). Así, por ejemplo, las estaciones A y B no transmitirán inmediatamente después de detectar que el canal está libre, sino que cada una de ellas ejecutará una rutina que genera una espera de duración aleatoria, por lo general de unos cuantos microsegundos. Si una estación observa que el canal está ocupado, esperará un intervalo (ranura) de tiempo antes de intentarlo de nuevo. Así, cada estación tendrá, una probabilidad p de ponerse a transmitir por el canal desocupado y una probabilidad $1-p$ de dejar paso a la siguiente ranura de tiempo.

Existe otra técnica, conocida como 1 -persistente, en la cual la estación comienza a transmitir en el momento en que advierte que el canal está libre. Cuando se produce una colisión, la estación espera un período de tiempo de duración aleatoria antes de volver a examinar el estado del canal. El nombre 1 -persistente se debe a que la estación transmite siempre (con probabilidad 1) cuando observa que el canal está libre.

Paso de testigo.

El paso de testigo (*token passing*) es otra forma muy extendida de configurar sistemas de igual a igual con o sin prioridad. Esta técnica es muy común en redes locales. Algunos sistemas con paso de testigo están configurados con topologías en bus, mientras que otros emplean topologías en anillo.

Token Ring (Paso de testigo en anillo). Las estaciones están conectadas a un anillo concéntrico mediante una unidad de interfaz con el anillo (RIU-Ring Interface Unit/Unidad Interfaz del Anillo). Cada RIU es responsable de monitorizar todos los datos que pasen por ella, además de regenerar la transmisión y entregarla a la siguiente estación. Si la dirección que aparece en la cabecera de la transmisión indica que los datos están destinados a su estación, la unidad de interfaz copiará los datos y se los entregará al ETD o ETD's conectados a ella.

Si el anillo está libre (es decir, si ningún usuario está haciendo uso del mismo), irá circulando por el anillo un testigo "libre", de un nodo a otro. El testigo es el que controla el uso del anillo, indicando si está ocupado o no. Un testigo ocupado indica que alguna estación se ha hecho con el control del canal y está transmitiendo datos. Por el contrario, un testigo libre señala que el anillo está desocupado, y cualquier estación queda autorizada a transmitir en el momento en que lo reciba.

Durante el periodo en que una estación posee el testigo, adquiere el control absoluto del anillo. Una vez capturado el testigo (es decir, una vez transformado en un testigo ocupado), la estación transmisora insertará datos detrás del testigo y enviará esta corriente de datos por el anillo. A medida que vayan monitorizando los datos, cada una de las RIU regenerará la señal, examinará la dirección situada en la cabecera de los datos y los transferirá a la siguiente estación. En algún momento, los datos volverán a llegar a la estación que los transmitió. En este momento, esta estación deberá transformar el testigo ocupado en uno libre, y lo entregará a la siguiente estación. De esta manera se evita que una estación monopolice el uso del anillo. Si el testigo vuelve a recorrer todo el anillo sin que nadie lo aproveche, la estación podrá capturarlo de nuevo y seguir transmitiendo datos.

Token bus - Aunque los sistemas con paso de testigo en bus disponen de un canal horizontal (bus), permiten acceder al mismo como si se tratase de un anillo físico. El protocolo elimina las colisiones que aparecían en los sistemas con escucha de portadora (colisión), a la vez que permite utilizar un canal sin forma de anillo. Hay que tener en cuenta que el paso de testigo en bus no exige una determinada ordenación física de los nodos, sino que cada estación puede ser configurada lógicamente para que reciba el testigo en cualquier orden.

El protocolo usa una trama de control llamada testigo de acceso o derecho de acceso, que confiere a una estación el uso exclusivo del bus. La estación que ostente el testigo usará el bus durante un período de tiempo para enviar y recibir datos (o incluso para sondear a otras estaciones), y a continuación se lo entregará a otra estación designada. En la topología en bus, todas las estaciones escuchan y reciben el testigo de acceso, pero la única estación que queda autorizada para usar el canal es aquella que aparezca indicada expresamente en el testigo de acceso. Todas las demás estaciones deberán esperar su turno para recibir el testigo.

Las estaciones van recibiendo el testigo cíclicamente, con lo cual se configura un anillo lógico, aunque sobre un bus físico. Esta modalidad de paso de testigo se conoce como sistema de testigo explícito, porque cada testigo lleva incorporada la dirección de su destinatario.

SISTEMAS CON PRIORIDAD.

Sistemas con detección de actividad (libres de colisiones).

Estos sistemas presentan muchas similitudes con las redes con escucha de portadora y colisión. La principal diferencia está en el empleo de algoritmos que evitan la aparición de colisiones. Los sistemas con detección de actividad pueden realizarse con técnicas similares a las de los anillo ranurados con prioridad, o bien añadiendo a la red un mecanismo adicional: el temporizador o árbitro, que determina en qué momento puede transmitir una determinada estación sin riesgo de colisiones. La temporización se determina en cada una de las estaciones, sin que tenga que intervenir ningún nodo principal como supervisor del canal.

Cada puerto tiene asignado un determinado intervalo de temporización. Cuando este intervalo expira, el puerto usa un parámetro temporizador para determinar cuándo puede transmitir. (La idea es similar a la "captura" del testigo). La temporización puede establecerse siguiendo una cierta prioridad, de modo que el puerto cuya prioridad sea máxima tendrá derecho de transmitir primero. Si este puerto decide, no obstante, no transmitir, el canal seguirá libre. A continuación, la estación siguiente en prioridad observará que el canal está libre. Su temporizador le indicará que se encuentra dentro del intervalo durante el cual puede transmitir, por lo que podrá hacerse cargo del canal si lo desea.

Sistemas de paso de testigo con prioridad.

Es una mejora del esquema de paso de testigo, en el cual se añaden propiedades al mecanismo básico de paso de testigo, por lo general sobre una red en anillo. Cada uno de los sistemas conectados a una red con paso de testigo tiene asignada una prioridad. Típicamente son ocho los niveles de prioridad. El objetivo del esquema de paso de testigo con prioridad es que cada estación tenga la oportunidad de reservarse el uso del anillo durante la siguiente transmisión a lo largo del mismo. A medida que el testigo y los datos recorren la red, cada nodo examina el testigo, el cual contiene un campo de reserva. Si la prioridad del nodo individual es mayor que la de ese campo de reserva, el campo de reserva toma el valor de la prioridad del nodo, con lo cual el nodo se reserva el uso del anillo durante la siguiente vuelta.

Si ningún otro nodo incrementa el valor de este campo de reserva, la estación queda autorizada para utilizar el anillo y el canal durante la siguiente vuelta. La estación que captura el testigo ha de guardar el valor de reserva anterior en algún área de almacenamiento temporal propia. Una vez liberado el anillo, cuando se haya completado una vuelta al mismo, la estación restaurará el anterior nivel mínimo de prioridad que tenía la red. De esta manera, una vez liberado el testigo para la siguiente vuelta, la estación que posea la reserva más alta podrá capturarlo. Los sistemas de paso de testigo con prioridad se utilizan mucho en redes de área local.

HDLC

HDLC (High-Level Data Link Control - Control de Enlace de Datos de Alto Nivel) es una norma publicada por ISO que ha conseguido afianzarse en todo el mundo. Proporciona una amplia variedad de funciones y cubre un amplio espectro de aplicaciones. Está considerada en realidad como un ámbito que engloba a muchos otros protocolos.

Este protocolo se estudiara en el capítulo III.

Sistemas de paso de testigo con prioridad.

Es una mejora del esquema de paso de testigo, en el cual se añaden propiedades al mecanismo básico de paso de testigo, por lo general sobre una red en anillo. Cada uno de los sistemas conectados a una red con paso de testigo tiene asignada una prioridad. Típicamente son ocho los niveles de prioridad. El objetivo del esquema de paso de testigo con prioridad es que cada estación tenga la oportunidad de reservarse el uso del anillo durante la siguiente transmisión a lo largo del mismo. A medida que el testigo y los datos recorren la red, cada nodo examina el testigo, el cual contiene un campo de reserva. Si la prioridad del nodo individual es mayor que la de ese campo de reserva, el campo de reserva toma el valor de la prioridad del nodo, con lo cual el nodo se reserva el uso del anillo durante la siguiente vuelta.

Si ningún otro nodo incrementa el valor de este campo de reserva, la estación queda autorizada para utilizar el anillo y el canal durante la siguiente vuelta. La estación que captura el testigo ha de guardar el valor de reserva anterior en algún área de almacenamiento temporal propia. Una vez liberado el anillo, cuando se haya completado una vuelta al mismo, la estación restaurará el anterior nivel mínimo de prioridad que tenía la red. De esta manera, una vez liberado el testigo para la siguiente vuelta, la estación que posea la reserva más alta podrá capturarlo. Los sistemas de paso de testigo con prioridad se utilizan mucho en redes de área local.

HDLC

HDLC (High-Level Data Link Control - Control de Enlace de Datos de Alto Nivel) es una norma publicada por ISO que ha conseguido afianzarse en todo el mundo. Proporciona una amplia variedad de funciones y cubre un amplio espectro de aplicaciones. Está considerada en realidad como un ámbito que engloba a muchos otros protocolos.

Este protocolo se estudiara en el capítulo III.

1.3 SEÑALIZACIÓN.

La señalización se define como el intercambio de información ó mensajes dentro de una red de telecomunicaciones, para controlar, establecer, supervisar, conmutar y gestionar las comunicaciones.

Los distintos tipos existentes de señalización entre centrales pueden clasificarse en dos grandes grupos: aquéllos en que la información de señalización de cada canal de enlace entre centrales se gestiona de forma independiente e individual, que constituyen la denominada señalización por canal asociado, y los que utilizan un canal dedicado para el intercambio de la información de señalización de un conjunto de canales, denominada señalización por canal común.

Señalización por canal asociado (CAS/channel associated signalling).

En la señalización entre centrales la información intercambiada puede ser de dos clases: señalización de línea y señalización de registrador. La de línea contiene información sobre los distintos estados en que se encuentra el canal de enlace entre las centrales a lo largo de la llamada (disponibilidad, congestión, toma, desconexión, etc.), mientras que la de registrador es la información que se intercambian los órganos de control de las centrales y que permiten el establecimiento de la llamada y la utilización de los servicios suplementarios.

Señalización por canal común (CCS/common channel signalling)

Este tipo de señalización es la que realiza el intercambio de información de varios canales por un canal dedicado. Este canal constituye de hecho un canal de transmisión de datos, cuyo protocolo se establece en cada sistema de señalización.

En principio, estos sistemas están orientados a la señalización de los 30 canales de una trama MIC de 2 Mbit/seg., por un canal de 64 kbit/seg. transmitido en el intervalo 16 de la trama (el intervalo 0 se reserva para la sincronización, quedando pues 30 canales, de los 32 que forman la trama, libres para transportar información). Existen sistemas o variantes en que el canal de señalización común se transmite a velocidades de 2.400, 4.800 o 9.600 bit/seg., siendo por lo tanto utilizables en medios de transmisión analógicos, mediante el empleo de módems.

1.4 ARQUITECTURA DE RED.

1.4.1 NORMALIZACIÓN.

La normalización garantiza la compatibilidad y la posibilidad de expansión en un futuro evitando la obsolescencia, sus ventajas más relevantes son:

- a) Independencia de los fabricantes (compatibilidad del equipo)
- b) Garantía de soportar un conjunto de servicios bien conocidos basados en métodos y técnicas bien probadas.
- c) Facilidad de expansión.

1.4.2 ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN.

Un aspecto importante dentro de la normalización son los organismos de normalización de redes, los cuales se encargan de publicar las normas relacionadas con comunicaciones entre computadoras; a continuación se mencionan los más relevantes.

El Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía (CCITT) es miembro de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU son sus siglas en inglés, UIT son sus siglas en español), organismo de cooperación internacional fundado en 1865. La UIT es hoy un cuerpo especializado dentro de las Naciones Unidas. El CCITT ha apoyado numerosos estándares, sobre todo en el campo de las redes de comunicación de datos, conmutación telefónica, sistemas digitales y terminales. El Departamento de Estado es el organismo norteamericano con voto en el CCITT, aunque existen otros niveles de pertenencia al comité, como, por ejemplo, la RPOA (Recognized Private Operating Agencies), que engloba a empresas como AT & T o GTE, y posee un cierto nivel de participación.

La Organización Internacional de Normalización (ISO son sus siglas en inglés) es un cuerpo voluntario. Está integrado por los organismos normalizadores de los diferentes países miembros. En ISO intervienen principalmente los comités de usuarios y los fabricantes, a diferencia del CCITT, en el que están representadas mayoritariamente las compañías telefónicas.

El ANSI (American National Standards Institute) es la principal organización americana representada en ISO.

La Asociación Europea de Fabricantes de Ordenadores (ECMA) se dedica a desarrollar estándares aplicables a las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones. No es una organización comercial, como el nombre parece sugerir, sino un grupo de normalización y estudios técnicos. Algunos subcomités de ECMA colaboran activamente con el CCITT y con ISO.

ANSI es un ente que intenta coordinar y clarificar los estándares que se aplican, de forma voluntaria, en Estados Unidos. Además de ser miembro de ISO, ANSI trabaja activamente en el desarrollo de normas para la comunicación de datos según el modelo ISA, y también en el campo de los sistemas ofimáticos y criptográficos.

La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) es una asociación comercial americana que lleva muchos años desarrollando estándares. El más conocido de ellos es el RS-232-C. El EIA publica sus propias normas, y también envía al ANSI propuestas de normas para todo el territorio americano.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) también tiene una larga trayectoria en la concepción de estándares. Se trata de una conocida sociedad profesional con representaciones en todo el mundo. Sus esfuerzos más recientes en el sector de las redes locales han sido objeto de gran atención. Además de las redes locales, el IEEE interviene en muchos otros estándares.

Algunas organizaciones gubernamentales han desempeñado papeles destacados en el desarrollo de normas internacionales. Como comentábamos anteriormente, el Departamento de Estado Norteamericano tiene voto en el CCITT. El NCS (National Communications System) es un consorcio de agencias federales con un gran peso en el sector de las telecomunicaciones. El NCS colabora muy estrechamente con otros organismos como EIA, ISO y CCITT. Uno de sus objetivos es potenciar el peso de estas entidades federales en las decisiones de los organismos normalizadores internacionales.

La organización NBS (National Bureau of Standards) también es muy activa en los comités internacionales. En la actualidad interviene en las especificaciones de los niveles superiores del modelo ISA.

1.4.3 EL ESTÁNDAR ISA.

El modelo de referencia llamado Sistema Abierto de Interconexión (OSI), define un sistema abierto como un conjunto de uno ó más computadoras con su software, periféricos y terminales, capaces de procesar y transmitir información

El modelo de referencia ISA (OSI son sus siglas en inglés) se ha estado gestando durante varios años. Este estándar es apoyado por los principales organismos de normalización, administraciones de telecomunicación y empresas.

El modelo de referencia ISA consta de siete niveles, cuya estructura aparece en la Figura 1.9.

La organización ISO y el CCITT han desarrollado el modelo de referencia ISA para definir redes estratificadas y protocolos con varios niveles. Este modelo ha recibido una gran atención en todo el mundo, y está siendo instalado ya por muchos fabricantes.

Estos son los objetivos que persigue el modelo ISA:

- Proporcionar una serie de normas para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación entre sistemas.
- Abstracter el funcionamiento interno de los sistemas individuales.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas.
- Limitar el número de opciones, para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de onerosas conversiones y traducciones entre diferentes productos.
- Ofrecer un punto de partida válido desde el que comenzar en caso de que las normas del estándar no satisfagan todas las necesidades.

El nivel más bajo del modelo es el *nivel físico*. Las funciones incluidas dentro de este estrato se encargan de activar, mantener y desactivar un circuito físico entre un ETD y un ECD. Para el nivel físico se han publicado ya bastantes estándares. Los más importantes son el RS-232-C y el V-24.

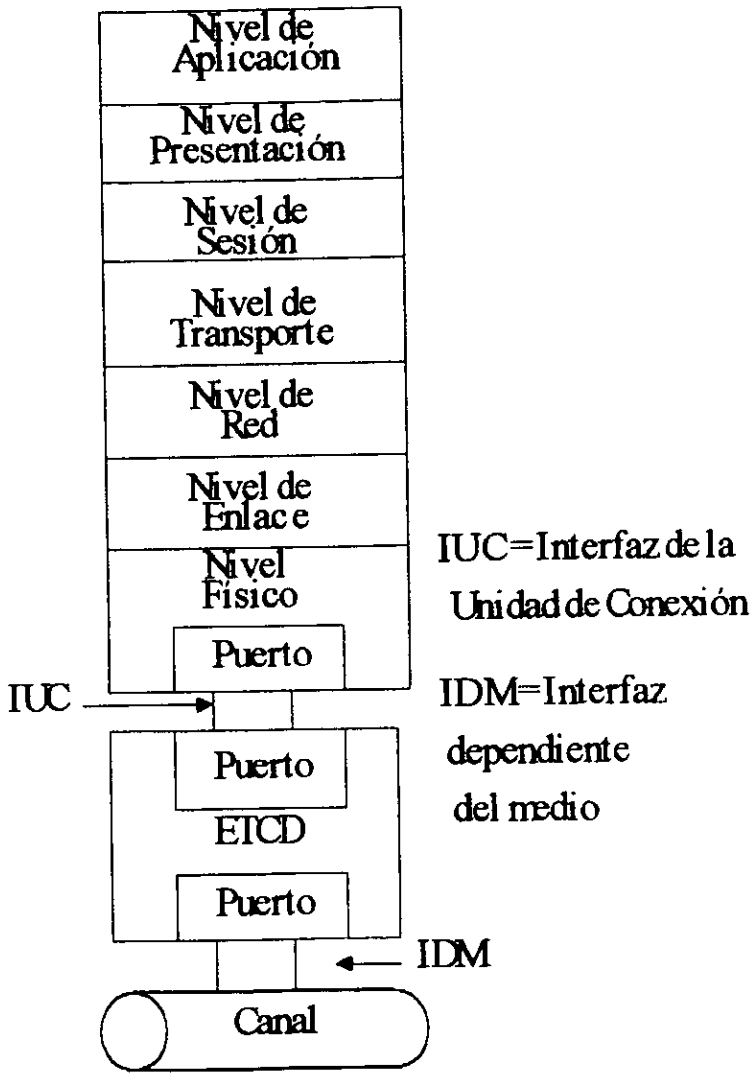


Figura 1.9 Niveles del modelo de referencia ISA.

El *nivel de enlace* es el responsable de la transferencia de datos por el canal. Proporciona a los datos la sincronización necesaria para delimitar el flujo de bits del nivel físico. Asimismo, garantiza la identidad de los bits, encargándose de que los datos lleguen sin errores al ETD receptor. Se ocupa de controlar el flujo de datos para impedir que el ETD se desborde en ningún momento. Una de sus funciones más importantes consiste en detectar errores en la transmisión y en recuperar, por distintos mecanismos, los datos perdidos, duplicados o erróneos.

El *nivel de red* define la interfaz entre el ETD de usuario y la red de conmutación de paquetes, además de la interfaz de un ETD con otro a través de esta red. Especifica también las operaciones de encaminamiento por la red, y la comunicación entre distintas redes. Es un nivel prolijamente detallado, y con una amplia variedad de funciones.

El *nivel de transporte* proporciona la interfaz entre la red de comunicación de datos y los tres niveles superiores. Es el nivel que permite al usuario elegir entre diversas opciones de calidad (y de precio) dentro de una misma red (es decir, dentro del nivel de red). Está diseñado para mantener al usuario al margen de algunos de los aspectos físicos y funcionales de la red de paquetes. Se encarga además de la facturación entre los dos extremos.

El *nivel de sesión* funciona como interfaz del usuario con el nivel de transporte. Ofrece un mecanismo organizado de intercambio de datos entre usuarios. Cada usuario puede seleccionar el tipo de control y de sincronización que desea la red, como por ejemplo:

1. Diálogo bidireccional alternado o bidireccional simultáneo.
2. Puntos de sincronización para comprobaciones intermedias y recuperaciones durante la transferencia de ficheros.
3. Abortos y re arranques.
4. Flujo de datos normal y acelerado.

El *nivel de presentación* asigna una sintaxis a los datos, es decir, determina la forma de presentación de los datos según este modelo, sin preocuparse de su significado o semántica. Su principal misión es, por ejemplo, aceptar tipos de datos (caracteres, enteros, etc.) procedentes del nivel de Aplicación y negociar con el nivel homólogo del otro extremo la sintaxis escogida (por ejemplo, ASCII). En realidad, sus funciones son bastante limitadas. Este nivel consta de muchas tablas sintácticas (correspondientes a códigos como el teletipo, ASCII, Videotex, etc.). El nivel de presentación es capaz de crear visualizaciones de terminales virtuales. Puede también resolver la recepción de un mensaje electrónico procedente del nivel de Aplicación y encargar al nivel del otro extremo que proporcione al otro nivel de Aplicación un formato de página determinado.

El *nivel de aplicación* se encarga de atender al proceso de aplicación del usuario final. A diferencia del nivel de presentación, este nivel tiene en cuenta la semántica de los datos. Contiene varios elementos de servicio capaces de gestionar procesos de aplicación tales como la gestión de trabajos, el intercambio de datos financieros, sentencias send/receive (enviar/recibir) de distintos lenguajes de programación; y el intercambio de datos comerciales. Asimismo, este nivel maneja los conceptos de terminal virtual y fichero virtual.

El *Interfaz de la Unidad de Conexión (IUC - AUI* es la sigla en inglés) es el cable o tarjeta de circuito impreso que enlaza el ETD con el ETCD. Las conexiones IUC más comunes son las RS-232 y la V.24. La *Interfaz Dependiente del Medio (IDM - MDI* en inglés) conecta el ETCD con el canal físico, que puede ser un cable de pares, un coaxial, un enlace de microondas, una fibra óptica u otros canales de comunicación de distintas tecnologías.

1.4.4 DOD.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y el Comité Consultivo Internacional para la Telegrafía y Telefonía (CCITT) promueven la idea de estructurar la información dentro de un árbol global y asignar un identificador a cualquier objeto que necesite un nombre. Este árbol mostrado en la Figura 1.10 es utilizado solo para designar con un nombre a cualquier elemento de interés para una organización estándar.

La estructura administrativa, la estructura de la información y un complemento de nombre de la estructura están integrados dentro del árbol.

Nodos Administrativos en el árbol de ISO/CCITT.

Al observar de cerca el árbol de la Figura 1.10, una de las facciones convenientes de este árbol es que un nodo puede ser usado como una plataforma que indica quien esta a cargo de las cosas abajo de él.

Esto permite una organización para identificar como debe estar delegado el trabajo de los objetos definidos; la organización define un nodo en el árbol por cada entidad administrativa.

Existen tres nodos en la cima del árbol global. Naturalmente, los administradores de ISO el subárbol que brota desde este nodo. ISO tiene definido el nodo org en orden para delegar autoridad a otras organizaciones. Una de estas organizaciones es el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD). El Departamento de la Defensa históricamente provee administración, operaciones y servicios de información para Internet.

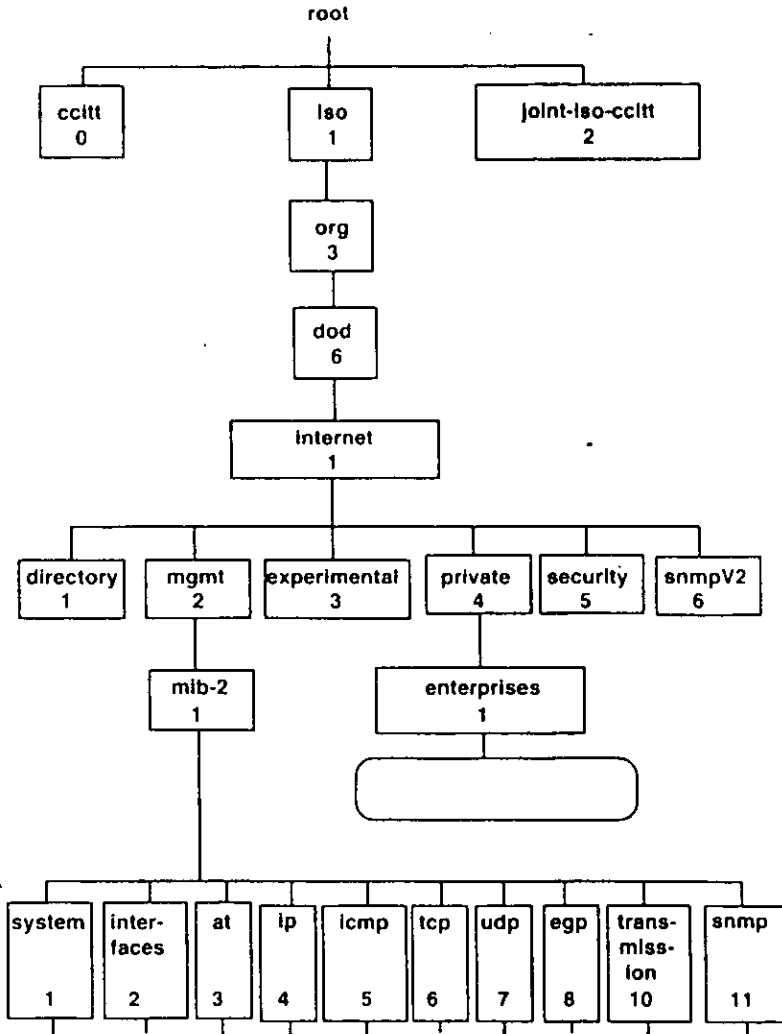


Figura 1.10 Árbol de identificador de objetos.

1.4.5 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN 7 (SS7).

El Sistema de Señalización 7 está diseñado para manejar todo tipo de comunicaciones telefónicas entre intercambio local (digital) y conmutadores de intercambio.

SS7 es responsable de señalar y controlar por entero el sistema telefónico excepto para los circuitos locales. Como resultado, la integridad de SS7 es una consideración de diseño importantísima. SS7 no tiene más de 10 minutos de tiempo fuera sobre un enlace durante un año.

SS7 provee reenrutamientos dinámicos sobre enlaces redundantes. Si la medida de integridad no estuviera incluida, mayores porciones del sistema podrían caer por horas.

Mucho del uso que se realiza mandando el tráfico a través de la red cuenta con métodos de modo de circuito. Pero el control de la red a través de SS7 es en modo paquete. De hecho, cuando el usuario hace una llamada, la ruta de control a través de SS7 tal vez sea de la misma manera como el camino de la portadora. En otros casos, el camino tal vez sea diferente.

SS7 es muy robusta esto permite establecer varios caminos para los diferentes canales B de RDSI. Con esta característica, SS7 puede dirigir las diferentes señalizaciones en proceso de los canales originalmente simultáneos de información. En tiempo-crítico las aplicaciones tales como video y agregación de canales B pueden representar un problema. La solución es la opción para especificar una variación permitida en los tiempos de proceso de señalización del canal B.

El elemento esencial de SS7 de interés para los usuarios de RDSI es el manejo de llamadas o el establecimiento de control del camino por el que se transporta su información (set up-establecimiento), pasar la información (maintenance-mantenimiento), y liberar la portadora cuando el usuario termine (termination-terminación).

SS7 define tres funciones que pueden ser invocadas para hacer este trabajo de "plan de control":

- Puntos de señalización: Lugares donde se pueden mantener mensajes de SS7.
- Puntos de transferencia de señal: Puntos de señalización con la capacidad de enrutar mensajes de control.
- Enlaces de señalización: Conexiones entre estos puntos.

Las llamadas de dirección establecen un camino para la información del usuario a través de los puntos de transferencia de señalización. El enlace de señalización los vincula a todos juntos. Una vez que el camino es establecido, el equipo del usuario transmite la información sobre el camino - el "plan de información" - en operación de SS7.

El orden para establecer el nivel de integridad operacional que es requerido de SS7, las conexiones entre los puntos de señalización, y especialmente entre la señal de puntos de transferencia, pueden contar con diversos posibles caminos. En el caso de falla del sistema, una señal transfiere un punto que puede escoger un camino alterno.

El objetivo es tener una grande, y compleja topología de malla. Este es un camino imaginario de decir que se tienen muchas rutas alternas. En la señal más vital de puntos de transferencia, idealmente todos serán conectadas directamente a todas las otras señales vitales que transfieren puntos y así tener una topología completamente tipo malla. Esto puede ser muy caro o imposible para un puñado de nodos, así que el diseño de la red es jerárquico con unos pocos y vitales nodos sobre la cima.

1.4.5.1 ARQUITECTURA TIPO DE SS7.

Parte de Transferencia de Mensajes PTM (MTP Message Transfer Part).

Este consiste en las primeras dos capas de ISO del modelo OSI y parte de la tercera.

La parte de señalización de la red de la parte de transferencia de mensajes es realmente interesante. Aquí es donde muchos de los mensajes continúan su ruta para llegar a su destino. Observe los procedimientos para la protección en casos de falla o degradación en los enlaces disponibles en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 PROCEDIMIENTOS DE MANEJO DE LA SEÑALIZACIÓN DE LA RED.

TRAFFICO	ENLACE	RUTA
Changeover	Activación del enlace de señalización, restauración, desactivación.	Procedimiento de transferencia de control.
Changeback	Activación del bloque de enlace.	Procedimiento de transferencia prohibido.
Reenrutamiento forzado	Distribución automática de las terminales de señalización y señalización de los enlaces de datos.	Procedimiento de transferencia permitido.
Reenrutamiento controlado		Procedimiento de transferencia restringido.
Reinicialización de Puntos de señalización.		Procedimiento del bloque de examen de la ruta de señalización.
Inhabilitar el manejo.		Procedimiento del examen de congestión del bloque de señalización de la ruta.
Control de flujo del tráfico de señalización.		

Las funciones del manejo de mensajes envuelven la resolución de localización de los mensajes a través de su viaje por la red y su recuperación en el siguiente destino. Las funciones tienen que decidir si el mensaje se quedara en este destino o continuara para ser relevado, donde será relevado y cuando, en la compleja estructura, este será entregado.

Parte de Control de Conexión y Señalización PCCS (Signaling Connection Control Part SCCP).

PCCS provee el control de conexiones. Básicamente PCCS provee habilidades adicionales con el servicio de transferencia de mensaje. Este tiene grandes habilidades adicionales, por ejemplo, PCCS también provee servicios de transferencia de mensajes adicionales. Existen cuatro funciones principales que este provee:

- Control orientado a conexión.
- Manejo.
- Control de conexiones.
- Control de enrutamiento.

Parte de Aplicación de Capacidad de Transacción PCAT. (Transaction Capabilities Application Part TCAP)

Esta es una parte importante para las funciones que no aparecen propiamente incluidas dentro de otros módulos. Esto concierne particularmente con transacciones especiales tales como marcar con un teléfono celular ó equipo móvil, y mapeo de 800 números para números del directorio fundamentales.

Parte de Administración, Mantenimiento y Operaciones PAMO (Operations, Maintenance and Administration Part OMAP).

Este es un diseño para mantenimiento de SS7 por sí mismo. Ya que la red telefónica entera es crítica para la economía, protección, y seguridad de los usuarios, esta parte monitorea y evita problemas mayores que resultarían en falla.

Parte de Usuario ISDN PUSI (ISDN User Part ISUP).

Lo importante se encuentra donde llega la información del usuario. Esto es llamado la parte de usuario RDSI. La Parte de Usuario RDSI no es la comunicación entre el equipo de usuario y su conmutador de intercambio local.

La Parte de Usuario RDSI es parte del Sistema de Señalización 7 que trabaja con DSS1 y hace que esto pase en un ambiente mucho más complejo de SS7. El usuario usa el DSS1 para comunicarse con su conmutador de intercambio local. Ese conmutador usa SS7 para comunicarse con otros conmutadores a través de la red. La Parte de Usuario RDSI transporta la señalización necesaria para hacer que la información del usuario fluya a través de la red. Para ejemplificar lo antes descrito, analicemos un establecimiento de una llamada típica, su uso y liberación del enlace en el contexto de SS7:

- DSS1 a través de Q.931 envía un mensaje de establecimiento en el canal D del conmutador. Toda la información necesaria para establecer la llamada, número telefónico, tipo de servicio, etc., es enviado con el mensaje.
- SS7 realiza decisiones de ruta pasando a través de una serie de conmutadores hasta el conmutador destino conectado a la llamada del usuario.
- SS7 toma de las llamadas la información de los grupos de conmutadores y la convierte regresándola dentro de la información de DSS1 y transmitiendo esta al llamado grupo de equipo sobre el canal D.
- DSS1 inicia un mensaje de alerta simulando el sonido de una campana, haciendo parpadear la pantalla o cualquier cosa que llame la atención.
- La respuesta de la llamada de grupo y un mensaje de conexión es mandado de regreso usando DSS1 para el conmutador. El mensaje de conexión es convertido a SS7, mandándolo al conmutador del usuario, reconvertido a DSS1 y enviado al equipo del usuario.
- Cuando la llamada es completada:
- El equipo de grupo inicializa el fin de la llamada mandando un mensaje de desconexión sobre DSS1 y libera el enlace.
- Esta liberación es propagada a través de los conmutadores sucesivos con bloques de contadores para estar seguros que la liberación esta aplicada en un orden en el cual no se mantenga ningún enlace.
- En la parte opuesta del grupo del conmutador una "desconexión" es enviada a través de DSS1 al grupo de equipo.

- En cada liberación finalizada un mensaje de "liberación completa" es enviado a los conmutadores precedentes.

1.4.6 MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONA (Asynchronous Transfer Mode ATM).

En la recomendación I.121., la UIT-T declara que el modo de transferencia asincrónica significa la implementación del ancho de banda RDSI. La creación de ATM ha tenido influencia más allá de RDSI desde que ATM está emergiendo rápidamente como la base para:

- Formar la espina dorsal para la red de área local que vincula las tradicionales LAN's.
- Reemplazar los métodos de acceso al medio tradicionales, tales como Ethernet o Token Ring a través de la red de área local.

ATM es un camino para transmitir información en celdas que están compuestas de una longitud de 53 octetos (bytes). Estas celdas son mantenidas en un camino que crea un híbrido de modo circuito y modo paquete. ATM es tan rápido que puede emular ambos modos. La velocidad es la llave.

ATM hace más que un uso rápido de las pequeñas celdas. Este negocia un camino con la red. Una vez que este camino es establecido, ATM es lo suficientemente inteligente para usarlo no solo para el tráfico que fue el sujeto de la negociación original, sino también para otro tráfico que necesita transitar entre los mismos puntos.

La conmutación es la base de ATM. ATM es una tecnología de modo paquete. Como resultado, ATM provee:

- Cada conexión con un ancho de banda dedicado.
- Velocidades flexibles.
- Ancho de banda sobre todo amplio.
- Procedimientos de conexión bien definidos.

Este último elemento, "bien definido", contribuye a la flexibilidad de ATM. Ya que las celdas están compuestas por longitud y los procedimientos son bien definidos para estas unidades uniformes, la operación de ATM es muy predecible.

Esto contrasta con otros métodos los cuales como tramas relevan el uso variable de la longitud de tramas. Esto es más difícil de controlar así como de predecir la emisión de carga de la red. Así ATM sacrifica flexibilidad del tamaño de información por uniformidad y control. Si las tasas de datos fueron de unos cuantos miles o millones de bits por segundo, problemas de sincronización, especialmente de voz, llegarán a ser aparentes.

Las celdas ATM.

Como hemos dicho las celdas ATM tienen una longitud de 53 octetos. Veamos que queremos enviar sobre el sistema. La voz es sujeto de problema cuando existe mucho retardo. El retardo incrementado por un pequeño retraso de medio segundo por cada enlace satelital, aumenta el tiempo de espera para el circuito fin a fin.

Las grandes distancias de viaje, el gran retardo de propagación y la conveniencia de paquetes largos produjeron que en Europa, la investigación llegara a un diseño por paquete, ahora llamado celda para esta tecnología, este contiene 32 octetos para la información de usuario. En los Estados Unidos y Australia, muchas ciudades grandes donde los retardos por propagación son más notables, 64 octetos es la mejor opción.

El compromiso sobre el tamaño de celda llega a 48 octetos para el campo carga pagada (payload). Una celda ATM tiene 5 octetos adicionales para su propia cabecera conteniendo toda la información de esta. La Figura 1.11 muestra una celda ATM.

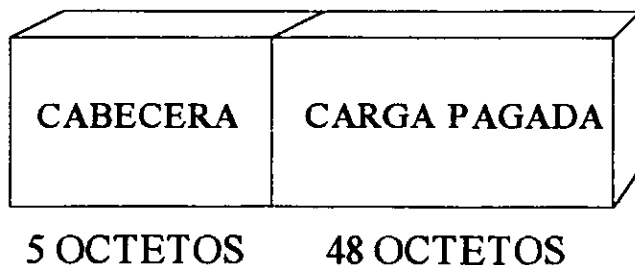
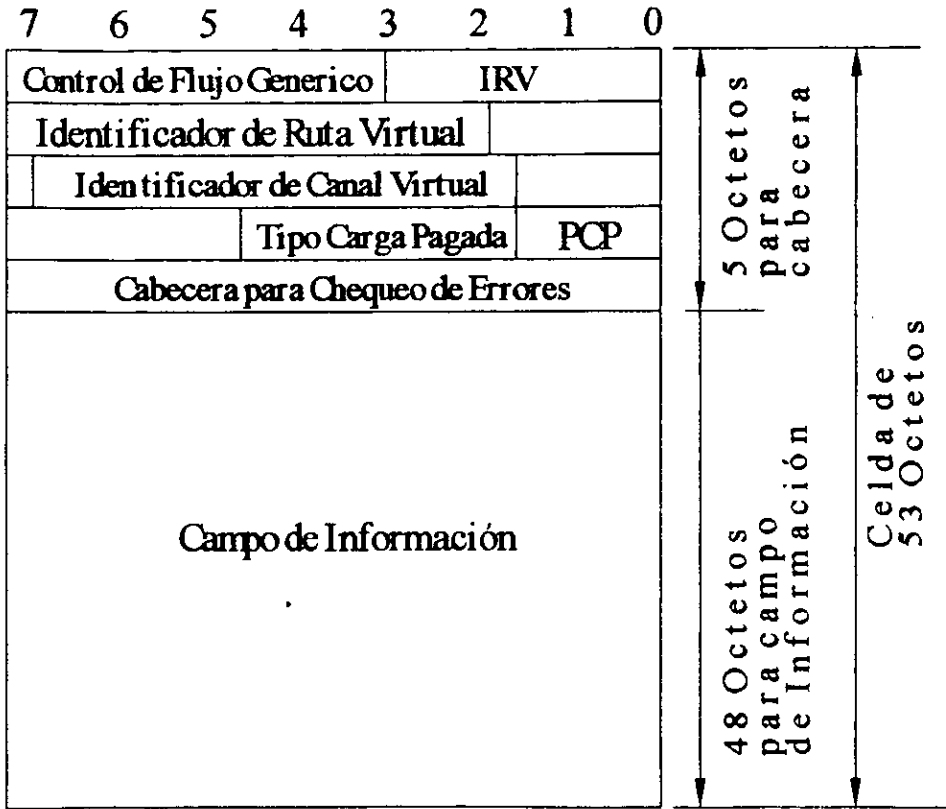


Figura 1.11 Celda ATM

Cabecera, Ruta Virtual, Circuitos Virtuales.

A continuación se da una breve explicación de como trabaja ATM. La cabecera tiene más detalles que los mostrados en la Figura 1.11. La Figura 1.12 muestra más detalles.



Interfase Usuario- Red

IRV= Identificador de Ruta Virtual

PCP =Prioridad para Celda Perdida

Figura 1.12. Interior de una celda ATM.

La primera porción, control de flujo genérico, es usada solo con usuarios para comunicación de red. Este no existe en comunicación red a red y estos cuatro bits son dados sobre el identificador de camino virtual.

