



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN INGENIERIA MECANICA-ELECTRICISTA AREA ELECTRICA . ELECTRONICA PRESENTA N FRANCISCA MARMOLEJO CORTES JUSTINO PEÑAFIEL SALINAS

DIRECTOR: ING. HUMBERTO FLORES GONZALEZ CODIRECTOR: ING. JESUS REYES GARCIA

CIUDAD UNIVERSITARIA

FEBRERO 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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.

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA

OBJETIVO: ANALIZAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PRESENTA EL USO DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA CON RESPECTO A LA RED DIGITAL DE SERVICIOS QUE ACTUALMENTE ESTA OPERANDO EN MÉXICO, CON EL PROPÓSITO DE PODER EVALUAR EL FACTOR COSTO/BENEFICIO DE UNA CON RESPECTO A LA OTRA, MOSTRANDO ASÍ LA EXPECTATIVA QUE SE PRESENTA A FUTURO EN NUESTRO PAÍS, EN LO REFERENTE A ESTOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

TEMARIO

I) INTRODUCCIÓN

II) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

II.1) CONCEPTOS BÁSICOS

II.1.1) TECNOLOGÍAS

II.1.2) EQUIPOS

II.1.3) VENTAJAS

II.2) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS EN MÉXICO

II.2.1) DIFERENCIA ENTRE RED DIGITAL INTEGRADA Y RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

II.2.2) APLICACIONES

II.2.3) INFRAESTRUCTURA

II.2.4) VENTAJAS Y DESVENTAJAS

III) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA

III.1) CONCEPTOS BÁSICOS

III.1.1) DIFERENCIA ENTRE RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA Y RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

III.1.2) TECNOLOGÍA Y EQUIPOS

III.1.3) VENTAJAS

III.2) TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

III.2.1) RED ÓPTICA SÍNCRONA/JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SONET/SDH), JERARQUÍA DIGITAL PLEISÓCRONA (PDH)

III.3) TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

III.3.1) CÉLULAS DE MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM)

III.4) TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE DE DATOS

III.4.1) RETRANSMISIÓN DE TRAMAS (FRAME RELAY)

III.4.2) ETHERNET RÁPIDO (FAST ETHERNET)

III.5) IMPLANTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

III.5.1) COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS

III.5.2) APLICACIONES Y VENTAJAS

III.5.3) EQUIPOS

III.5.4) REDES FÍSICAS

III.5.5) CIRCUITOS TRONCALES

III.5.6) CIRCUITOS DE USUARIO

IV) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA EN EL MERCADO MEXICANO A FUTURO

IV.1) SITUACIÓN ACTUAL

IV.2) APERTURA DEL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES

IV.3) PERSPECTIVAS DE DESARROLLO EN MÉXICO

V) CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

El ámbito de las telecomunicaciones se transforma y mejora a un ritmo cada vez mayor. Lo anterior es debido a la conjunción de diversos factores tecnológicos, entre los cuales destacan la fusión de la informática con las telecomunicaciones, el uso cada vez más amplio de las computadoras, la creciente importancia del manejo de información en forma rápida y segura, así como las repercusiones económicas hacia el público usuario que requiere la aplicación de nuevas tecnologías.

Las redes de telecomunicaciones, un tema de actualidad por la necesidad de comunicación eficiente, rápida y a bajo costo; empezó con la creación de redes para cada servicio tales como, red telefónica para servicio telefónico, red de conmutación de paquetes para servicio de comunicación con el protocolo X25, etc. Con las redes separadas entre sí, un consumidor debía tener el contrato separado, reparto de procedimientos, números de identificación y líneas de abonado para cada uno de los diferentes servicios. ver la figura 1.1