Un principio fundamental de ATM es que el flujo de la celda continua, se tenga o no usuario real. Este campo también transmitirá alertas de congestión y otras señales de control. La comprobación de error de cabecera esta basado en el concepto usual de estación enviada realizando algo de aritmética sobre el contenido de las celdas y poniendo el resultado en el campo. El dispositivo que recibe realiza las mismas operaciones aritméticas sobre el contenido y compara los resultados con el campo. Si los resultados son los mismos, este asume que los contenidos de las celdas son validos. Si los resultados son diferentes, se supone que ha habido un error. Esto usualmente resulta en una solicitud de retransmisión de los contenidos.

ATM provee elementos virtuales que son transmitidos por elementos virtuales:

- Canal virtual: Transmite una corriente de información entre dos nodos.
- Ruta virtual: Son una colección de canales virtuales.

ATM es relacionado con velocidad. Cuando un canal es establecido, este define un camino para conectar a dos nodos. Es frecuente que en estos dos nodos se presente la necesidad de varios canales. Cada canal esta asociado con los procesos relacionados de ejecución de cada nodo. Como otros procesos necesitan canales, estos canales serán establecidos para el uso de rutas virtuales ya establecidas.

Los detalles de ATM envuelven la identificación y conmutación de estos canales y rutas virtuales. En ATM no se cuenta con un canal D o de banda angosta RDSI. En lugar de un canal D, ATM provee su propio control, cuenta con varios métodos, entre los cuales se tienen: “canales virtuales semipermanentes” y “canales de señalización externos”

Nivel de Adaptación ATM (NAA) (ATM Adaptation Layer - AAL).

ATM esta diseñado para transmitir toda clase de tipos de datos. Se puede transmitir Frame Relay y SMDS, entre otros. Varios de estos tipos fueron diseñados para diferentes ambientes de conexión constante o tasa de bit variable. ATM provee un Nivel de Adaptación ATM (NAA) para adaptar estas diferencias. La Tabla 1.2 muestra la clasificación que ha dado ITU-T para NAA.

Tabla 1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE ADAPTACIÓN NAA.

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Sincronización fin a fin	Requerido	Requerido	No Requerido	No Requerido
Tasa de bit	Constante	Variable	Variable	Variable
Conexión	Orientada a Conexión	Orientada a Conexión	Orientada a Conexión	No Orientada a Conexión
Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3/4 Tipo 5	Tipo 3/4

Ya que los protocolos tales como Frame Relay tienen tramas más largas que ATM, los servicios de segmentación y reensamble son esenciales para NAA.

Cada tipo de protocolo está asociado con varios servicios. Por ejemplo, el tipo 1 incluye voz a 64 kbps. Esto es lógico porque la voz requiere señalización y una tasa de bits constantes. ATM adapta estos protocolos para mantener tramas tipo 1 para establecer sincronización fin a fin, tasa constante de bits, y que aparezca para ser intercambio orientado a conexión.

El tipo 2 puede ser vídeo usando un sofisticado sistema de tasa de bit variable. NAA todavía provee sincronización fina a fin, pero ahora la tasa de bit es variable. El modo de conexión continua siendo orientado a conexión.

El tipo 3/4 es el resultado de una decisión reciente por ITU-T para juntar los tipos 1 y 2. Este puede ser usado para transmitir servicios de datos tales como Frame Relay ó SMDS, entre otros.

El tipo 5 es una nueva especificación para proveer transporte rápido en caso donde los protocolos de niveles altos son orientados a conexión. Se debe tener mucho cuidado del uso de la cabecera para otros tipos de NAA.

El nivel de adaptación ATM tiene respuestas para la dirección de diseño original de ATM para crear un camino para un tamaño, (ATM), conveniente a todo tipo de información (tipos NAA). Acelerando la adopción para el mundo de la computación en la red de área local provee la sabiduría de estos diseños.

Red Óptica Síncrona (synchronous Optical Network SONET).

SONET es el método de transmisión de fibra óptica recomendado para ATM. De cualquier manera, ATM es adaptado a varios medios a través del trabajo del Foro ATM en conjunción con ITU-T. Las especificaciones están disponibles así, ATM puede operar sobre cable coaxial, par trenzado blindado, par trenzado sin blindar, y en ambos modos fibra individual y multimodo. La tasa de datos y longitud del cable varía enormemente entre los diferentes medios.

SONET tiene una trama de 810 octetos estos están diseñados en una matriz que esta formada con 9 columnas y 90 octetos cada uno. SONET tiene la capacidad de parar e insertar porciones de una trama sin necesidad de reproducir la trama entera. Esta facilidad usa puntos para cada unidad de información con la trama de SONET. Remover o insertar la información simplemente requiere reajuste de los puntos en una manera similar a una base de datos. El diseño de SONET contempla tasas de datos de aproximadamente 2 1/2 Gibabits/segundo.

ATM y SONET forman la columna vertebral que transmite la información desde un conmutador Telco a otro. Su banda angosta de datos RDSI será reempaquetado en celdas ATM y después serán pasados dentro de una trama SONET y transmitidos a través del país y/o alrededor del mundo. Cuando estas tramas SONET llegan a su destino después de transitar a través de un número de otros sistemas de conmutación, ellos serán desempaquetados dentro de celdas ATM. Entonces esas celdas serán liberadas al conmutador local al ser recibidos en su destino y reempaquetados dentro de tramas de banda angosta RDSI y enviados a su destino.

El mismo proceso se realizara cuando se usa Frame Relay o SMDS. Las tramas de cada uno serán reempaquetados dentro de ATM, y después dentro de las largas tramas de SONET, y ocurrirá a la inversa en la otra parte terminal.

Existe la posibilidad de usar una red de área local con ATM, pasando las tramas LAN al sistema telefónico el cual será rápido y simple; esta posibilidad es ilustrada en la Figura 1.13, estos enfatizan la variedad y la capacidad de transmisión de ATM. SONET es simplemente el camino de ATM que puede ser más efectivo usando fibra óptica. Todos estos trabajan por la magia de multiplexado por división de tiempo. El sistema de transmisión puede enviar una gran cantidad de información en un corto tiempo.

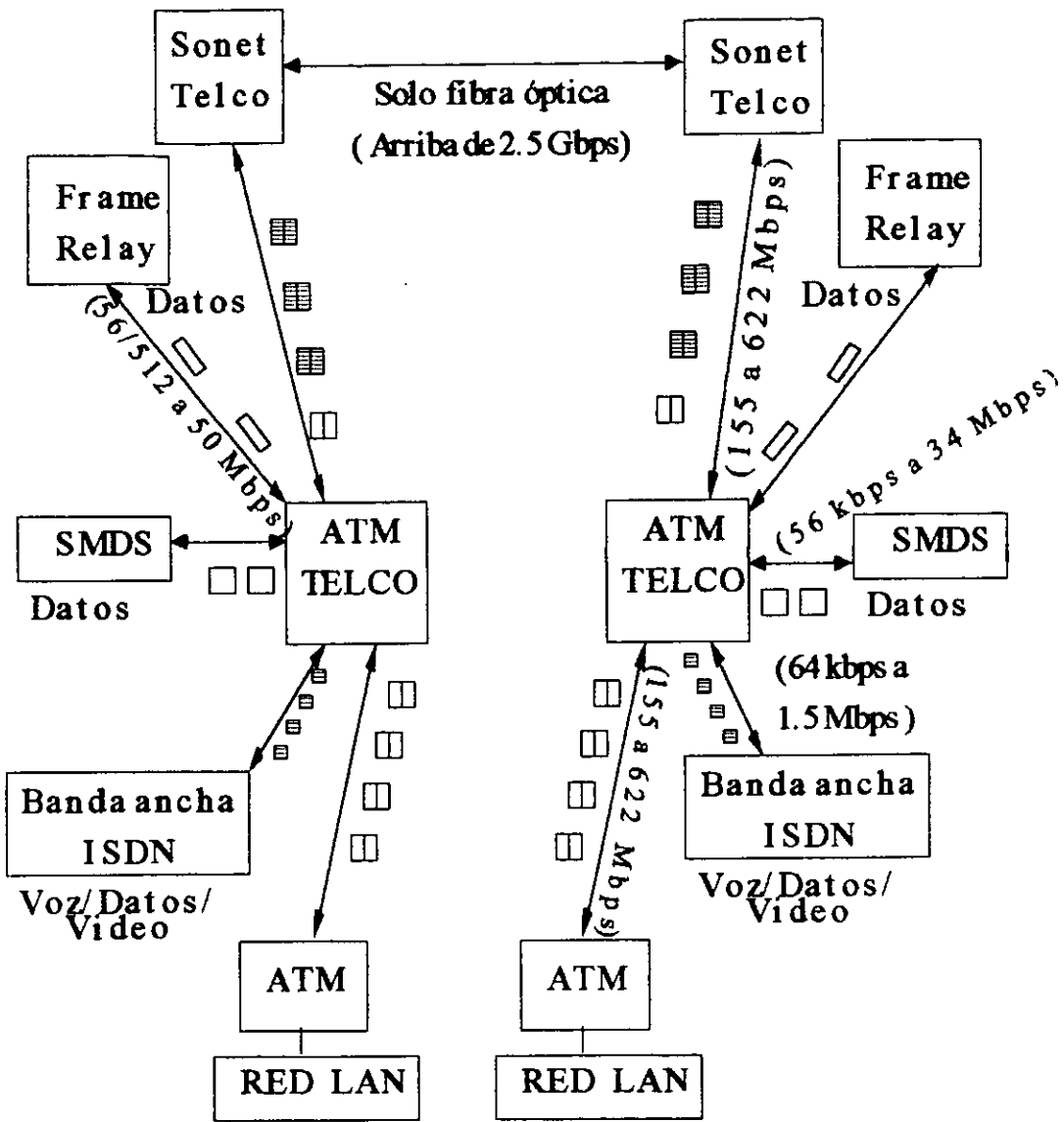


Figura 1.13 Esta figura ilustra todo lo que se puede empaquetar dentro de ATM y transmitir a través de SONET.

1.5 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

El medio de transmisión o canal de comunicaciones es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre el fuente y el destino. Se clasifican en:

a) Líneas de comunicación.

En la transmisión por líneas de comunicación las ondas son transmitidas a lo largo de una vía física, el cual puede ser cable telefónico, cable coaxial y/o fibra óptica. Los cuales se describen a continuación:

Par telefónico.

Es el medio de transmisión más antiguo, y todavía el más ampliamente utilizado para el tráfico de voz y de datos, este consiste de dos alambres de cobre aislados, en general de 1mm de espesor, entrelazados en forma helicoidal para reducir la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor, el canal de comunicación de datos que utiliza, se clasifica por categorías en canales de baja, media y alta velocidad.

- Velocidad baja: 0-600 bps
- Velocidad media: 600-4,800 bps
- Velocidad alta: 4,800-19,200 o más de 56 kbps.

Este tipo de medio se puede utilizar tanto para transmisión analógica como digital y su ancho de banda depende del calibre del alambre y la distancia que recorre la señal; en muchos casos pueden obtenerse transmisiones de varios megabits por segundo, en distancias de pocos kilómetros. Y los tipos de cable empleados para este medio de transmisión son:

- Par torcido sin blindar (UTP)
 - Tipo 3 ANSI/icea s-80-576-1993
 - AT & T DIW 24/4 (D-INSIDE WIRE)
 - BELL SYSTEM 48007
 - No. 22 ó No. 24 AWG (AMERICAN WIRE GAUCE)
 - SYSTEMAX 2061

- Par torcido con blindaje (STP)

Tipo I de IBM

AT & T 1105 002AW1000

AT & T 1105 0122AR9800

AT & T 1261 004A

ERICSSON H.9522 24.03.

PRESTOLITE D0424PA-GY 02

En general para redes, el cable telefónico empleado viene en conjuntos típicos de 2,3,4,6,12,16 y 25 pares de cables torcidos, sin embargo, para redes locales que emplean cable tipo UTP, sólo se necesitan dos pares de cable para conectar a cada nodo de la red. En la Figura 1.14 se muestran las partes que contiene un cable telefónico tipo UTP.

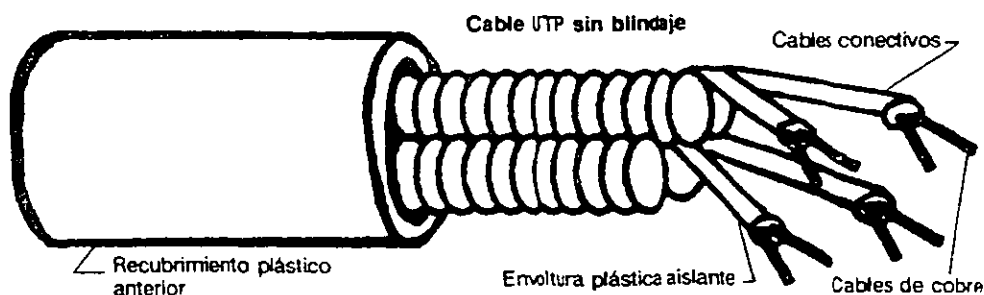


Figura 1.14. Cable telefónico par torcido sin blindar.

Cable coaxial.

Es otro medio típico de transmisión, existen dos tipos de cable coaxial que se utilizan con frecuencia, uno de ellos es el cable de 50 ohms que se emplea en la transmisión digital y el de 75 ohms que se utiliza para la transmisión analógica, que comúnmente se utiliza para envío de señal de televisión por cable a frecuencias superiores de 4 khz.

El cable coaxial consta de un alambre de cobre duro en su parte central como se aprecia en la Figura 1.15, el cual se encuentra rodeado por un material aislante y a su vez este por un conductor cilíndrico que frecuentemente se presenta como una malla de tejido trenzado. El conductor externo está cubierto por una capa de plástico protector.

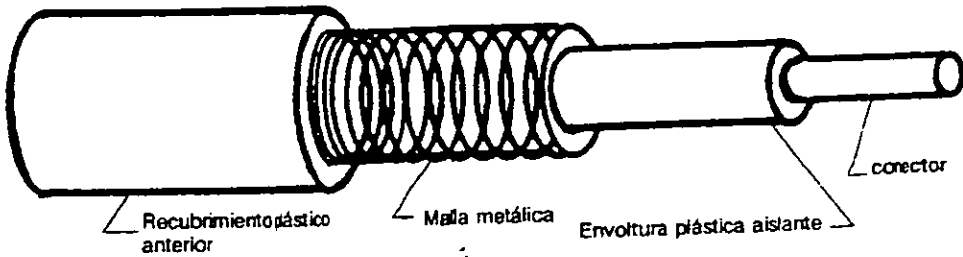


Figura 1.15. Cable coaxial tipo RG 58.

La construcción del cable coaxial produce una buena combinación de un gran ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido, la velocidad depende de la longitud del cable; para cables de 1 Km, por ejemplo, es factible obtener velocidades de datos de hasta 10 Mbps, y en cables de longitudes menores, es posible obtener velocidades superiores.

Se pueden utilizar cables con mayor longitud, pero se obtienen velocidades más bajas, los cables coaxiales se emplean ampliamente en redes de área local y para transmisión de larga distancia del sistema telefónico.

Fibra óptica.

Los sistemas de comunicación por fibra óptica han encontrado en los últimos años una gran aceptación en diversos sectores, debido principalmente a la gran versatilidad para el manejo de grandes volúmenes de información a altas velocidades.

Un sistema de transmisión óptica tiene tres componentes: el medio de transmisión, la fuente de luz y el detector. El medio de transmisión es una fibra ultradelgada de vidrio o silicio fundido. La fuente de luz puede ser un led (diodo emisor de luz), o un diodo láser: cualquiera de los dos emite pulsos de luz cuando se le aplica una corriente eléctrica. El detector es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento en el que recibe un rayo de luz. En la figura 1.16 se muestran las partes que componen la fibra óptica.

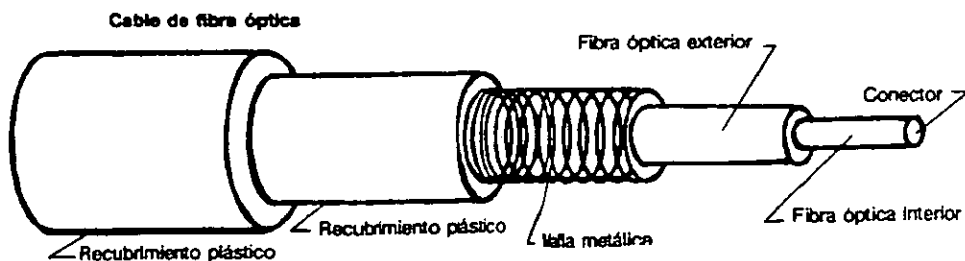


Figura 1.16. Fibra óptica

b) Trayectoria óptica.

En la transmisión por trayectoria óptica se emplea el aire como medio, como en el caso de la transmisión de datos por rayos infrarrojos, láser, microondas o radio, que no necesita de ningún medio físico.

Rayo láser e infrarrojo.

La comunicación mediante láser o infrarrojo es por completo digital, altamente directiva y, en consecuencia, casi inmune a cualquier problema de derivación u obstrucción.

Por otra parte, la lluvia y la neblina pueden ocasionar interferencia en la comunicación, dependiendo de la longitud de la onda elegida.

Microondas.

En aplicaciones para comunicaciones de larga distancia, se ha utilizado muy ampliamente la transmisión por radio de microondas ya que las antenas parabólicas se pueden montar sobre torres para enviar un haz de señales a otra antena que se encuentra a decenas de kilómetros de distancia. Este sistema es ampliamente utilizado en transmisiones telefónicas y de video; cuanto mayor altura tenga la torre, más grande será el alcance que se obtenga. La transmisión se lleva a cabo en una escala de frecuencia que va desde 2 a 4 GHz, correspondiendo a longitudes de onda de 15 y 0.75 cm. respectivamente.

c) Satélites.

Las comunicaciones vía satélite representan una forma específica de los radioenlaces. El tráfico de telecomunicaciones, tanto Nacional como Intercontinental se realiza a través de un repetidor que se encuentra en el espacio. Este medio está constituido por uno o más dispositivos receptor-transmisor, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y, después, la retransmite a otra frecuencia, para evitar los efectos de interferencia con las señales de entrada.

El flujo dirigido hacia abajo puede ser amplio y cubrir una parte significativa de la superficie de la tierra, o bien puede ser estrecho y cubrir una área de cientos de kilómetros de diámetro. Y se emplea para la transmisión de datos, comunicación telefónica y para la difusión directa de señales de televisión.

Para la transmisión de comunicaciones comerciales se utilizan satélites exclusivamente geostacionarios que, tomando como referencia la superficie terrestre tiene una posición fija en el espacio a una latitud de aproximadamente 36,000 Km

Un satélite puede realizar transmisión a alta velocidad haciendo uso directo del gran ancho de banda soportado por los transponder de frecuencia del satélite, debido a que emplean portadoras de alta frecuencia por ejemplo: 4/6, 12/14 ó 20/30 GHz.

La tecnología que se emplea en este sistema es:

Frecuencias utilizadas:

- Banda C 4/6 GHz.
- Banda ku 12/14 GHz.

Transponders:

- 18 en banda C (12x16 MHz y 6x72 MHz).
- 4 en banda Ku (106 MHz).

Potencia:

- Transponders en banda C: 7 - 10 Watts.
- Transponders en banda ku: 19.4 Watts.

Los parámetros significativos que determinan la calidad del enlace de telecomunicación vía satélite son:

- Temperatura de ruido.
- Figura de ruido.
- Figura de mérito.
- Relación portadora a ruido (C/N).
- Potencia Efectiva Isotrópica Radiada (PIRE).
- Confiabilidad.

De acuerdo a lo descrito sobre medios de comunicación, en la figura 1.17 se ilustra una tabla con las características principales de cada uno.

Parámetros	Cables metálicos			Fibra óptica.	Radio de microondas	Satélites
	Pares de hilos	Coaxial Banda base	Coaxial Banda ancha			
Cobertura	Local	Local	Local Metropolitano	Local Metropolitano Regional	Metropolitano Regional Nacional	Nacional Internacional
Ancho de banda	3kHz-10MHz	50MHz	440MHz	800MHz a 70 GHz	1.7-20GHz	1.53-31GHz
Velocidad	9.6/64kbps	50Mbps	10Mbps por canal	560Mbps	140Mbps	9.6/48 Mbps
Seguridad de datos BER	10^{-5}	10^{-5}	10^{-9}	10^{-9} - 10^{-11}	10^{-4}	10^{-4}
Número de canales	Uno	Uno	10 800	7680	2700	1000 por transponder
Distancia entre repetidores.	Aprox. 120m (sin modems)	1.5 a 3.5 km	4.5 km	120 km	35 a 75 km	36 000 km

Figura 1.17. Características principales de los Medios de Transmisión.

1.6 CAPACIDAD DE CANAL.

1.6.1 LEY DE SHANNON.

Uno de los conceptos fundamentales en comunicaciones es la Ley de Shannon. Shannon demostró que existen límites finitos a la capacidad de un canal de transmisión. Este límite viene dado por la siguiente fórmula:

$$C = W \log_{\text{BASE2}} (1 + S/N)$$

Donde:

C = capacidad máxima en bits por segundo (bps)

W = ancho de banda

S/N = relación entre la potencia de la señal (S) y la potencia del ruido (N)

Si examinamos esta fórmula, resulta evidente que un incremento en el ancho de banda, un aumento en la potencia de la señal o una disminución en los niveles de ruido traerán como consecuencia la posibilidad de transmitir a mayor velocidad. Sin embargo, cambiar estos parámetros puede a veces resultar física o económicamente prohibitivo.

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

Para hacer frente al ruido térmico (y también a otros tipos de ruido, como el que generan los relámpagos, las fluctuaciones de la red eléctrica, etc.), el receptor de un sistema de comunicaciones debe comprobar si hay datos dañados, y en tal caso solicitar al emisor la retransmisión de la información errónea. A grandes rasgos, estos errores se clasifican en aleatorios, a ráfagas y mixtos.

En los canales sometidos a errores aleatorios, cada bit tiene una probabilidad P de ser recibido incorrectamente, y una probabilidad $1-P$ de ser recibido correctamente. En los bloques de datos recibidos, los errores aparecen de forma aleatoria. La mayor parte de los canales de conexión por línea visual (y también los canales via satélite) están afectados por errores aleatorios.

Un canal sometido a ráfagas de errores presenta un estado libre de errores la mayor parte del tiempo, pero a veces experimenta errores que aparecen en grupos o ráfagas. Las señales de radio están sujetas a este tipo de errores, al igual que los enlaces por cable, como son las líneas telefónicas de pares trenzados.

1.7 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES.

1.7.1 TEORÍA DE MUESTREO DE NYQUIST.

Para convertir una señal analógica en una cadena digital de datos binarios se emplean diversos métodos. El primero de los métodos más extendidos es la *Modulación por Impulsos Codificados* (MIC - PCM en inglés). Aunque el sistema MIC engloba múltiples procesos, suele describirse en tres etapas: muestreo, cuantificación y codificación. Los dispositivos que efectúan el proceso de digitalización, llamados bancos del canal o multiplexores MIC, tienen dos funciones básicas: (1) convertir las señales analógicas a la forma digital (y viceversa en el otro extremo); y (2) combinar las señales digitales en una misma secuencia de datos multiplexados por división en el tiempo (MDT - TDM en inglés).

La modulación por impulsos codificados se basa en la teoría de muestreo de Nyquist. Si una señal se muestrea a intervalos regulares a una velocidad al menos dos veces superior a la máxima frecuencia presente en el canal, las muestras contendrán información suficiente para permitir su reconstrucción. La velocidad de muestreo más aceptada en la industria es de 8.000 muestras por segundo, lo cual, según la teoría de muestreo de Nyquist, permite reproducir con exactitud las señales de un canal de 4 kHz. 8.000 muestras son suficientes para expresar las señales de una línea telefónica de 3kHz.

Las muestras se recogen y almacenan a una determinada velocidad, y se convierten en datos binarios. Cada muestra es un Pulso Modulado en Amplitud (PAM en inglés). Una vez efectuado el muestreo, la señal se somete a una segunda etapa de la traducción: la *cuantificación*, cuyo objetivo es asignar un valor a cada señal PAM.

Los cuantificadores asignan valores entre 1 y 128 o entre 1 y 256 a cada señal PAM. Si el cuantificador asigna a la señal un máximo de 128 valores, cada muestra requerirá 7 bits ($2^7 = 128$). Si son 256 los valores posibles, cada muestra exigirá 8 bits ($2^8 = 256$). Un cuantificador con 128 escalones de cuantificación necesitará una velocidad de transmisión de 56.000 bits por segundo ($8.000 \times 7 = 56.000$). Un cuantificador de 256 escalones exigirá 64.000 bits por segundo para la transmisión ($8.000 \times 8 = 64.000$).

Los experimentos indican que con 2.048 escalones de cuantificación puede conseguirse una señal vocal de calidad adecuada. Sin embargo, si cada muestra exige 11 bits (2^{11}), la velocidad de transmisión habrá de ser de 88 kbits por segundo, por lo que resulta muy conveniente disminuir el número de escalones cuánticos. Una solución a este problema puede ser la *compansión*.

Una vez asignado un valor binario a la señal PAM durante el proceso de cuantificación, la tercera etapa consiste en codificar las muestras en una cadena de bits. Como se indicó anteriormente, los datos han de presentarse al conversor digital/análogo a la misma velocidad a la que fue muestreada la señal en origen. El conversor generará una tensión para representar cada uno de los 8.000 datos, y entregará estos voltajes a la función D/A (convertidor digital/análogo). La conversión de digital a analógico dará como resultado una señal que será réplica casi exacta de la forma de onda analógica original.

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

El segundo problema son los errores de cuantificación. El proceso de cuantificación no representa con exactitud la amplitud de la señal PAM. Como la distorsión de la señal a lo largo del proceso es proporcional al tamaño de escalón, una posible forma de resolver el problema sería incrementar el número de escalones de cuantificación disponibles para representar la señal. Sin embargo, un mayor número de niveles de cuantificación eleva el precio de los componentes y aumenta el número de bits necesarios para representar la señal. El cuantificador de 128 escalones ha sido reemplazado en la actualidad por el de 256.

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

En las técnicas más modernas, las señales de mayor amplitud se comprimen dentro de un margen más estrecho de amplitudes dividido en un cierto número de niveles de cuantificación. Las señales de menor amplitud se expanden. De este modo aumenta el número de niveles de cuantificación disponibles, a la vez que disminuye la distorsión global de cuantificación. Una vez decodificada la señal, recupera su amplitud original. Esta mezcla de compresión y expansión se conoce como compansión.

Los sistemas modernos emplean también otro concepto, conocido como codificación no lineal. En este proceso, las variaciones de pequeña amplitud de las señales PAM se representan mediante variaciones en el código, mayores que las que se generan con las señales PAM de gran amplitud. A medida que baja el nivel de la señal PAM, el ruido de cuantificación disminuye. De este modo se consigue mantener una relación Señal/Distorsión constante en un amplio margen de señales PAM.

El proceso de codificación no lineal está definido por una relación logarítmica expresada por la ley μ (utilizada en Norteamérica y en Japón) o por la ley A (empleada en Europa). Ambas leyes son bastantes parecidas, salvo en que la ley A usa una relación lineal dentro del margen de pequeñas amplitudes. Para la ley A , el tamaño mínimo del escalón es de $2/4.096$, mientras que para la ley μ es de $2/8.156$. En los sistemas reales de Multiplexado por División de Tiempo, las leyes de compansión se realizan mediante aproximaciones lineales por segmentos. La ley μ se representa mediante 15 segmentos, mientras que la ley A se expresa con 13 segmentos. Ambas leyes superan ampliamente los requisitos mínimos de reducción de distorsión en las señales de niveles más bajos.

1.8 TEMPORIZACION

1.8.1 SINCRONIZACIÓN.

Todos los sistemas digitales requieren de una fuente de frecuencia o "Reloj" como medio de temporización para operaciones internas y externas. Las operaciones temporizadas con una sola fuente de frecuencia no requieren fuentes estrictamente estables, mientras todos los elementos de sincronía comunes experimenten variaciones de temporización en común. Una situación diferente ocurre cuando la transferencia se realiza de un equipo sincrónico a otro (como de un transmisor a un receptor). Por lo general cuando la terminal receptora es "sincronizada" a la terminal transmisora en intervalos extensos o a base de promedios, los pequeños intervalos de variación en cada reloj puede poner en peligro la integridad de los datos transferidos.

1.8.2 SINCRONIZACIÓN DE LA RED.

Cuando un enlace de transmisión digital se conecta a un conmutador digital, es deseable sincronizar los dos sistemas, ya que el enlace de transmisión obtiene su temporización del conmutador.

Una excepción para este modo de operación ocurre cuando un enlace de transmisión digital se conecta a un conmutador digital en ambos extremos. Generalmente, un enlace de transmisión en una red completamente digital deriva su temporización solo de uno de los conmutadores al cual está conectado. Si el otro conmutador no está sincronizado con el primero de alguna manera, se presenta una interfaz fuera de sincronía. Esta sección está relacionada con la sincronización de la red como un "todo" y no simplemente de sincronización de una interfaz.

Básicamente la sincronización de la red involucra sincronización de los conmutadores de la red. Los enlaces de transmisión pueden ser sincronizados automáticamente derivando la temporización directamente de un nodo de conmutación.

Existen seis "Modelos Básicos" ó "Planes de Sincronía" usados o considerados, para usarse en la sincronización de cada red digital:

1. Plesiócrono
2. Pulso de Relleno para toda la red
3. Sincronización Mutua
4. Red Maestra
5. Sincronización Maestro Esclavo
6. Empaquetamiento

Plesiócrono.

El método Plesiócrono no sincroniza la red, solamente usa relojes altamente precisos en todos los nodos de conmutación, por eso la tasa de deslizamiento entre los nodos es aceptablemente baja. Este modo de operación es probablemente el más simple de implementar ya que no necesita distribución de temporización a través de la red. Una red Plesiócrona, sin embargo, implica que los pequeños nodos de conmutación generen un desbordamiento de costos de fuentes de temporización redundantes y altamente precisas. Como un compromiso, las redes grandes pueden ser divididas en subredes para propósitos de temporización y uso de operaciones plesiócronas para sincronización de subredes y algunas otras, más costosas, permiten proporcionar sincronización infra subred.

La temporización Plesiócrona también se utiliza para sincronizar interconexiones de redes digitales internacionales.

En la recomendación G.811, el CCITT ha establecido los objetivos de estabilidad para relojes de todas las conexiones internacionales de conmutadores digitales. El objetivo de estabilidad de una parte en 1011 implica que el deslizamiento entre conexiones internacionales de conmutadores ocurrirá a una tasa de uno por 70 días.

Pulsos de Relleno para Toda la Red.

Si todos los enlaces internos y conmutadores de una red fueron diseñados para operar a una tasa nominal ligeramente mayor que la tasa nominal del proceso de digitalización de voz, todas las señales de voz podrían propagarse a través de la red sin deslizamientos para rellenar la tasa de información hasta la tasa local del canal. Ninguno de los relojes tendría que ser sincronizado con ningún otro y podrían tolerarse pequeñas imprecisiones de reloj.

En todas las conexiones entre sistemas que operan bajo diferentes relojes, sin embargo, los canales individuales deben ser "Desrellenados" de la tasa de entrada y rellenados hasta la tasa de salida local. En esencia, los enlaces TDM de la red proporcionarán canales TDM a través de los cuales los datos de usuario fluyen a tasas bajas y variables, ya que las diferencias serían absorbidas por pulsos de relleno internos.

En contraste con las operaciones de pulsos de relleno de multiplexores de alto orden, donde todos los canales en una señal digital de bajo nivel son rellenados como un grupo, las operaciones de conmutación implican que cada canal sea rellenado independientemente. La necesidad de separar las operaciones de pulsos de relleno se ilustra en la Figura 1.18, la cual muestra 2 señales de voz que serán conmutadas en un enlace de salida de TDM común.

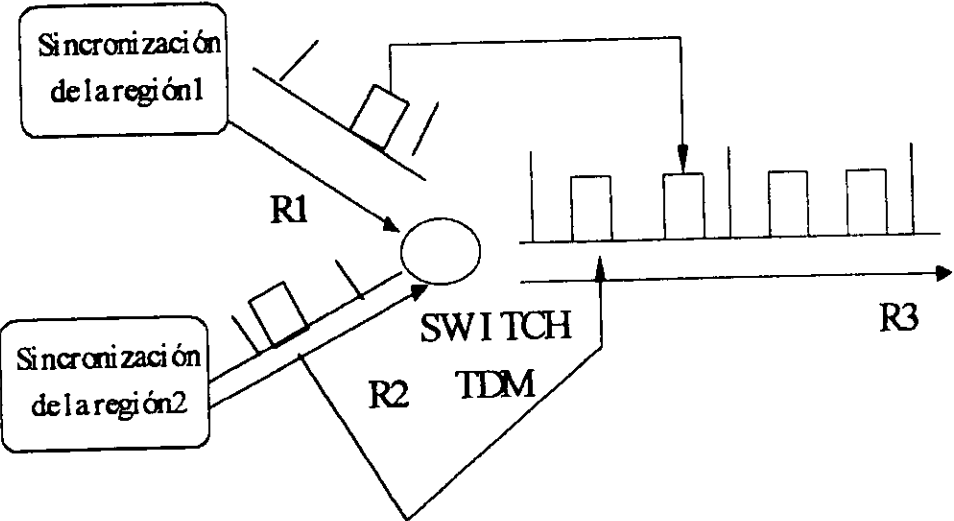


Figura 1.18 Conmutación de dos canales con diferentes tasas sobre una salida común TDM.

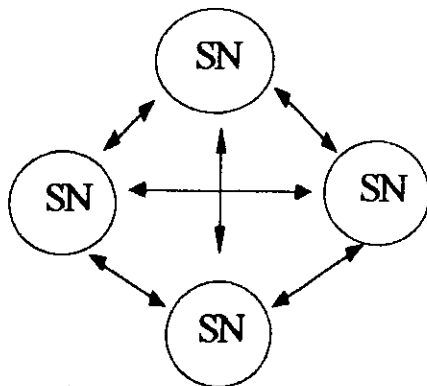
Obviamente la tasa de bit R3 de ambos canales de salida es idéntica. Si los dos canales se originan en porciones diferentes de la red, operando con diferentes relojes R1 y R2, los ajustes de pulsos de relleno deben hacerse para cada canal. La necesidad de rellenar independientemente cada canal en todas las conexiones de conmutación impide que los pulsos de relleno sean una solución factible en el aspecto económico, para los problemas de temporización para toda la red.

Los pulsos de relleno son usados para multiplexores de alto orden principalmente porque no se han establecido otros procesos de sincronización. Conforme la red digital evolucione y la habilidad de sincronizar los relojes de todas las señales digitales de bajo orden que se genere, los pulsos de relleno serán innecesarios.

Una instancia en la cual los pulsos de relleno siempre serán deseables es en enlaces digitales de satélites que son temporizados por relojes independientes en el satélite.

Sincronización Mutua.

Las dos secciones precedentes discuten los modos de operación para la red que no involucran sincronización individual de relojes. Esta sección y las dos siguientes, describen planes de temporización de la red que sincronizan cada reloj individual a una frecuencia común. El primer método, Sincronización Mutua, establece una frecuencia de reloj común para la red, considerando todas las frecuencias de referencia de todos los nodos de conmutación de la red como se muestra en la Figura 1.19 Cada nodo promedia las referencias de entrada y usa esto para su reloj local y de transmisión.



SN = Nodo de Conmutación.

Figura 1.19 Sincronización Mutua.

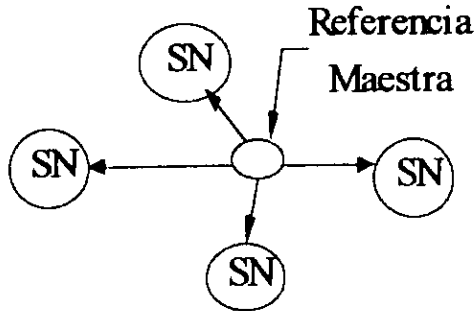
Después de un período de inicialización, el reloj de la red normalmente converge a una sola frecuencia estable. Bajo ciertas condiciones, sin embargo, el proceso de promediación puede volverse inestable.

La principal atracción de una red mutuamente sincronizada es su habilidad para permanecer operacional en caso de falla de un reloj en cualquier nodo. Las principales desventajas son las incertidumbres del promedio exacto de frecuencia y presencia de transitorios desconocidos. Por estas razones, la sincronización mutua no ha sido muy considerada.

Red Maestra.

Otro método de sincronización de red se muestra en la Figura 1.20. Con este método sólo un reloj maestro es transmitido hacia todos los nodos permitiéndoles "engancharse" o "enlazarse" a una frecuencia común. Como se ha indicado, todos los nodos de red son directamente conectados a la red maestra implicando la necesidad de una red de transmisión separada o dedicada a la distribución de la referencia.

Las condiciones de implementación, implican rutas alternativas para cada nodo. Debido a consideraciones de costo para la red de temporización separada, y a problemas de implementación con la distribución de la referencia, una red maestra con transmisión directa para cada nodo es indeseable.



SN = Nodo de Conmutación

Figura 1.20 Red Maestra de Sincronización

Sincronización Maestro Esclavo.

La principal característica para la red maestra de sincronización es la necesidad de una red separada de distribución de referencia para cada nodo. En la Figura 1.21 se muestra una configuración de red que disemina una referencia maestra a través de esta red. Una frecuencia de referencia para la red es transmitida a unos cuantos nodos de conmutación seleccionados de alto nivel. Después estos nodos sincronizan sus relojes con la referencia, y remueven el jitter de temporización inducido en el enlace, la referencia pasa hacia conmutadores de bajo nivel a través de enlaces digitales existentes. Los conmutadores del siguiente nivel inferior se sincronizan con el enlace de entrada del nivel superior y pasan la temporización a otro nivel de conmutadores a través de un enlace digital de salida. El proceso de pasar la referencia hacia niveles inferiores es denominado "Sincronización Maestro Esclavo".

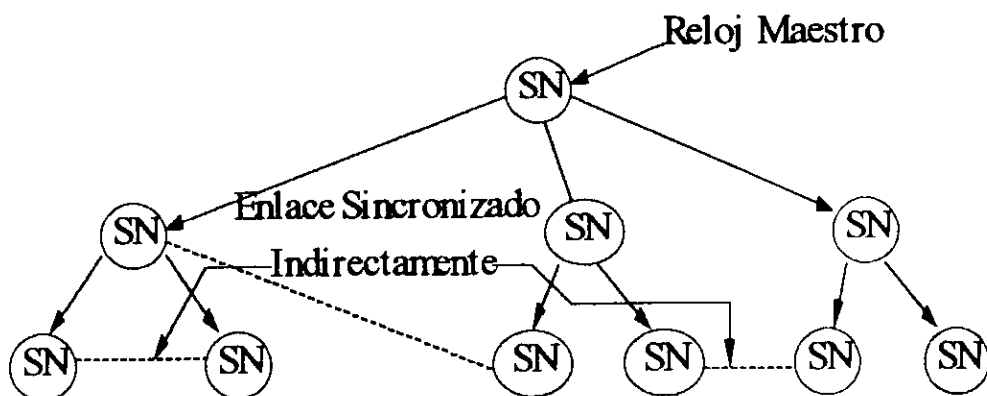


Figura 1.21 Sincronización Maestro Esclavo.

Como todos los nodos de conmutación en la red son sincronizados directa o indirectamente con la misma referencia, todos funcionan a la misma tasa nominal, así normalmente no ocurrirán deslizamientos. Sin embargo, debido a la diferencia de rutas a través de las cuales se disemina la temporización, diferencias de frecuencia de corta duración puede ocurrir entre algunos nodos.

Si estos nodos son sincronizados indirectamente, como se muestra en la Figura 1.21, pueden ocurrir deslizamientos poco frecuentes. Además, las consideraciones de implementación implican que se deben proporcionar relojes de respaldo en todos los conmutadores en caso de que falle el sistema de distribución de reloj.

Empaquetamiento.

Las discusiones anteriores han asumido implícitamente que se considera una red de circuitos conmutados síncrona, y que las redes de voz operan de esta manera. Para complementar, sin embargo, se debe mencionar otra forma de red, una red de paquetes conmutados.

Las redes de paquetes conmutados dividen mensajes en bloques de datos con identificación. Dentro de los bloques, portan códigos de transmisión, ocupación o mensajes de control. Si todos los mensajes (control y datos) son separados por un intervalo nominal de transmisión nula, se pueden restablecer en contenedores elásticos, preparándose para el siguiente bloque.

Las redes de paquetes conmutados se desarrollaron principalmente para aplicaciones de comunicación de datos aunque también se han propuesto redes de voz de paquetes conmutados.

CAPITULO II

RUIDO Y SUS REPERCUSIONES EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

2.1 PHASE JITTER.

El jitter se define como las pequeñas variaciones de los instantes significativos de una señal digital de su posición ideal en el tiempo. El jitter se podría considerar como una modulación no deseada de fase.

Los dispositivos regeneradores son la principal causa del jitter. El principal efecto en la señal analógica resultante después de ser decodificada es la distorsión de su amplitud.

Debido a que el jitter varía con el número de regeneradores que se coloquen en serie, este es uno de los principales inconvenientes de líneas largas para los sistemas de transmisión de PCM a altas velocidades. El jitter puede ser reducido en magnitud por el uso de reductores de jitter.

Límite del jitter en redes. En la tabla 2.1, se muestran los límites de nivel permisible para el jitter, para interfaces jerárquicas, con redes digitales. En la figura 2.1, se muestra un arreglo para la medición de salida del jitter desde una interfaz jerárquica o de un puerto de salida. En la tabla 2.2, también se pueden observar los límites específicos de salida del jitter y los valores de las frecuencias de corte de los filtros para diferentes niveles jerárquicos.

Valor de los parametros	Limites de la red		Medición del filtro del ancho de banda		
	B1 Unidad de Intervalo Pico a Pico	B2 Unidad de Intervalo Pico a Pico	El filtro paso banda tiene una frecuencia de corte inferior f1 ó f3, y una frecuencia de corte superior f4		
Tasa digital (kbit/seg)			f1	f3	f4
64	0.25	0.05	20 Hz	3 kHz	20 kHz
2.048	1.5	0.2	20 Hz	18 kHz	100 kHz
8.448	1.5	0.2	20 Hz	3 kHz	400 kHz
34.368	1.5	0.15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
139.264	1.5	0.075	200 Hz	10 kHz	3500 kHz

Nota:

Para 64 kbit/s 1 UI = 15.6 μ seg.

Para 2048 kbit/s 1 UI = 488 nseg.

Para 8.448 kbit/s 1 UI = 118 nseg.

Para 34.368 kbit/s 1 UI = 29.1 nseg.

Para 139.264 kbit/s 1 UI = 7.18 nseg.

UI = Unidad de intervalo.

Tabla 2.1. Niveles máximos permisibles de jitter para interfaces jerárquicas

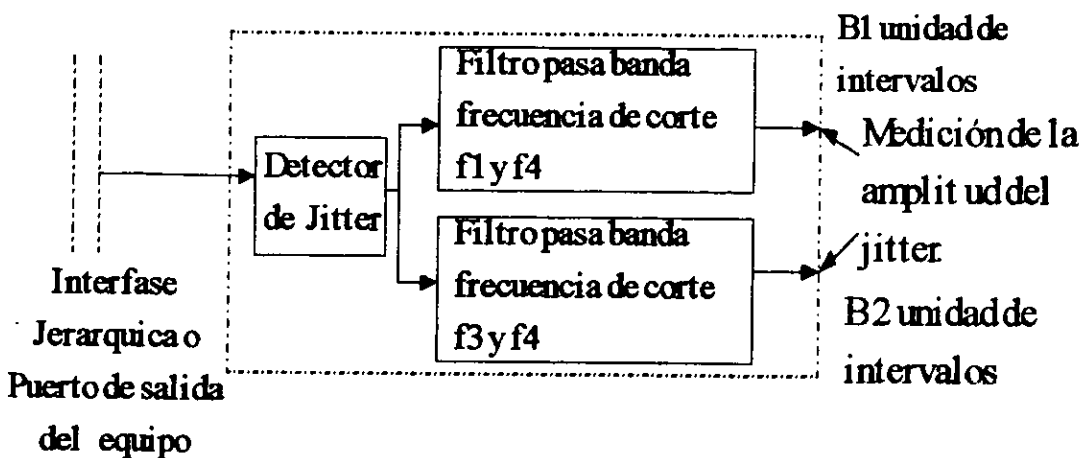


Figura 2.1. Arreglo para la medición de salida del jitter desde una interfaz jerárquica o de un puerto de salida.

Tasa Digital (kbit/s)	Límites de la red (UI Pico a Pico)		El filtro pasa baja tiene una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior mínima f_4 .		
	B1	B2	f_1 (Hz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)
1.544	5.0	0.1	10	8	40
6.312	3.0	0.1	10	3	60
32.064	2.0	0.1	10	8	400
44.736	5.0	0.1	10	30	400
97.728	1.0	0.05	10	240	1000

Tabla 2.2. Límites permisibles máximos de salida del jitter para interfaces jerárquicas.

2.2 RETARDO.

Una causa común de distorsión de la señal es debido al tiempo que toma una señal para propagarse al receptor. Este retardo de tiempo, es conocido como retardo de propagación. Desde diferentes frecuencias tenemos diferentes tiempos de retardo, un término conocido como retardo desarrollado es usado como medidor. Este retardo es una medida de diferencias en retardos de propagación de las diversas frecuencias presentadas en un modulador de señal. Como con una medición de atenuación, el desarrollo de una medición de retardo emplea una frecuencia de referencia, típicamente entre 1.500 y 1.900 Hz. El retardo es medido en milisegundos (mseg) o microsegundos (μ seg).

Para compensar el desarrollo del retardo, son empleados los ecualizadores de retardo. Estos dispositivos introducen un elemento de retardo para algunas señales de transmisión en orden para ajustar un elemento de retardo uniforme que hace que la señal entera llegue a alcanzar al receptor.

2.3 PICO.

Los picos de una señal son pequeñas variaciones de voltaje que quedan por arriba o por debajo de un nivel determinado de referencia. Existen dispositivos que recortan los picos de las señales para dejar toda la señal a un mismo nivel. El recorte del pico tiene pequeños efectos sobre la inteligibilidad de la voz; sin embargo es frecuentemente usado intencionalmente en sistemas de comunicación de voz para levantar el promedio transmitido del nivel de voz por encima del ruido ambiental del oyente o para incrementar el rango de radio transmitido de la potencia límite. Este puede ser hecho simplemente por sobrecarga de un nivel de amplificación. De cualquier manera, esto esta a salvo para los circuitos y estos producen menos distorsión de intermodulación cuando los diodos espalda con espalda son usados para recorte adelante del punto de sobrecarga en la amplificación o transmisión.

2.3 BER (BIT ERROR RATE)

La calidad de la señal de un canal digital esta dada por su tasa de error.

La prueba de BER se efectúa para evaluar la calidad del comportamiento de un sistema de transmisión digital. El BER es la relación entre los bits con errores y el número total de bits transmitidos durante un cierto periodo de tiempo.

El BER se calcula como sigue:

$$\text{BER} = \frac{\text{No. de ERRORES de BIT}}{\text{Vel. de Tx} \times \text{Tiempo}}$$

Duración de la prueba de BER.

Para la realización de esta prueba, se envía desde el Tx bits a una velocidad determinada y durante un intervalo de tiempo en el Rx se reciben los bits a la misma velocidad y se compara bit por bit, si alguno no es igual se contabiliza para obtener el BER. La forma de interpretar el BER es la siguiente:

$10^{-6} = 1/10^6$ esto significa que por cada millón de bits recibidos, se va a tener un error.

$10^{-3} = 1/10^3$ esto significa que por cada mil bits recibidos, se va a tener un error.

El límite práctico es de 10^{-11} y 10^{-12} . El límite de BER para sistemas comerciales es de 10^{-6} .

Para comparar los bits que se mandan y se reciben, se tiene un tren de bits de prueba, estos se mandan desde el transmisor y los que son diferentes se contabilizan. La experiencia muestra de modo empírico que si permitimos la acumulación de 7 errores se obtendrá una prueba valida con un alto nivel de confianza; así, se puede calcular el tiempo necesario para acumular 100 errores para una velocidad binaria determinada y un BER requerido.

A fin de efectuar una prueba de BER, se requiere de un equipo para enviar una secuencia de datos conocida a través del sistema, recibir los datos y hacer una comparación bit por bit de los datos transmitidos y recibidos. Dado que una secuencia pseudoaleatoria de bits posee un patrón conocido, está puede usarse para simular tráfico operacional y comparar los datos recibidos con los transmitidos. El periodo de repetición de un generador pseudoaleatorio de bits es definido como 2^{n-1} donde n = número de bits en el registro de desplazamiento utilizado por el generador.

CAPITULO III.

PROTOCOLO HDLC Y SU APLICACIÓN EN REDES.

3.1 HDLC

En este capítulo se desglosa el protocolo HDLC el cual solo se menciona en el apartado 1.2.3. del presente trabajo de tesis. A continuación se hace una descripción detallada de los comandos, respuestas, señales de control y de señalización de este protocolo. La importancia de este protocolo en el presente trabajo, radica en que HDLC se subdivide a su vez en otros subconjuntos, uno de los cuales es el protocolo LAP-D utilizado por la Red Digital de Servicios Integrados, tema principal de esta tesis. El protocolo LAP-D, tiene pequeñas variantes, que serán analizadas más adelante, con respecto al protocolo HDLC, pero LAP-D se rige por los mismos comandos, respuestas, señales de control y señalización del protocolo HDLC. La diferencia entre HDLC y LAP-D es que el último utiliza señalización por canal común.

HDLC (High-Level Data Link Control - Control de Enlace de Datos de alto nivel) es una norma publicada por ISO que ha conseguido afianzarse en todo el mundo. Proporciona una amplia variedad de funciones y cubre un amplio espectro de aplicaciones. Está considerada en realidad como un ámbito que engloba a muchos otros protocolos.

3.1.1 Opciones de HDLC.

El protocolo HDLC puede instalarse de muy diversas maneras. Admite transmisiones dúplex y semidúplex, configuraciones punto a punto o multipunto, y canales conmutados o no conmutados. Una estación HDLC puede funcionar de una de estas tres formas:

- La estación principal controla el enlace de datos (canal). Esta estación envía tramas de comando a las estaciones secundarias del canal, de las cuales, a su vez, recibe tramas de respuesta. Si el enlace es multipunto, la estación principal es responsable además de mantener una sesión independiente con cada una de las estaciones conectadas al canal.

- La estación secundaria funciona como esclava de la principal. Envía mensajes de respuesta a los comandos procedentes de la estación controladora. Sólo mantiene la sesión en curso con la estación principal, y no interviene en el control del enlace.
- La estación combinada transmite comandos y respuestas, y también recibe comandos y respuestas de otras estaciones combinadas. Mantiene una sesión con otra estación combinada.

Las estaciones se comunican entre sí a través de uno de los siguientes estados lógicos:

- El estado de desconexión lógica (LDS son las siglas en inglés) prohíbe a una estación transmitir o recibir información. Si la estación secundaria se encuentra en modo de desconexión normal, sólo podrá transmitir una trama cuando reciba autorización expresa para ello por parte de la estación principal. Por el contrario, si la estación se encuentra en modo de desconexión asíncrona, podrá iniciar una transmisión sin recibir autorización, pero sólo podrá enviar una trama, en ella habrá de ir indicada la condición de estación secundaria.
- El estado de inicialización (IS) depende de cada fabricante, y no entra dentro de las especificaciones de HDLC.
- El estado de transferencia de información (ITS) permite a las estaciones principales, secundarias y combinadas enviar y recibir información de usuario. Puede salirse de este estado activando comandos de desconexión.

Mientras una estación permanezca en modo de transferencia de información, podrá emplear para comunicarse cualquiera de los modos citados. Todos estos modos pueden ser activados o desactivados en cualquier momento a lo largo de la sesión, lo cual confiere una gran flexibilidad a las comunicaciones entre diferentes estaciones.

- El modo de respuesta normal (NRM) obliga a la estación secundaria a esperar la autorización explícita de la estación primaria antes de ponerse a transmitir. Una vez recibido este permiso, la estación secundaria comenzará una transmisión de respuesta, que podrá contener datos y que podrá constar de una o varias tramas, enviadas a lo largo de todo el periodo en el que la estación utilice el canal. Una vez transmitida su última trama, la estación secundaria deberá esperar otra vez a que llegue la autorización pertinente antes de volver a transmitir.

- En el modo de respuesta asíncrona (ARM), una estación secundaria puede iniciar una transmisión sin autorización previa de la estación principal (generalmente cuando el canal está desocupado). En la transmisión pueden incluirse una o varias tramas de datos, o bien informaciones de control relativas a los cambios de estado de la estación secundaria. El modo ARM puede descongestionar el sistema en cierta medida, ya que la estación secundaria no necesita someterse a toda una secuencia de sondeo para poder enviar sus datos.
- El modo asíncrono equilibrado (ABM) emplea estaciones combinadas, las cuales pueden iniciar sus transmisiones sin autorización previa de las otras estaciones combinadas.

Hasta el momento, hemos visto que en el HDLC existen tres tipos de estaciones, con tres posibles estados lógicos, y que en el modo de transferencia de información las estaciones pueden trabajar en tres modos de funcionamiento diferente. Además de todo esto, HDLC permite configurar el canal para funcionar con estaciones primarias, secundarias y combinadas.

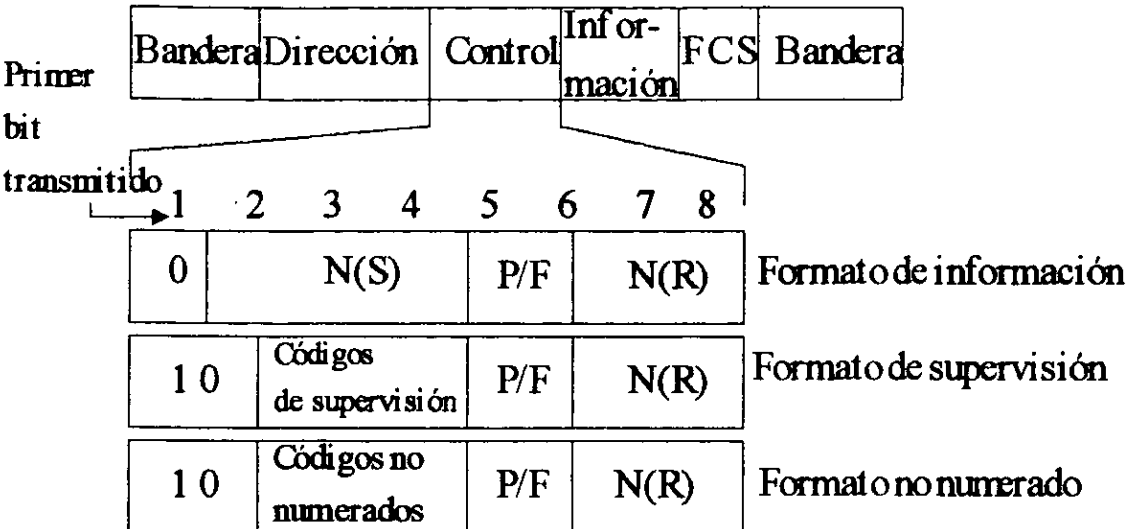
- En configuración no equilibrada, una estación primaria y una o varias estaciones secundarias pueden trabajar como enlaces punto a punto, multipunto, semidúplex o dúplex integral, o con líneas permanentes o conmutadas. Se llama no equilibrada porque existe una estación encargada de gobernar a cada una de las secundarias y de establecer los comandos de activación de los distintos modos.
- La configuración simétrica es la que utilizaba originalmente el estándar HDLC, y es también la que empleaban muchas redes antiguas. Proporciona dos configuraciones punto a punto independientes y no equilibradas. Cada estación tiene su estado principal y su estado secundario, por lo que puede decirse que una estación consta en realidad de dos estaciones lógicas, una de ellas principal y la otra secundaria. La estación principal envía comandos a la secundaria situada en el otro extremo del canal, y viceversa. En la práctica, aunque ambas estaciones posean componentes principales y secundarias separadas, los comandos y respuestas se transfieren a través de un único canal físico. En la actualidad, este mecanismo no es muy utilizado.
- Una configuración equilibrada consta de dos estaciones combinadas unidas por un solo enlace punto a punto, semidúplex o dúplex integral, conmutado o no conmutado. Las estaciones poseen idéntico derecho sobre el canal, y pueden intercambiarse tráfico sin previa solicitud. Cada una de ellas posee la misma responsabilidad sobre el control del enlace.

3.1.2 Formato de la trama HDLC.

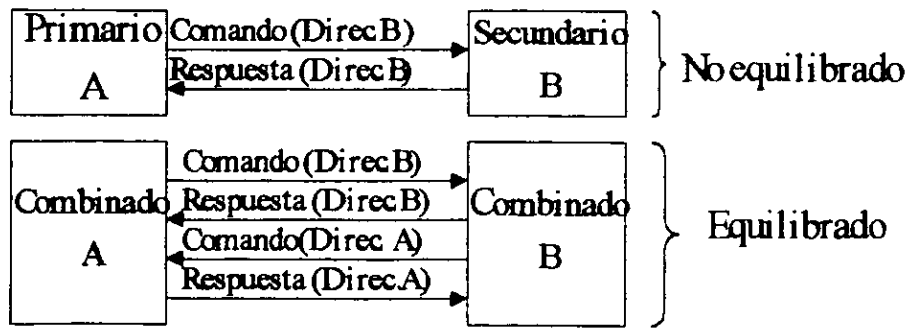
En HDLC se usa el término trama para referirse a una entidad independiente de datos que se transmite de una estación a otra a través del enlace. Existen tres tipos de trama:

- Las **tramas con formato de información** sirven para transmitir datos de usuario entre dos dispositivos. También puede emplearse como aceptación de los datos de una estación transmisora. Asimismo, puede llevar a cabo un limitado número de funciones, por ejemplo funcionar como comandos de Sondeo (Poll).
- Las **tramas con formato de supervisión** realizan funciones diversas, como aceptar o confirmar tramas, pedir que se transmitan tramas, o solicitar una interrupción temporal de la transmisión de las mismas. El uso concreto de este tipo de tramas depende del modo de funcionamiento del enlace (respuesta normal, modo equilibrado asíncrono o modo de respuesta asíncrona).
- Las **tramas con formato no numerado** también realizan funciones de control. Sirven para inicializar un enlace, para desconectarlo, o para otras funciones de control del canal. Incluyen cinco posiciones de bits, que permiten definir hasta 32 comandos y 32 respuestas. El tipo de comando o respuesta dependerá de la clase de procedimiento HDLC de que se trate.

Una trama consta de cinco o seis campos. Toda trama comienza y termina con los campos de señalización o banderas. Las estaciones conectadas al enlace deben monitorizar en todo momento la secuencia de señalización en curso. Una secuencia de señalización es 01111110. Entre dos tramas HDLC puede transmitirse de forma continua señalizaciones. También pueden enviarse siete unos consecutivos para indicar que existe algún problema en el enlace. Quince unos seguidos hacen que el canal permanezca inactivo. En el momento en que una estación detecta una secuencia que no corresponde a una señalización, sabe que ha encontrado el comienzo de una trama, una condición de error o de presencia de un problema o una condición de canal desocupado. Cuando encuentre la siguiente secuencia de señalización, habrá llegado la trama completa.



(a) Formato de la trama HDLC



(b) Reglas de direccionamiento HDLC

Figura 3.1 Formatos y reglas de direccionamiento HDLC.

El *campo de dirección* identifica la estación principal o secundaria que interviene en la transmisión de una trama determinada. Cada estación tiene asociada una dirección específica. Si se trata de una configuración no equilibrada, los campos de dirección de los comandos y de las respuestas contienen la dirección de las estaciones secundarias. En las configuraciones equilibradas, cada trama de comando contiene la dirección de destino, y cada trama de respuesta incluye la dirección de la estación que la envía.

El *campo de control* contiene tanto los comandos y las respuestas como los números de secuencia que se utilizan para llevar la contabilidad del flujo de datos que atraviesa el enlace entre la estación primaria y secundaria. El formato y el contenido del campo de control varían según el uso a que se destine la trama HDLC.

El *campo de información* contiene los datos de usuario propiamente dichos. Este campo sólo aparece en las tramas de información, y no en las de formato no numerado o no equilibrado.

El *campo de comprobación de secuencia* de la trama sirve para saber si ha aparecido algún error durante la transmisión de la trama entre dos estaciones. La estación emisora lleva a cabo un cálculo sobre los datos del usuario, y añade a la trama el resultado de este cómputo, colocándolo en el campo FCS. Por su parte, la estación receptora efectúa un cálculo idéntico, y compara el resultado con el del campo FCS recibido. Si ambos coinciden, es casi seguro que la transmisión no ha sufrido ningún error. Si no es así, habrá surgido algún error, por lo que la estación receptora devolverá un NAK para exigir la retransmisión de la trama. El cálculo cuyo resultado arroja el valor de FCS se conoce como comprobación por redundancia cíclica (CRC).

3.1.3 Transparencia del código y sincronización.

HDLC es un protocolo transparente al código. El control de la línea no radica en ningún código concreto (ASCII/IA5 o EBCDIC, por ejemplo). Además, los patrones de bits de los campos de control suelen residir en posiciones fijas dentro de la trama. El patrón de señalización de ocho bits se coloca al principio y al final de la trama para que el receptor pueda identificar dónde empieza y dónde acaba cada trama. Además de la secuencia específica 01111110, HDLC utiliza otras dos señales. La señal Abortar consta de una secuencia de más de siete pero menos de quince bits de valor 1, y la señal Libre consta de quince o más bits 1. La señal de abortar hace acabar una trama. Una estación emisora la envía cuando encuentra un problema que exige tomar una acción determinada para solucionarlo.

El estado de desocupación del canal sirve, entre otras cosas, para que durante una sesión semidúplex se detecte que el canal está libre y se invierta la dirección de la transmisión. El tiempo que transcurre entre la transmisión real de las dos tramas se conoce como intervalo de relleno entre tramas. Durante este intervalo se transmiten señalizaciones continuamente. Estas señalizaciones pueden estar formadas por series continuas de ocho bits, o combinarse el último cero de la señal anterior con el primero de la subsiguiente.

En caso de que ocurriera que dentro de la serie de datos del proceso de aplicación se insertase una secuencia idéntica al patrón 01111110 de señalización; la estación emisora insertará un cero cuando encuentre cinco bits seguidos en cualquier lugar situado entre dos patrones de apertura y cierre de la trama. Por lo tanto, la inserción de un cero se aplica a los campos de dirección, control, información y FCS. Esta técnica se conoce como inserción de bits.

3.1.4 Campo de control HDLC.

El campo de control define la misión de la trama, y por lo tanto recurre al programa que gobierna el movimiento de tráfico entre las estaciones emisora y receptora. Recordemos que el campo puede tener tres formatos (no numerado, supervisión e información). El campo de control identifica los comandos y respuestas utilizados para gobernar el flujo de tráfico por el enlace. En la Figura 3.2 se ilustran estos comandos y respuestas. Aparecen los comandos y respuestas combinadas tanto en las configuraciones de enlace equilibrado como en las no equilibradas. Cada recuadro contiene tres comandos: SNMR, SARM y SABM. Estos comandos son los de activación de modos.

El formato del campo de control (información, supervisión o no numerado) determina cómo se codificará y empleará éste. El formato más sencillo es el de información. En la Figura 3.1 aparece el contenido del campo de control para este formato. Incluye dos números de secuencia. El número N(S) (secuencia de envío) indica el número de orden asociado a la trama enviada. El número N(R) (secuencia de recepción) indica cuál es el siguiente número de secuencia que espera el receptor. N(R) sirve como asentimiento de las tramas anteriores.

El bit situado en la quinta posición P/F (Poll/Final - Sondeo/Final) sólo es reconocido cuando toma valor 1, y desempeña las siguientes funciones en las estaciones primarias y secundarias:

- La estación principal utiliza el bit P para solicitar a la secundaria información acerca de su estado. También puede expresar una operación de sondeo.
- La estación secundaria responde a un bit P enviando una trama de datos o de estado, junto con un bit F. El bit F puede denotar también el final de una transmisión de la estación secundaria en el modo de respuesta normal (NRM).

El bit P/F se denota como P cuando es la estación principal la que lo utiliza, y como bit F cuando es la secundaria. En cualquier instante dado, sólo puede estar pendiente (a la espera de una respuesta) un bit P. El bit P con valor 1 puede servir de punto de comprobación, es decir, algo así como "respóndeme, porque quiero conocer tu estado". Estos instantes de comprobación revisten una gran importancia en todo tipo de sistemas automatizados.

Comandos y respuestas.

El formato de supervisión de la Figura 3.1 muestra cuatro comandos y respuestas que aparecen en la Figura 3.2. En concreto: Receptor Preparado (Receive Ready - RR), Rechazo (Reject - REJ), Receptor No Preparado (Receive Not Ready - RNR) y Rechazo Selectivo (SREJ). La misión de estos cuatro comandos y respuestas son:

Receptor Preparado (RR) es la respuesta con la que la estación primaria o secundaria indica que está lista para recibir una trama de información; también señala, a través de su campo N(R), la aceptación de tramas recibidas con anterioridad (ambas funciones pueden coexistir). Si la estación había indicado antes que estaba ocupada - mediante un comando RNR -, cuando desee indicar que está libre de nuevo para recibir datos empleará el comando RR. La estación principal puede asimismo emplear este comando para sondear a otra secundaria.

Receptor no preparado (RNR) es la señal que emplea una estación para indicar que está ocupada. Indica a la estación emisora que el receptor es incapaz de aceptar más datos. La trama RNR puede también acusar recibo de tramas anteriores, a través de su campo N(R). La condición de ocupado puede ser cancelada por una trama RR, entre otras.

El *rechazo selectivo (SREJ)* sirve para solicitar la retransmisión de la trama concreta que indica el campo N(R). Al igual que sucede con la información inclusiva, con este mecanismo se aceptan automáticamente todas las tramas hasta la N(R)-1. Mediante este sistema se consigue la capacidad de repetición selectiva. Una vez enviada una señal SREJ, las tramas subsiguientes quedan aceptadas, y se guardan hasta que llegue la retransmisión pedida.

NOEQUILIBRADO
(UN)

Primario Comando	Secundario Respuesta
I	I
RR	RR
RNR	RNR
SNRM	UA
DISC	DM
	FRMR

NOEQUILIBRADO
(UA)

Primario Comando	Secundario Respuesta
I	I
RR	RR
RNR	RNR
SNRM	UA
DISC	DM
	FRMR

EQUILIBRADO
(UA)

Primario Comando	Secundario Respuesta
I	I
RR	RR
RNR	RNR
SABM	UA
DISC	DM
	FRMR

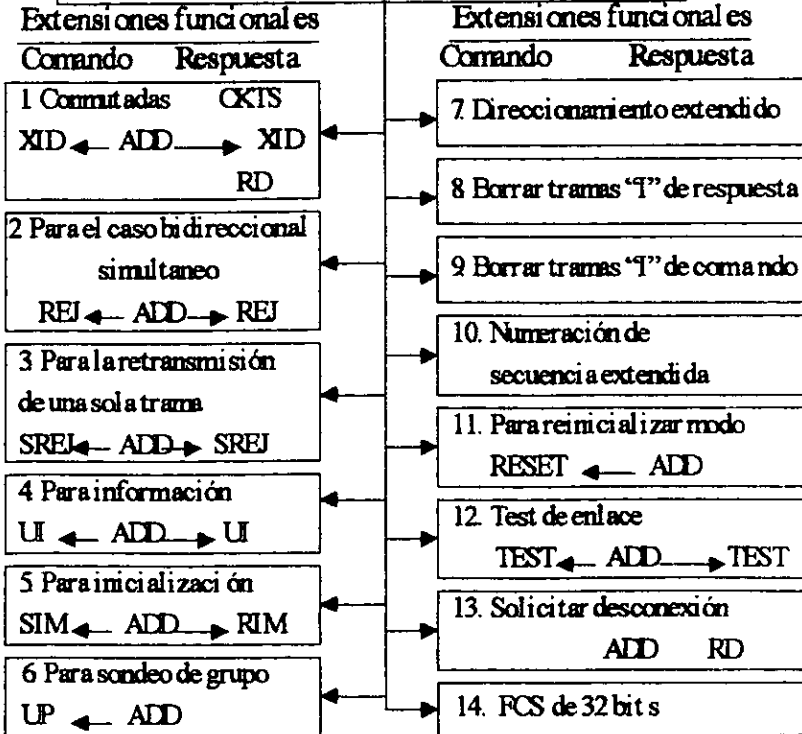


Figura 3.2 Comandos y Respuestas HDLC.

El *rechazo simple* (REJ) se emplea para solicitar la retransmisión de todas las tramas posteriores a la numerada en el campo N(R). Todas las tramas hasta la N(R)-1 quedan aceptadas automáticamente.

El tercer y último formato HDLC proporciona comandos y respuestas no numerados. Este formato sirve para enviar la mayor parte de los indicadores de comandos y respuestas. Los comandos sin numeración se agrupan según la función que realizan en:

- Comandos de activación de modo: SNRM, SARM, SABM, SNRME, SARME, SABME, SIM, DISC.
- Comandos de transferencia de información: UI, UP.
- Comandos de recuperación: RESET.
- Comandos diversos: XID, TEST.

Estos son los comandos/respuestas que ofrece el formato no numerado:

UI (Información no numerada). Este comando permite retransmitir datos de usuario dentro de una trama no numerada (es decir, no sometida a secuenciamiento).

RIM (Request Initialization Mode - Solicitud de modo de inicialización) Esta trama es una solicitud que envía la estación secundaria a la principal para que genere un comando SIM.

SIM (Set Initialization Mode - Activar modo de inicialización). Sirve para inicializar una sesión primaria/secundaria. La respuesta esperada es UA.

SNRM (Set Normal Response Mode - Activar modo de respuesta normal). Coloca a la estación secundaria en modo respuesta normal (NRM). En modo NRM la estación secundaria no puede enviar tramas sin recibir autorización para ello, lo cual significa que todo el control del flujo de tráfico que atraviesa la línea recae en la estación principal.

DM (Disconnect Mode - Desconectar modo). Una estación secundaria transmite esta trama para indicar que desconecta el modo actual (es decir, queda no operativa).

DISC (Desconectar). Cuando una estación principal envía este comando a otra secundaria, ésta queda en modo de desconexión, algo así como colgar un teléfono. Se trata de un comando muy útil en líneas conmutadas. La respuesta esperada es UA.

UA (Unnumbered Acknowledgement - Asentimiento no numerado). Es la confirmación (ACK) que se devuelve al recibir comandos de activación de modo (y también al llegar comandos SIM, DISC y RESET). También sirve para informar que ha concluido el estado de ocupado en una estación.

FRMR (Frame Reject - Rechazo de trama). Una estación secundaria entrega esta trama cuando detecta una trama errónea. No se emplea para expresar errores de bits deducidos del comando CRC, sino para otras condiciones menos habituales. El campo de información contiene el motivo del error. Las tramas de respuesta FRMR se generan cuando se presenta alguna de las siguientes condiciones:

1. Cuando ha llegado un campo de control erróneo en un comando o en una respuesta.
2. Cuando se ha recibido un campo de información demasiado largo.
3. Cuando ha llegado un campo N(R) inválido.
4. Cuando se ha detectado un campo de información no permitido, o una trama de supervisión o no-numerada de longitud incorrecta.

RD (Request Disconnect - Solicitud de Desconexión). Solicitud que envía la estación secundaria para ser desconectada y colocada en estado de desconexión lógica.

XID (Exchange Station Identification - Identificación de la estación de intercambio). Este comando pide a una estación secundaria que se identifique. En sistemas conmutados se usa para determinar cuál es la estación que llama.

TEST. Sirve para solicitar de la estación secundaria una respuesta a determinadas pruebas y comprobaciones.

SARM (Set Asynchronous Response Mode - Activar modo de respuesta asíncrona). Activa un modo que permite a la estación secundaria transmitir sin necesidad de ser sondeada por la estación principal. La estación secundaria queda en modo de transferencia de información (IS) de ARM. Puesto que con SRAM se establecen dos estaciones no equilibradas, el comando SARM debe ser generado en ambas direcciones del enlace.

SABM (Set Asynchronous Balanced Mode - Activar modo asíncrono equilibrado). Activar el modo ARM, en el cual ambas estaciones tienen la misma jerarquía. No es necesario sondear para transmitir, porque cada nodo es una estación combinada.

SNRME (Set Normal Response Mode Extended - Activar modo de respuesta normal extendido). Activa el modo SNMR reservando dos octetos más para el campo de control.

SABME (Set Asynchronous Balanced Mode Extended - Activar modo asíncrono equilibrado extendido). Entra en un modo SABM, reservando dos octetos más para el campo de control.

UP (Unnumbered Poll - Sondeo no numerado). Sondea una estación sin tener en cuenta el secuenciamiento ni las aceptaciones (ACK). Si el bit de sondeo vale 0, la respuesta es opcional. Ofrece una oportunidad para responder.

RESET (Reset - Reinicialización). La estación emisora reinicializa su variable N(S) y la estación receptora hace lo propio con su N(R). Este comando sirve para recuperar información. Las tramas anteriores que no hayan sido confirmadas siguen sin estarlo.

Subconjuntos de HDLC.

La estructura del ámbito HDLC sirve de referencia a los protocolos orientados a bits, que pueden emplear una serie de procedimientos comunes a diferentes aplicaciones. Cada programa de aplicación necesita distintos modos de funcionamiento, y en cada uno de ellos habrá comandos y respuestas específicos para llevar a cabo las diferentes actividades.

El LAP (Link Access Procedure - Procedimiento de Acceso al Enlace) es uno de los primeros subconjuntos de HDLC que aparecieron. Está basado en el comando SARM (Activación de modo de respuesta asíncrona) de HDLC, y funciona sobre configuraciones no equilibradas. La activación de un enlace con LAP es un tanto incómoda, ya que obliga a ambas estaciones a enviar un SARM y un UA antes de establecerlo, lo que no sucede en el LAPB.

LAPB (Link Access Procedure Balanced - Procedimiento Equilibrado de Acceso al Enlace) es utilizado en bastantes redes informáticas de todo el mundo, tanto públicas como privadas. Es un subconjunto del repertorio de comandos y respuestas HDLC. LAPB está clasificado como un subconjunto BA-2,8 de HDLC. Ello significa que, además de emplear el modo asíncrono equilibrado, maneja también las extensiones funcionales 2 y 8. La opción 2 permite el rechazo simultáneo de tramas en transmisiones bidireccionales. La opción 8 no permite transmitir información dentro de tramas de respuesta, lo cual, por otro lado, no supone ningún problema, ya que en modo asíncrono equilibrado la información puede transferirse dentro de tramas de comandos, y además, como las dos estaciones físicas son estaciones principales, ambas pueden transmitir comandos.

LLC (Logical Link Control - Control Lógico del Enlace) es un estándar desarrollado por el comité de normalización IEEE 802. para redes de área local (LAN). Esta norma permite conectar una red local con otra de área extensa. LLC emplea un subconjunto de HDLC, y está clasificado como BA - 2,4. Usa el modo asíncrono equilibrado y las extensiones funcionales número 2 y 4. LLC está diseñado para intercarse entre el nivel de red local y el nivel de red extensa. La unidad de acceso al medio (MAU) contiene protocolos de la red local, y LLC proporciona la interfaz con niveles superiores.

LAPD (Link Access Procedure, D channel - Procedimiento de Acceso al Enlace, canal D) es otro subconjunto de la estructura HDLC, aunque algunas de sus extensiones van más allá del ámbito HDLC. Está pensado para servir de control de enlace en la naciente red digital de servicios integrados (RDSI).

LAPX (LAPB extendido) es otro subconjunto de HDLC, utilizado en los sistemas basados en terminales, y en el nuevo estándar de Teletex. En realidad es una versión semidúplex de HDLC.

3.2 RECOMENDACION X.25 DEL CCITT.

Define la interfaz entre el equipo terminal de datos (ETD) y el equipo de terminación de circuito de datos (ETCD) para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados.

La recomendación X.25 es un conjunto de protocolos,

Los procedimientos establecidos en la recomendación X.25, son compatibles con la norma de ISO HDLC (High Level Data Link Control) basado en el protocolo de línea LAPB (Link Access Procedure Balanced); X.25 es una red de transmisión de datos, sin embargo es algo más que una recomendación, ya que asocia un conjunto de protocolos en cada capa que la conforma.

De esta recomendación vemos que el objetivo principal es establecer procedimientos que sirvan como estándares para llevar la información del usuario desde su equipo terminal de datos (ETD) hasta un punto de acceso a la red pública de datos denominado equipo de terminación de circuitos de datos (ETCD).

Así mismo, describe los formatos que deberán ser utilizados a fin de garantizar el acceso a las facilidades ofrecidas por la red pública de datos (circuitos virtuales permanentes y conmutados), las características de esas facilidades y la manera de establecer un número prácticamente ilimitado de comunicaciones simultáneas a través de la misma interface. Es importante remarcar que X.25 sólo especifica los procedimientos a seguir en esta interface y no define la manera en que la información deberá transportarse, dentro de la red hasta su destino final.

3.2.1 ESTRUCTURA DE LA RECOMENDACIÓN X.25.

La interfaz X.25 tiene una estructura en tres capas que se asocia a las 3 capas inferiores del modelo OSI:

- Capa Física.
- Capa de enlace de datos.
- Capa de paquete.

CAPA FISICA.

El nivel físico asegura la transmisión de bits entre el ETD y el ETCD a través de un canal punto a punto full duplex síncrono, para ello el CCITT ha recomendado las siguientes interfaz:

- Interfaz conforme a la recomendación X.21.
- Interfaz conforme a la recomendación X.21 bis.
- Interfaz conforme a las recomendaciones de la serie V.

X.25 asume que X.21 mantiene activados los circuitos de transmisión (Tx) y de recepción (Rx) durante el intercambio de paquetes, también asume que X.21 se encuentra en estado de enviar datos y recibir datos y que los canales de control (C) e indicación (I) están activados.

Es así como X.25 utiliza la interfaz X.21 que une el ETD y el ETCD como un conducto de paquetes en el cual los paquetes fluyen por líneas (pines) de transmisión (Tx) y de recepción (Rx).

La recomendación toma en cuenta que en muchos países la interfaz X.21 no está muy extendida, X.25 tiene previsto la utilización de la interfaz física X.21 bis/RS-232-C, estas dos interfaz utilizan las asignaciones de circuitos de la Norma V.24 del CCITT.

Capa de enlace de datos.

La capa de enlace de datos es la encargada del establecimiento y liberación de conexiones del enlace de datos, del control de flujo, del control de secuencia de tramas y de la detección de errores. Los procedimientos establecidos en esta recomendación son compatibles con la norma de ISO denominada HDLC (High Level Data Link Control) basado en el protocolo de línea LAPB (Link Access Procedure Balanced).

Las funciones y características más importantes de este nivel son:

- Proteger eficazmente la información de errores en la línea.
- En caso de detectarse errores, asegurar su corrección sin que ocurran pérdidas o duplicación de la información.
- Operar eficientemente, aún en líneas con elevados tiempos de volteo o de propagación.
- Funcionar en modo full duplex y aún en altas velocidades de transmisión.
- Garantizar total transparencia de la información.
- Informa a otros niveles (nivel de paquete o nivel de aplicación), de problemas operativos o de control, para que estos tomen las medidas adecuadas.