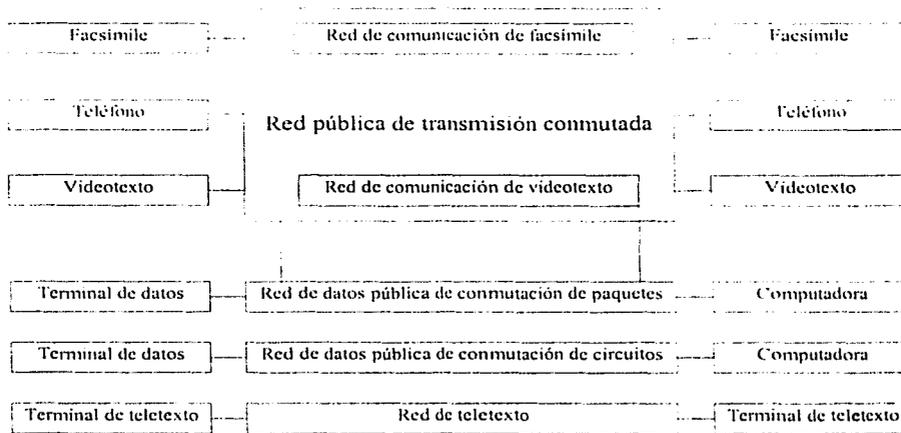


Figura 1.1. Diferentes redes separadas entre sí

En la última mitad de los años 70's en Europa, la construcción de la Red Digital Integrada (RDI), fue desarrollada basándose en transmisiones de trayectorias digitalizadas; además del rápido avance de las tecnologías con gran escala de integración y de la transmisión por fibra óptica, lo anterior colocó a la Red Digital Integrada como un concentrador de servicios mejorando la economía y la calidad de la transmisión. La aplicación de la RDI está orientada básicamente al servicio de las grandes empresas, para las cuáles el éxito de su operación depende en gran medida de la calidad y eficiencia de sus comunicaciones, sin embargo una vez que se ha atendido el mercado prioritario de telecomunicaciones se busca ir incorporando poco a poco las demás capas del mercado.

El concepto de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) surge en la década de los 80's en países afiliados al Comité Consultativo Internacional de Telegrafía y Telefonía (por sus siglas en inglés CCITT) Comité utilizando como base la Red Digital Integrada y la digitalización de la línea de abonado. En ella se permite a los consumidores el uso de diferentes medios de comunicación con una sola línea de abonado (voz, datos, video y texto), esto ciertamente promete a los consumidores un mejoramiento en el servicio, eficiencia y calidad de la red a futuro. La figura 1.2

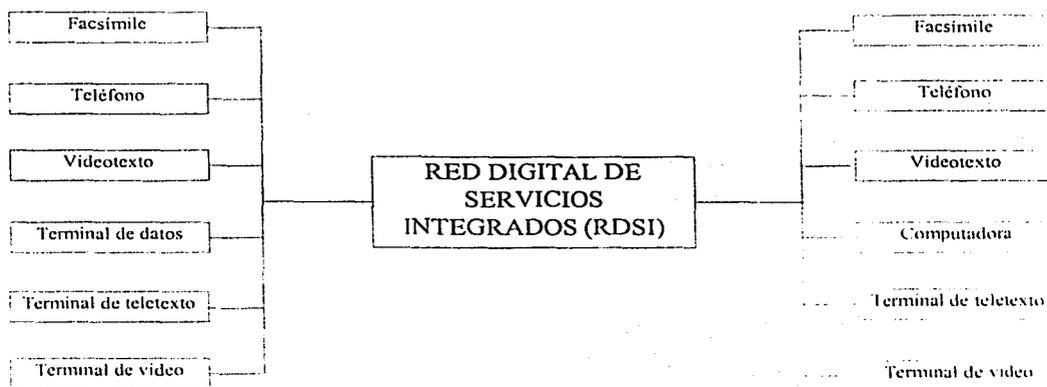


Figura 1.2. Configuración de la Red Digital de Servicios Integrados.

La creciente necesidad de optimización e integración de recursos en la actualidad ha provocado una saturación en la demanda del ancho de banda, por esta razón entre muchas más, el desarrollo de una tecnología que transporte un ancho de banda mayor para poder manejar datos, voz gráficos, textos, bases de datos distribuidos, multimedia, etc., a velocidades mayores de 150 Mbps por los distintos medios de transmisión ha sido necesario. De aquí nace el concepto de Red Digital de Servicios Integrados de banda Amplia (RDSI-BA).

La Red Digital de Servicios Integrados de Banda Amplia tiene como objetivo proporcionar los servicios sobre canales a una velocidad igual o superior a 155 Mbps con seguridad y eficiencia en la transmisión. La RDSI normal empieza a encontrarse en un estado de emergencia, ya que una red de 2 Mbps puede quedarse corta para cierto número de aplicaciones, como son: una videoconferencia que ocupa la mayor parte de todo el ancho de banda de un canal de 2 Mbps, la transferencia de imágenes de alta definición y color que requiere una velocidad de 200 Mbps por segundo para un tiempo de respuesta menor a 2 segundos; requisitos de este tipo se encuentran en las imágenes médicas.

El presente trabajo analizará las ventajas y desventajas que presenta el uso de una Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha con respecto a la Red Digital de Servicios que actualmente está operando en México, con el propósito de poder evaluar el factor costo/beneficio de una con respecto a la otra, mostrando así la expectativa que se presenta a futuro en nuestro país, en lo referente a estos medios de transmisión.

Por lo mencionado anteriormente, se realizará una investigación sobre lo que es RDSI, se revisarán conceptos básicos, tecnologías, infraestructura, equipos, ventajas, etc.; así como el grado de aceptación que tiene con respecto a México. Se observará la diferencia existente entre RDI y RDSI, las aplicaciones e infraestructura que hay en México.

Después se analizará la RDSI-BA, estudiando conceptos básicos, diferencia entre RDSI y RDSI-BA, tecnologías equipos y ventajas de una con respecto a la otra. Se hará una comparación entre las tecnologías (conmutación de paquetes y de circuitos, transporte de datos), para poder determinar las aplicaciones donde es apropiada cada una de ellas.

Se hará un estudio de la situación actual de las redes de telecomunicaciones a fin de poder evaluar la realidad actual de nuestro país, tomando en cuenta la penetración de este mercado en México, realizando una evaluación económica que nos ayude a determinar las perspectivas de desarrollo a futuro.

II) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

En un principio los servicios de telecomunicaciones que se ofrecían eran el teléfono y el teletexto, pero éstos utilizaban medios específicos de transmisión y conmutación, por lo que, cada servicio disponía de una red propia que no permitía ningún otro servicio de comunicación.

Debido a la evolución en el tratamiento o gestión de la información, en la última década han surgido nuevas necesidades en los servicios de telecomunicaciones. La satisfacción de estas necesidades, en un principio, condujo a la utilización de la red telefónica analógica para transmitir datos en el ancho de banda para voz con la ayuda de módems y a la creación de redes especializadas que se adaptaran mejor a la demanda. La construcción de estas redes no tuvo un gran auge a nivel particular debido al costo de inversión para implantar una red de este tipo. Surgieron así las redes públicas de datos, de voz, de videoconferencia, de fax, de facsímile, etc., con diferentes tecnologías de transmisión conmutación de circuitos o de paquetes, redes digitales con líneas dedicadas o conmutadas, terrestres o por satélite.

Los servicios telemáticos han proseguido su expansión y diversificación, por lo que el conjunto de usuarios se extiende día a día, resultando así más rentable la implantación de redes públicas para la transmisión de datos, de voz, de videoconferencia, etc.

La satisfacción de las distintas necesidades utilizando un gran número de redes especializadas presenta una serie de inconvenientes tanto para el cliente, como para la compañía o la administración que se ocupa de su gestión y explotación.

Las limitaciones que aparecen en cuanto a los usuarios están relacionadas esencialmente con:

- El costo.- cada red necesita un conector físico particular y a menudo, terminales específicas. El costo medio de la conexión es tanto o más caro mientras la red sea más pequeña.
- La eficiencia.- el funcionamiento en conjunto de las redes suele acumular los defectos de cada una de ellas (tiempo de retardo, retransmisiones, etc.).
- La comodidad de utilización.- Los procedimientos de acceso son particulares para cada red especializada, esto trae problemas entre los usuarios debido a las múltiples maniobras que se realizan para poder trabajar con un sistema determinado.
- Las relaciones comerciales.- existen tantos tramites de facturación y mantenimiento, como redes diferentes.

Para las empresas o entidades beneficiadas con los servicios de la red, la pluralidad de las mismas y la diversidad de los equipos inducen a un sobrecosto notable en la inversión, a la vez que el funcionamiento de las mismas implica un personal más numeroso. Estos fenómenos condujeron a la creación de una nueva red universal simplificada para la transportación de la información.