El objetivo principal de la capa de enlace de datos es el de proporcionar un canal libre de errores.

Estructura de la trama.

En HDLC se utiliza el término trama para referirse a una entidad independiente de datos que se transmite de una estación a otra a través del enlace. Para la transmisión se utilizan tramas delimitadas por banderas, de acuerdo con el formato que se muestra en la Figura 3.3.

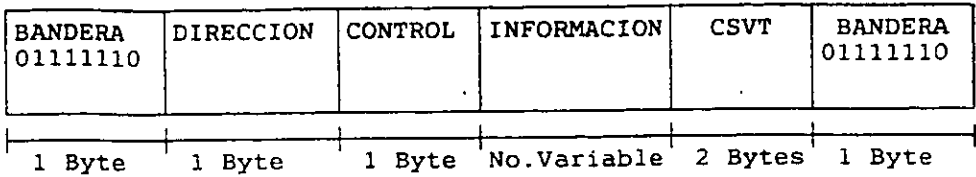


Figura 3.3. Formato general de la trama.

Cada trama consta de 4 campos y 2 banderas:

- Bandera de apertura
- Campo de dirección
- Campo de control
- Campo de información
- Campo de secuencia de verificación de trama
- Bandera de cierre

La función de cada campo es la siguiente:

BANDERA.- Las banderas que definen los límites de las tramas consisten en la siguiente secuencia de bits: 01111110.

Además de indicar el límite de las tramas se pueden transmitir banderas consecutivas para:

- Rellenar el tiempo entre tramas.
- Indicar que el canal está activo antes del establecimiento del enlace.
- Además es posible usar una sola bandera entre dos tramas adyacentes.

CAMPO DE DIRECCIÓN.- La longitud de este campo es de un octeto y su función es identificar una trama ya sea como instrucción o como respuesta.

Una trama de instrucción contiene la dirección del ETCD o del ETD al que se envía la instrucción. Una trama de respuesta contiene la dirección del ETCD o del ETD que envía la trama. Estas direcciones se codifican como sigue:

8 7 6 5 4 3 2 1
DIRECCIÓN A = 3 = 0 0 0 0 0 0 1 1
INSTRUCCIONES ETCD - ETD
RESPUESTAS ETD - ETCD

8 7 6 5 4 3 2 1
DIRECCIÓN B = 1 = 0 0 0 0 0 0 0 1
INSTRUCCIONES ETD - ETCD
RESPUESTA ETCD - ETD

El ETCD descartará todas las tramas recibidas con una dirección diferente de A o B (Funcionamiento monoenlace).

CAMPO DE CONTROL.- El campo de control contiene tanto las instrucciones o comandos y las respuestas como los números de secuencia que se utilizan para llevar la contabilidad del flujo de datos que atraviesa el enlace en la estación primaria y la secundaria.

Longitud:

- 1 octeto para funcionamiento en módulo 8 (básico) y tramas que no contengan números de secuencia para funcionamiento en módulo 128 (ampliado).
- 2 octetos para las tramas que contengan un número de secuencia para funcionamiento en módulo 128.

Para este campo existen tres tipos de trama:

- 1) **TRAMAS DE INFORMACIÓN (I)**, llevan información de la capa superior (capa de paquete) dentro del campo de información. El campo de control de cada trama de información contiene un número de secuencia N(S), un número de secuencia N(R) que puede usarse para acusar recibo de las tramas I previamente recibidas además de un bit P. Utiliza el siguiente tipo de formato:

Formato de Información = Formato I

Este campo contiene información de la capa de red. No se presenta en todos los tipos de trama.

- 2) **TRAMAS DE SUPERVISIÓN**, las funciones para las que se utiliza este tipo de trama son:

- Enviar acuses de recibo de trama I recibidas correctamente.
- Solicitar retransmisión de las tramas I.
- Solicitar una suspensión temporal de la transmisión de tramas I.
- Solicitar el estado del ETD o del ETCD cuando se envían como instrucciones con el bit P = 1.

El campo de control de este tipo de trama contiene una instrucción, un número de secuencia N(R) que puede usarse para acusar recibo de las tramas I previamente recibidas y un bit P/F: Utiliza el siguiente tipo de formato:

Formato de Supervisión = Formato S

- 3) **TRAMAS NO NUMERADAS**, su función es inicializar el enlace, desconectar lógicamente la estación y rechazar ordenes inválidas. El campo de control de este tipo de trama no contiene números de secuencia, pero sí un bit P/F y una instrucción.

Utilizan el siguiente tipo de formato:

Formato no numerado = Formato U

CAMPO DE SECUENCIA DE VERIFICACIÓN DE TRAMA (SVT).

Según la recomendación 2.2.7 CCITT de la REC X.25 dice: La longitud de este campo es de 2 octetos. Su función es la detección de errores dentro de la trama; la notación que se utiliza para describir la SVT se basa en la propiedad de los códigos cíclicos, por lo que un vector de código tal como 1000000100001 puede representarse por un polinomio:

$$P(X) = X^{12} + X^5 + 1$$

Los elementos de una palabra de código de n elementos son los coeficientes de un polinomio de orden $n-1$. En esta aplicación, estos coeficientes pueden tener el valor 0 o 1 y las operaciones polinomiales se realizan en módulo 2.

El polinomio que representa el contenido de una trama se genera utilizando como coeficiente del término de orden superior el primer bit recibido tras la bandera de apertura de trama, el campo de SVT contendrá 16 bits. Será el complemento a 1 de la suma en (módulo 2) de:

1) El resto de la división (en módulo 2) de X^k ($X^{15} + X^{14} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^7 + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X^2 + X + 1$) por el polinomio generador $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$.

Donde k es el número de bits de la trama entre, pero no incluidos, el último bit de la bandera de apertura y el primer bit de la secuencia de verificación de trama, excluidos los bits insertados para asegurar la transparencia, y

2) El resto de la división en (módulo 2) por el polinomio generador $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ del producto de X por el contenido de la trama entre, pero no incluidos, el último bit de la bandera de apertura y el primer bit de la secuencia de verificación de trama, excluidos los bits insertados para asegurar la transparencia.

Con base a lo descrito en el campo de control, será fácil la comprensión de los cuadros que se ilustran en la Figura 3.4 y en la Figura 3.5

Formato	Instrucciones	Respuesta	Codificación					
Transferencia de Información.	I (información)		0	N (S)			P	N (R)
Supervisión	RR (preparado para recibir)	RR (preparado para recibir)	1 0	0 0	0 0 0 0		P/F	N (R)
	RNR (no preparado para recibir)	RNR (no preparado para recibir)	1 0	1 0	0 0 0 0		P/F	N (R)
	REJ (rechazo)	REJ (rechazo)	1 0	0 1	0 0 0 0		P/F	N (R)
No numerado	SABM (paso al modo equilibrado asincrono ampliado)		1 1	1 1	P	1 1 0		
	DISC (esconexión)		1 1	0 0	P	0 1 0		
		DM (modo desconectado)	1 1	1 1	F	0 1 0		
		UA (acuse de recibo no numerado)	1 1	0 0	F	1 1 0		
		FRMR (rechazo de trama)	1 1	1 0	F	0 0 1		

Figura 3.4 Instrucciones y respuestas LAPB-Funcionamiento ampliado (MODULO 16)

Formato	Instrucciones	Respuesta	Codificación			
			0	N(S)	P	N (R)
Transferencia de Información.	I (información)					
Supervisión	RR (preparado para recibir)	RR (preparado para recibir)	1 0	0 0	P/F	N (R)
	RNR (no preparado para recibir)	RNR (no preparado para recibir)	1 0	1 0	P/F	N (R)
	REJ (rechazo)	REJ (rechazo)	1 0	0 1	P/F	N (R)
No numerado	SABM (paso al modo equilibrado asíncrono ampliado)		1 1	1 1	P	1 0 0
	DISC (esconexión)		1 1	0 0	P	0 1 0
		D M (modo desconectado)	1 1	1 1	F	0 0 0
		UA (acuse de recibo no numerado)	1 1	0 0	F	1 1 0
		FRMR (rechazo de trama)	1	1 0	F	0 0 1

Figura 3.5. Instrucciones y respuestas LAPB-Funcionamiento básico (MODULO 8)

CAPA DE PAQUETES.

La capa de paquetes que caracteriza al protocolo X.25 proporciona la función de multiplexaje (estadístico) de canales lógicos sobre un enlace de datos. Por consecuencia, esta capa permite el establecimiento de conexiones múltiples a nivel de paquetes (conexiones virtuales).

Cada canal lógico es independiente de los otros y las funciones de control de errores, reinicialización, control de flujo, establecimiento y liberación de conexiones se ofrecen por otro canal.

La recomendación dice que cada paquete que deba transmitirse a través de la interfaz ETD/ETCD estará contenido dentro del campo de información de la capa de enlace, que delimitará su longitud; el campo de información sólo contendrá un solo paquete.

Las principales facilidades ofrecidas por la capa de paquete son:

- Multiplexaje de canales lógicos en un solo enlace de datos.
- Control de flujo y control de errores a través de la interfaz local ETD/ETCD.
- Facilidades para transmitir paquetes de interrupción.
- Recuperación de errores.
- Llamadas virtuales entre ETD's.
- Circuitos virtuales permanentes

Así mismo, el nivel de paquete define los procedimientos para el control de las llamadas. Esto es el establecimiento y corte de la llamada de recuperación en caso de error, solicitud de facilidades como (llamada por cobrar o servicio prioritario), y señalización (indicaciones de número descompuesto u ocupado, red congestionada etc.).

Por otra parte, X.25 define en el nivel de paquete los formatos de los paquetes para el establecimiento y corte de una llamada virtual a través de un canal lógico veamos a que se refiere un canal lógico y un circuito virtual.

CANAL LOGICO.

Entre el ETD y el ETCD existen varios canales lógicos que son multiplexados sobre una conexión de enlace de datos. Estos canales son entidades locales a la interfaz ETD/ETCD. Por lo tanto, un canal lógico es identificado por el mismo número tanto por el ETD como por el ETCD.

CIRCUITO VIRTUAL.

Para transmitir paquetes entre dos ETD's (usuarios), es necesario establecer una conexión a nivel de paquetes. Esta conexión se logra asociando dos canales lógicos (un canal lógico por cada interfaz ETD/ETCD).

A través de esta asociación entre ETD's denominada "circuito virtual" son transferidos los datos. Así pues, un circuito virtual es aquel en el cual el usuario percibe la existencia de un circuito físico dedicado exclusivamente a la estación que el maneja, cuando en realidad ese circuito "físico" dedicado lo comparten muchos usuarios.

A cada llamada virtual o circuito virtual permanente se asigna un número de grupo de canales lógicos (inferior o igual a 15 y un número de canal lógico superior o igual a 255). Para llamadas virtuales se asigna un número de grupo de canales lógicos y un número de canal lógico durante la fase de establecimiento de la comunicación.

La gama de canales lógicos utilizados para llamadas virtuales se determina mediante acuerdo con la administración en el momento de abonarse el servicio. En la figura 3.6, se muestra un esquema de los canales lógicos y circuitos virtuales en una red con tres ETD.

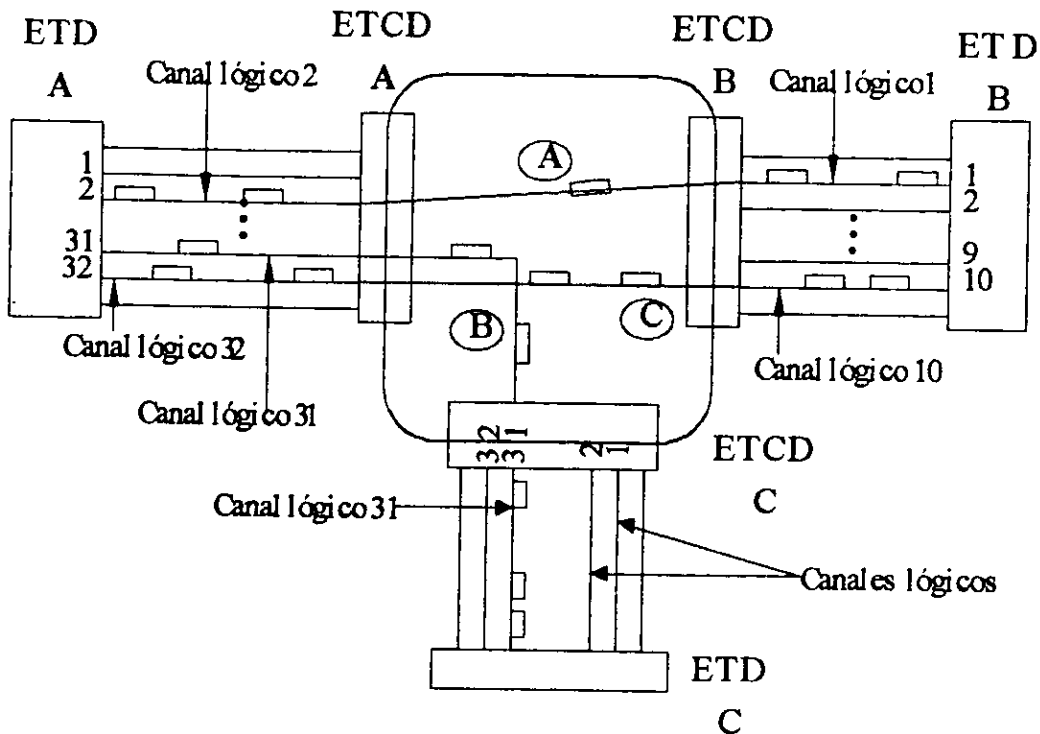


figura 3.6 Canales lógicos y circuitos virtuales.

FORMATO DE PAQUETES.

Cada paquete es enviado siempre dentro de una trama de información tal como se muestra en la figura 3.7, en la que puede observarse el formato general de los paquetes.

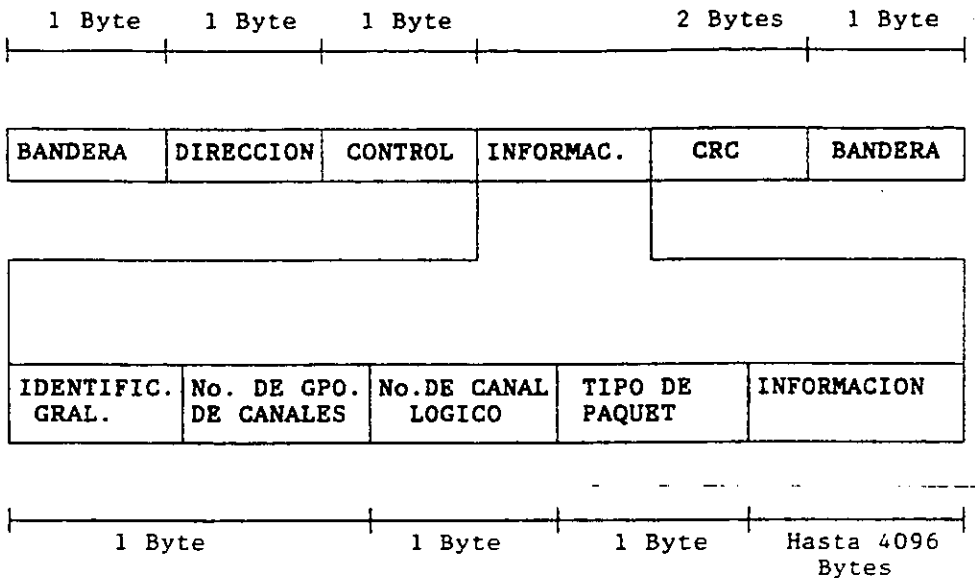


Figura 3.7 Formato general de los paquetes.

Los bit de un octeto se numeran de 8 a 1; el bit 1 es el bit de orden inferior y es el primero que transmite los octetos de un paquete, se numeran consecutivamente a partir de uno y se transmiten en ese mismo orden.

IDENTIFICADOR GENERAL DE FORMATO.

Los cuatro últimos bits del primer octeto contienen el identificador general del formato (IGF) esto permite determinar el contenido del paquete en el resto del encabezamiento. En la Figura 3.8, se muestra la tabla de codificación de estos cuatro bits del IGF.

Identificador general de formato		Octeto 1
		Bits
		8 7 6 5
Paquetes de Establecimiento de Comunicación.	Esquema de numeración secuencial modulo 8	X X 0 1
	Esquema de numeración secuencial modulo 128	X X 1 0
Paquetes de liberación	Esquema de numeración secuencial modulo 8	X 0 0 1
	Esquema de numeración secuencial modulo 128	X 0 1 0
Paquetes control de flujo, interrupción, reiniciación, rearranque, registro y diagnóstico.	Esquema de numeración secuencial modulo 8	0 0 0 1
	Esquema de numeración secuencial modulo 128	0 0 1 0
Paquetes de datos.	Esquema de numeración secuencial modulo 8	X X 0 1
	Esquema de numeración secuencial modulo 128	X X 1 0
Ampliación del identificador general de formato		0 0 1 1
Reservado para otras aplicaciones		* * 0 0

Figura 3.8 Identificador general de formato.

Los bits 5 y 6 del IGF sirven para indicar el tipo de secuenciamiento empleado en las sesiones de paquetes. X.25 admite dos modalidades de secuencia: Módulo 8 y Módulo 128.

El bit 7 del IGF, se le conoce como bit D se utiliza para el procedimiento de confirmación de entrega de paquetes de datos y de establecimiento de la comunicación y se pone a 0 en todos los demás paquetes.

El bit 8 del IGF, se le conoce como bit Q y se emplea para paquetes de datos destinados al usuario final o sea que es el bit calificador en paquetes de datos, para el bit de dirección en los paquetes de establecimiento y liberación de la comunicación y se pone a 0 en todos los demás paquetes.

NÚMERO DE GRUPO DE CANALES LÓGICOS.

El número de grupo de canales lógicos aparece en cada paquete excepto en los paquetes de rearranque de diagnóstico y de registro en las posiciones de bits 4, 3, 2, 1. Para cada canal lógico, este número tiene significado local en la interfaz ETD/ETCD.

NÚMERO DE CANAL LÓGICO (LCN).

El segundo octeto de la cabecera del paquete contiene el número de canal lógico (LCN). Este campo tiene una longitud de ocho bits, en combinación con el número de grupo de canal lógico proporciona los 12 bits que constituyen la identificación completa del canal lógico; por lo tanto, son 4095 los canales lógicos posibles ($2^{12} - 1$).

El LCN 0 está reservado para funciones de control (paquetes de diagnóstico y reinicialización).

Los números de canal lógico sirven para identificar el ETD frente al nodo de paquete ETCD y viceversa, estos números pueden asignarse a:

- a) Circuitos virtuales permanentes.
- b) Llamadas entrantes.
- c) Llamadas entrantes y salientes.
- d) Llamadas salientes.

Cada usuario contrata con los administradores de la red pública de datos, el número de canales y grupo de canales que desea operar. El número de canales contratados corresponderá al número máximo de llamadas que podrá establecer sobre ese circuito.

IDENTIFICADOR DE TIPO DE PAQUETE.

Este campo se encuentra en el tercer octeto de la cabecera de paquete, y sirve para identificar el tipo de paquete. El identificador de tipo de paquete se descompone en dos campos independientes:

Bits	Descripción o valor.
1	0
2-4	Secuencia de envío de paquete P(S).
5	Bit de mas datos "M".
6-8	Secuencia de recepción de paquetes P(R).

En la figura 3.9, se muestran las cabeceras de los formatos de paquetes X.25.

Octeto 3				Octeto 2								Octeto 1								
P(R)	M	P(S)	0	L C N								Q	D	S	S	LGN				
8	7	6		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
												I			G			F		

Figura 3.9 Cabecera de paquete de datos.

LONGITUD DEL CAMPO DE DATOS USUARIO DE PAQUETES DE DATOS.

La longitud máxima normal del campo de datos es de 128 octetos. Pero algunas administraciones pueden optar por ofrecer longitudes del campo de datos de usuario de: 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 y 4096 octetos.

La negociación de longitudes máximas del campo de datos de usuario puede hacerse llamada por llamada por medio de los parámetros de control de flujo.

Sin embargo, algunas redes requieren que los campos de datos de los paquetes contengan un número entero de octetos de lo contrario puede haber pérdida de la integridad de los datos; así también si la longitud del campo de datos de usuario de un paquete de datos excede de la longitud máxima del campo de datos permitida localmente, el ETD reiniciará la llamada virtual o el circuito virtual permanente señalando "error de procedimiento local".

Se realizó un desglosamiento de la Recomendación X.25, por que esta sirvió como plataforma en el surgimiento de la Red Digital de Servicios Integrados. La Recomendación X.25 utiliza el protocolo LAP-B y la RDSI utiliza el protocolo LAP-D ambos son subconjuntos del protocolo HDLC, por ello tienen las mismas señales de control y la estructura de su trama es la misma, solo tienen diferencias de variaciones en la longitud de algunos campos; su principal diferencia es que la Recomendación X.25 utiliza Señalización por Canal Asociado (CAS) y la RDSI utiliza Señalización por Canal Común (CCS); ambos conceptos fueron explicados en el apartado 1.3

Nuestro siguiente tema es una explicación detallada de lo que es la Red Digital de Sistemas Integrados, tema principal de este trabajo de tesis, su estructura y funcionamiento; pero antes de continuar se definirán algunos términos relacionados con lo antes visto de X.25 y con el siguiente tema.

En el ambiente X.25 y RDSI, se maneja el concepto de proceso de aplicación, que se define como la aplicación que maneja el usuario final. Suele tratarse de un programa de ordenador, o a veces de una terminal de usuario. Ejemplos de ello son los programas de contabilidad, de nóminas, los sistemas de reserva de billetes de avión, los paquetes de control de inventarios o los sistemas de gestión de personal.

La aplicación reside en el *equipo terminal de datos*, o ETD. Estas siglas suelen emplearse de forma genérica para aludir a la máquina que emplea el usuario final. Un ETD puede ser un gran ordenador, o una máquina más pequeña, como una terminal o un ordenador personal.

La red proporciona comunicaciones físicas y lógicas entre los ordenadores y terminales conectados a ella. Las aplicaciones y los ficheros emplean el canal físico para efectuar comunicaciones lógicas. En este contexto, al utilizar el término lógico queremos decir que el ETD no tiene por qué conocer los aspectos físicos del procedimiento de comunicación.

Un *equipo de terminación del circuito de datos* (ETCD), también llamado equipo de comunicación de datos, tiene la misión de conectar los equipos ETD a la línea o canal de comunicaciones.

Los ETCD diseñados en los años sesenta y setenta eran dispositivos exclusivamente de comunicaciones. Sin embargo, en los últimos años estos equipos han ido incorporando más funciones de usuario, y hoy en día algunos ETCD contienen parte de los procesos de aplicación. De cualquier modo, la principal misión de un ETCD es servir de interfaz entre el ETD y la red de comunicaciones. Un ejemplo de ello es un simple módem.

La interfaz se especifica y establece mediante protocolos. Los protocolos son acuerdos acerca de la forma en que se comunican entre sí los ETD y los dispositivos de comunicaciones, y pueden incluir regulaciones concretas que recomienden u obliguen a aplicar una técnica o convenio determinados.

Por lo general, son varios los niveles de interfaces y protocolos que necesitan las aplicaciones de usuario para funcionar.

Los ETD y los ETCD pueden conectarse de dos formas "punto a punto", en el cual sólo existen dos dispositivos ETD por cada línea o canal de comunicación ó la configuración "multipunto", en la cual hay más de dos dispositivos conectados a un mismo canal.

Los ETD y ETCD intercambian tráfico siguiendo uno de estos tres sistemas:

Síplex: transmisión en un solo sentido.

Semidúplex : transmisión en ambos sentidos, pero sólo en uno en cada momento (también llamada bidireccional alternada).

Dúplex integral (o dúplex): transmisión en ambos sentidos a la vez (también llamada bidireccional simultánea).

Las ventajas de las redes de comunicaciones no podrían hacerse realidad sin el concurso de un componente muy importante del sistema. Se trata de los *equipos de conmutación de datos* (ECD). La función principal del ECD es conmutar o encaminar el tráfico (datos de usuario) hasta su destino final a través de la red. El ECD proporciona las funciones vitales de encaminamiento por la red, evitando los dispositivos y canales ocupados o fuera de servicio. Asimismo, el ECD puede dirigir los datos hacia su destino final a través de componentes intermedios, que pueden ser, a su vez, otro equipos de conmutación.

3.3 LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI - ISDN)

La RDSI es una red de conmutación de paquetes. Una red de conmutación de paquetes divide a cada mensaje generado en el nodo origen en bloques de tamaño fijo, denominados paquetes, los cuales viajan en forma independiente, siguiendo la mejor ruta disponible dada por las condiciones instantáneas de la red. Al llegar al nodo destino, los paquetes se reensamblan para producir el mensaje original.

La técnica de conmutación de paquetes permite la separación de los flujos de datos en bloques de longitud variable denominados paquetes y facilitar su transporte a través de la red adicionando a la información campos de direccionamiento y señalización empleando los protocolos definidos por el CCITT.

Para entender mejor lo que es RDSI, se da una breve descripción de que significa el acrónimo ISDN (Integrated Service Digital Network).

INTEGRATED - INTEGRADOS: Implica que todas las partes son diseñadas para trabajar en conjunto. Para ISDN esto significa que la última transmisión de voz y datos es integrada en un solo sistema. Al principio la I en ISDN se refería principalmente al uso del mismo sistema para llevar la información de los teléfonos y computadoras. Las compañías de teléfonos esperaron para vender la idea de la integración de voz y datos en un solo sistema, a las compañías con comunicación por computadora sin sus propias oficinas de conmutación.

SERVICES - SERVICIOS: Implica que la red hace algo por nosotros. Los servicios disponibles a través de ISDN incluye servicios portadores, servicios suplementarios, teleservicios y servicios de señalización.

DIGITAL: Es el corazón de la materia. La razón de ser de ISDN. La tecnología digital fragmenta la información dentro de una simple fila de unos y ceros; esto es más barato para transmitir y más flexible para usar que otras formas de información.

NETWORK - RED: Una red enlaza un grupo de equipos, junta así la colección entera de elementos que pueden trabajar juntas e intercambiar información.

Las ventajas de RDSI.

Inicialmente, la atracción primaria de RDSI es la tasa de datos que permite transmitir por un cable de par trenzado (el tipo de cable estándar usado para telefonía) que se encuentra en la casa o en la oficina. La interfaz de tasa básica de RDSI (BRI), el tipo que interesa más a los usuarios, tiene 2 canales B, cada uno con una tasa de datos de 64 kbps. Los canales B, "canales portadores", son usados para la información del usuario. Además, cuenta con un tercer canal, el canal D, que es usado primordialmente para llamadas de control a una velocidad de 16 kbps.

Otro tipo, la interfaz de tasa primaria (PRI - Primary Rate Interface), ofrece 23 canales B a 64 kbps y un canal D a 64 kbps en el sistema norteamericano. En el sistema europeo, un PRI tiene 30 canales B y un canal D.

Otras ventajas de RDSI. El viejo plan del servicio telefónico usa señalización en banda para advertir el control de los eventos tal como una llamada en espera. Una llamada telefónica se interrumpe por medio de un click o algún sonido especial. RDSI utiliza señalización fuera de banda llamada señalización por canal común.

La señalización de fuera de banda provee la información sobre la llamada en progreso y mucho más: números telefónicos, la identidad o los tipos de equipos en uso en la localidad, y la identidad de los tipos de equipos de la localidad de las llamadas de grupo. La señalización de fuera de banda provee esta información en el camino que no interfiere con los usos de aplicación del canal(es) B.

Una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) proporciona conectividad de extremo a extremo para una amplia variedad de servicios. En esencia, todas las informaciones (voz, datos, video, etc.) se transmiten mediante tecnología digital.

RDSI se centra en tres aspectos fundamentales:

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

Interfaz para la RDSI. En la Figura 3.10 se ilustran las interfaz estándar entre el usuario final y la RDSI. El estándar recomendado para la RDSI ofrece un pequeño conjunto de interfaz compatibles que pretende soportar de forma económica una amplia variedad de aplicaciones de usuario. En la propia norma se reconoce que aplicaciones con distintas necesidades y velocidades de transmisión requieren diferentes interfaz. En consecuencia, se dispone de más de un tipo de interfaz. Antes de explicar la Figura 3.10 es preciso definir dos términos, agrupaciones funcionales y puntos de referencia:

- Las *agrupaciones funcionales* son una serie de funciones necesarias en un interfaz de acceso del usuario a la RDSI. Cada una de las funciones incluidas en una agrupación funcional puede llevarse a cabo mediante múltiples elementos físicos (dispositivos) y lógicos (programas).
- Los *puntos de referencia* son los puntos que dividen a las agrupaciones funcionales. Por lo general, un punto de referencia se corresponde con un interfaz entre dos dispositivos.

Consideremos las interfaces de RDSI el empiezo desde el medio entre el usuario y la compañía telefónica y trabajar hacia atrás a través del sistema del usuario; también se observa el equipo que tiene el usuario. Veremos rápidamente las interfaz usadas por la compañía telefónica.

La interfaz U es la encargada de unir la capa del usuario con la oficina central de conmutación. Las señales eléctricas especifican la sesión del flujo de la interfaz U a través del cable entre el conmutador de la oficina central y la casa u oficina del usuario.

En Norteamérica, el usuario es responsable de suministrar todo el equipo desde la interfaz U para la transmisión a través de su sistema. Para este punto, es importante mencionar los términos como NT1, NT2 y TA. En los estándares estos representan la definición de los bloques funcionales. En el mundo real usualmente se piensa en ellos como dispositivos físicos, pero eso no es nada para mantener la diversidad de estas funciones desde que son incorporadas dentro de un dispositivo individual.

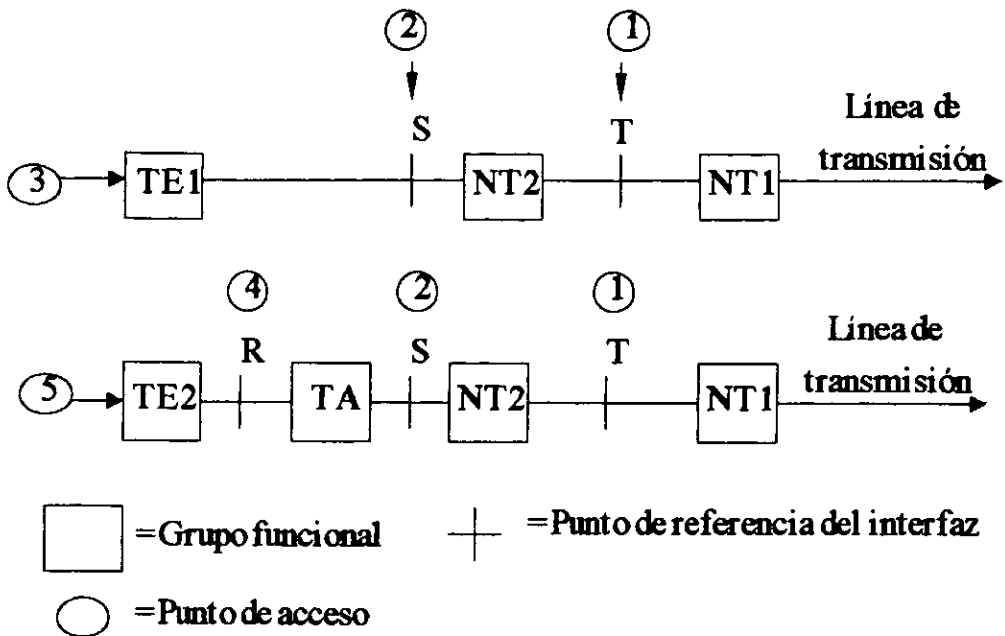


Figura 3.10 Configuraciones básicas RDSI.

Básicamente el lado de la interfaz U transmite la información full duplex sobre un solo par de cables. Esto significa que la información viaja en ambas direcciones simultáneamente. Consecuentemente, la conversión a la interface S/T fragmenta la señal dentro de dos trayectorias, una transmite, una recibe.

Cual es cual depende ya sea que el usuario lo vea desde el punto de vista del NT1 o una pieza del equipo terminal; lo que es transmisión para uno es recepción para otro. Cada señal es ahora transmitida sobre un par separado, y así se le permite al usuario conectar múltiples dispositivos.

Un tercero o igual un cuarto par también serán conectados al NT1; cada uno de estos pares adicionales es usado para proporcionar potencia a otros equipos del sistema del usuario. En muchos casos, especialmente estos equipos implican computadoras.

La Figura 3.11 muestra los detalles finales del extremo del usuario. Esto excluye la interfaz S/T que puede fragmentarse en dos. Si el usuario tiene designado un PBX para RDSI el NT1 lo conecta usando la interfaz T y el PBX conecta el otro equipo del usuario usando la interfaz S. En términos de estándar el PBX del usuario esta ejecutando las funciones del NT2. Eléctricamente, el punto S y T son exactamente lo mismo; esto es lo que se llama interfaz S/T.

En la Figura 3.10 se ilustra una configuración de referencia para el interfaz entre el usuario y la RDSI. Las seis agrupaciones funcionales que se muestran emplean tres tipos distintos de puntos de referencia. Los puntos de referencia S y T emplean las estructuras de interfaz con el canal recomendadas en la norma I.412 de la RDSI. La interfaz física para el punto de referencia R obedece a otras recomendaciones del CCITT o de la EIA (por ejemplo, XD.21, V.24 y RS-232-C).

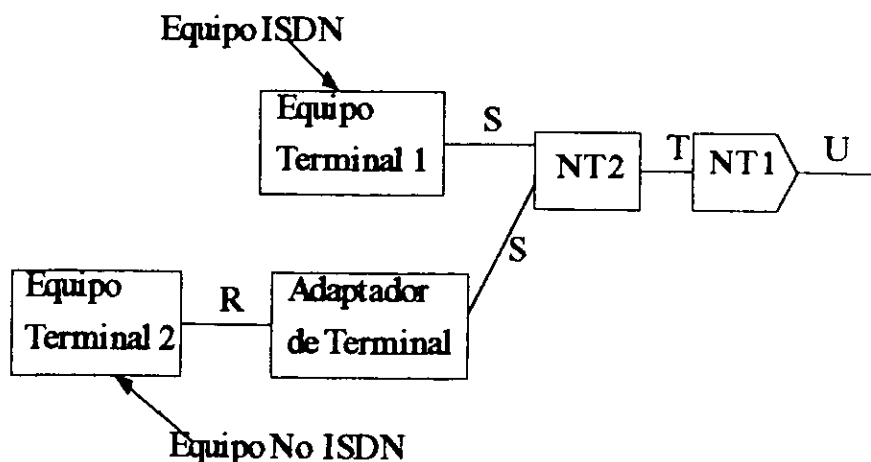


Figura 3.11 Interfaces RDSI del extremo del usuario.

La RDSI ofrece también puntos de acceso. Las definiciones de los puntos de acceso son las siguientes: los puntos de acceso 1 (punto de referencia T) y 2 (punto de referencia S) son los puntos de acceso a los *servicios portadores* soportados por la RDSI. Los servicios portadores abarcan los tres niveles inferiores de la RDSI según el modelo ISA.

Los puntos de acceso 3 y 5 emplean *teleservicios*, los cuales comprenden los niveles superiores del modelo ISA para la RDSI (y pueden emplear también servicios portadores). El punto de acceso 4 comprende otros servicios estandarizados por el CCITT, que dependen de las recomendaciones X y V concretas que están utilizándose en los adaptadores de terminales (TA).

La agrupación funcional NT1 (terminación de la red 1) incluye funciones equivalentes a las del nivel físico del modelo de referencia ISA. Estas funciones están asociadas a las conexiones físicas y eléctricas de la red. Estas son las principales funciones de la NT1:

- Terminación de la línea.
- Mantenimiento de la línea en el nivel 1 y monitorización de prestaciones.
- Señalización y sincronismo de transmisión.
- Suministro de energía al canal.
- Posible multiplexado en el nivel de la capa 1.
- Terminación del interfaz, que puede incluir, si es preciso, terminaciones multipunto.

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

Las funciones del NT2 (terminación de la red 2) son equivalentes a las del nivel físico y los niveles superiores del modelo ISA. Como ejemplo de funciones NT2 podemos citar las centralitas privadas (PBX), las redes de área local (LAN) y los controladores de terminales o concentradores. En otras palabras, la NT2 funciona como interfaz con el equipo del usuario final. Como se ve en la figura, los equipos del usuario terminan en la NT2 conectándose a través de un punto de referencia S. Puesto que la NT2 puede ser una centralita, una red local o un controlador de terminales, puede llevar a cabo funciones como la conmutación, multiplexado o gestión de protocolos. Sus principales responsabilidades abarcan el manejo de los protocolos de los niveles 2 y 3.

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

Estas son las funciones de la NT2 y de la NT12:

- Manejo de protocolos para los niveles 2 y 3.
- Multiplexado para los niveles 2 y 3.
- Funciones de conmutación.
- Funciones de concentración.
- Funciones de mantenimiento de la red activa.
- Terminación de las funciones del nivel 1.

En resumen:

- El Equipo Terminal 1 (TE-1 Terminal Equipment 1) define las funciones ejecutadas por los dispositivos terminales que son diseñados para RDSI. Ellos conectan directamente a la interfaz S/T e incluye un teléfono con tecnología RDSI o una terminal de computadora.
- El Equipo Terminal 2 (TE-2 Terminal Equipment 2) simplemente incluye todos los otros dispositivos terminales que no son diseñados para RDSI. Para el uso de RDSI con este equipo, el usuario necesitará un adaptador de terminal (TA).
- Un Adaptador de Terminal (TA Terminal Adapter) ejecuta las funciones necesarias para conectar equipos que no tiene tecnología RDSI (ET2). Así llegamos a la interfaz final en el lado del usuario. Los adaptadores de terminal crean la interfaz R.

Las funciones de equipo terminal (TE) representan los dispositivos del usuario final (ETD). No sólo incluyen los ETD, sino también otros dispositivos, como los teléfonos digitales de usuario y las estaciones de trabajo integradas que se encuentran en algunas oficinas. Estas son las funciones de los TE:

- Manejo de protocolos de nivel superior.
- Funciones de mantenimiento.
- Funciones de interfaz.
- Funciones de conexión con otros equipos.

En la RDSI se definen dos tipos de TE. El TE1 (Equipo Terminal Tipo 1) opera con la RDSI a través de un interfaz RDSI. Los equipos TE2 (Equipo Terminal Tipo 2) requieren un interfaz más convencional, como RS-232.

El Adaptador de Terminal (TA) es en realidad un convertidor de protocolo que transforma los interfaces existentes - RS-232-C, V.24 ó X.21 - en un interfaz RDSI estándar. Las normas de la RDSI permiten combinar la función del TA con la de un ETD de usuario. Su principal función es ofrecer una conexión RDSI a un dispositivo TE2.

Las especificaciones de la RDSI ofrecen una flexibilidad considerablemente mayor de la que puede sugerir la Figura 3.10. La Figura 3.12 muestra ocho posibles configuraciones RDSI alternativas.