La integración de estas tecnologías ha sido llamada **Red Digital Integrada**. El término de integración en Red Digital Integrada (RDI) ha sido usado para referirse a:

- Integración de equipo de transmisión y conmutación.
- Integración de las comunicaciones de voz y datos.
- Integración de las facilidades de la conmutación de circuitos y conmutación de paquetes

La RDI es la base y pre-requisito para una **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)**. Por lo tanto, será necesario el estudio de las tecnologías que fueron fundamentales para el desarrollo de la RDI.

II.1 CONCEPTOS BÁSICOS

II.1.1 TECNOLOGÍAS

Las tecnologías principales que contribuyeron al desarrollo de la RDI son:

- Conmutación de circuitos.- Se examinarán los mecanismos básicos usados, la distribución de la operación y el control de las redes de conmutación de circuitos, incluyendo estrategias de multiplexaje, ruteo y señalización de control.
- Conmutación de paquetes.- Se examinarán la operación y aplicación de la conmutación de paquetes a través del protocolo X.25, que es un estándar para esta tecnología que propuso el Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (por sus siglas en inglés CCITT)

II.1.1.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

La conmutación de circuitos es una tecnología que actualmente se dedica a dos tipos de comunicación voz y datos, y estos permanecerán dentro de la era RDSI. La comunicación vía conmutación de circuitos implica que haya una trayectoria dedicada de comunicación entre los dos extremos. La trayectoria es la secuencia en que se unen los nodos de cada red. En cada acoplamiento físico, un canal es dedicado para la conexión.

La comunicación utilizando la conmutación de circuitos involucra principalmente tres pasos:

- 1) Establecimiento del circuito.
- 2) Transferencia de la señal.
- 3) Desconexión del circuito.

La trayectoria de la conexión se establece antes de comenzar la transmisión de datos, de esta manera la capacidad del canal puede ser reservada por medio de cada par de nodos en la trayectoria, por lo tanto, cada nodo debe tener una capacidad de conmutación interna disponible para manejar una petición de conexión. Los conmutadores deben tener la "inteligencia" para hacer esta distribución y para crear una ruta a través de la red.

La conmutación de circuitos puede ser bastante ineficiente, pues la capacidad del canal está determinada por la duración de la conexión, incluso si los datos no han sido transferidos. Para una conexión de voz, según las estadísticas, normalmente el 60% del tiempo de llamada se consume en espacio muerto (no hay voz, dado que la persona está escuchando o pensando lo que va a decir). Para una conexión terminal-computadora, la capacidad puede no ser usada durante algún tiempo de la conexión. En términos de ejecución, hay un retardo más importante en el establecimiento de llamadas telefónicas para transferencia de datos. Sin embargo, una vez establecido el circuito, la red es totalmente transparente para los usuarios. Los datos son transmitidos a una tasa fija sin ningún otro retardo que el retardo de propagación del enlace de la transmisión. El retardo en cada nodo es insignificante.

Algunas de las características clave de la conmutación de circuitos se resumen en el cuadro 2.1. En términos de aplicación, la conmutación de circuitos fue desarrollada para manejar tráfico de voz, sin embargo, también es utilizada para el tráfico de datos. El mejor ejemplo conocido de una red de conmutación de circuitos es la red telefónica pública. Ésta es actualmente un conjunto de redes nacionales que conforman una red de servicio internacional. En los Estados Unidos, las redes son principalmente proporcionadas por AT&T, Sprint, MCI, las compañías Bell, Worldcom, etc. Un ejemplo bien conocido donde se aplica la conmutación de circuitos es el Conmutador Telefónico de Tributarios Privados (por sus siglas en inglés PBX), que es usado para interconectar teléfonos en un edificio u oficina. La conmutación de circuitos es así mismo utilizada en redes privadas. Usualmente, tal red es establecida por una corporación u otras organizaciones grandes para interconectar los diferentes sitios que deseen comunicarse. Una red semejante usualmente consiste de sistemas PBX, en cada sitio interconectado por una línea dedicada. Un ejemplo final común de la aplicación de conmutación de circuitos es el conmutador de datos. El conmutador de datos es similar al PBX, pero es diseñado para interconectar dispositivos de procesamiento de datos digitales, tal como terminales y computadoras. Las generaciones más recientes de PBX, son conocidas como PBX digital, éste facilita el manejo de tráfico en ambos (voz y datos).

La conmutación de circuitos se utiliza de forma general, pues proporciona transferencia, un costo relativamente bajo y una alta confiabilidad en la forma de transmisión del servicio. Por ello es la base en que los servicios de RDSI se construyen.

NOTA: la tasa de transmisión para la señal debe ser constante desde que ocurra la transmisión y recepción. Este requerimiento es necesario para permitir una conversación telefónica normal. Otro requerimiento es la calidad del receptor que debe ser lo suficientemente alta para proporcionar un mínimo de inteligibilidad. Un requerimiento más se refiere a la capacidad del conmutador

APLICACIONES

Voz

Red Telefónica Pública

Proporciona la interconexión para dos señales de voz de una central telefónica entre dos teléfonos conectados. Las llamadas pueden ser establecidas entre cualquier suscriptor ya sea nacional o internacional, esta red está evolucionando para poder manejar un incremento en el tráfico de datos.

Conmutador Telefónico de Tributarios Privados (PBX)

Proporciona un conmutador telefónico para un edificio o un grupo de edificios. Las llamadas están situadas entre cualquier suscriptor que se encuentre adentro del sitio local; la interconexión también se proporciona para redes conmutadas por circuitos de área amplia públicas o privadas.

Red de Área Amplia Privada

Provee la interconexión entre cierto número de sitios. Generalmente se usa para la interconexión de varios PBX que son parte de una misma organización.

Datos

Conmutador de Datos

Sirve para proporcionar la interconexión de terminales y computadoras en un sitio local.

REQUERIMIENTOS

- 1.- Establece, mantiene y termina las llamadas que el suscriptor pide.
- 2.- proporciona una transmisión transparente de señal en ambos sentidos (transmisión-recepción)
- 3.- Limita el retardo para que sea aceptable la conexión para voz (<0.5 s).
- 4.- Provee la calidad adecuada para la conexión de la voz.
- 5.- Limita la probabilidad de bloqueo.

TECNOLOGÍA

Técnicas de Conmutación

Por división de espacio.
Por división de tiempo.
BUS de MDT (Multiplexaje por División de Tiempo)
IPT (Intercambio por un Período de Tiempo).
CMT (Conmutación Multiplexada por Tiempo).

Transmisión

Transmisor multiplexado.
Algoritmo de ruteo
Señales de control.

Cuadro 2.1 Conmutación de Circuitos.

En el resto de este capítulo, se examinará la tecnología básica de la conmutación de circuitos.

- **REDES DE UN NODO**

Una red construida alrededor de un sólo nodo de conmutación de circuitos, consiste de un grupo de dispositivos o estaciones conectadas a una unidad de conmutación central. El conmutador central establece una trayectoria dedicada entre cualquiera de los dos dispositivos que deseen comunicarse. La figura 2.1 muestra los elementos de una red de un nodo.

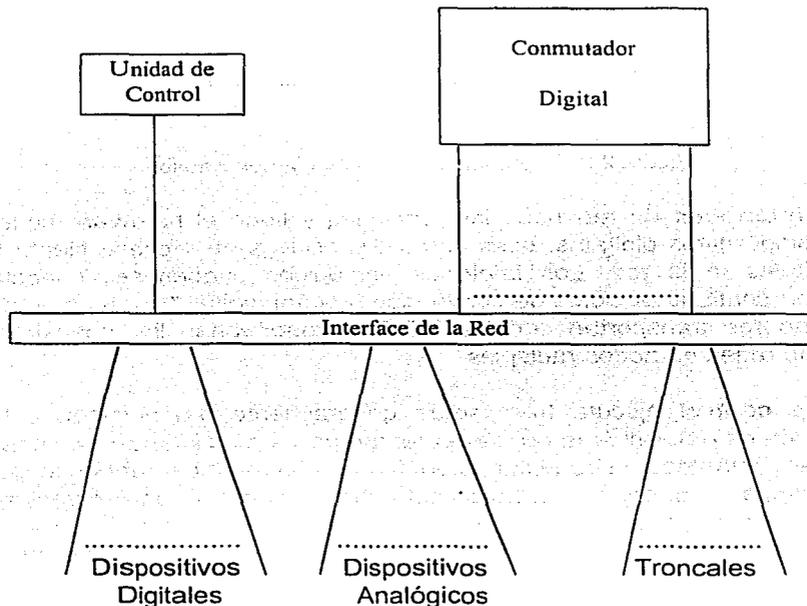


Figura 2.1. Elementos de un Nodo de Conmutación de Circuitos.