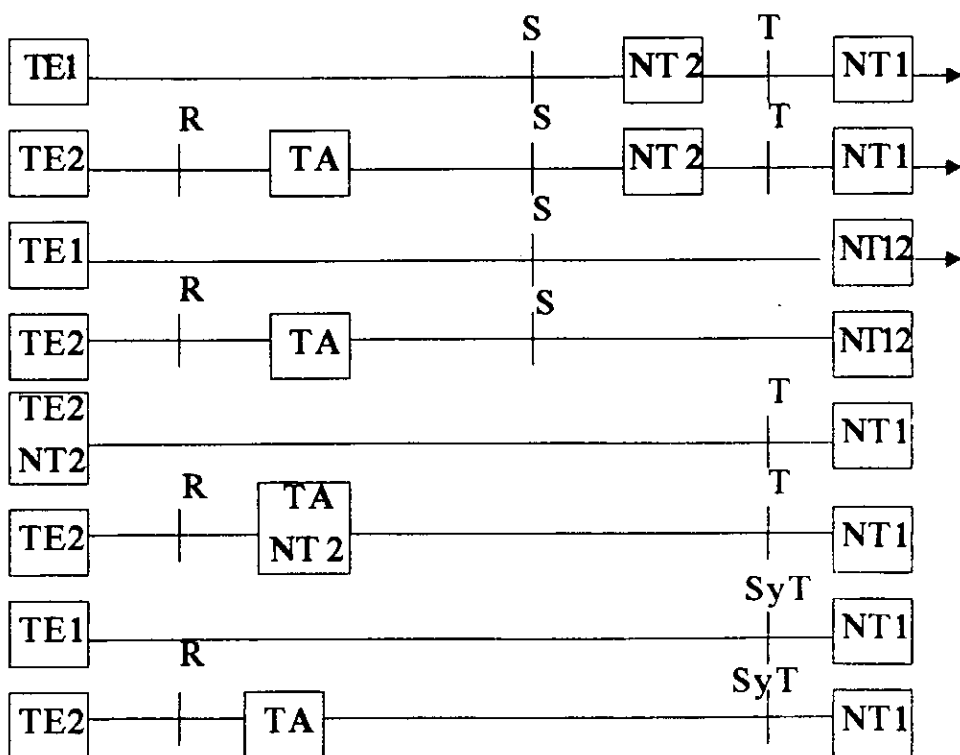


Figura 3.12 Otros interfaz alternativos de la RDSI

El conector estándar para la RDSI es una versión para ocho canales del conector de cuatro canales que se suele emplear en los enchufes telefónicos domésticos y de oficinas. El conector de ocho hilos para el enchufe macho y hembra de la RDSI tienen fijación propia, y son compatibles con los conectores existentes. Una vez más, el conector RDSI se aplica a las interfaces S y T de acuerdo con las normas RDSI.

Canales RDSI. El interfaz más habitual soporta una velocidad binaria de 144 kbps. Esta velocidad incluye dos canales de 64 kbps, llamados canales B, y un canal de 16 kbps, llamado canal D. Además de estos canales, la RDSI proporciona el control de trama y otros bits adicionales, con los cuales el caudal total se eleva a 192 kbps. El interfaz de 144 kbps opera de forma síncrona en modo dúplex integral a través del mismo conector físico. La señal de 144 kbps proporciona los mecanismos de multiplexado por división temporal para los dos canales de 64 kbps. La norma admite el multiplexado de los canales B en varios subcanales. Así, por ejemplo, de un canal B pueden extraerse subcanales de 8, 16 ó 32 kbps. Los dos canales B pueden descomponerse o dividirse como el usuario desee.

Los canales B están pensados para transportar flujos de información de usuario. Pueden atender diversos tipos de aplicaciones. Por ejemplo, pueden transportar voz a 64 kbps, datos para utilidades de conmutación de paquetes a velocidades de hasta 64 kbps, o voz en banda ancha de hasta 64 kbps.

BRI (Basic Rate Interface)

RDSI usa la interfaz de tasa básica (BRI - Basic Rate Interface) para liberar dos canales de 64 kbps cada uno. Estos canales B son designados para transportar la información del abonado que quiera transmitir a través de la red. Existe un tercer canal que corre a 16 kbps. Este canal es usado principalmente para el control del flujo de información a través de la red. Este permite establecer llamadas y también eliminar enlaces, monitorear la red, y otras funciones de nivel alto. Como el canal D está separado de los canales B, la señalización es llamada señalización por canal común. Esta es una forma de señalización de fuera de banda, por definición, no en la misma banda como los canales portadores de datos.

Los canales B son con los que más trabajan los usuarios. Una trama BRI provee dos canales de 64 kbps cada uno. Esto es como tener dos líneas telefónicas independientes. Cada uno tiene un número telefónico diferente. El término propio aquí es número de directorio (DN Directory Number).

De hecho, el usuario tendrá diversos números de directorio para cada canal B. Esto le permite al usuario tener diversos dispositivos en el lado del multipuerto S/T del NT1 del usuario, con cada dispositivo se tienen diferentes números de directorio. Por ejemplo, el usuario puede tener una máquina de FAX, un teléfono y una computadora todos usando un canal B, pero cada uno con un número de directorio diferente. Este trabajo es a través del canal de señalización D con cada dispositivo.

Por supuesto estos deben de ser TE-1, terminal RDSI, tipos de dispositivos que pueden comunicarse con el canal D y hacer que esto suceda.

Como se menciono anteriormente RDSI es una comunicación full duplex; esto significa que ambos, el transmisor y el receptor, son transmitidos sobre el cable al mismo tiempo. Para realizar está comunicación: mucha de la magia proviene desde la estructura de la trama de RDSI de la capa uno.

La Figura 3.13 muestra una trama transmitida desde el transmisor de red a una pieza del equipo terminal. Para hacer esto más concreto. El terminador de red que probablemente tenga el usuario es llamado un NT-1 y es una pequeña caja tal vez del tamaño de una portada de un libro. Digamos que el equipo terminal que el usuario tiene esta hecho para tomar la señal de RDSI y pasarla al puerto serial de su computadora por una especie de módem.

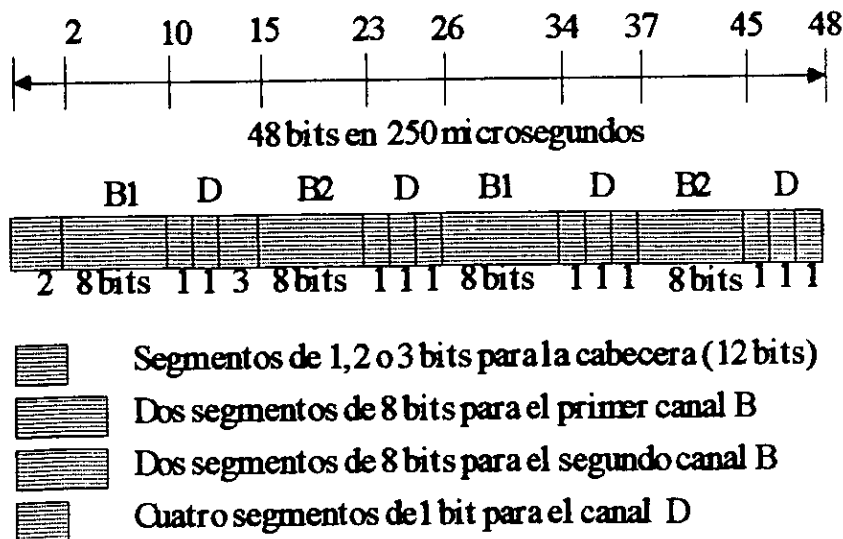


Figura 3.13 Trama RDSI para la interface S/T.

La Figura 3.13 muestra una trama RDSI transmitida desde el NT-1 al "módem RDSI" del usuario. Desde que la trama viaja por el módem del usuario, la trama provee la información transmitida a la computadora del usuario y este flujo es recibido en el canal. Cada trama transporta 48 bits. Dieciséis bits para cada canal B y cuatro bits para el canal D. Este es un total de 36 bits. Los 12 bits que sobran son parte de la trama y otra información de cabecera. La duración de la trama es de 250 μ segundos para que sea transmitida en su totalidad. La tasa total de datos transmitidos es de 192 kbps, tomando en cuenta la cabecera.

Examinando la Figura 3.13, podemos observar lo siguiente:

- Ocho bits son enviados por el canal B1.
- Después se envía un bit por el canal D.
- Después se envían ocho bits por el canal B2.
- Después se envía un bit por el canal D.
- Después los ocho bits restantes para el canal B1.
- Después un bit para el canal D.
- Después los ocho bits finales para el canal B2, y
- Por último el bit final del canal D.

Después de una pequeña cabecera, todo está listo para empezar otra vez. Esto pasa en ambos lados, en el transmisor y en el receptor formando el circuito full duplex.

Interfaz de tasa primaria PRI.

La interfaz de tasa primaria (PRI - Primary Rate Interface) es más o menos la misma. En Norteamérica, esta tiene 23 canales B y un canal D, pero este canal D tiene una capacidad de 64 kbps. En Europa un PRI tiene 30 canales B y un canal D de 64 kbps. En Norteamérica una línea portadora T1 esta definida como compuesta por 24 canales de voz para un total de tasa de datos de 1.544 megabits/segundo. En Europa, el sistema correspondiente tiene 30 canales de voz usando 2.048 megabits/segundo. Cuando se desarrollo RDSI, la diferencia entre los 1.544 Mbs de un T1y el 2.048 Mbs de un E1 es la portadora transmitida.

El PRI proporciona otros tipos de canales, como los canales H. Los canales H son comúnmente disponibles en diferentes tasas de datos:

- H0 a 384 kbps.
- H10 a 1472 kbps (Todos los canales del sistema Norte Americano excluyendo el canal D).
- H11 a 1536 kbps (Todos los canales del sistema Norte Americano en un PRI).
- H12 a 1912 kbps (Todos los canales del sistema europeo).

El canal H11 es un caso interesante donde se hace uso de los veinticuatro canales de 64 kbps en un PRI. Esto significa otro PRI con un canal D que es usado para control.

Canal de señalización D.

El canal D es común a los canales de control B. En otros servicios, tal como el viejo plan de servicio telefónico, el control de la información de la red telefónica es transportado por el mismo canal que la información del usuario.

Una vez que la llamada es establecida, el canal D no es utilizado sin justificación y puede estar disponible para usarse en tráfico de paquetes. La llamada de control siempre toma prioridad sobre el uso de paquetes, pero la capacidad del canal D es ideal para tales cosas como identificación de tarjeta de crédito y una terminal simple para sesiones del servidor.

La interfaz de tasa básica de RDSI entrega tres canales separados para su uso; 2B+D, 2 canales B a 64 kbps cada uno + un canal D para señalización a 16 kbps.

El canal D está pensado para transportar información de control y señalización, aunque en ciertos casos la RDSI permite que el canal D transporte también datos de usuario. No obstante, no hay que olvidar que el canal B no transporta información de señalización. En la RDSI, la información de señalización se describe como paquetes de tipo S, los paquetes de datos como de tipo P, y los datos de telemetría como paquetes de tipo T. El canal D puede transportar datos de cualquiera de estos tipos, mediante multiplexado estadístico.

Algunas personas han llegado a afirmar que RDSI es el canal D. Sin el canal D, se podría perder la señal portadora de los canales B y las técnicas de señalización que perderían bits de estos canales.

El canal D llega a ser el vehículo de señalización. Esta señalización, como ya se menciono anteriormente, es llamada "señalización por canal común" es como una separación de canales para señalización usado en común por dos o más canales portadores que llevan el tráfico actual de información. Las llamadas telefónicas nunca son interrumpidas por que la señal de llamada esta en espera por ejemplo, esta se envía sobre el canal D. Cuando tal señalización llega al teléfono con tecnología RDSI el usuario determina que pasara. Aunque una pantalla en el teléfono muestra el número o nombre de grupo. El monitor de la computadora del usuario detecta una llamada y el conmutador de la base de datos asocia el registro con la llamada de grupo.

En cualquier caso no hay necesidad para señalización en el mismo canal como se usa para hablar. De hecho, no hay lugar para señalización en el canal B. Toda señalización toma lugar en el canal D:

- Cuando se levanta el auricular de un teléfono con tecnología RDSI, el teléfono envía un mensaje de "establecido" sobre el canal D a la oficina central de conmutación.
- El conmutador recibe el mensaje del canal D y cambia el tono del sintonizador para seleccionar el canal B.
- Cuando se marca el número telefónico, este manda cada dígito al conmutador sobre el canal D.
- Después de que el último dígito es marcado, el conmutador apaga el tono de marcar en el canal B.
- Cuando el conmutador ha recibido suficientes dígitos para completar la llamada, este manda un mensaje de "procesando la llamada" al teléfono del usuario sobre el canal D.
- El conmutador envía un mensaje "de establecimiento" al teléfono, el teléfono del usuario llama sobre el canal D del teléfono.
- La llamada telefónica envía un reconocimiento al conmutador.
- Cuando la llamada telefónica es finalizada, el teléfono envía un mensaje de establecimiento al conmutador sobre el canal D.
- Esto es esperado ya que el teléfono será un tipo multiboton así la contestación de grupo ahora seleccionara el botón para su llamada; este manda un mensaje de conexión al conmutador sobre el canal D.
- Ahora el conmutador envía un mensaje de "conexión" al teléfono del usuario sobre el canal D y realiza la conexión del canal B con la llamada de grupo.
- Ahora el usuario puede hablar.

Durante la llamada, el usuario observara un destello en su panel de mensajes y escuchara un sonido desde el teléfono, el usuario observara en el monitor de su computadora y encontrara una llamada entrando. Ningún enlace del grupo será interrumpido por tonos o clicks; toda la señalización de la llamada en espera es hecha a través de un canal D separado mientras que la llamada del usuario se procesa por el canal B. El usuario puede seleccionar su propia fuente del grupo y mantenerlo, presionando el botón en el teléfono o seleccionando la conexión en la computadora. El usuario puede saltar hacia atrás y hacia adelante entre grupos o entre distintos grupos de llamadas en espera o alquilar llamadas de conferencia seleccionadas. Todo esto es posible debido a la flexibilidad de la señalización del canal D.

Con RDSI, la industria telefónica esta haciendo la misma clase de transición que la industria de la computación realizando un enlace desde una terminal al servidor de una red o persona-a-persona y a una red de área local cliente/servidor.

Se espera que esta evolución continúe. Con las redes de paquetes, los protocolos toman más funciones que reemplazan las funciones de los históricos conmutadores esperando a ver una central simple de conmutador de oficinas, protocolos para redes más complejos y equipo más variado con opciones. Todos estos resultados desde el movimiento de la información digital en los ciclos locales y el canal D común al canal de señalización; estos son todos los elementos de RDSI.

Entre los conmutadores, la Señalización de Sistemas Número 7 (SS7) hace posible que se realicen estas acciones. Sin la SS7, la mayor parte que tiene el canal D tal vez no existiría.

Con 128 kbps para dos canales B y 16 kbps para el canal D, el usuario encontrara y tendrá acceso a una línea con una capacidad de 144 kbps para una interfaz de tasa básica. En realidad, 160 kbps es usado solo para BRI. Existen otros 16 kbps asociado con un BRI esto no es frecuentemente mencionado. Estos 16 kbps son usados para realizar el monitoreo y mantenimiento. Aunque la función más importante de estos 16 kbps adicionales son para intercambiar información de chequeo. Además de todo esto, se tienen otros 32 kbps tomados para encabezados; el sistema RDSI eléctricamente transporta la tasa de datos a 192 kbps.

Cuando un paquete de información es transmitido, el dispositivo transmisor inserta un nombre que es el resultado del calculo basado en valores numéricos asignados a los contenidos del paquete. En el dispositivo receptor, el mismo calculo es ejecutado sobre la información recibida. Si los resultados son diferentes, habrá un error en el dispositivo receptor solicitando la retransmisión. Esta señalización toma lugar sobre el canal adicional de 16 kbps. En suma, la compañía telefónica ejecuta el sistema de examen usando este canal; aquí se tiene otra ventaja de RDSI, un excelente trato de exámenes y diagnóstico de errores que serán recibidos en los conmutadores de oficinas centrales de la compañía telefónica sin envío de archivos.

La RDSI exige que los interfaces del canal B para los puntos S y T obedezcan a una de las siguientes estructuras de interfaz:

Opción1: estructuras de interfaz para el canal B. La estructura básica de interfaz está compuesta por dos canales B y un canal D. La estructura básica de interfaz exige siempre la presencia de dos canales B y uno D en el interfaz del usuario con la red; la velocidad binaria del canal D es de 16 kbps. Esta opción es la que se menciono anteriormente como 2B + D.

Opción2: estructuras de interfaz para el canal B con velocidad de primario. Esta alternativa ofrece estructuras que corresponden a las velocidades habituales de 1,544 Mbps y 2,048 Mbps. Los canales primarios están formados por canales B y un canal D.

En esta opción, la velocidad binaria del canal D es de 64 kbps. La norma americana de 1,544 Mbps exige una estructura de interfaz formada por 23 canales tipo B y un canal tipo D (23B + D). El esquema europeo de 2,048 Mbps requiere una estructura de interfaz compuesta por 30 canales tipo B y un canal D (30B + D).

Opción 3: estructuras de interfaz para el canal B con velocidad de primario alternativa. Esta opción puede emplearse cuando un dispositivo NT2 se conecta a la red a través de más de un canal B. Para la velocidad de 1,544 Mbps, la estructura del interfaz constaría de 23 canales B y un canal E (23B + E), mientras que para 2,048 la estructura incluiría 30 canales B y un canal E (30B + E).

Niveles de la RDSI. El método que sigue la RDSI consiste en atender al usuario a través de los siete niveles del modelo ISA. Para ello, la RDSI se divide en dos tipos de servicios - servicios portadores, encargados de manejar los tres niveles inferiores del estándar de siete niveles; y teleservicios (por ejemplo, el teléfono, el Teletex, el Videotex, el manejo de mensajes), que manejan los siete niveles y suelen aprovechar las posibilidades de los servicios portadores. Estos servicios se conocen como funciones de nivel bajo y de nivel alto, respectivamente. Las funciones de la RDSI se establecen de acuerdo con los principios de estratificación que determinan las normas ISA y del CCITT.

Capa de enlace de datos RDSI.

Demos un paso hacia la capa dos y veamos dentro de la más compleja trama creada en este nivel. La Figura 3.14 muestra una vista simplificada del formato de la trama usados para los protocolos envueltos:

- LAPD: es el protocolo usado por el canal D llamado procedimiento de acceso al enlace para el canal D.
- LAPB: es el protocolo usado por el canal B usando modo de conmutación de paquetes.
- LAPF: procedimiento de acceso al enlace para modo trama de servicios portadores también para modo de conmutación de circuitos.

Los detalles dentro de la trama tendrán diferencias entre estos protocolos, pero básicamente el formato de la trama es el mismo (excepto para LAPF, el cual combina el campo de dirección y de control dentro de un solo campo de 16 ó 32 bits).

En la capa uno solo se observaran bits. Aquí veremos como se transporta la información codificada en 0's y 1's.

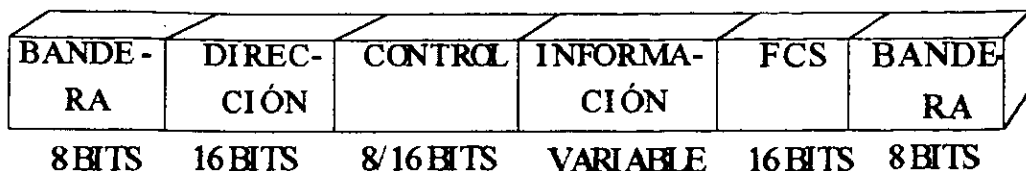


Figura 3.14 Formato de trama de RDSI para el nivel dos, nivel de enlace de datos.

Capa de red RDSI.

El control de capa de red es transportado dentro del campo de información de la capa 2 (capa de enlace). La obligación principal de esta información es para el control de llamada a través del canal D. Las recomendaciones Q.930 y Q.931 son los estándares implementados para este control. Existen tres tipos amplios de mensajes cuando se usa un enlace en modo circuito.

- Llamada establecida.
- Llamada de información en fase.
- Llamada liberada.

Los servicios suplementarios son controlados por el estándar Q.932. Este permite funciones tales como llamada en espera y retener una llamada.

Conmutación de paquetes.

Ambos canales B1 y B2 y el canal D pueden transmitir el tráfico de paquetes de conmutación. La conmutación actual se llevara a cabo para cualquier conmutación de paquetes de redes de datos públicos o de un conmutador RDSI

Solo el canal B de conmutación de paquetes es soportado en el paquete de conmutación del modelo de red de datos públicos. La llamada se establece en la red pública a través del canal de señalización D como cualquier otra llamada.

El canal B entonces transmitirá el tráfico de paquetes. Cuando se usa un conmutador público se tiene la desventaja de que surjan conexiones a cualquiera con acceso a este conmutador no importando que el acceso sea o no sea a través de RDSI.

Protocolo LAPD.

LAPD. La RDSI proporciona un protocolo de enlace que permite a los ETD comunicarse entre sí a través del canal D. Este protocolo es el LAPD, un subconjunto de HDLC. LAPD opera en el nivel de enlace de la arquitectura ISA. El protocolo es independiente de la velocidad de transmisión y requiere un canal dúplex transparente a los bits.

El formato de trama LAPD es muy similar al de HDLC. Además, al igual que HDLC, ofrece la posibilidad de transmitir tramas no numeradas, de supervisión y de transferencia de información. LAPD puede funcionar además en Modulo 128. El octeto de control que se emplea para distinguir entre el formato de información, el de supervisión y el formato no numerado es idéntico al de HDLC. LAPD proporciona dos octetos para el campo de dirección (ver Figura 3.15), lo cual es útil para multiplexar varias funciones en el canal D. El campo de dirección contiene los bits de extensión del campo de dirección, un bit que indica si se trata de un comando o una respuesta, un identificador del punto de acceso al servicio (SAPI), y un identificador de punto final del terminal (TEI).

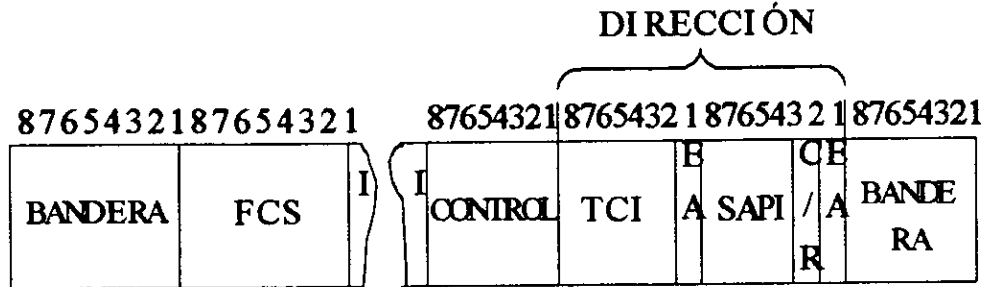
La extensión del campo de dirección sirve para ampliar el número de bits de la dirección. La presencia de un 1 en el primer bit de un octeto del campo de dirección indica que se trata del último octeto de la dirección. Así, una dirección de dos octetos tendrá un campo de extensión de la dirección con un 0 en el primer octeto y un 1 en el segundo. El bit de extensión del campo de dirección permite utilizar, si se desea, tanto el SAPI en el primer octeto como el TEI en el segundo.

El bit del campo de comando/respuesta (C/R) indica si la trama es un comando o una respuesta. Cuando el usuario envía comandos, pone a 0 el bit C/R, mientras que para las respuestas el bit C/R vale 1. La red hace justo lo contrario - envía comandos poniendo a 1 el bit C/R, y responde poniendo este bit a 0.

El *identificador del Punto de Acceso al Servicio (SAPI)* señala el punto en el que se ofrecen los servicios del nivel de enlace al nivel inmediatamente superior (es decir, al nivel 3).

El *Identificador de Punto de Final del Terminal* indica si se trata de un solo terminal (TE) o de varios. El TE1 se asigna automáticamente mediante un procedimiento independiente de asignación.

Como comentábamos anteriormente, el campo de control identifica el tipo de trama, además de los números de secuencia que se utilizan para mantener las ventanas y los asentamientos entre los dispositivos emisor y receptor.



- BANDERA=01111110
 - EA=Bit de extensión del campo de dirección
 - C/R=Bit de comando respuesta
 - SAPI=Identificador de punto de acceso al servicio
 - TCI=Identificador de punto final del terminal
 - I=Campo de información
 - FCS=Secuencia de comprobación de trama
- Identificación de conexión del enlace (DLCI)

Figura 3.15. Formato de trama LAPD.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN.

4.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.

Durante más de un siglo, el sistema telefónico ha representado la infraestructura fundamental para la comunicación internacional. Este sistema que se diseñó para transmisiones analógicas de voz, ha demostrado que es inadecuado para resolver las necesidades de las comunicaciones modernas, como por ejemplo, la transmisión de datos, facsímil y vídeo. La demanda de los usuarios de estos y otros servicios, ha propiciado que se establezca un compromiso internacional para sustituir una parte considerable del sistema telefónico, en el mundo entero, por un sistema digital muy avanzado, durante la última parte del siglo veinte. A este nuevo sistema se le conoce como ISDN (Integrated Service Digital Network, por sus siglas en inglés) ó RDSI (Red Digital de Servicios Integrados, por sus siglas en español), y su principal objetivo consiste en la integración de los servicios de voz, datos y vídeo en una misma red, sin necesidad de una red especializada para cada uno.

Este nuevo sistema (la Red Digital de Servicios Integrados) representa el comienzo de una nueva era en las telecomunicaciones. Nuevos servicios, con una amplia gama de características orientadas a futuro (ya no muy lejano), determinan la red del mañana. Modernos equipos de comunicación como teléfonos digitales, terminales de función múltiple y telecopiadoras, hacen su entrada en las oficinas. El continuo aumento de las telecomunicaciones requiere nuevas velocidades de transmisión. A la vez, se elevan las exigencias de calidad del servicio.

Para que la introducción de la RDSI resulte rentable, ésta ha de basarse en las redes existentes. Mientras que para la transmisión entre centrales se utilizarán los sistemas MIC (Modulación por Impulsos Codificados) ya en servicio, la técnica de conmutación deberá digitalizarse. La señalización entre centrales empleará el protocolo de comunicación de datos denominado SS7 (Sistema de Señalización Número 7), el cual ya se ha descrito en el capítulo I.

En la línea de acceso del abonado son también imprescindibles importantes modificaciones. Se han desarrollado nuevos métodos digitales para transmitir la información del usuario y la señalización entre el abonado y la central.

Al respecto, la utilización de las líneas de acceso telefónico ya tendidas desde los edificios a la central, representan la premisa fundamental para un desarrollo rápido y económico de la nueva red. Asimismo, deberá casi centuplicarse el actual ancho de banda de transmisión de 4 kHz en estas líneas. La integración de los servicios hace que las exigencias de calidad de transmisión ya no estén determinadas por las comunicaciones telefónicas, sino por otros servicios que reaccionan más sensiblemente a los errores. Así, las breves perturbaciones sufridas durante una conversación telefónica solo producen un crujido que prácticamente no afecta la comprensión de la palabra. Por el contrario, en servicios de transmisión de textos y datos, los errores ocasionan la repetición de uno o varios bloques, lo que reduce el volumen eficaz de tráfico e incrementa los tiempos de respuesta.

Así también, la transmisión digital de señales hasta el equipo terminal del abonado hace necesario introducir un nuevo método para transmitir la información de selección y señalización. El sistema de selección por impulsos o por multifrecuencia se sustituye por un protocolo de comunicación de datos (Protocolo del canal D).

4.2 ADAPTADOR DE TERMINAL.

A continuación se realizara una breve descripción de las funciones realizadas por el Adaptador de Terminal (AT) que puede ser un bloque funcional individual o pueden encontrarse juntos, en un mismo bloque funcional, un Adaptador de Terminal y un Terminador de Red Módulo 2 (AT y NT2).

El Adaptador de Terminal (AT) es en realidad un convertidor de protocolo que transforma los interfaz existentes (RS-232C, V-24 ó X21) en un interfaz RDSI estándar. Las normas de la RDSI permiten combinar la función del TA con la de un ETD de usuario. Su principal función es ofrecer una conexión RDSI a un dispositivo TE2.

El conector estándar para la RDSI es una versión para ocho canales del conector, de cuatro canales, denominado RJ-45 (Norma ISO 8877), que se suele emplear en los enchufes telefónicos domésticos y de oficinas.

4.2.1 NIVELES FUNCIONALES DE LA RDSI.

El método que sigue la RDSI consiste en atender al usuario a través de los siete niveles del modelo OSI. Para ello, la RDSI se divide en dos tipos de servicio:

- Servicios portadores. Encargados de manejar los tres niveles inferiores del estándar de los siete niveles.
- Teleservicios. Manejan los siete niveles y suelen aprovechar las posibilidades de los servicios portadores (por ejemplo, el teléfono, el teletex, el videotex, el manejo de mensajes, etc.)

Estos servicios se conocen como funciones de nivel bajo y de nivel alto, respectivamente. Las funciones de la RDSI se establecen de acuerdo con los principios de estratificación que determinan las normas OSI y las normas del CCITT.

4.3 PROTOCOLOS DE LÍNEA USADOS.

En la RDSI, ambos datos, analógicos y digitales, son transmitidos usando señales digitales. Una señal digital es una secuencia de pulsos de voltaje transmitidos que son usados para representar una corriente de datos binarios. Por ejemplo, una constante de nivel de voltaje positivo representa el número binario cero y una constante de nivel de voltaje negativo representa el número binario uno. Si el diagrama de codificación es cada vez más complejo mejor es la calidad de la representación. A continuación veremos los códigos de línea que son usados en RDSI.

4.3.1 Código de línea AMI.

En primer lugar tenemos el código AMI (Inversión de Marcas Alternadas). Este código representa los unos mediante pulsos cuya polaridad va alternando de un uno al siguiente. Al hacer esto, la señal se vuelve bipolar (ver Figura 4.1).

Ejemplo de secuencia de bits

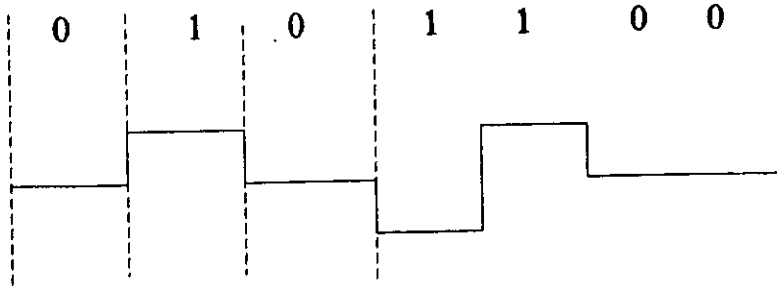


Figura 4.1. Código de línea AMI.

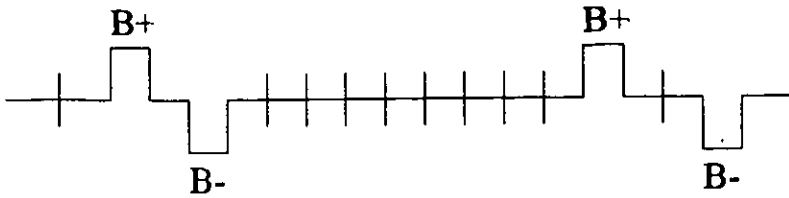
Sin embargo el código AMI presenta algunos problemas cuando aparece una larga serie de ceros durante una transmisión. Los componentes del sistema no pueden sincronizar de ninguna forma los bits cero, ya que el estado de la línea no cambia.

4.3.2 Código de línea HDB3.

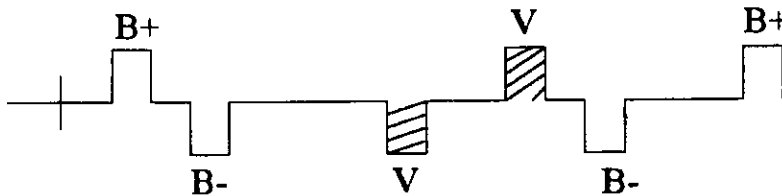
Para superar la situación antes descrita en el código AMI, se idearon otros códigos que tuvieran mayor polaridad. El más usual es el código HDB3 (High Density Bipolar-3 Zeros) ó Alta Densidad Bipolar-3 ceros. Este código es comúnmente usado en Europa y Japón.

En este código no se permiten más de tres ceros consecutivos, esto es, cada vez que se presenta una secuencia prolongada de ceros, está se divide en grupos de cuatro, y el cuarto cero se sustituye por un pulso de violación (V). Además, para lograr mayor bipolaridad si el pulso siguiente al de violación es otro cero se sustituye por un pulso bipolar extra. Esto se ejemplifica en la Figura 4.2.

Supongamos que tenemos la señal AMI siguiente:



Para convertir a HDB3, cada cuarto cero consecutivo se sustituye por un pulso de violación con la misma polaridad que el pulso bipolar inmediatamente anterior.



Cuando el pulso siguiente al de violación es cero, se añade un pulso adicional con polaridad contraria al inmediato anterior:

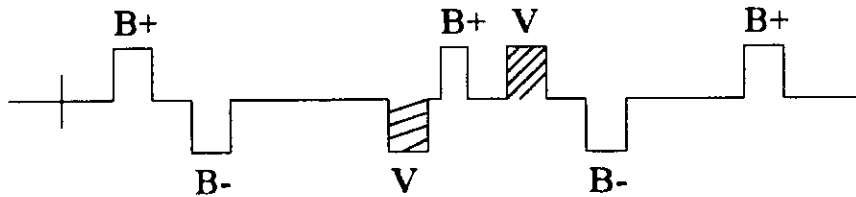


Figura 4.2. Código de línea HDB3

4.3.3 Código de línea B8ZS.

Otro código de línea comúnmente usado en Norteamérica es conocido como B8ZS (Bipolar with 8-zeros substitution) ó Sustitución Bipolar con 8-ceros. Este código está basado en el AMI bipolar.

La codificación de B8ZS es como sigue:

- Si ocurre un grupo de 8 ceros (un octeto) y el pulso de voltaje (ó el bit) precedente a éste octeto de ceros consecutivos fue POSITIVO entonces los ocho ceros del octeto son codificados como 000 + - 0 - +.
- Si ocurre un grupo de ocho ceros (un octeto) y el pulso de voltaje (ó el bit) precedente a éste octeto de ceros consecutivos fue NEGATIVO entonces los ocho ceros del octeto son codificados como 000 - + 0 + -.

Esto se ejemplifica en la figura 4.3.

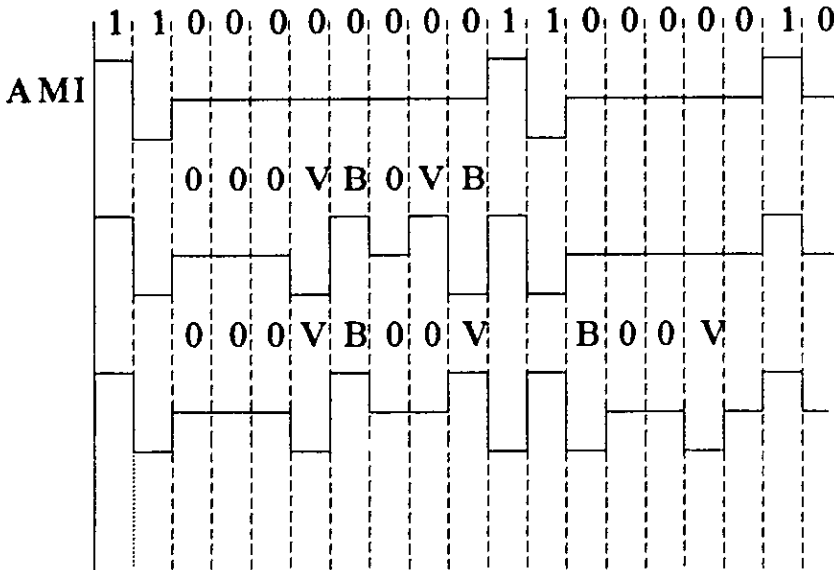


Figura 4.3. Código de línea B8ZS.

4.3.4 Código de línea 2B1Q.

La técnica del código de línea especificado en la recomendación T1.601 de la ANSI es conocido como código 2B1Q (Two Binary One Quaternary). Este código provee una mayor eficiencia en el uso del ancho de banda y cada elemento de señalización está representado por dos bits en lugar de uno. Son usados cuatro niveles diferentes de voltaje. Puesto que cada elemento de la señal puede tomar uno de cuatro posibles valores, son transportados dos bits de información. La tabla 4.1 muestra la definición de 2B1Q.

Son usados dos niveles de voltaje positivo y dos niveles de voltaje negativo. Correspondientemente a cada nivel de voltaje en un par de bits. El primer bit es "uno" si la polaridad del pulso es positiva y "cero" si la polaridad es negativa. El segundo bit es "uno" si la magnitud del pulso es 0.833 V y "cero" si la magnitud del pulso es 2.5 V. A cada una de las cuatro combinaciones de 2 bits se le ha asignado un símbolo. Los cuatro valores listados que están debajo del título "Quaternary Symbol" de la tabla 4.1, son nombres simbólicos, no valores numéricos. La Figura 4.4 ejemplifica el código 2B1Q.

PRIMER BIT (POLARIDAD)	SEGUNDO BIT (MAGNITUD)	SÍMBOLO CUATERNARIO	NIVEL DE VOLTAJE (V)
1	0	+3	2.5
1	1	+1	0.833
0	1	-1	-0.833
0	0	-3	-2.5

Tabla 4.1. Niveles de señalización del código de línea 2B1Q.

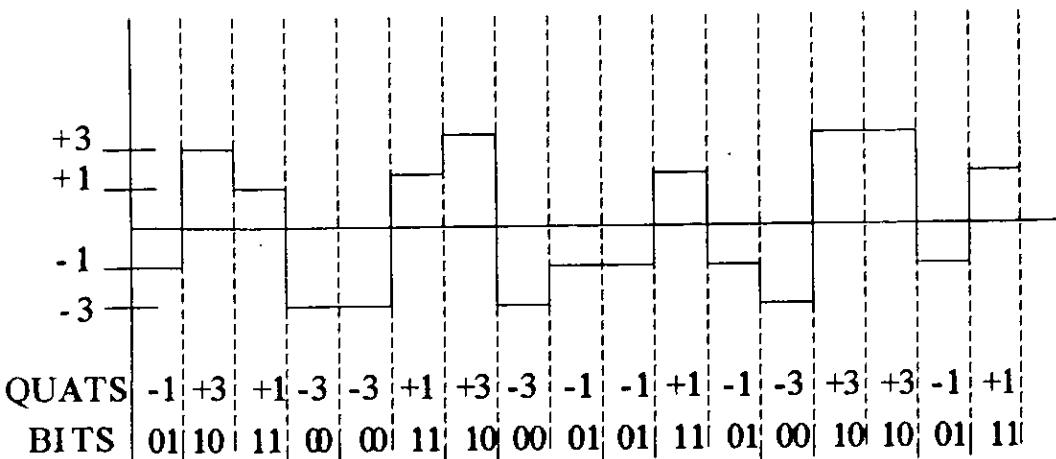


Figura 4.4. Código de línea 2B1Q.

4.3.5 Código de línea 4B3T.

El código 4B3T, es un código ternario. Se creó con el fin de aprovechar al máximo el canal de comunicación pues, para una palabra de ocho bits se tendrían $3^8 = 6561$ posibilidades de código binario. Este código agrupa 4 bits binarios dentro de tres dígitos ternarios. Se requieren de 16 de las 27 posibilidades de las palabras de tres dígitos para representar las palabras binarias de 4 bits. La tabla de éste código se muestra en la tabla 4.2.

PALABRA BINARIA	PALABRA TERNARIA		
	-	0	+
0000	---		+++
0001	-0		++0
0010	-0-		+0+
0011		0-	0++
0100	-+		++-
0101	+-		+ - +
0110	+ -		- ++
0111	-00		+00
1000	0-0		0+0
1001	00-		00+
1010		0+-	
1011		0+	
1100		+0-	
1101		-0+	
1110		+ - 0	
1111		- + 0	

Tabla 4.2. Tabla correspondiente al código de línea 4B3T.

Las palabras ternarias de la segunda columna están balanceadas en su contenido de corriente directa. Las palabras de código de la primera y la tercera columna son seleccionadas alternativamente para mantener el balance de corriente directa. Si se han transmitido más pulsos positivos que negativos, se selecciona la primera columna. Si se transmiten más pulsos negativos, se escoge la tercera columna.