El corazón de un sistema moderno es un conmutador digital. La función del conmutador digital es proveer una trayectoria de señal transparente entre cualquier par de dispositivos conectados. La trayectoria es transparente en el sentido que parece que existe una conexión directa entre los dispositivos conectados. Típicamente, la conexión debe permitir transmitir y recibir simultáneamente. La figura 2.2 representa un conmutador con 20 líneas conectadas. Las líneas que se unen al mismo punto del conmutador simbolizan las conexiones que están activas actualmente.

El advenimiento de la tecnología de conmutación digital ha mejorado dramáticamente el costo, el funcionamiento y la capacidad de las redes conmutadas por circuitos. La clave de la operación de tal sistema es que: 1) Todas las señales son representadas

digitalmente; y 2) Se utilizan técnicas síncronas de Multiplexaje por División de Tiempo (MDT).

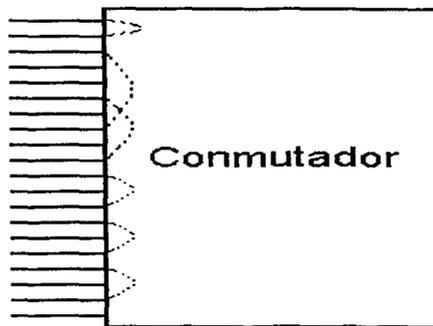


Figura 2.2. Representación abstracta del circuito.

El **elemento interfaces** de red hace las funciones y tiene el hardware necesario para conectar los dispositivos digitales, tales como dispositivos de procesamiento de datos y teléfonos digitales, a la red. Los teléfonos analógicos pueden ser conectados si la interface de red contiene la lógica de conversión a señal digital. Las líneas principales de otros conmutadores transportan señales MDT y proporcionan las conexiones para la construcción de redes de nodos múltiples.

La **unidad de control** ejecuta tres tareas generalmente. La primera, establece las conexiones. Ésta es determinada por la demanda, por la petición de una conexión de un dispositivo. Para establecer la conexión la unidad de control debe reconocer y manejar la petición, determinar si el destino decidido está libre, y construir una trayectoria a través del conmutador. La segunda, la unidad de control debe de mantener la conexión. Puesto que el conmutador digital usa los principios de la división de tiempo, este puede requerir de manipulación por fuera de los elementos de conmutación. Sin embargo, los bits de la comunicación son transferidos transparentemente (desde el punto de vista de los dispositivos conectados). La tercera, la unidad de control debe hacer la desconexión de ambos, en respuesta a la petición de una de las dos partes o por una razón propia.

Una característica importante de un dispositivo de conmutación de circuitos es que se puede configurar ya sea como bloqueado o no bloqueado. El bloqueo ocurre cuando la red es incapaz de conectar dos estaciones porque todas las trayectorias posibles entre ellas, están ya en uso. Por lo tanto, una red no bloqueada permite a todas las estaciones estar conectadas (por pares) a un mismo tiempo y concede todas las conexiones posibles solicitadas según lo grande de ésta, puesto que el grupo de llamadas está libre. Cuando una red soporta solamente tráfico de voz, una configuración de bloqueo es generalmente aceptada, dado que este espera que la mayor parte de las llamadas telefónicas sean de corta duración y por consiguiente sólo una fracción de los teléfonos serían empleados en cualquier mismo tiempo. Sin embargo, cuando los dispositivos de procesamientos de datos son involucrados, estas suposiciones pueden ser invalidadas;

por ejemplo, para una aplicación de entrada de datos una terminal puede estar conectada a una computadora por horas, con una misma llamada. Un reporte del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (por sus siglas en inglés IEEE) establece que " las conexiones de voz típicas en un conmutador telefónico de tributarios privado tienen una duración de 120 a 180 segundos, mientras que las llamadas de datos tienen un rango de 8 segundos a 15 horas; para las aplicaciones de datos, existe la necesidad de una configuración de no bloqueo o cercana al no bloqueo.

• CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE ESPACIO

La conmutación por división de espacio fue originalmente desarrollada para manejar un ambiente analógico, y ha sido llevado hacia la tecnología digital. Los principios fundamentales son los mismos aún si el conmutador es utilizado para transportar señales analógicas o digitales. Como el mismo nombre implica, un conmutador por división de espacio es aquel en el cual las trayectorias de las señales establecidas son separadas físicamente una de otra (divididas en espacio). Por lo tanto, cada conexión requiere de establecer una trayectoria física a través de un conmutador que está dedicado únicamente para la transferencia de señal entre los dos puntos terminales. La plataforma básica de construcción de un conmutador es una matriz de puntos entrecruzados o compuertas de semiconductores que pueden ser habilitados y/o deshabilitados por la unidad de control.

La figura 2.3 muestra una matriz de barras cruzadas sencilla con N líneas de entrada/salida (E/S). Cada punto se enlaza vía la matriz, una línea de entrada con una línea de salida. La interconexión es posible entre cualquiera de las líneas (dos), habilitando el punto de cruce apropiado. Note que el número de puntos entrecruzados es N^2 . El conmutador de barras tiene ciertas limitantes:

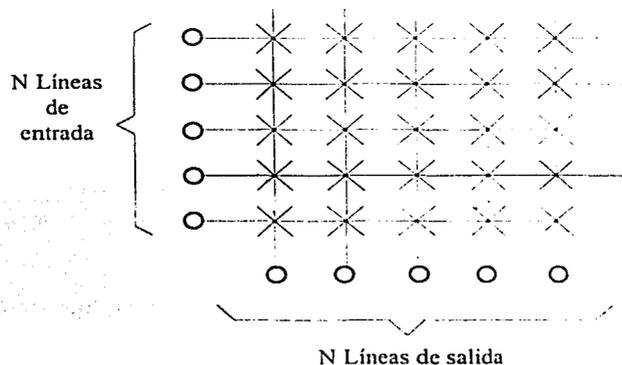


Figura 2.3. Conmutador por división de espacio de una etapa.

1) El número de puntos entrecruzados crece con N^2 . Esto resulta demasiado caro para N muy grandes, esto es cuando se requiere de alta capacidad para establecer mas trayectorias para un mensaje.

2) La pérdida de un punto de cruce impide la conexión entre las partes involucradas.

3) Los puntos cruzados son utilizados ineficientemente (para todas las N fuera del rango de la N^2).

Para superar estas limitaciones, conmutadores multietapas son empleados. Las líneas de entrada N son colocadas en grupos de N/n de n líneas. Cada grupo de líneas viene adentro de la primera etapa de matrices. Las salidas de la primera etapa de matrices son colocadas en las entradas del grupo de matrices de la segunda etapa y así sucesivamente. La estación anterior tiene N salidas; así pues, cada dispositivo estará conectado a la línea de entrada de la siguiente etapa. La figura 2.4 describe una red de conmutadores con tres etapas. Hay k matrices en la segunda estación (esta es una decisión de diseño). Cada una de las matrices de la primera etapa tiene k salidas para poder conectarse a todas las matrices de la segunda etapa. Cada una de las matrices de la segunda etapa tiene N/n salidas para poder conectar así a todas las matrices de la tercera etapa.