El diagrama de la Figura 4.5 ejemplifica la utilización de este código.

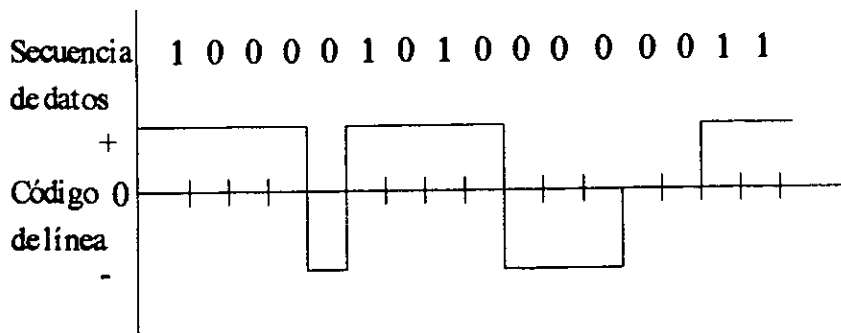


Figura 4.5. Código de línea 4B3T.

4.4 FUNCIONES DE UN ADAPTADOR DE TERMINAL (TA).

En los primeros años de su operación comercial la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) estará ampliamente basada en los sistemas “existentes” de terminales, proporcionándoles un medio adaptado de conexión dependiendo de las interfaz específicas de las terminales, las cuales se denominan “R” ó punto de referencia “R”, en la terminología RDSI.

Así, la función primaria de cada TA será proporcionar la “conectividad” hacia la red ó redes, soportando de esta forma la interfaz “S”. El SST (Sistema de Normalización Telefónica) ha definido el protocolo correspondiente a cada interfaz ya especificada por una recomendación internacional.

- I.461 – Para terminales con interfaz X.21 y X.21 bis (redes públicas de conmutación de circuitos).
- I.462 – Para terminales con interfaz X.25 (redes públicas de conmutación de paquetes).
- I.463 – Para terminales de la serie V (con módem).

Además de éstas recomendaciones, las cuales están dedicadas a interfaz con redes de datos, otro adaptador es necesario para llevar a cabo una importante función en la fase de apertura de la RDSI: el adaptador entre la interfaz analógica clásica y una interfaz RDSI.

Este adaptador llamado A/S permitirá la conexión, vía una interfaz "S" a la RDSI, de varias terminales "comunes" trabajando en línea con la red telefónica analógica.

De una forma general el adaptador es también adecuado para terminales conectadas a cualquier red especializada via una interfaz analógica tradicional. Estas terminales pueden ser módems que proporcionan interfaces de teleproceso clásico ó terminales con módem integrado (facsimil, etc.), ó terminales del tipo "periteléfono" (por ejemplo las máquinas contestadoras).

4.4.1 FUNCIONES DE ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD.

La figura 4.6 muestra esquemáticamente las funciones de adaptación de velocidad dentro del Adaptador de Terminal (TA).

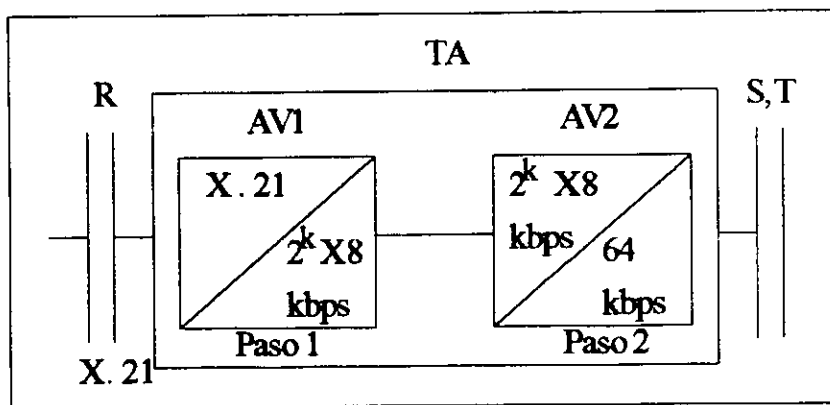


Figura 4.6. Funciones de adaptación de velocidad en el TA.

PRIMER PASO: Velocidades X.21 a velocidades de 8/16 Kbps (intermedias)

ESTRUCTURA DE TRAMA.

La conversión de velocidades a 8 kbps se realizará mediante la estructura de trama de 40 bits que se representa en la Figura 4.7. Esta misma trama es utilizada para la conversión de velocidades de las clases de usuario 6 a 16 kbps.

	NUMERO DE BIT							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Octeto 0								
Tramas impares	0	0	0	0	0	0	0	0
Tramas pares		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Octeto 1	1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	SQ
Octeto 2	1	P7	P8	Q1	Q2	Q3	Q4	X
Octeto 3	1	Q5	Q6	Q7	Q8	R1	R2	SR
Octeto 4	1	R3	R4	R5	R6	R7	R8	SP

Figura 4.7. Trama de 40 bits para la conversión de velocidades a 8 y 16 Kbps.

La Figura anterior nos muestra que se emplea una multitrama, aparte de la trama básica que es todo el cuadro, constituida por dos tramas. En las tramas impares, el octeto "0" contiene todos sus bits puestos a "0", mientras que en las pares este octeto está constituido por un bit de valor 1 seguido de siete bits "E". El orden de la información de la transmisión de los bits en la trama de 40 bits (Figura 4.7) es de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

SEÑALIZACIÓN. Los bits "E" proporcionan la capacidad de señalización para el transporte de información relativa a la velocidad de datos del usuario.

BITS DE ESTADO SP, SQ Y SR. Estos bits se utilizan para transportar información de estado asociada al canal. Los dígitos de estado SP, SQ y SR portan las señales de control que son intercambiadas a través del punto de referencia R desde un DTE a otro, y el dígito X esta disponible para la opción del flujo de control de usuario-usuario. Así que estos dígitos son transmitidos dentro de la capacidad del canal B, y ellos evidentemente constituyen el control dentro de la banda (ó asociada al canal).

Cabe mencionar que en los bits SP, SQ, SR y X, un CERO corresponde al estado “cerrado” y un UNO al estado “abierto”.

BITS P,Q Y R: Los grupos de dígitos P1 a P8, Q1 a Q8 y R1 a R8 constituyen los datos del usuario en un total de 24 bits por trama.

SINCRONIZACIÓN DE TRAMA. El esquema de alineación de trama de 17 bits consiste en los 8 bits (todos puestos a cero) del octeto “0” en las trama impares y el bit 1 (puesto a 1) de los 9 octetos consecutivos siguientes de la multitrama con una longitud de 80 bits. El primer bit del octeto “0” alterna entre 1 y 0 en tramas consecutivas por lo que constituye un bit de sincronización de multitrama.

SEGUNDO PASO: ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD AV2.

El procedimiento descrito en éste segundo paso adaptará la velocidad de un solo tren binario de 8, 16 ó 32 kbps a un canal B a 64 kbps. Las posiciones de bit en el octeto del canal B se suponen numeradas de 1 a 8, siendo la posición de bit 1 la primera que se transmite.

El procedimiento es el siguiente:

- a) El tren a 8 kbps debe ocupar la posición de bit 1.
El tren a 16 kbps debe ocupar las posiciones de (1,2).
El tren a 32 kbps debe ocupar las posiciones de bit (1, 2, 3, 4).
- b) El orden de transmisión de los bits del tren de velocidades inferiores tiene que ser idéntico antes y después de la adaptación de la velocidad.
- c) Todas las posiciones de bit no utilizadas se deben de poner a UNO binario.

4.5 IMPORTANCIA DE UN TERMINADOR DE RED MÓDULO 2, (NT2) EN LA TOPOLOGÍA DE LA RDSL.

Un NT2 es un dispositivo para múltiples usuarios que proporciona conexión con un cierto número de ET1 y/o ET2 + AT (por ejemplo, una centralita privada). Proporciona interfaces S para estos dispositivos terminales asociados y se conecta a la red a través de un interfaz T.

Las funciones realizadas por el NT2 son:

- Manejo de los protocolos para los niveles 2 y 3.
- Multiplexado para los niveles 2 y 3.
- Funciones de conmutación.
- Funciones de concentración.
- Funciones de mantenimiento de la red activa.
- Terminación de las funciones del nivel 1.

Un NT2 puede ser un PBX, una LAN ó un controlador de terminales, los cuales pueden llevar a cabo funciones como la conmutación, multiplexado ó gestión de protocolos.

4.5.1 FUNCIONES DE UN NT2.

Las principales responsabilidades que abarca un NT2 son el manejo de los protocolos de los niveles 2 y 3 del modelo OSI, en este capítulo se realiza la implementación del NT2 describiendo como realiza estas funciones de manejo de los protocolos de los niveles OSI ya mencionados, para establecer, mantener y terminar un enlace.

La siguiente implementación se realizara basándose en las normas del CCITT.

El objetivo de la instalación de un NT2 es proporcionar una interfaz entre la frontera de la red y el usuario

4.5.2 INTERFACES PARA LA RDSI.

En los capítulos anteriores se han mencionado las diferentes interfaces que proporciona la RDSI para el transporte de la información a través del enlace físico. Ya que una de las funciones del NT2 es la terminación de la capa física según la arquitectura OSI, y de acuerdo con los objetivos del presente trabajo de tesis, se presentara de una forma más detallada estas interfaces y sus características (la estructura de su trama, la alineación de trama y otras características de importancia para esta implementación) así como los servicios que proporciona a la capa de enlace de datos.

Para iniciar el intercambio de información en la capa física, primero se debe de realizar un Hand Shake entre el equipo terminal y el Terminador de Red módulo 2; este Hand Shake consiste en el intercambio de señales INFO, las cuales se dividen en 5 y se presentan a continuación:

INFO 0. Esta señal representa la ausencia de intercambio de señales.

INFO 1. Representa el intercambio de la señal binaria 00111111 entre el ET y el TR2, que indica la capacidad de iniciar la activación de la interfaz.

INFO 2. Representa el intercambio de señales entre el TR2 y el ET. El TR2 enviara una trama constituida de 48 bits, (esta trama es usada por el acceso usuario-red basico y se explicara más adelante), en esta trama todos los canales B, D y E de eco se encontraran en su valor CERO binario.

INFO 3. Es una señal de notificación de sintonía transmitida del ET, hacia el TR2. Esta señal será idéntica a INFO2 con la variante de que el bit A estara desactivado.

INFO 4. Es una señal de confirmación de sincronía y es transmitida del TR2 al ET. Esta señal será idéntica a INFO2 con la variante de que el bit A estara activado.

TIPOS DE INTERFACES.

Una interfaz física, es la frontera común entre equipos físicos. Una interfaz usuario-red es aquella en la cual se aplican los protocolos de acceso, y se encuentra localizada en el punto de referencia S ó T.

Este trabajo de tesis solo abarcara la interfaz usuario-red acceso básico e interfaz usuario-red acceso primario; existe otra interfaz, la interfaz usuario-red acceso banda ancha, pero el estudio de este último es muy extenso y no entra dentro de los objetivos de este trabajo.

La interfaz usuario-red acceso básico esta ante todo diseñada para los tipos de los usuarios de hogares privados o pequeños negocios. Ejemplos específicos son el teléfono digital, terminales de datos síncronos o asíncronos, computadoras personales, facsímil e impresoras.

Diversos tipos de dispositivos de telemetría de velocidad baja de datos tales como alarmas de seguridad, medición remota y equipos de control están también incluidos. Las velocidades pico de datos generales en aplicaciones que implican estos dispositivos típicamente son de 64 kbit/s.

La interfaz usuario-red acceso primario esta diseñada para aceptar terminales de video de exploración lenta o terminales de video de cuadro congelado, dispositivos de audio de alta calidad, terminales gráficas de alta velocidad y facsímil digital. Más componentes complejos de comunicación de datos tales como redes de área local son también apropiados. Las velocidades de los datos para los dispositivos utilizando la interfaz usuario-red acceso primario alcanza hasta los 2 Mbit/s.

La interfaz usuario-red acceso banda ancha proporciona la capacidad requerida para la transmisión de cuadros (películas) en movimiento, televisión standard, y de alta definición, video conferencias e información de video de vigilancia.

Otras aplicaciones incluyen transferencia de archivos de muy alta velocidad. Aquí las velocidades de los datos pueden ser superiores a 2 Mbit/s.

Además de sus diferencias en las velocidades de los datos, los tres tipos de interfaz usuario-red descritas varían sustancialmente en el nivel de complejidad física y lógica de los grupos funcionales, el grado de control de la terminal del usuario sobre las conexiones de la red y los tipos de conexiones requeridos. Como consecuencia, estas están diseñadas para distinguir especificaciones eléctricas, pueden utilizar diferentes protocolos de señalización usuario-red y confiar en diversos tipos de medios de interconexión para llevar las señales eléctricas a través de la interfaz.

4.5.2.1 INTERFAZ USUARIO-RED BASICO.

La interfaz usuario-red basico, en la capa 1, requiera de un medio de transmisión metálico y equilibrado, para cada sentido de transmisión, que sea capaz de soportar 192 kbit/s.

ESTRUCTURA DE LA TRAMA PARA LA INTERFAZ USUARIO-RED BASICO.

Las estructuras de trama utilizadas por la capa 1 son diferentes en cada sentido de transmisión. Ambas estructuras se ilustran mediante el diagrama de la Figura 4.8.

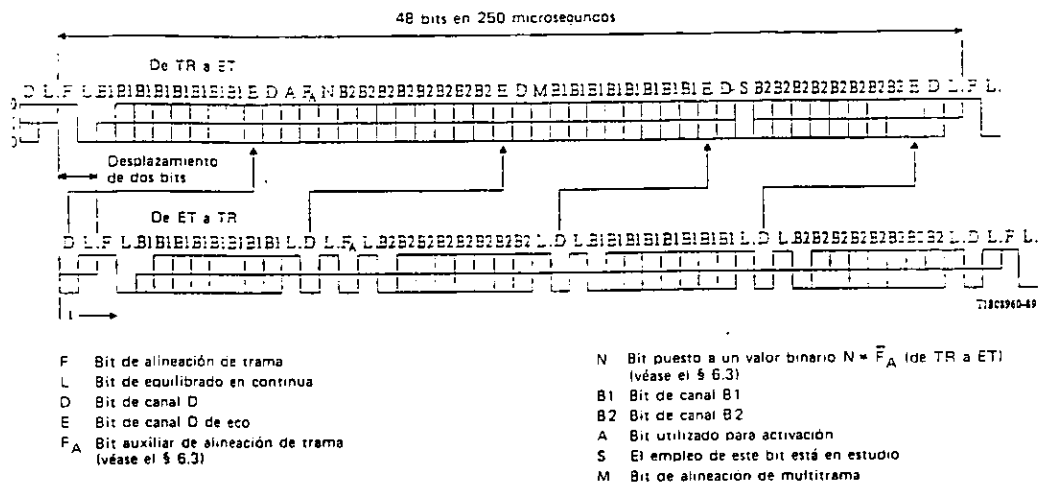


Figura 4.8. Estructura de trama en los puntos de referencia S y T.

Estructura de la trama en el sentido de ET (Equipo Terminal) a TR2 (Terminador de Red modulo 2).

Cada trama consta de los grupos de bits que se muestran en la tabla 4.3; cada grupo de bits es equilibrado en corriente continua por su último bit (bit L).

Posición de bit.	Grupo
1 y 2	Señal de alineación de trama con bit de equilibrado.
3 a 11	Canal B1 (primer octeto) con bit de equilibrado.
12 y 13	Bit de canal D con bit de equilibrado.
4 y 15	Bit auxiliar de alineación de trama Fa o bit Q con bit de equilibrado
16 a 24	Canal B2 (primer octeto) con bit de equilibrado.
25 y 26	Bit de canal D con bit de equilibrado.
27 a 35	Canal B1 (segundo octeto) con bit de equilibrado.
36 y 37	Bit de canal D con bit de equilibrado.
38 a 46	Canal B2 (segundo octeto) con bit de equilibrado.
47 y 48	Bit de canal D con bit de equilibrado.

Tabla 4.3

Alineación de trama.

Se aplicará el criterio de una violación del código de línea a 13 bits o menos del bit de alineación de trama (F), salvo si se proporciona el canal Q (el canal Q es un canal suplementario, proporciona capacidad adicional de capa 1 en el sentido ET a TR2), en cuyo caso se aplica el criterio de los 13 bits en cuatro de cada cinco tramas.

Pérdida de la alineación de trama.

El TR2 puede suponer que se ha perdido la alineación de trama cuando ha transcurrido un periodo equivalente al menos a dos tramas de 48 bits desde la detección de violaciones consecutivas según el criterio de los 13 bits, si todos los bits FA se han puesto a CERO binario. De lo contrario, se deberá dejar transcurrir un periodo de tiempo equivalente al menos a tres tramas de 48 bits antes de suponer perdida la alineación de trama. Cuando se detecta la pérdida de la alineación de trama, el TR2 deberá continuar transmitiendo hacia el ET.

Recuperación de la alineación de trama.

El TR2 puede suponer que se ha restablecido la alineación de trama cuando haya detectado tres pares consecutivos de violaciones del código de línea que cumplan el criterio de los 13 bits.

Estructura de la trama en el sentido de TR2 (Terminador de red modulo 2) a ET (Equipo Terminal).

Las tramas transmitidas por el TR2 contienen un canal de eco (bits E) que se utiliza para retransmitir los bits D recibidos de los ET. El canal D de eco se utiliza para el control de acceso al canal D. El último bit de la trama (bit L) se utiliza para equilibrar cada trama completa.

Los bits se agrupan como se muestra en la tabla 4.4.

Posición de bit	Grupo
1 y 2	Señal de alineación de trama con bit de equilibrado.
3 a 10	Canal B1 (primer octeto).
11	E, bit de canal D de eco.
12	Bit de canal D
13	Bit A utilizado para activación.
14	Bit auxiliar de alineación de trama, Fa.
15	Bit N.
16 a 23	Canal B2 (primer octeto).
24	E, bit de canal D de eco.
25	Bit de canal D.
26	M, bit de alineación de multitrama.
27 a 34	Canal B1 (segundo octeto).
35	E, bit de canal D de eco.
36	Bit de canal D.
37	S
38 a 45	Canal B2 (segundo octeto).
46	E, bit de canal D de eco.
47	Bit de canal D.
48	Bit de equilibrado de trama.

Tabla 4.4

Procedimiento de acceso al canal D.

El siguiente procedimiento permite a varios ET conectados en una configuración multipunto acceder al canal D de manera ordenada. El procedimiento asegura que, aun en los casos en que dos o más ET's traten de acceder simultáneamente al canal D, uno de los ET's, pero sólo uno, siempre completará la transmisión de su información.

Detección de colisiones.

Cuando se está transmitiendo información por el canal D, el ET deberá supervisar el canal D de eco recibido y comparar el último bit transmitido con el bit D de eco disponible siguiente. Si el bit transmitido es el mismo que el recibido en eco, el ET continuará la transmisión. Si por el contrario, el bit recibido por el canal de eco es diferente al transmitido, el ET cesará inmediatamente la transmisión y retornará al estado de supervisión del canal D.

Cada trama consta de los mismos bits

Procedimiento de alineación de trama.

El primer bit de cada trama es el bit de alineación de trama, bit F; y se codifica como CERO binario.

El procedimiento de alineación de trama se sirve del hecho de que, por definición, el bit de alineación de trama se representa por un pulso de la misma polaridad que el pulso precedente (violación del código de línea). Esto permite la rápida realineación de trama.

De acuerdo con la regla de codificación, tanto el bit de alineación de trama como el primer bit CERO binario siguiente al bit de equilibrado del bit de alineación de trama (en la posición de bit 2 de la misma trama) producen una violación del código de línea.

Para garantizar la seguridad de la alineación de trama, se ha introducido el par de bits auxiliares de alineación de trama Fa y N en el sentido de TR2 a ET, o el bit auxiliar de alineación de trama Fa con el bit de equilibrado asociado L en el sentido ET a TR2. Se asegura así que haya una violación del código de línea a los 14 bits o menos a partir del bit de alineación de trama F, pues Fa o N tienen el valor CERO binario (en el sentido TR2 a ET), o por el hecho de que Fa es un bit CERO (en el sentido ET a TR2).

Los procedimientos de alineación de trama no dependen de la polaridad del bit de alineación de trama F, por lo que no son sensibles a la polaridad del cableado.

La regla de codificación para el par de bits auxiliares de alineación de trama Fa y N, en el sentido TR2 a ET, es tal que N es siempre el complemento binario de Fa ($N = \bar{F}_a$). Los bits Fa y L en el sentido ET a TR2 se codifican siempre de tal manera que tengan los mismos valores binarios.

Pérdida de la alineación de trama.

Puede suponerse una pérdida de la alineación de trama cuando ha transcurrido un periodo equivalente a dos tramas de 48 bits sin que se hayan detectado pares válidos de violaciones del código de línea que obedecen al criterio de ≤ 14 bits descrito anteriormente. El ET deberá cesar la transmisión inmediatamente.

Recuperación de la alineación de trama.

Puede suponerse un restablecimiento de la alineación de trama cuando se detectan tres pares consecutivos de violaciones del código de línea que obedecen al criterio de ≤ 14 bits.

4.5.2.2 INTERFAZ USUARIO-RED A VELOCIDAD PRIMARIA (A 1544 KBIT/S).

La interfaz usuario-red a velocidad primaria, emplea el código de línea B8ZS. Esta interfaz tiene una estructura diferente de trama a la de interfaz usuario-red acceso básico.

Estructura de la trama.

La estructura de la trama se representa en la Figura 4.9.

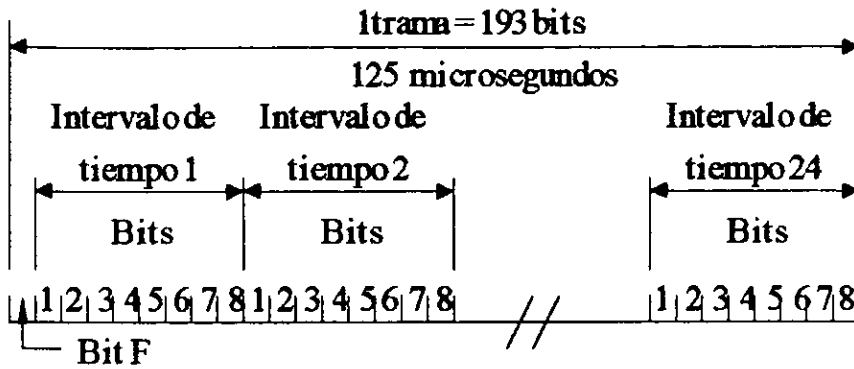


Figura 4.9. Estructura de trama de la interfaz a 1544 kbit/s.

Cada trama esta formada de 193 bits de longitud y consta de un bit F (bit de alineación de trama) seguido por 24 intervalos de tiempo consecutivos, numerados del 1 al 24. Cada intervalo de tiempo consta de ocho bits consecutivos, numerados del 1 al 8.

La velocidad de repetición de trama es de 8000 tramas/s.

La estructura de multitrama se representa en la tabla 4.5. Cada multitrama tiene una longitud de 24 tramas y viene definida por la señal de alineación de multitrama (SAM), que está formada por cada Cuarto bit F y que sigue la secuencia binaria (...001011....).

Los bit e1 a e6 de la tabla 4.5 se utilizan para comprobación de errores. Un error validado por el receptor es una indicación de calidad de transmisión y de que no hay una falsa alineación de trama.

El intervalo de tiempo 24 se asigna al canal D cuando este canal está presente.

Bits F				
Número de trama de la multitrama	Número de bit de la multitrama	ASIGNACIONES		
		SAM	Canal de Mantenimiento.	CRC
1	1	-	m	-
2	194	-	-	e1
3	387	-	m	-
4	580	0	-	-
5	773	-	m	-
6	966	-	-	e2
7	1159	-	m	-
8	1352	0	-	-
9	1545	-	m	-
10	1738	-	-	e3
11	1931	-	m	-
12	2124	1	-	-
13	2317	-	m	-
14	2510	-	-	e4
15	2703	-	m	-
16	2896	0	-	-
17	3089	-	m	-
18	3282	-	-	e5
19	3475	-	m	-
20	3668	1	-	-
21	3861	-	m	-
22	4054	-	-	e6
23	4247	-	m	-
24	4440	1	-	-

Nota: El uso de los bits m queda para ulterior estudio (por ejemplo, para información de mantenimiento y explotación).

Tabla 4.5. Estructura de multitrama.

4.5.2.3 INTERFAZ A 2048 KBIT/S.

Una interfaz a esta velocidad se transmitirá por un canal PRI. Es importante resaltar las diferencias que existen entre una trama PCM (Modulación por Codificación de Pulsos) del sistema Europeo de 30 canales y de nivel jerárquico 1 (E1) a una velocidad de 2048 kbps, y de una trama PRI compuesta por 30B + D (30 canales B + un canal D) a una velocidad de 2048 kbps utilizada en la Red Digital de Servicios Integrados.

La diferencia que existe entre un E1 de PCM y un PRI de la RDSI, es que un E1 utiliza Señalización por Canal Asociado (CAS), es un método en el que la información de señalización relacionada con el tráfico cursado por un solo canal se transmite en el propio canal o en un canal de señalización asociado permanentemente a aquél; en una trama E1 se utiliza el canal 16 exclusivamente para la señalización. Una trama PRI utiliza Señalización por Canal Común, es decir, la señalización que se va a usar en el canal D es señalización flotante, ya que puede estar en cualquier canal, ya sea en el canal 16, en el canal 32 o en cualquier otro exceptuando el canal 0, es una técnica de señalización en la que la información de señalización relativa a muchos circuitos o funciones o a la gestión de la red se transmite por un solo canal mediante mensajes provistos de dirección.

Estructura de trama

El código de línea utilizado por esta interfaz es el HDB3. Se tienen treinta y dos intervalos, numerados del 0 al 31. El número de bits por trama es de 256 y la frecuencia de repetición de trama es de 8000 tramas/segundo.

En la tabla 4.6 se muestra la estructura de la multitrama para esta interfaz.

El primer bit de una trama se designa por bit F y se utiliza para fines tales como la alineación de trama, la supervisión de la calidad de funcionamiento y el suministro de un enlace de datos. El bit F de cada cuarta trama forma el esquema 001011...001011. Esta señal de alineación de multitrama se utiliza para identificar el lugar en que está situada cada trama dentro de la multitrama, con el objeto de extraer el código de verificación de redundancia cíclica, VRC-6, y la información de enlace de datos.

	Submultitrama (SMT)	Número de trama	Bits 1 a 8 de la trama							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Multitrrama	I	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		2	C2	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		4	C3	0	0	1	1	0	1	1
		5	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		6	C4	0	0	1	1	0	1	1
		7	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
	II	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		10	C2	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		12	C3	0	0	1	1	0	1	1
		13	E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		14	C4	0	0	1	1	0	1	1
		15	E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8

Tabla 4.6. Estructura de multitrrama VRC-4.

Cada multitrrama VCR-4, esta compuesta de 16 tramas numeradas del 0 a 15, se dividen en dos submultitramas (SMT) de 8 tramas, denominadas SMT I y SMT II, lo que indica su orden respectivo de aparición dentro de la estructura de multitrrama VRC-4. La SMT constituye el tamaño del bloque de verificación por redundancia cíclica (VRC-4) (o sea, 2048 bits).

En las tramas que contienen la señal de alineación de trama, el bit 1 se utiliza para transmitir los bits VRC-4. En cada SMT existen cuatro bits VRC-4, denominados C1,C2,C3,C4.

En las tramas que no contienen la señal de alineación de trama, el bit 1 se utiliza para transmitir la señal de alineación de multitrama VRC-4, y los bits (E) de indicación de error VRC-4

Los bit E pueden utilizarse para indicar submultitrama con errores recibidos, pasando el estado binario de un bit E de 1 a 0 para cada submultitrama con error.

Los bits Sa4 a Sa8 son bits adicionales de reserva que pueden utilizarse como sigue:

- i) Los bits Sa4 a Sa8 pueden ser recomendados por el CCITT para uso en aplicaciones punto a punto específicas.
- ii) El bit Sa4 puede ser recomendado por el CCITT como un enlace de datos basado en mensajes para operaciones, mantenimiento y monitorización de la calidad de funcionamiento. Este canal se origina en el punto en que se genera la trama y termina donde se separa la trama.
- iii) Los bits Sa5 a Sa7 son para uso nacional cuando no se les necesite para aplicaciones punto a punto específicas

Los bits Sa4 a Sa8 (cuando no se utilizan) deben ponerse a 1 en enlaces que atraviesan fronteras internacionales.

Los bits A, son bits de indicación de alarma distante. En funcionamiento normal, su valor binario es puesto a 0, en condición de alarma, su valor binario es puesto a 1.

4 6. ENERGÍA DE ALIMENTACIÓN.

Para realizar la conexión de la interfaz física de un ET1 y un TR2, se cuenta con la configuración de referencia para la energía de alimentación que se basa en un conector de interfaz de ocho patas que se describe en la Figura 4.10 y que se cita en el apartado 4.2.

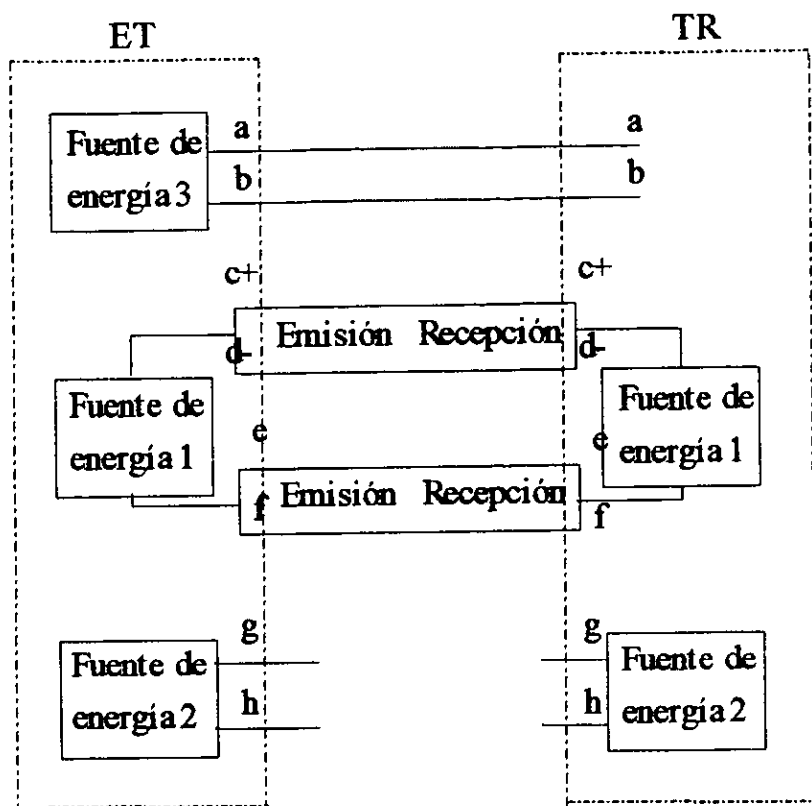


Figura 4.10. Configuración de referencia para transmisión de señales y energía de alimentación en el modo de funcionamiento normal.

La fuente de energía 1 puede tomar la energía de la red y/o localmente (líneas de distribución eléctrica y/o baterías). Si bien en el caso de suministro limitado de energía la fuente forma parte integrante del TR2, en condiciones normales de explotación puede estar físicamente separada y estar conectada a cualquier punto en el cableado de interfaz. Obsérvese que esta fuente separada debe considerarse parte del TR2 desde el punto de vista funcional.

La fuente de energía 2 toma la energía localmente (de redes de distribución eléctrica y/o baterías). Esta fuente de energía 2 puede instalarse en el TR2 (o asociarse a ella) como se ha indicado, o separadamente.

➤ Funciones especificadas en los conductores de acceso.

Los ocho conductores de acceso para el ET y el TR2 se aplicarán como sigue:

- i) Los pares de conductores de acceso c-d y e-f están destinados a la transmisión bidireccional de la señal digital y pueden proporcionar un circuito para la transferencia de energía del TR2 al ET (fuente de energía 1).
- ii) El par de conductores de acceso g-h puede utilizarse para la transferencia adicional de energía del TR2 al ET (fuente de energía 2).
- iii) El par de conductores de acceso a-b puede también utilizarse para transferencia de energía (fuente de energía 3) en la interconexión ET-ET.

➤ Tensión mínima en la TR2, suministrada por la fuente de energía 1.

Condiciones de suministro normal de energía, el valor nominal de la tensión suministrada por la fuente de energía 1, si ésta se emplea, a la salida de la TR2, será de 40 V con una tolerancia de +5% a -15%, cuando se suministra hasta la máxima energía disponible.

4.7 ASIGNACIÓN DE CONTACTOS DEL CONECTOR DE LA INTERFAZ.

El conector de la interfaz y la asignación de contactos son objeto de una norma ISO. La tabla 4.7 nos muestra la asignación de patas de los conectores. En el caso de los conductores de emisión y recepción, patas 3 a 6, la polaridad indicada corresponde a la de los pulsos de alineación de trama. En cuanto a los conductores de suministro de potencia, las patas 1, 2, 7 y 8, la polaridad indicada corresponde a la de las tensiones continuas. En lo referente a la polaridad de la potencia suministrada véase la Figura 4.10. En esta figura los conductores indicados con las letras a, b, c, d, e, f, g y h, corresponden a las patas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, respectivamente.

Número de patilla	Función		Polaridad
	ET	TR	
1	Fuente de energía 3	Sumidero de energía 3	+
2	Fuente de energía 3	Sumidero de energía 3	-
3	Emisión	Recepción	+
4	Recepción	Emisión	+
5	Recepción	Emisión	-
6	Emisión	Recepción	-
7	Sumidero de energía 2	Fuente de energía 2	-
8	Sumidero de energía 2	Fuente de energía 2	+

Tabla 4.7 Asignación de patas (contactos) de los conectores de 8 patas (enchufes y tomas).

4.8 MULTIPLEXACIÓN Y ADAPTACIÓN DE LA VELOCIDAD.

Una de las funciones del NT2, es la multiplexación y la adaptación de trenes binarios a velocidades distintas de 64 kbit/s. La finalidad de estos procedimientos son:

- a) Adaptar la velocidad de un tren binario, de velocidad inferior a 64 kbit/s, a un canal B a 64 kbit/s.
- b) Multiplexar varios trenes binarios, de velocidades inferiores a 64 kbit/s, en un canal B a 64 kbit/s.

Las velocidades inferiores a 64 kbit/s son de dos tipos:

- 1) Velocidades binarias de 8, 16 y 32 kbit/s.
- 2) Otras velocidades.

ADAPTACIÓN DE LA VELOCIDAD A UN CANAL DE 64 KBIT/S.

Adaptación de los trenes binarios de 8, 16 y 32 kbit/s.

El procedimiento descrito en este punto se utilizará para adaptar la velocidad de un solo tren binario de 8, 16 ó 32 kbit/s a un canal B a 64 kbit/s. En esta sección, las posiciones de bit en el octeto del canal B se suponen numeradas del 1 al 8, siendo la posición de bit 1 la primera que se transmite.

El procedimiento exige que:

- i) El tren a 8 kbit/s ocupe la posición de bit 1;
El tren a 16 kbit/s ocupe las posiciones de bit (1,2);
El tren a 32 kbit/s ocupe las posiciones de bit (1, 2, 3, 4);
- ii) El orden de transmisión de los bits del tren de velocidad inferior sea idéntico antes y después de la adaptación de la velocidad
- iii) Todas las posiciones de bit no utilizadas se pongan a UNO binario.

Adaptación de la velocidad de trenes binarios de velocidad diferente de 8, 16 y 32 kbit/s.

Es necesario adaptar la velocidad de los trenes de información de velocidades inferiores a 64 kbit/s para que se puedan transportar por el canal B. Los procedimientos descritos en este punto se refieren a la adaptación de trenes individuales de información.

La adaptación de velocidades binarias de hasta 32 kbit/s utiliza una aproximación multi-etapa. Por ejemplo velocidades de usuario iguales o inferiores a 4.8 kbit/s se hacen corresponder a la de 16 kbit/s y a 19.2 kbit/s se hace corresponder a la de 32 kbit/s.

En otra fase de la adaptación, la velocidad pasa de 8 kbit/s, 16 kbit/s ó 32 kbit/s a 64 kbit/s.

La adaptación de las velocidades binarias superiores a 32 kbit/s se realiza en una sola fase. Así, las velocidades de 48 kbit/s y 56 kbit/s se adaptan a 64 kbit/s en una sola fase.

MULTIPLEXACIÓN EN UN CANAL A 64 KBIT/S.

Multiplexación por división en el tiempo de trenes binarios a 8, 16 y 32 kbit/s.

La multiplexación de trenes binarios a 8, 16 y 32 kbit/s se realiza intercalando los trenes a velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s dentro de cada octeto del canal B.

Aplicando el procedimiento de multiplexación de formato flexible descrito a continuación, cualquier número de trenes a 8, 16 y 32 kbit/s se puede combinar hasta el límite de una velocidad binaria global de 64 kbit/s en un canal B.

El empleo del procedimiento de multiplexación de formato fijo descrito a continuación puede conducir a situaciones en las que sea imposible utilizar toda la capacidad de 64 kbit/s, sin embargo, esto no ocurrirá si se conoce de antemano la mezcla de los trenes de velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s (designados abreviadamente por subtrenes). Los procedimientos descritos se recomiendan cuando la mezcla cambie en el curso de la conexión a 64 kbit/s.

Multiplexación de formato fijo.

Este procedimiento se utilizará para la multiplexación de cualquier combinación de trenes a 8, 16 y 32 kbit/s atribuyendo posiciones de bit en cada octeto del canal B a cada subtren.

El procedimiento del formato fijo requiere que:

- i) Un subtren a 8 kbit/s puede ocupar cualquier posición de bit; un subtren a 16 kbit/s ocupa las posiciones de bit (1,2) ó (3,4) ó (5,6) ó (7,8); un subtren a 32 kbit/s ocupe las posiciones de bit (1,2,3,4) ó (5,6,7,8);
- ii) Un subtren ocupa la misma o las mismas posiciones de bit en cada uno de los octetos de canal B sucesivos;
- iii) El orden de transmisión de los bits de cada subtren sea idéntico antes y después de la multiplexación;
- iv) Todas las posiciones de bit no utilizadas se pongan a UNO binario.

Multiplexación de formato flexible.

Este procedimiento se utiliza para multiplexar cualquier combinación de subtrenes a 8, 16 y 32 kbit/s atribuyendo bits de cada octeto de canal B a cada subtren. Este procedimiento permite siempre multiplexar subtrenes hasta el límite de 64 kbit/s del canal B, y trata en primer lugar de acomodar los subtrenes utilizando el procedimiento de formato fijo analizado anteriormente. Es posible que aun habiendo un número suficiente de bits disponibles en el octeto del canal B, la tentativa fracase si no se satisface el requisito i) del procedimiento de formato fijo. En tal caso, el procedimiento del formato fijo exige que:

- i) Un subtren ocupe la misma (o las mismas) posiciones de bit en cada octeto de canal B sucesivo;
- ii) El nuevo subtren se agregue al múltiplex existente insertando cada bit sucesivo del nuevo subtren en la primera posición de bit disponible (la de numeración más baja) en el octeto del canal B; y,
- iii) Todas las posiciones de bit no utilizadas se pongan a UNO binario.

4.9 ACOPLAMIENTO DE IMPEDENCIAS.

Para realizar el acoplamiento entre el NT2 y el AT (Adaptador de Terminal) ó el ET1 (Equipo Terminal) ó entre el NT2 y el NT1 es necesario realizar un acoplamiento de impedancias que se describe a continuación.

Este acoplamiento se lleva a cabo mediante un circuito híbrido, el cual efectúa la conversión de dos a cuatro hilos, que es la que se requiere entre la línea de dos hilos del abonado y la sección de codificación de cuatro hilos.

Esta conversión es necesaria para el acoplamiento entre bloques funcionales.

La sección más sencilla de los circuitos es la del lado de recepción, que aparece en la Figura 4.11. Como la línea telefónica estándar requiere una terminación de 600Ω de impedancia y la impedancia de salida de los amplificadores (amp) de potencia es extremadamente baja, se debe cargar el transformador. De acuerdo con esto, se utilizan dos resistores de 300Ω en lugar de uno de 600Ω para mantener un buen balance longitudinal. Las señales se transmiten del amplificador de potencia al teléfono, pero las señales que llegan del teléfono no afectan el lado de recepción de filtro, debido a la baja impedancia de salida del amplificador de potencia. Esto completa una parte de la conversión de 2 a 4 hilos.

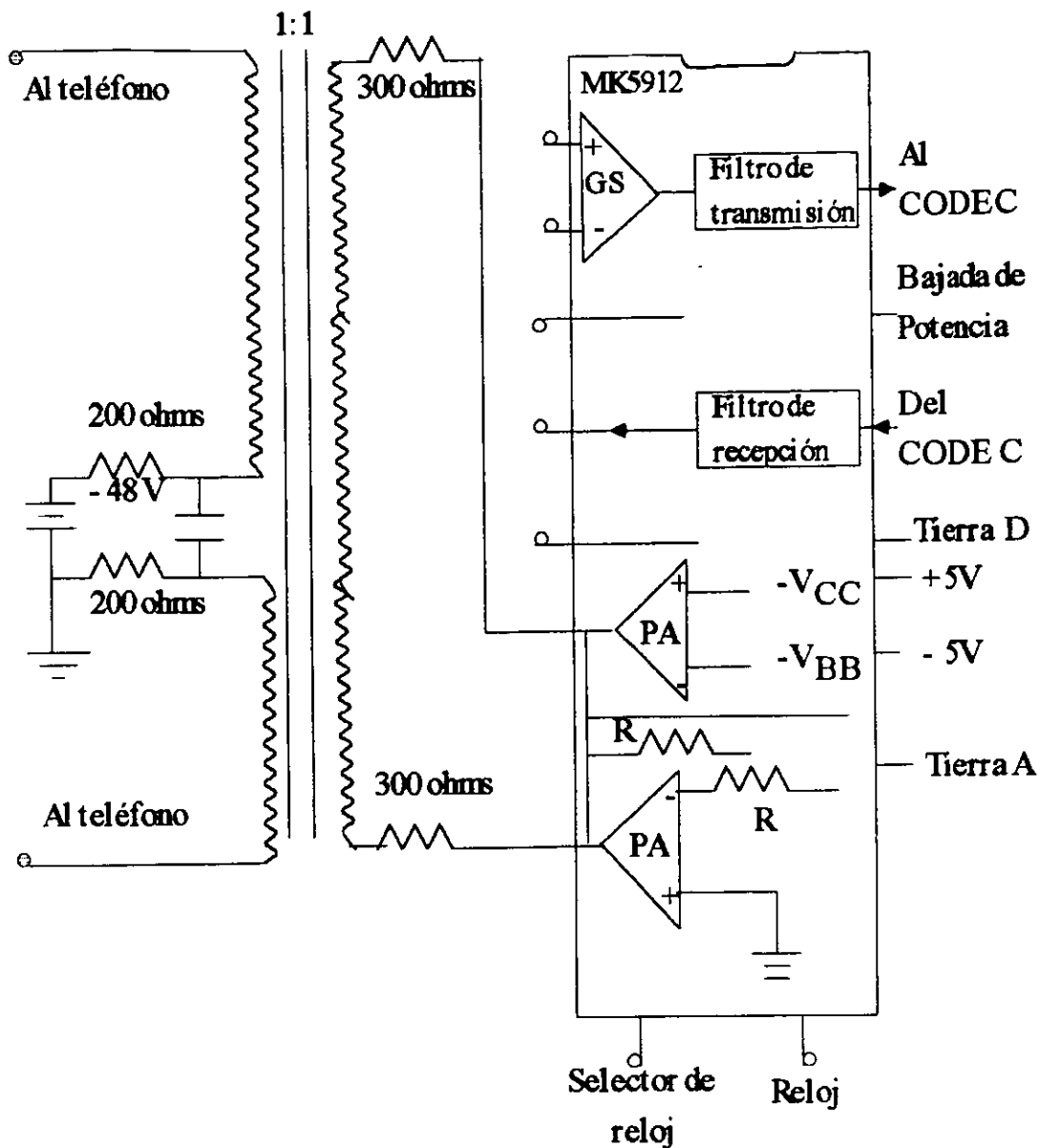


Figura 4.11 Circuitos receptores para interfaz de línea telefónica.

La Figura 4.12 incluye los circuitos de transmisión. Estos son algo engañosos, ya que la entrada del filtro de transmisión debe “escuchar” al teléfono, pero no la salida de los amplificadores de potencia. Esto se logra con la resistencia R5 al balancear la entrada al amplificador de ajuste de ganancia, con respecto al punto medio de la salida diferencial del amplificador de potencia. Nótese que esta entrada no está balanceada con respecto al transformador. Si se recuerda que el transformador aparenta una carga de 600Ω al filtro y que está incluida una del resistor de 300Ω en uno de los lados y no en el otro, puede verse que R5 debe ser por lo menos dos veces R1. Deben seleccionarse R1 y R5 mucho mayores a 600Ω . Esto cubre el resto de la conversión de 2 a 4 hilos.

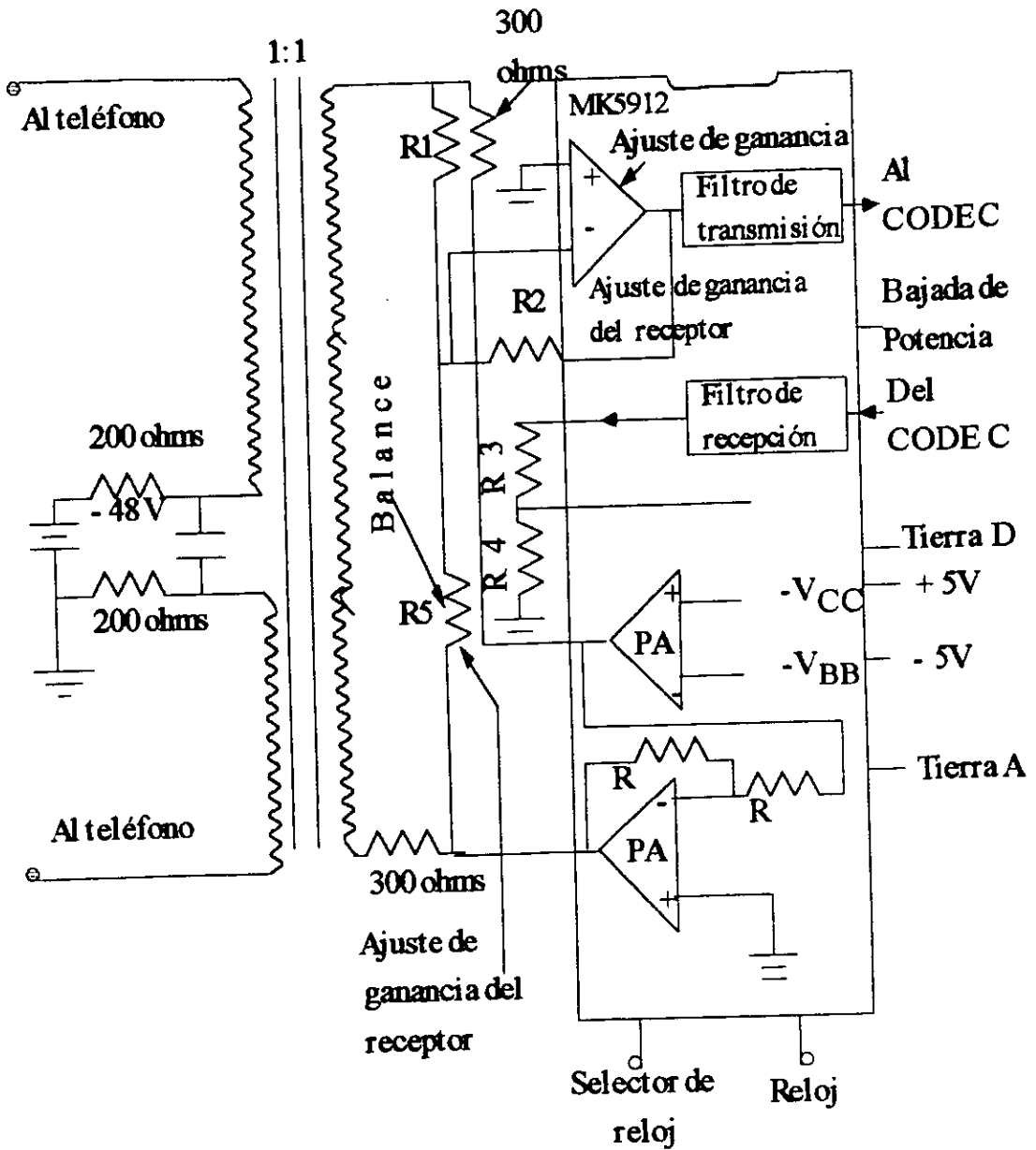


Figura 4.12. Circuito de transmisión y recepción para la interfaz de línea telefónica.

4.10 SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA CAPA 1 A LA CAPA 2.

Para que cada capa realice las funciones que le corresponden, debe haber una relación entre ellas, ya que cada una le proporciona a la capa superior inmediata un servicio que le ayuda a realizar sus funciones. Esta interacción entre capas se realiza y esta a cargo del NT2, en su entidad de manejo de los protocolos de las capas 1, 2 y 3.

El NT2 en su entidad de manejo del protocolo de capa 1, proporciona a la capa 2 y a la entidad de gestión los siguientes servicios:

➤ **Capacidad de transmisión.**

La capa 1 proporciona la capacidad de transmisión para los canales B y D y las funciones de temporización y sincronización relacionadas, por medio de trenes binarios debidamente codificados.

➤ **Activación/desactivación.**

La capa 1 proporciona la capacidad de señalización y los procedimientos necesarios para que los ET de los clientes y/o los TR2 puedan ser desactivados cuando sea necesario y reactivados según se requiera.

➤ **Acceso al canal D.**

La capa 1 proporciona la capacidad de señalización y los procedimientos necesarios para que los ET puedan acceder al recurso común del canal D de una manera ordenada, al mismo tiempo que se satisfacen los requisitos de calidad de funcionamiento del sistema de señalización por canal D.

➤ **Mantenimiento.**

La capa 1 proporciona la capacidad de señalización, los procedimientos y las funciones necesarias en la capa 1 para que puedan realizarse las funciones de mantenimiento.

➤ **Indicación de estado.**

La capa 1 proporciona a las capas superiores una indicación del estado de la capa 1.

Relleno de tiempo entre tramas.

Cuando un ET no tenga tramas de capa 2 que transmitir, enviará UNOS binarios por el canal D, es decir, el relleno de tiempo entre tramas en el sentido de ET a TR2 se compondrá exclusivamente de unos binarios.

Cuando un TR2 no tenga tramas de capa 2 que transmitir, enviará UNOS binarios o banderas HDLC, es decir, el relleno de tiempo entre tramas en el sentido TR2 a ET será o bien exclusivamente UNOS binarios o repeticiones del octeto <<01111110>> (esta secuencia de bits corresponde al tren de bits que forman el campo de bandera en una trama HDLC). Cuando el relleno de tiempo entre tramas está constituido por bandera HDLC, la bandera que define el final de una trama puede definir el principio de la trama siguiente

4.11 ESTABLECIMIENTO Y LIBERACIÓN DE LA CAPA DE ENLACE.

El NT2 inicia el enlace al nivel de capa 2, enviando una trama LAP-D suprimiendo el campo de información. Esta es una trama para indicar al ET receptor que se quiere iniciar un enlace; la trama constará solo de los campos de: bandera de apertura, dirección, control, código de redundancia ciclica (CRC), y bandera de cierre, (estos campos fueron expuestos y analizados en el capítulo 3).

La trama formada en el NT2 por la capa de enlace de datos, será depositada en una trama de capa 1 (estas tramas fueron expuestas y analizadas en el apartado 4.4) para ser transmitida a través de la interfaz.

El establecimiento de la capa de enlace (LAP-D en el canal D) será iniciado por:

- El NT2 en el caso de llamadas salientes;
- La función de Manejo de Paquetes (MP) en el caso de llamadas entrantes.

La capa 3 pide servicios a la capa enlace de datos mediante primitivas de servicio. El mismo principio se aplica a la interacción entre la capa de enlace de datos y la capa física. Las primitivas representan, de forma abstrata, el intercambio lógico de información y control entre la capa enlace de datos y capas adyacentes.

4.11.1 ESTABLECIMIENTO DE LOS MODOS DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN.

IDENTIFICACIÓN DE LA CONEXIÓN DE ENLACE DE DATOS.

El NT2 realiza la transferencia de información de capa 3 definiendo dos formas de servicio de transferencia de información. La primera está basada en la transferencia de información sin acuse de recibo en la capa de enlace de datos mientras que el segundo servicio está basado en la transferencia de información con acuse de recibo en la capa de enlace de datos.

Para que el NT2 trabaje en cualquiera de estos dos tipos de funcionamiento, se necesita de los siguientes comandos.

- **ICED.** Una conexión de enlace de datos se identifica mediante un identificador de conexión de enlace de datos (ICED) transferido en el campo de dirección de cada trama. El identificador de conexión de enlace de datos va asociado al identificador de punto extremo de conexión en los dos extremos de la conexión de enlace de datos.
- **SEC.** El identificador de punto extremo de conexión se utiliza para identificar unidades de mensaje intercambiadas entre la capa de enlace de datos y la capa 3. Está constituido por el IPAS y el sufijo de punto de extremo de conexión (SEC).

El ICED consta de dos elementos: el IPAS y el identificador de punto extremo terminal (IET).

- **IPAS.** El IPAS se utiliza para identificar el punto de acceso al servicio en el lado red o en el lado usuario de la interfaz usuario-red.
- **IET.** El IET se utiliza para identificar un punto extremo de conexión específico dentro de un punto de acceso al servicio. El IET lo asigna la red, si el NT2 es de la categoría de asignación automática de IET; o lo insertan en el NT2, por ejemplo, el usuario o el fabricante si el equipo de usuario es de la categoría de asignación no automática de IET.
- **ICED.** El ICED es un concepto puro de capa de enlace de datos. Es utilizado internamente por la entidad de capa de enlace de datos y no es conocido por la entidad de capa 3 o la entidad de gestión. En estas últimas entidades se utilizará en su lugar el concepto de identificador de punto de extremo de conexión (IEC).

- **IEC.** El IEC comprende la información IPAS y un valor de referencia denominado SEC. El SEC es un valor seleccionado por la capa 3 o la entidad de gestión para el direccionamiento de la entidad de capa de enlace de datos. Cuando esta entidad conoce el IET utilizado, asocia internamente el ICED al IEC. Las entidades de capa 3 y de gestión utilizarán este IEC para el direccionamiento de su entidad par.

FUNCIONAMIENTO SIN ACUSE DE RECIBO.

Con este tipo de funcionamiento, el NT2 transmite la información de capa 3 en tramas de información no numeradas (UI).

En la capa de enlace de datos, las tramas UI no son objeto de acuse de recibo. Aun cuando se detecten errores de transmisión y de formato, no se define ningún mecanismo de protección contra los errores. No se definen mecanismos de control de flujo.

El funcionamiento sin acuse de recibo se aplica para la transferencia de información punto a punto y de difusión: es decir, se puede enviar una trama UI a un punto extremo específico o difundirse a múltiples puntos extremos asociados con un identificador de punto de acceso al servicio (IPAS) específico.

El NT2 utiliza las siguientes primitivas asociadas al servicio de transferencia de información sin acuse de recibo:

Petición/Indicación ED-DATO UNIDAD

La Primitiva Petición ED-DATO UNIDAD se utiliza para pedir el envío de una unidad de mensaje utilizando los procedimientos para el servicio de transferencia de información sin acuse de recibo. La primitiva Indicación ED-DATO UNIDAD significa que se ha recibido una unidad de mensaje por medio de un servicio de transferencia de información sin acuse de recibo.

Transferencia de información sin acuse de recibo.

Cuando el NT2 selecciona el modo de funcionamiento de transferencia de información sin acuse de recibo, este modo de funcionamiento no utilizará el bit P/F (Poll/Final – Sondeo/Final) y este deberá ponerse a <<0>>.

El NT2 transfiere la información, de la capa de enlace de datos, sin acuse de recibo por la capa 3 o entidades de gestión utilizando una primitiva Petición ED-DATO UNIDAD o Petición GED-DATO UNIDAD, respectivamente. La unidad de mensaje de capa 3 o de gestión se transmitirá en una trama de instrucción UI.

Recepción de información sin acuse de recibo.

El NT2 al recibir una trama de instrucción UI con un IPAS y un IET soportados por el receptor, el contenido del campo de información se pasará a la capa 3 o a la entidad de gestión utilizando la primitiva de capa 3 a capa enlace de datos Indicación ED-DATO UNIDAD, o de la capa de enlace de datos a la entidad de gestión mediante la Indicación GED-DATO UNIDAD, respectivamente. En caso contrario, se descartará la trama de instrucción UI.

Procedimiento de asignación de IET.

Si el NT2 pertenece a la categoría de asignación de IET no automática, la entidad de gestión de capa del NT2 enviará el valor IET que hay que utilizar a la entidad o entidades de capa enlace de datos utilizando la primitiva Petición GED-ASIGNACIÓN.

Cuando la capa enlace de datos recibe la primitiva Petición GED-ASIGNACIÓN procedente de la entidad de gestión de capa, la entidad de capa de enlace de datos deberá:

- ✓ Pasar al estado IET asignado, y
- ✓ Proseguir los procedimientos de establecimiento del enlace de datos si hay una primitiva Petición ED-ESTABLECIMIENTO pendiente o proseguir la transmisión de una trama de instrucción UI si está pendiente una primitiva Petición ED-DATO UNIDAD.

Liberación de la capa de enlace de datos.

En caso de que el NT2 no haya conseguido que la red le asignara un IET, y después de que el temporizador N202 haya efectuado diversas tentativas infructuosas para obtener un valor IET, la entidad de gestión de capa, en el NT2, deberá informar a la capa enlace de datos mediante la primitiva Respuesta GED-ERROR. La entidad de capa enlace de datos que reciba la primitiva Respuesta GED-ERROR deberá responder con la primitiva Indicación ED-LIBERACIÓN si se ha efectuado previamente una petición de establecimiento y descartar todas las primitivas Petición ED-DATO UNIDAD que no se hayan utilizado.

En el caso de que el NT2 haya conseguido que la red le asignara un IET, para terminar el enlace, utilizara la misma primitiva Indicación ED-LIBERACIÓN, para terminar la comunicación al nivel de capa de enlace de datos.

FUNCIONAMIENTO CON ACUSE DE RECIBO.

Con este tipo de funcionamiento, el NT2 transmite la información de capa 3 en tramas que son objeto de acuse de recibo en la capa enlace de datos.

El funcionamiento con acuse de recibo se aplica a la transferencia de información punto a punto.

Se ha definido una forma de transferencia de información con acuse de recibo, a saber, el funcionamiento multitrama.

Las primitivas utilizadas por el NT2 asociadas con los servicios de transferencia de información con acuse de recibo son las siguientes:

- i) *Transferencia de datos.*
Petición/Indicación ED-DATOS.
La primitiva Petición ED-DATOS se utiliza para pedir el envío de una unidad de mensaje utilizado los procedimientos correspondientes al servicio de transferencia de información con acuse de recibo. La primitiva Indicación ED-DATOS indica la llegada de una unidad de mensaje recibida por medio del servicio de transferencia de información con acuse de recibo.
- ii) *Establecimiento del funcionamiento multitrama*
Petición/Indicación/Confirmación ED-ESTABLECIMIENTO.
Estas primitivas se utilizan, respectivamente, para pedir, indicar y confirmar el establecimiento del funcionamiento multitrama entre dos puntos de acceso al servicio.
- iii) *Terminación de funcionamiento multitrama.*
Petición/Indicación/Confirmación ED-LIBERACIÓN.
Estas primitivas se utilizan, respectivamente, para pedir, indicar y confirmar un intento de terminación del funcionamiento multitrama entre dos puntos de acceso al servicio.

Transferencia de información multitrama con acuse de recibo.

Procedimientos de establecimiento multitrama con acuse de recibo.

El NT2 en su manejo de protocolo de entidad de capa enlace de datos iniciará una petición de funcionamiento multitrama transmitiendo una instrucción SABME. Todas las instrucciones de establecimiento de modo se transmitirán con el bit P puesto a <<1>>.

El bit P/F sólo es reconocido cuando toma el valor de 1. El NT2 envía el bit P con valor de 1, en una trama de enlace de datos, para realizar una comprobación, es decir, algo así como "respóndeme, porque quiero conocer tu estado"

El NT2 iniciara los procedimientos de establecimiento por la capa 3, descartando todas las primitivas Petición ED-DATOS pendientes y de todas las tramas I en cola de espera.

El NT2 receptor en su manejo de protocolo de la entidad de capa de enlace de datos que reciba una instrucción SABME, si está en condiciones de pasar al estado *multitrama* establecida, deberá:

- El NT2 devolvera una respuesta UA con el bit F puesto a su valor binario de <<1>>.
- El NT2 pasara al estado *multitrama* establecida e informara a la capa 3 utilizando la primitiva Indicación ED-ESTABLECIMIENTO.

Si el NT2 receptor en su entidad de capa de enlace de datos no está en condiciones de pasar al estado *multitrama* establecida, deberá responder a la instrucción SABME con una respuesta DM con el bit F puesto al mismo valor binario del bit P de la instrucción SABME recibida.

Al recibir una respuesta DM con el bit F puesto a <<1>>, el NT2 que origino la instrucción SABME deberá comunicar esta información a la capa 3 por medio de la primitiva Indicación ED-LIBERACIÓN.

Si el NT2 receptor, envió al NT2 transmisor una respuesta UA (indicación de que se puede iniciar el enlace) con el bit F puesto a <<1>>, el NT2 emisor pasara al estado *multitrama* establecida e informara a la capa 3 utilizando la Confirmación ED-ESTABLECIMIENTO.

Terminación del funcionamiento multitrama.

El NT2 en su manejo de protocolo de la capa 3, solicitará la terminación del funcionamiento multitrama mediante la primitiva Petición ED-LIBERACIÓN.

El NT2 descartará todas las tramas distintas de las tramas no numeradas que se reciban durante los procedimientos de liberación. Descartará todas las primitivas Petición ED-DATOS pendientes y todas las tramas I (tramas de información) en cola de espera.

El NT2 en su manejo de protocolo de la entidad de capa de enlace de datos indicará una petición de iniciar la liberación del funcionamiento multitrama transmitiendo la instrucción de desconexión (DISC) con el bit P puesto a <<1>>.

El NT2 receptor en su manejo de entidad de capa enlace de datos, que reciba una instrucción DISC encontrándose en el estado *multitrama establecida* deberá transmitir una respuesta UA con el bit F puesto al mismo valor binario que el bit P de la instrucción DISC recibida. Se transferirá una primitiva Indicación ED-LIBERACIÓN a la capa 3, y se pasará al estado *IET ASIGNADO*.

Cuando el NT2 originador de la instrucción DISC reciba:

- Una respuesta UA con el bit F puesto a <<1>>, o
- Una respuesta DM con el bit F puesto a <<1>>, indicando que la entidad par de capa enlace de datos se encuentra ya en el estado *IET asignado*.

Pasará al estado *IET asignado*.

El NT2 en su entidad de capa enlace de datos que generó la instrucción DISC se encontrará ahora en el estado *IET asignado* o lo comunicará a la capa 3 por medio de la primitiva Confirmación ED-LIBERACIÓN.

4.12 SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA CAPA DE ENLACE DE DATOS A LA CAPA DE RED.

La capa 3 utiliza funciones y servicios proporcionados por la capa de enlace de datos definido en las Recomendaciones Q.930 y Q.931. Estos servicios se resumen a continuación:

- a) Establecimiento de conexiones de enlace de datos.
- b) Transmisión de datos con protección contra errores.
- c) Restablecimiento de la conexión de enlace de datos (con indicación de pérdida de información).

4.13 PROCESO PARA EL CONTROL DE LA LLAMADA BASICA.

El NT2 en su entidad de manejo de protocolo de la capa de red, realiza el control de una llamada básica. El NT2, por medio del manejo de la capa de red, es el encargado del establecimiento, mantenimiento y liberación de las conexiones de red en la interfaz usuario-red de la RDSI.

ESTABLECIMIENTO DE LA LLAMADA EN LA INTERFAZ DE ORIGEN.

Antes de invocar estos procedimientos, debe establecerse una conexión de enlace de datos fiable entre usuario (TR2) y la red.

PETICIÓN DE LLAMADA.

Para la conexión del canal B, la cual esta controlada por la señalización del canal D, primero se debe de establecer una conexión fiable entre el TR2 y la red, establecida esta conexión, el TR2 se encargara del manejo de este protocolo de capa 3 y capa 2 para proporcionar el establecimiento, mantenimiento, y liberación del enlace.

El NT2 inicia el establecimiento de la llamada transmitiendo, por el canal D, un mensaje ESTABLECIMIENTO a través de la interfaz usuario-red. Después de la transmisión del mensaje ESTABLECIMIENTO, el usuario considerará que la llamada está en el estado llamada iniciada.

RECHAZO DE LLAMADA.

En caso de que todos los canales controlados por el canal D para el establecimiento del enlace, no se encuentren disponibles, la red le devolvera un mensaje LIBERACIÓN COMPLETA por no tener circuito o canal disponible.

ACCESO AL SERVICIO DE CIRCUITO VIRTUAL RDSI (SELECCIÓN DEL CANAL B EN EL ORIGEN.)

En el mensaje ESTABLECIMIENTO, enviado por el NT2, se indicará una de las condiciones siguientes:

- a) Canal indicado, ninguna alternativa es aceptable, o
- b) Canal indicado, cualquier alternativa es aceptable, o
- c) Cualquier canal es aceptable.

Si no se da ninguna indicación, se asume el caso c). En los casos a) y b), si el canal indicado está disponible, la red lo selecciona para la llamada.

El canal B seleccionado se indica en el primer mensaje devuelto por la red, al NT2, en respuesta al mensaje ESTABLECIMIENTO (es decir, en un mensaje ACUSE DE ESTABLECIMIENTO o LLAMADA EN CURSO). Después de transmitir este mensaje, la red activará la conexión del canal B.

CANAL D.

El canal D proporciona una conexión, por medio del NT2, que permite al terminal del usuario de la RDSI tener acceso a una función MP (función de Manejo de Paquetes) de la RDSI mediante el establecimiento de una conexión de la capa de enlace (IPAS = Identificador de Punto de Acceso al Servicio), con esta función, que puede utilizarse entonces para efectuar comunicaciones de paquetes.

El NT2 en su manejo del protocolo de capa 3 puede hacer que varios equipos de usuario modo paquete pueden funcionar simultáneamente por el canal D, utilizando cada uno un enlace de datos de capa 2 separado, identificado por una dirección adecuada en las tramas transmitidas entre el usuario y el MP.

ESTABLECIMIENTO Y LIBERACIÓN DE LA LLAMADA VIRTUAL.

En todos los casos, una vez seleccionado el canal físico y, si es preciso, conectado al MP, la llamada virtual se establece de acuerdo con los procedimientos indicados a continuación.

ESTABLECIMIENTO Y LIBERACIÓN DE UNA LLAMADA VIRTUAL EN LA CAPA DE PAQUETE.

El MP puede mantener un temporizador T320. En caso de utilizarse, el T320 se arranca:

- a) Al liberarse la última llamada virtual; o
- b) Al transmitir la red un mensaje CONEXIÓN por una conexión de acceso saliente de canal B; o
- c) Al transmitir la red un mensaje ACUSE DE CONEXIÓN por una conexión de acceso entrante de canal B; o
- d) Al establecerse la capa de enlace para conexiones de acceso por el canal D.

El T320 se parará:

- 1) Al establecer la primera (siguiente) llamada virtual; o
- 2) Al recibir del usuario un mensaje de liberación Q.931; o
- 3) Al desconectarse el enlace con IPAS del canal D.

Al expirar el T320, el MP liberará la capa de enlace y, en el caso de acceso por el canal B, iniciará la liberación de dicho canal.

LIBERACIÓN DEL CANAL D.

Las conexiones de acceso por el canal D se liberan mediante los procedimientos de desconexión definidos en el apartado 4.10.

CAPITULO V

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Este capítulo se analizara desde tres puntos de vista, el primero es un ejemplo de la forma en que los usuarios evalúan un proyecto a implementar , en este caso, el de implementar y/o acceder a la RDSI. Se mencionan las pautas que se toman en cuenta para realizar un análisis de este tipo, y se emite un modelo genérico.

Como segundo paso, se muestra una comparación, de costos y beneficios, entre RDSI y otras tecnologías.

Para finalizar se exponen algunos ejemplos de usuarios que han accedido a la RDSI y que reportan los beneficios que han obtenido.

5.1 MODELO GENÉRICO DE ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LA RDSI.

Cualquier usuario que considere realizar un cambio o modificación de su sistema de comunicación actual, deberá tomar en cuenta el valor de lo que utiliza (ó de algún servicio que desea adquirir) con relación al costo incurrido en recibir un beneficio.

Al realizar una evaluación de la utilización de RDSI en un conjunto de negocios, los usuarios deberán de tomar en cuenta los costos y los beneficios que les esta produciendo su actual método de operación y realizar una comparación con los costos y los beneficios que les ofrece RDSI. Si después de esta comparación concluyen que el conectarse a RDSI presenta una solución óptima en cada una de sus necesidades, tendrán como resultado un incremento de la productividad sin necesidad de realizar un cambio total en su tecnología, más bien partiendo de lo que ya se tiene.

Para ayudar a tomar una decisión se ha formado un grupo, denominado NIUF (Foro de Usuarios de la RDSI de Norteamérica) la cual esta integrada por miembros de diversas compañías como son: Northern Telecom, Motorola, AT&T, Bell Labs, IBM, UNISYS, BellCore y EDS entre otras.

El NIUF ha preparado un conjunto de pautas para que los usuarios tengan conocimiento de los costos y beneficios asociados con la utilización de la RDSI, dichas pautas se basan en el trabajo realizado de Marzo de 1990 a Octubre de 1992. El esfuerzo se concentró en una identificación de las categorías de elementos de costos de aplicación y en pro de la clase de gastos que tienen los negocios.

En caso de que la empresa requiera de un cambio total de su sistema para cambiarlo a tecnología RDSI, se pueden generar pérdidas monetarias; en comparación con la implementación de una aplicación "superpuesta". Entendiéndose por superpuesta, la adquisición de los elementos necesarios para adoptar su sistema actual al de la RDSI.

Dependiendo de los servicios solicitados a través de una línea BRI (Basic Rate Inteface) de RDSI se van incrementando los costos al utilizar los demás servicios y aplicaciones .

Al finalizar el análisis de costo/beneficio y teniendo el informe en las manos, en el cual se evaluaron las pérdidas monetarias que conlleva conectarse a RDSI y los beneficios obtenidos se tiene un panorama más amplio que ayuda a tomar una decisión adecuada, dependiendo de las necesidades de cada empresa. Se debe de tomar en cuenta otro punto muy importante en este análisis de costo/beneficio, que es: el ciclo de vida del sistema , el cual es comúnmente de 5 a 6 años.

El NIUF desarrolló una lista que indica los elementos generales a ser considerados bajo las categorías de beneficios costeables e incosteables, los costos a eliminar ó evitar. Los usuarios también deben considerar la situación de incluir otros costos potenciales y ver la manera de ahorrar gastos, al igual que considerar aplicaciones sobrepuestas ó superpuestas.

La lista propuesta por la NIUF, se observara en la tabla 5.1, donde se indica el potencial en costos y beneficios de la RDSI. Esta lista es un medio genérico del análisis.

BENEFICIOS.	COSTEABLE	INCOSTEABLE
Tx de datos a mayor velocidad con infraestructura básica.	SI	
Tx de datos hacia otros ambientes.	SI	
Teléfono inteligente.	SI	
Acceso a transferencia de paquetes de datos.	SI	
Distribución automática de llamadas.	SI	
Identificación de Número Automático(ANT) desde un FTS2000 o de la Red Pública	SI	
ANT desde usuarios internos.	SI	
Procedimiento de activación telefónica más rápida.	SI	
Nuevas aplicaciones.	SI	
Menor tiempo de transferencia de señales.	SI	
Incremento de llamadas completas.	SI	
Reducción de "colas de tráfico".	SI	
Menor tiempo de resolución de "colisiones".	SI	
Acceso más rápido a información.	SI	
Clientes más satisfechos.	SI	
Reducción del costo de uso en transición.		NO
Mejoramiento en productividad.	SI	
Administración de red en ambientes grandes (WAN).	SI	
Variables.	SI	
▪ Incremento estimado en productividad(%).	SI	
▪ Número de trabajadores afectados.		G. EVITAR
▪ Promedio de costo por Trabajador/Hora.		G.ELIMINAR
Total mensual de productividad y beneficios tangibles.		
Periodo de Amortización de Costos por Servicio.	SI	
Costos Eliminados/Abatidos.		
▪ Cargo por servicio.		G. ABATIDOS
▪ Equipo.		G. ABATIDOS
▪ Cableado.		G. ELIMINAR
▪ Salarios.		G. ELIMINAR
▪ Espacio de piso.		G. ABATIDOS
▪ Ambiente.		G. ABATIDOS

▪ Servicio eléctrico.		G. ABATIDOS
▪ Movimientos y Cambios.		G. ABATIDOS
▪ Costos de Larga Distancia.		G. ABATIDOS
Total Mensual de Costos Eliminados/Abatidos.	SI	
Costos de Implementación RDSI.	SI	
Cableado. Incluyendo Conectores.	SI	
Diseño de Cableado. Certificación.	SI	
Cargo por terminación de Contrato.	SI	
Equipo de Terminación de Red (NT1, etc.).	SI	
Instalación de Teléfonos.	SI	
Otros.	SI	
Instrucción de Administración por Telecom.	SI	
Entrenamiento Técnico por Telecom.	SI	
Entrenamiento para la Atención en la Consola.	SI	
Entrenamiento al usuario.	SI	
Servicio Básico.	SI	
Horarios de Uso.	SI	
Servicios Especiales (Enlace de Troncales, etc.).	SI	
Tiempo de Administración.	SI	
Honorarios por Consulta ó Contratistas.	SI	
Honorarios Legales.	SI	
Costos de Espacio.	SI	
Costos Mensuales.	SI	
Equivalente Mensual de Costos por Servicios.	SI	
Total Mensual de costos para Implementar RDSI.		
Total Mensual de Productividad y Beneficios Tangibles.		
Total Mensual de Costos Eliminados/Abatidos.		
Total Mensual Menor de Costos para Implementar RDSI.		
Total de Ahorro por Mes.		

TABLA 5.1 Modelo Genérico de Análisis Costo/Beneficio para la RDSI.

G. EVITAR.....GASTOS A EVITAR
G. ELIMINAR.....GASTOS A ELIMINAR
G. ABATIDOS....GASTOS ABATIDOS

5.2 COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS, ENTRE LA RDSI Y OTRAS TECNOLOGÍAS.

Además de los beneficios que proporciona como red integrada, la tecnología RDSI comparada con otras tecnologías representa costos menores y beneficios mayores a grandes usuarios. Con el fin de ilustrar las ventajas costos-beneficios de la Red Digital de Servicios Integrados, se realiza un análisis de esta con respecto a otras tecnologías.

1º. La instalación de un DS0, (un DS0 es un enlace de 64 kbps que proporciona la compañía telefónica a través de un par de cobre) tiene un precio aproximado de \$20,000 y se debe de pagar una renta mensual de \$3,000 y solo podrá ser conectado un solo equipo; sin embargo usando la tecnología RDSI y un canal B a 64 kbps se pueden conectar 8 usuarios (segmentando el canal) y proporcionarles servicio a todos ellos.

2º. La instalación de un E1, (un E1 es una trama de 30 canales a una velocidad binaria de 2048 kbps) tiene un costo promedio de \$100,000 y una renta mensual de \$30,000 (se maneja un promedio, ya que los costos se pueden incrementar dependiendo de el lugar en donde se vaya a realizar la instalación)

3º. Realizar un enlace de radio digital con un E1 de 2 Mbps tiene un costo promedio de 15,000 dólares.

4º. Una central telefónica de 500 usuarios tiene un costo de 800,000 dólares a los cuales además de añadir los costos de la obra civil, costos de inversión y los costos de operación, se le deben de sumar los costos de un cablista y de un operario.

En cada caso, se deben de tomar en cuenta los costos de instalación, los costos de la obra civil, los costos de inversión y los costos de operación (como es mantenimiento).

En cada caso de los antes mencionados, el canal rentado solo podrá ser usado por un solo usuario, sin embargo con RDSI los canales se pueden particionar y pueden dar servicio a más de un usuario.

Los casos antes mencionados, utilizan señalización por canal asociado (CAS), el cual manda la señalización por el mismo canal que transmite los datos y realiza el enlace aunque la comunicación no sea segura, es decir en caso de realizarse un enlace a un país extranjero se hara uso de una gran infraestructura y en caso de no completarse la llamada por algún imprevisto, como por ejemplo, que el número telefónico se encuentre ocupado, la empresa telefónica tendra que absorber todos los gastos que se hayan generado por el uso de la tecnología al tratar de realizar el enlace; estos costos no se le pueden cobrar al usuario, por que el enlace no fue completado.

Sin embargo, la señalización por canal común (CCS), utilizada por la RDSI, transmite la información de señalización a través de un grupo de cables que constituyen un canal independiente del de comunicaciones del usuario. La señalización por canal común reduce el tiempo de establecimiento de la llamada en circuitos conmutados y proporciona a las redes telefónicas de gran volumen de tráfico una mayor flexibilidad y un menor costo. Además, como la señalización está separada del canal de voz las señales de control pueden manejarse de una forma mucho más concentrada. Esto disminuye los costos de la empresa telefónica, reflejándose en la disminución de costos para el usuario de la RDSI.

Para ilustrar lo anterior, a continuación se muestra una tabla de costos de RDSI comparada con otras tecnologías.

COSTOS DE RDSI					
SERVICIO	VELOCIDAD	CARGOS MENSUALES	CARGOS MINUTO	POR	COSTO TOTAL AL MES (PROMEDIO DE TRES HORAS AL DIA)
ALQUILADO 56DDS	56 KBPS	\$900.00	\$0.00		\$900.00
DIALUP MODEM (DEPENDIENDO DEL MODEM Y CALIDAD DE LA LINEA).	Hasta 28.8 Kbps	\$18.00	\$0.20		\$810.00
CONMUTADO 56 DDS	56 Kbps	\$60.00	\$0.10		\$456.00
RDSI (1B+D)	64 Kbps	\$38.00	\$0.05		\$236.00
LINEA RDSI (2B+D)	128 KBPS	\$38.00	\$0.10		\$434.00

El terminador de red, modulo 2 (NT2) de la RDSI, así como los demás componentes de la red permiten utilizar la estructura de cableado ya existente utilizado en otras redes independientes.

Otra ventaja de la Red Digital de Servicios Integrados, es la video-conferencia, con la cual las empresas pueden abatir los costos de viaticos, ya que con ella se pueden realizar conferencias, juntas o reuniones virtuales, sin necesidad de que el personal tenga que viajar a un lugar alejado de su oficina o lugar de trabajo.

5.3 EJEMPLOS DE LA APLICACIÓN DE LA RDSI

EJEMPLO 1.

“Centro Médico que usa la RDSI para mejorar servicios y reducir costos”.

El Centro Médico Stanislaus (SMC) en Modesto CA., ha proporcionado servicios a pacientes que no están hospitalizados ó que no han tenido alguna emergencia para 240,000 gentes al año, en 7 diferentes localidades, y en 5 diferentes ciudades en California.

Una alternativa que contempló el Centro Médico, es usar la RDSI para mejorar la comunicación de voz y datos entre las clínicas con éste Centro Médico.

Dentro de poco, el hospital y 4 de las 6 clínicas usarán la RDSI. El Medical Arts Building, el primer sitio en Modesto que instaló la RDSI, proporciona servicios pediátricos, dentales y cuenta con un centro para mujeres. La oficina médica en Ceres hace posible un séptimo día a la semana de no requerir cita previa, con la facilidad de que ése centro abra cuando un hospital local está cerrado. El Centro Médico también tiene una clínica de consulta familiar en Modesto, una clínica en Hughson y clínicas de cuidado pre-natal en Oakdale y Turlock. Hughson y Oakdale están sólo en sitios donde actualmente no se usa la RDSI.

El Centro Médico comienza a ver las ventajas en la RDSI cuando se haya alcanzado la capacidad sobre éstos PBX (pequeña central privada). Una línea RDSI puede hacer el trabajo de 2 líneas regulares, y los costos de Tx (transmisión) son bajos. Debido a que de la central, al Centro Médico, no se tiene para pagar unidades de mensaje entre el hospital y las clínicas, usando RDSI se aplica el menor costo de velocidad de estación a estación (ó de central a central) entre las clínicas.

La presente línea múltiple de la RDSI tiene la capacidad de fomentar el incremento del ahorro en los costos. En algunos lugares, el Centro Médico tiene una línea primaria con 12 líneas presentes. “Antes teníamos que pagar por 12 líneas, para ahorrar mucho dinero y no sacrificar llamadas de protección” dijo Barbara Lindsey, Directora de Admisión y Telecomunicaciones.

En suma a las consideraciones económicas, otro factor que ha influenciado el cambio a la RDSI fue el deseo de hacer avances de aplicaciones, especialmente educacionales como es la videoconferencia. El Hospital es una institución de enseñanza con 26 residentes y un programa de 3 años de medicina de consulta familiar afiliada con la Universidad de California en Davis.

El Hospital y las clínicas transmiten muchos datos administrativos y clínicos por la RDSI, incluyendo facturación, registros, calendario de compromisos e información de pacientes. "Por ejemplo, doctores en las clínicas pueden ahora marcar dentro de la Mainframe al Hospital y ver el expediente de los pacientes, averiguar el resultado de las pruebas y los exámenes de rayos X", dijo Lindsey. "Esta comunicación nos provee mejor y más aumento de servicios".

"Con la RDSI y la nueva Mainframe, estamos mejorando la capacidad para proveer servicios donde la gente vive", dijo Lindsey. El cuidado local es particularmente importante para el Centro Médico, el cual, como una institución citadina, ayuda mucho a la gente en desventaja económica. "El problema tal como la transportación y el cuidado de los niños son más importantes para cada una de las personas, pero especialmente para la gente de bajos recursos económicos" añadió Lindsey.

Eventualmente, el Centro Médico estará capacitado para proveer un programa centralizado. Por ejemplo, pacientes que llamen al hospital podrán ser referidos a una clínica SMC (Centro Médico Stanislaus) más cercana. Esto significará mejoras en el servicio y ayuda al balance de la capacidad de los hospitales entre las diferentes localidades.

El Centro Médico actualmente usa 180 teléfonos Fujitsu y espera eventualmente usar 200 bloques de teléfonos más. La mayor parte del grupo de teléfonos son SRS-1050s; tres SRS-2000s son usados en las oficinas administrativas.

"El conjunto de teléfonos de Fujitsu incrementa mucho más su rendimiento que los teléfonos que usábamos anteriormente", dijo Lindsey. El personal está a gusto con las características físicas y con la capacidad de llamadas múltiples del altoparlante (speaker-phone).

"El campo de cuidado de salud está cambiando rápidamente, y necesitamos para nuestra posición a competir, una administración de ambiente de cuidado", dijo Lindsey. "Por lo que necesitamos una red de comunicaciones que garantice el fácil acceso a nuestros pacientes, nos habilite para obtener la información que necesitamos para servirles apropiadamente. La RDSI y el conjunto digital Fujitsu son partes integrales de nuestro plan total de comunicaciones".

EJEMPLO 2.

Direccionamiento sobre la "carretera de información" usando la RDSI. Lawrence Livermore Lab. Hook Up.

La RDSI es una de las mejores vías para navegar en Internet. El World Wide Web (WWW) se convierte cada vez más en una gráfica compleja todo el tiempo. Cuando usted considere sostener sonido y video, 14.4 kbps es muy lento.

Todavía la velocidad de datos de 128 kbps de la RDSI no es suficiente para hacer un tiempo real, de pantalla completa de video. Pero para usar diariamente el WWW, es requerida una línea RDSI.

El año pasado los empleados del Laboratorio Lawrence Livermore tenían que ser capaces de acceder a la Internet via la línea RDSI, debido a las necesidades surgidas. Ahora el Laboratorio es capaz de conectar a los empleados y extender ésta LAN usando líneas telefónicas RDSI. Este proceso tiene probado ser exitoso y confiable.

El Laboratorio extiende ésta red abierta a algunas casas de los empleados, usando las cajas Combinet. Esas cajas actúan como convertidores desde Ethernet a RDSI y viceversa. El Laboratorio tiene un banco de cajas Combinet y cada casa tiene una caja Combinet en el Laboratorio entonces llama a la caja de la casa y se realiza una conexión a la red. Esta conexión procesada toma de 3 a 10 segundos, después el protocolo TCP/IP se interrumpe. Sin embargo la acción especial no necesita ocurrir en el Software de la computadora local. La conexión RDSI espera hasta que no existan paquetes transmitidos. El Combinet está usualmente colgado (como el teléfono). Si 5 o más minutos han pasado y hay existencia de transmisión de paquetes entonces la conexión es automática y transparente al software de la red; aunque la línea se tiene que cerrar definitivamente, el usuario estará solamente atento a unos segundos extras de retraso cuando él ó ella necesiten próximamente la red.

Si un archivo largo comienza a ser transferido y largos números de paquetes se empiezan a enviar, la caja Combinet llamará en el segundo canal de la línea RDSI y los datos comenzarán a fluir en ambos canales. El "Combinet" también comprime los datos en los paquetes comenzando en la línea RDSI, siguiendo el levantamiento de la velocidad a 250,000 bps en la transferencia del archivo largo. Esto proporciona estar en un camino efectivo y disponible para extender la red LAN del Laboratorio dentro de las casas. La configuración del Software de la computadora de casa local es simple. La máquina usa el Software normal, éste puede usarse para conversar ó hablar en una red Ethernet. La seguridad es provista por "passwords" en la caja Combinet, además del uso de la característica Call-Back con el Laboratorio y escogiendo el número a llamar, basado en el ID (número de identificación) de la caja que llamó.

Primeramente la caja Combinet y la línea RDSI son instaladas y propiamente configuradas, para trabajar en casa; ésta opción es efectiva para la transferencia de largos archivos que comienza a darse. La conexión automática trabaja invisiblemente todo el tiempo. Usando el "mosaico" para acceder a las páginas del World Wide Web es fácil y efectivo en una línea a 128,000 kbps. Siempre las gráficas de páginas Web pueden cargarse en unos cuantos segundos a la velocidad RDSI, haciendo así posibles ver el efecto completo de las páginas Web.

EJEMPLO 3.

"Universidad del Sur de California y su red Médica y Académica"

En 1990, la Universidad del Sur de California (USC) conmutó bajo sus POTS desde el Centro Pacific Bell's, servicios al conmutador digital AT&T 5ESS de nuestra Universidad. El conmutador está compuesto de un sistema host y 2 módulos remotos estratégicamente localizados en 2 "campos" (edificios y terreno como una escuela) de la USC. Ellos dan servicio a aproximadamente 11,000 líneas.

Unas 2,800 líneas de 15 nodos definitivamente AT&T G3r PBX fue instalada después , al igual que el servicio de red de sus estudiantes en casa de unidades sobre campos, además de unidades localizadas a un radio de 6 millas desde el campus.

Las unidades de Telecomunicaciones de la Universidad tienen que estar moviéndose de un lugar a otro pues ésta tecnología va desde POTS hasta un grupo de video de tres líneas BRI en multiplexores de ascendencia inversa (Ascend Inverse Multiplexers), con equipo portable Picture Tel, y para una extensa red de conmutación de paquetes RDSI en el campus. Esta red RDSI fue diseñada para tener acceso al sistema financiero, administrativo y al sistema de registro de estudiantes, que residen en más de 23 mini hosts en ambiente LAN. Las aplicaciones de la red de paquetes son text-based (textos básicos), bursty in nature.

La Universidad recientemente instaló éste primer servicio PRI desde Pacific Bell a uno de los conmutadores 5ESS en la University Park Campus. El segundo PRI está en lista para la parte posterior de Diciembre de 1994, y será terminado en un 5ESS módulo remoto localizado en el Campus Health Science de la Universidad.

Teniendo servicios PRI (Interfaz de Tasa Primaria) en el conmutador, la Universidad provee acceso a la RDSI en su sistema interno desde el otro lado (exterior) de la red. Los 2 grupos que ellos están enfocando sobre ésta facultad, incluyen estudiantes desde casa y oficinas remotas. Algunas de las aplicaciones que ellos están apuntando para éste ambiente son:

- Video Personal usando el sistema AT&T Vistium.
- Aprendizaje a distancia con equipo Picture Tel.
- Acceso a la red de conmutación de paquetes.
- Acceso a Internet/World Wide Web
- Acceso a usuarios LAN's sobre el campus.

La Universidad está también instalando un PRI entre su conmutador digital 5ESS y su PBX G3r. Teniendo éste enlace se provee la habilitación a estudiantes residentes y acceso al total de la USC por el conmutador digital 5ESS al Pacific Bell y a la red de conmutación de circuitos RDSI de AT&T.

Las unidades de Telecomunicaciones de la Universidad están también involucradas en soportar uno de los proyectos de la red California Research and Education Network (CalREN). El proyecto es una red de Telemedicina ATM (Asynchronous Transfer Mode) familiarizándose al consorcio de Desarrollo Biotécnico (ABC-Advanced Biotechnical Consortium) de la USC. La red incluye una conmutación multimodo ATM backbone (Un enlace backbone de conmutación ATM multimodo) enlazándose con USC, JLP Cray facilidades, Children's Hospital y Pacific Bell.

Una red WAN Frame-Relay y redes RDSI, se extienden dentro de los sitios de ambos campos y casas de físicos (physicians' homes) serán también integradas dentro de la red. Los miembros del consorcio incluyen la escuela de medicina de USC, Jet Propulsion Laboratory, Northrup-grumman, Picker International, CEMAX, Hewlett-Packard y AT&T.

Esta red cuando se complete, hará innecesario el moverse de un lugar a otro para examinar rayos-X. Las líneas de alta velocidad tienen la capacidad de transferir imágenes digitales, tales como MRI's, CI's, PET's y ultrasonidos digitales, saliendo a través de la red USC, en menos de 1 segundo. Con el uso de la computadora, es posible ahora la visualización volumétrica en 3D de imágenes de un cráneo humano.

EJEMPLO 4.

“Petróleos mexicanos (PEMEX) y la implementación de su RDSI a escala nacional”

La empresa paraestatal mexicana, Petróleos Mexicanos (PEMEX), es una de las primeras empresas en México que ha implementado la infraestructura de la RDSI en sus instalaciones a nivel nacional.

Esta Red Digital de Servicios Integrados, fue la primera red RDSI en América Latina; cuenta con más de 100 PBX's RDSI y 3 centrales telefónicas públicas que utilizan SS#7 para señalizar y controlar por entero el sistema telefónico. Para proporcionar el servicio al usuario cuenta con más de 20 estaciones terrenas y más de 2000 puertos de conmutación de paquetes.

RDSI puede interaccionar con otras tecnologías para mejorar el servicio al usuario, por esto, PEMEX cuenta también con más de 50 conmutadores ATM y más de 5000 puertos Frame Relay, así como más de 6 salas de videoconferencia con una velocidad de 2 Mbps.

PEMEX no es la única empresa en México que ha implementado la tecnología RDSI, existen otras empresas como TEL-CEL, PEGASSO, TELMEX, BANCOMER, BANAMEX, IUSA, ALESTRA entre otras que han implementado o están en proceso de implementación de esta tecnología.

CONCLUSIONES.

La elección de éste tema de tesis, se debió a que la Red Digital de Servicios Integrados, es una tecnología que esta surgiendo en nuestro país, es una red que se encuentra en evolución, desarrollo y expansión, y nosotros como ingenieros, debemos conocer los avances en telecomunicaciones para poder desarrollar nuestro trabajo. Este trabajo de tesis me aporó el estudio y conocimiento de una red evolutiva y dinámica como es la RDSI, constituida por varios módulos en su arquitectura, que en conjunto cumplen con la finalidad de proporcionar una amplia gama de servicios, dependiendo de los requerimientos del usuario.

De los módulos que integran la arquitectura RDSI, el terminador de red módulo 2 (NT2), es una de las partes más importantes de esta arquitectura, ya que las funciones realizadas por este no pueden ser realizadas por ningún otro módulo. El NT2 es un módulo imprescindible, ya que puede realizar las funciones del NT1 (terminador de red módulo 1) ó del AT (Adaptador de Terminal) pero ninguno de estos puede realizar las funciones del manejo de protocolo de los tres primeros niveles de la arquitectura ISA, así como funciones de conmutación, de concentración y de mantenimiento de la red activa que son realizadas por el NT2.

La Red Digital de Servicios Integrados ha permitido la implementación de una red que ofrece diversos servicios (voz, datos, vídeo, texto, se puede tener un fácil acceso a información de bases de datos, servicio de video-conferencias, seguridad, mayor velocidad en la transmisión de datos, etc.) integrados en una sola red, sin necesidad de redes especializadas, así el usuario tiene una amplia gama de posibilidades mediante "un solo acceso".

La variedad de servicios que ofrece la RDSI ha permitido que cada vez mas empresas contemplen la posibilidad de cambiar su tecnología actual a tecnología RDSI ya que se puede tomar como beneficio adicional que el costo realizado para este posible cambio puede reducirse si se toma en cuenta que se puede utilizar el cableado ya existente.

La presente tesis denominada "Propuesta de Implementación de un Terminador de Red, módulo 2, para la Red Digital de Servicios Integrados, RDSI", ha expuesto, de una forma breve y clara el modo de conexión de un Terminador de Red módulo 2 así como los medios de transmisión utilizados y algunas características físicas de los mismos.

El desarrollo de un tema como el presentado, requiere de una gran recopilación de información de diversos textos; encontrar información sobre el modulo NT2, no fue una labor sencilla, esto se debe a que los textos que contienen información sobre la RDSI son caros y escasos, en ellos se desglosan los otros modulos que constituyen la arquitectura RDSI, pero contienen poca información sobre el NT2, sin embargo la información encontrada fue valiosa y complementada con las normas del CCITT se pudo lograr construir este trabajo de tesis, que permite contar con un texto de consulta que integra información comunmente dispersa.

En México, el auge de la RDSI esta empezando en el ámbito de empresa pública (en el ámbito privado ya algunas empresas están implementándola), éste trabajo proporciona un complemento en el estudio de la Red Digital de Servicios Integrados, para quien, en el ámbito profesional ó didáctico, se interesa en el tema.

Apéndice A.

En este apéndice se muestran las Normas realizadas por el CCITT para la Red Digital de Servicios Integrados y las Normas relacionadas con la RDSI.

Estructura general.

Marco de las Recomendaciones de la serie I – Terminología.

- I.110 Preámbulo y estructura general de las Recomendaciones de la serie I relativas a la red digital de servicios integrados (RDSI).
- I.111 Relación con otras Recomendaciones referentes a la RDSI.
- I.112 Vocabulario de términos relativos a la RDSI.
- I.113 Vocabulario de términos relativos a los aspectos de banda ancha de las RDSI.

Descripción de la RDSI.

- I.120 Redes digitales de servicios integrados (RDSI).
- I.121 Aspectos de banda ancha de la RDSI.
- I.122 Marco para proporcionar servicios portadores en modo paquete adicionales.

Métodos generales de modelado.

- I.130 Método de caracterización de los servicios de telecomunicación soportados por una RDSI y de las capacidades de red de una RDSI.

Red de telecomunicación y atributos de los servicios.

- I.140 Técnica de los atributos para la caracterización de los servicios de telecomunicación soportados por una RDSI y de las capacidades de red de una RDSI.
- I.141 Atributos de las capacidades de tasación de una RDSI.

Capacidades de servicio.

- I.200 Directrices sobre las Recomendaciones de la serie I.200.

Aspectos generales de los servicios en una RDSI.

- I.210 Principios de los servicios de telecomunicación soportados por una RDSI y medios para describirlos.

Aspectos comunes de los servicios en la RDSI.

- I.220 Descripción dinámica de los servicios de telecomunicación básicos.
- I.221 Características específicas comunes a los servicios.

Servicios portadores soportados por una RDSI.

- I.230 Definición de las categorías de servicios portadores.
- I.231 Categorías de servicios portadores en modo circuito.
- I.232 Categorías de servicios portadores en modo paquete.

Teleservicios soportados por una RDSI.

- I.240 Definición de teleservicios.
- I.241 Teleservicios soportados por una RDSI.

Servicios suplementarios en la RDSI.

- I.250 Definición de servicios suplementarios.
- I.251 Servicios suplementarios de identificación de números.
- I.252 Servicios suplementarios de ofrecimiento de llamadas.
- I.253 Servicios suplementarios de complención de llamadas.
- I.254 Servicios suplementarios pluripartitos.
- I.255 Servicios suplementarios para comunidades de intereses.
- I.256 Servicios suplementarios de tarificación.
- I.257 Servicio suplementario de transferencia de información adicional.

Aspectos y funciones globales de la red.

Principios funcionales de la red.

- I.310 Principios funcionales de la red en una RDSI.

Modelos de referencia.

- I.320 Modelo de referencia de protocolo RDSI.
- I.324 Arquitectura de la RDSI.
- I.325 Configuraciones de referencia para los tipos de conexión RDSI.
- I.326 Configuraciones de referencia de las necesidades relativas de recursos de red.

Numeración, direccionamiento y encaminamiento.

- I.330 Principios de numeración y direccionamiento en la RDSI.
- I.331 Plan de numeración de la RDSI.
- I.332 Principios de numeración para el interfuncionamiento entre las RDSI y redes especializadas con diferentes planes de numeración.
- I.333 Selección de terminales en la RDSI.
- I.334 Principios que relacionan los números/subdirecciones RDSI con las direcciones de capa red del modelo de referencia ISA.
- I.335 Principios de encaminamiento en la RDSI.

Tipos de conexión.

- I.340 Tipos de conexión RDSI.

Objetivos de calidad de funcionamiento.

- I.350 Aspectos generales de calidad de servicio y de calidad de funcionamiento en las redes digitales incluidas las RDSI.
- I.351 Recomendaciones de otras series relativas a los objetivos de calidad de funcionamiento de la red que se aplican al punto de referencia T de una RDSI.
- I.352 Objetivos de calidad de funcionamiento de la red para los retardos de tratamiento de la conexión en una RDSI.

Interfaces usuario-red de la RDSI.

Interfaces usuario-red de la RDSI.

- I.410 Aspectos generales y principios relativos a las Recomendaciones sobre interfaces usuario-red de la RDSI.
- I.411 Configuraciones de referencia de los interfaces usuario-red de la RDSI.
- I.412 Estructuras del interfaz y capacidades de acceso de los interfaces usuario-red de la RDSI.

Aplicación de las Recomendaciones de la serie I a interfaces usuario-red de la RDSI.

- I.420 Interfaz usuario-red básico.
- I.421 Interfaz usuario-red a velocidad primaria.

Interfaces usuario-red de la RDSI: Recomendaciones relativas a la capa 1.

- I.430 Especificación de la capa 1 del interfaz usuario-red básico.
- I.431 Especificación de la capa 1 del interfaz usuario-red a velocidad primaria.

Interfaces usuario-red de la RDSI: Recomendaciones relativas a la capa 2.

- I.440 Aspectos generales de la capa de enlace de datos del interfaz usuario-red de la RDSI.
- I.441 Especificación de la capa de enlace de datos del interfaz usuario-red de la RDSI.

Interfaces usuario-red de la RDSI: Recomendaciones relativas a la capa 3.

- I.450 Aspectos generales de la capa 3 del interfaz usuario-red de la RDSI.
- I.451 Especificación de la capa 3 del interfaz usuario-red de la RDSI para el control de llamada básica.
- I.452 Procedimientos generales para el control de los servicios suplementarios de la RDSI.

Multiplexación, adaptación de la velocidad y soporte de interfaces existentes.

- I.460 Multiplexación, adaptación de la velocidad y soporte de interfaces existentes.
- I.461 Soporte de equipos terminales de datos (ETD) basados en la Recomendación X.21, X.21 bis y X.20 bis por una red digital de servicios integrados (RDSI).
- I.462 Soporte de equipos terminales en modo paquete por una red digital de servicios integrados (RDSI).
- I.463 Soporte proporcionado por una red digital de servicios integrados (RDSI) a equipos terminales de datos (ETD) con interfaces del tipo serie V.
- I.464 Multiplexación, adaptación de la velocidad y soporte de los interfaces existentes para la capacidad de transferencia a 64 kbit/s con restricciones.
- I.465 Soporte proporcionado por una red digital de servicios integrados (RDSI) a equipos terminales de datos (ETD) con interfaces del tipo serie V con multiplexación estadística.

Aspectos de la RDSI que afectan a los requisitos de los terminales.

- I.470 Relación de las funciones de terminal con la RDSI.

Interfaces entre redes y principios de mantenimiento.

Interfaces entre redes.

- I.500 Estructura general de las Recomendaciones relativas al interfuncionamiento de la RDSI.
- I.510 Definiciones y principios generales del interfuncionamiento de la RDSI.
- I.511 Interfaz de capa 1 entre redes digitales de servicios integrados (RDSI).
- I.515 Intercambio de parámetros para el interfuncionamiento de la RDSI.
- I.520 Disposiciones generales para el interfuncionamiento entre redes digitales de servicios integrados (RDSI).
- I.530 Interfuncionamiento entre una red digital de servicios integrados (RDSI) y una red telefónica pública conmutada (RTCP).
- I.540 Disposiciones generales sobre el interfuncionamiento entre redes públicas de datos con conmutación de circuitos (RPDCC) y redes digitales de servicios integrados (RDSI) para la prestación de servicios de transmisión de datos.

- I.550 Disposiciones generales sobre el interfuncionamiento entre redes públicas de datos con conmutación de paquetes (RPDCP) y redes digitales de servicios integrados (RDSI) para la prestación de servicios de transmisión de datos.
- I.560 Requisitos que deben cumplirse para la prestación del servicio télex en la (RDSI).

Principios de mantenimiento.

- I.601 Principios generales del mantenimiento del acceso de abonado y de las instalaciones de abonado de RDSI.
- I.602 Aplicación de los principios de mantenimiento a las instalaciones de abonado de RDSI.
- I.603 Aplicación de los principios de mantenimiento al acceso básico de abonado de RDSI.
- I.604 Aplicación de los principios de mantenimiento al acceso a velocidad primaria de abonado de RDSI.
- I.605 Aplicación de los principios de mantenimiento a los accesos básicos RDSI multiplexados estadísticamente.

Referencia a otras Recomendaciones del CCITT relacionadas con las RDSL.

Acceso, usuario-red (serie I.400)

- Q.920 y Q.930

Adaptación, terminal (serie I.460)

- X.30 y X.31
- V.110 y V.120

Servicios portadores

- X.25, X.31 y X.300
- G.711

Tasación (I.141, I.326)

- D.93 y serie D.200

Conmutación digital

- serie Q.500

Transmisión digital

- serie G.700, serie G.800 y serie G.900.

Central local digital

- Q.511 a Q.517

Interfuncionamiento: jerarquías digitales

- G.802

Interfuncionamiento, RDSI y otras redes (serie I.500)

- X.1, X.2, X.10, X.15, X.25, X.30, X.31, X.71, X.75, y X.81
- X.180, X.181 y serie X.300
- V.110 y V.120
- U.12 y U.202
- Q.921 y Q931

Interfuncionamiento, sistemas de señalización

- Q.120 a Q.180, Q.251 a Q.300, Q310 a Q.490
- Serie Q.600 y serie Q.700
- X.75

Gestión y mantenimiento (serie I.600)

- M.20, M.21, M.22, M.24, M.30, M.36, M.40.
- M.122 y M.125
- M.250, M.251, M.550, M.555 y M.557
- M.770 y M.782
- G.601, serie G.700, G.821 y serie G.900
- Q.512, Q.542 y Q.940

Modelado (serie I.130, serie I.140 y serie I.300)

- Q.65, Q.71, Q.80, serie Q.500 y serie Q.700
- X.200 y X.300
- Serie Z.100

Numeración (serie I.330)

- E.163, E.164, E.165, E.166 y E.167
- F.69
- X.121, X.122 y X.200
- Q.921, Q.931 y Q.932
- T.90

Intercambio de parámetros (I.515)

- V.32, V.100, V.110 y V.120
- G.725
- X.21, X.21 bis, X.25, X.30 y X.31
- Q.931, Q.932 y Q.764

Calidad de funcionamiento (serie I.350)

- serie G.100
- G.821, G.822, G.823 y G.824
- P.56, P.66 y P.84

Protección

- K.20
- K.22
- K.23

Encaminamiento (I.335)

- E.164, E.170 a E.172 y E.502
- G.801
- X.110
- Serie Q.600, serie Q.700, Q.930, Q.931

Señalización, usuario red (series I.440 e I.450)

- Q.920 a Q.940

Señalización, entre centrales (sistema de señalización N.º7)

- Q.701 a Q.714, Q.761 a Q.766 y Q.771 a Q.774

Codificación de la palabra

- G.711, G.721, G.722, G.723 y G.725

Servicios suplementarios (serie I.250)

- Q.932
- Q.71 a Q.99
- X.2

Conmutación

- serie Q.500

Telefonía, calidad de transmisión

- serie G.100

Teleservicios (serie I.240)

- serie E
- serie F
- serie X
- serie T
- U.201
- G.711 y G 722

Terminales (I.470)

- T.90
- E.330 y E331
- P.31
- V.110, V.120 y V.230

Tonos y anuncios (I.530)

- E.184
- V.25

Transmisión

- serie G.700, serie G.800 y serie G.900

Vocabulario (I.112, I.113)

- G.701

Apéndice B.

GLOSARIO.

Acceso básico, acceso a velocidad básica.- Disposición de acceso usuario-red que corresponde a la estructura de interfaz, compuesta de dos canales B y un canal D.

Acceso de usuario, acceso usuario-red.- Medio por el cual un usuario se conecta a una red de telecomunicación a fin de utilizar los servicios y/o facilidades de esa red.

Acceso a velocidad primaria.- Disposición de acceso usuario-red que corresponde a las velocidades primarias de 1544 kbit/s y 2048 kbit/s.

Activación.- Función que sitúa un sistema, o parte del mismo, que puede haber estado en un modo de bajo consumo de energía durante la desactivación, en su modo totalmente operante.

AMI (Alternate Mark Inversion).- Inversión de marcas alternas. Sistemas de codificación bipolar en el cual los unos (marcas) sucesivos deben alternar su polaridad (entre positiva y negativa).

Analógico/a.- Onda o señal continua (por ejemplo la voz humana).

Ancho de banda.- Gama de frecuencias que pasa por un circuito. Cuanto mayor es el ancho de banda, más información puede enviarse por el circuito en un lapso determinado.

BPS.- Bits por segundo. Medida de la velocidad de transmisión de datos en la transmisión serie.

Bus.- Vía o canal de transmisión. Típicamente, un bus es una conexión eléctrica de uno o más conductores, en el cual todos los dispositivos ligados reciben simultáneamente todo lo que se transmite.

Byte.- Grupo de bits que una computadora puede leer (generalmente de longitud de 8 bits).

Canal de acceso (canal).- Camino para la transmisión eléctrica entre dos o más puntos. Parte designada, de la capacidad de transferencia de información, con características especificadas y suministrada en el interfaz usuario-red.

Capa (nivel).- Región conceptual que abarca una o más funciones, entre una frontera lógica superior y una frontera lógica inferior, dentro de una jerarquía de funciones.(El modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (ISA) tiene siete capas).

Capacidad de acceso, capacidad de acceso de la RDSL.- Número y tipo de canales de acceso en un interfaz de acceso de la RDSI realmente disponibles para fines de telecomunicación.

CCITT.- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico. Comité asesor internacional con base en Europa, que recomienda normas internacionales de transmisión.

Comunicación.- Es la transferencia de información de acuerdo con convenciones adoptadas.

Central.- Conjunto de dispositivos de transporte de tráfico, de etapas de conmutación, de medios de control y señalización y de otras unidades funcionales en un nodo de la red, que permite la interconexión de líneas de abonado, circuitos de telecomunicación y/u otras unidades funcionales según lo requieren los usuarios individuales.

Central local, central local de la RDSI.- Central que además de la función de conmutación contiene la terminación de central para los accesos de cliente de la RDSI.

Conexión.- Concatenación de canales de transmisión o circuitos de telecomunicación, unidades de conmutación y otras unidades funcionales, establecida para hacer posible la transferencia de señales entre dos o más puntos de una red de telecomunicación, para soportar una sola comunicación.

Conexión digital.- Concatenación de canales de transmisión digital o circuitos de telecomunicación digital, unidades de conmutación y otras unidades funcionales, establecida para hacer posible la transferencia de señales digitales entre dos o más puntos de una red de telecomunicación, para soportar una sola comunicación.

Conexión de central.- Conexión establecida a través de una central, entre las terminaciones de esa central, de dos o más canales o circuitos.

Conexión de RDSI.- Conexión establecida a través de una RDSI entre interfaz RDSI especificadas.

Atributo de conexión, atributo de conexión de RDSI.- Característica especificada de una conexión de RDSI.(El valor o los valores asignados a uno o varios atributos de conexión pueden emplearse para distinguir esa conexión de otras).

Elemento de conexión, elemento de conexión de RDSI.- Parte de una conexión de RDSI que tiene valores estipulados de uno o varios atributos de conexión de RDSI.

Conexión de RDSI punto a punto.- Conexión de RDSI establecida entre dos interfaz RDSI especificados.

Conexión de RDSI punto a multipunto.- Conexión de RDSI establecida entre un solo interfaz RDSI especificado y más de un interfaz RDSI especificado.

Concentrador, concentrador digital.- Equipo que incluye el medio de combinar, en un sentido, cierto número de accesos básicos y/o accesos a velocidad primaria en un número menor de intervalos de tiempos, omitiendo los canales en reposo y/o la redundancia, y para realizar la separación correspondiente en el sentido contrario.

Conmutación.- Proceso consistente en la interconexión de unidades funcionales, canales de transmisión o circuitos de telecomunicación por el tiempo necesario para transportar señales.

Conmutación digital.- Conmutación por medios que pueden adoptar, en el tiempo, uno cualquiera de un conjunto definido de estados discretos de la señal, a fin de transportar señales digitales.

Conmutación de circuitos.- Modo de transferencia de información en el cual las funciones de conmutación y transmisión son realizados por una distribución permanente de canales o ancho de banda entre las conexiones.

Conmutación de paquetes.- Técnica de transmisión de datos que divide la información del usuario en envoltentes de datos discretas llamadas paquetes y las envía.

Datos.- Información representada en forma digital, incluyendo voz, texto, facsímil y vídeo.

Desactivación.- Función que sitúa un sistema, o parte del mismo, en un modo no operante o parcialmente operante en el que el consumo de energía del sistema puede ser disminuido (modo de bajo consumo de energía).

Equipo terminal (ET).- Grupo funcional en el lado usuario de un interfaz usuario-red que incluye funciones requeridas para el manejo de protocolos, mantenimiento, interfaces y conexión a otros equipos.

Especificación de interfaz.- Enunciado formal del tipo, cantidad, forma y orden de las interconexiones e interacciones entre dos sistemas asociados, en el interfaz de éstos.

Especificación de interfaz físico (Interfaz físico).- Enunciado formal de las características mecánicas, electromagnéticas y ópticas de las interconexiones e interacciones entre dos equipos asociados, en el interfaz de éstos.

Estructura de interfaz, estructura de interfaz usuario-red de la RDSI. Número y tipo de los canales de acceso que aparecen en un interfaz usuario-red de la RDSI.

Función.- Conjunto de procesos definidos con el propósito de alcanzar un objetivo especificado.

Grupo funcional.- Conjunto de funciones que pueden ser realizadas por un solo equipo.

Interfaz.- Frontera común entre dos sistemas asociados.

Interfaz usuario-red.- Interfaz entre el equipo terminal y una terminación de red, en el que se aplican los protocolos de acceso.

Interfaz de capa.- Interfaz entre capas adyacentes de una jerarquía de capas.

Interfaz físico.- Frontera común entre equipos físicos.

Interfaz usuario-red.- Interfaz entre el equipo terminal y una terminación de red, en el que se aplican los protocolos de acceso.

ISO (International Standards Organization).- Organización Internacional de estándares.

Isócrona.- Una señal es isócrona si el intervalo de tiempo que separa a dos instantes de tiempo significativos es teóricamente igual a la unidad del intervalo o a un múltiplo de la unidad de intervalo. En la práctica las variaciones en los intervalos de tiempo son mantenidas dentro de límites específicos.

Jitter.- Variaciones de pequeña magnitud de los instantes significativos de una señal digital con respecto a una posición ideal en el tiempo.

Nodo, nodo de conmutación.- Punto en el que tiene lugar la conmutación

Método de transmisión.- Técnica por la que el sistema de transmisión transmite y recibe señales a través del medio de transmisión.

Módem (Modulador-Demodulador).- Dispositivo usado para convertir señales digitales serie de un ETD (Equipo Terminal de Datos) transmisor a una señal adecuada para la transmisión por línea telefónica. Reconvierte también la señal transmitida a información digital serie para su aceptación por un ETD receptor.

Modo de transferencia asíncrona.- Modo de transferencia de información en el cual la información esta estructurada en paquetes cortos.

OSI (Open Systems Interconnection model).- Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos

Par trenzado.- Línea o parte de línea que tiene cada conductor (aislado) trenzado con el otro para reducir el efecto de inducción de los campos electromagnéticos y/o electrostáticos.

Plesiócrona.- Dos señales son plesiócronas si sus correspondientes instantes significativos ocurren a la misma tasa nominal, cualquier variación en la tasa se mantendrá dentro de límites específicos. Dos señales que tengan la misma tasa nominal de dígitos, pero que no están sincronizados por el mismo reloj, son plesiócronas.

Protocolo.- Enunciado formal de los procedimientos que se han adoptado para asegurar la comunicación entre dos o más funciones dentro de una misma capa de una jerarquía de funciones.

Protocolo de acceso.- Conjunto definido de procedimientos adoptados en un interfaz en un punto especificado de referencia, entre un usuario y una red con el fin de que el usuario pueda emplear los servicios y/o facilidades de esa red.

Protocolo usuario-usuario.- Protocolo adoptado entre dos o más usuarios con el propósito de asegurar la comunicación entre ellos.

Punto de referencia.- Punto conceptual en la conjunción de dos grupos funcionales que no se superponen.

Red, red de telecomunicación.- Conjunto de nodos y enlaces que proporciona conexiones entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos.

Red digital, red digital integrada.- Conjunto de nodos digitales y enlaces digitales que emplea transmisión y conmutación digitales integradas con el fin de proporcionar conexiones digitales entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos.

Red de servicios integrados.- Red que proporciona o sustenta una gama de servicios de telecomunicación diferentes.

Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).- Red de servicios integrados que proporciona conexiones digitales entre interfaces usuario-red.

Señal.- Fenómeno físico, una o más de cuyas características varían para representar información.

Señal discretamente temporizada. Señal compuesta de elementos sucesivos en el tiempo, cada uno de los cuales tiene una o más características que representan información, por ejemplo, su duración, forma de onda, amplitud.

Señal digital.- Señal discretamente temporizada en la cual la información se representa por un número de valores discretos, bien definidos, que una de sus magnitudes características puede tomar en función del tiempo.

Señalización.- Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y a la gestión en una red de telecomunicaciones.

Señalización asociada al canal.- Método de señalización en el que la información de señalización relacionada con el tráfico cursado por un solo canal se transmite en el propio canal o en un canal de señalización asociado permanentemente a aquél.

Señalización por canal común.- Técnica de señalización en la que la información de señalización relativa a muchos circuitos o funciones o a la gestión de la red se transmite por un solo canal mediante mensajes provistos de dirección.

Señalización dentro del intervalo.- Señalización asociada a un canal y que se transmite en un intervalo de tiempo de dígito asignado permanentemente (o periódicamente) dentro del intervalo de tiempo de canal.

Señalización fuera del intervalo.- Señalización asociada a un canal y transmitida en uno o más intervalos de tiempo de dígito no situados dentro del intervalo de tiempo de canal.

Sincronización de trama.- Procedimiento por el cual el receptor de una trama de bits puede determinar el inicio y final de la trama.

Telecomunicación.- Toda transmisión y/o emisión y recepción de señales que representan signos, escritura, imágenes y sonidos o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

Terminación de central (TC).- Grupo funcional que contiene al menos las funciones de lado de la red de capa 2 y capa 3 del interfaz en el punto de referencia T.

Terminación de red (TR).- Equipo que proporciona las funciones necesarias para la ejecución de los protocolos de acceso por la red.

Transmisión.- Acción de transportar señales de un punto a uno o a varios otros puntos.

Transmisión digital.- Transmisión de señales digitales por medio de uno o más canales que pueden adoptar, en el tiempo, uno cualquiera de un conjunto definido de estados discretos.

Usuario, usuario de una red de telecomunicación.- Persona o máquina designada por un cliente para que utilice los servicios y/o facilidades de una red de telecomunicación.

BIBLIOGRAFIA

- José Manuel Huidrobo.
Comunicaciones de voz y datos.
Paraninfo.
- James Y. Brice.
Using ISDN (Segunda Edición).
QUE.
- Dr. Sidnie Feit.
SNMP. A Guide to Network Management
Mc. Graw-Hill
- Bellamy John
Digital Telephony
John Wiley & SONS, INC.
- Uyles Black
Redes de Computadoras, Protocolos, Normas e Interfaces.
Macrobite.
- Gilbert Held, Ray Sarch
Data Communications: Comprehensive Approach.
Mc. Graw-Hill (Segunda Edición)
- Martin S Roden.
Analog and Digital Communications Systems
Prentice Hall (Tercera Edición)
- Donald G. Finik, Donald Christiansen
Electronics Engineers' Handbook
Mc. Graw-Hill Book Company (Tercera Edición).

- Gary C. Kessler
ISDN (1990)
Mc. Graw-Hill
- Thomas C. Bartee
ISDN, DECnet, and SNA Communications
SAMS
- Hermann J. Helgert
Integrated Services Digital Networks Architectures/ Protocols/ Standards
- CCITT Libro Azul Recomendaciones G.703, G.704, G.711, G.731, G.732, G.733, G.734 Fascículo III.4; Recomendación G.821 Fascículo III.5.
- CCITT Libro Azul Recomendación I.112 Fascículo III.7; Recomendaciones I.430, I.431, I.460 e I.470 Fascículo III.8.
- CCITT Libro Azul Recomendaciones Q.920 y Q.921 Fascículo VI.10; Recomendaciones Q.930 y Q.931 Fascículo VI.11.