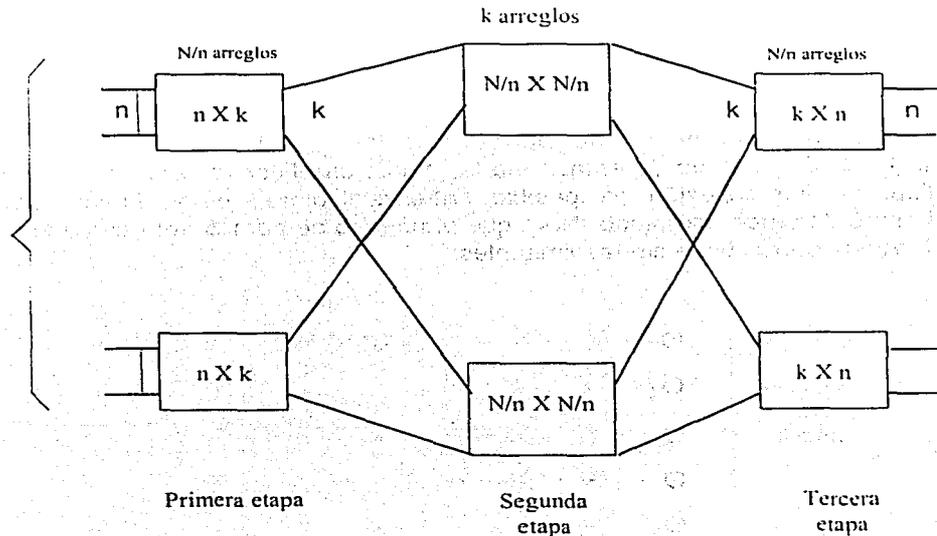


Figura 2.4. Conmutador por división de espacio de tres etapas.

Este tipo de arreglo tiene varias ventajas con respecto a una etapa simple de matrices de barras cruzadas:

1) El número de puntos cruzados se reduce, incrementando la utilización de las barras cruzadas.

2) Hay más de una trayectoria a través de la red para conectar a dos puntos terminales, incrementando así la seguridad y disponibilidad.

Desde luego, una red con multietapas requiere de un esquema de control más complejo. Para establecer una trayectoria en una red de etapa simple sólo es necesario habilitar un puerto. En una red con multietapas, una trayectoria libre entre las etapas debe ser determinada para poder habilitar el puerto apropiado.

Una consideración que se debe tomar al momento de establecer una estación de conmutadores por división de espacio es que se puede bloquear. Esto se puede observar en la figura 2.5, que muestra un conmutador de tres etapas con $N=9$, $n=3$ y $k=3$. Las líneas remarcadas son las líneas que están en uso. En este estado, la entrada de la línea 9 no puede ser conectada a cualquiera de las líneas de salida 4 ó 6, aunque alguna de estas líneas de salida esté disponible.

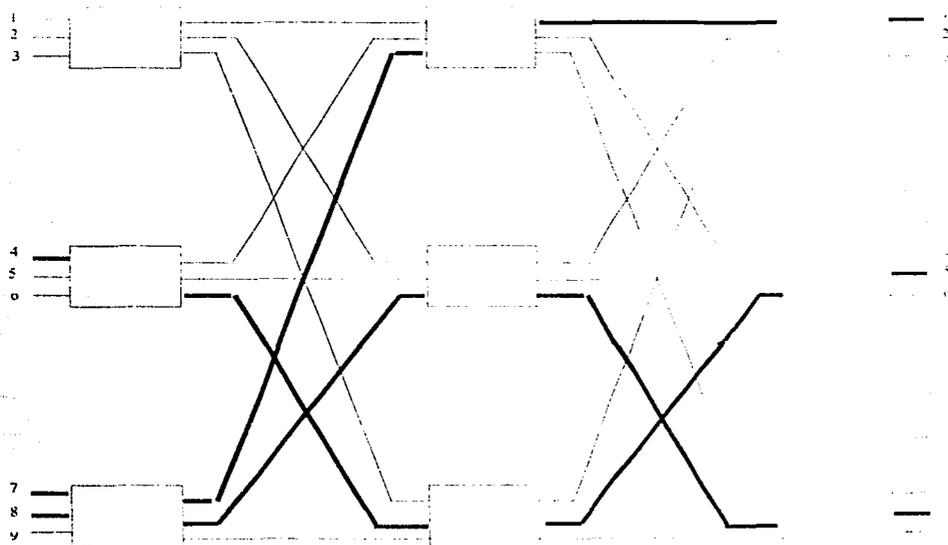


Figura 2.5 Ejemplo de un conmutador de tres etapas con bloqueo

Por lo tanto, estaría claro que incrementando el valor de k (el número de salidas del primer conmutador y el número de conmutadores de la segunda etapa), la probabilidad de bloqueo se reduce. La figura 2.6 muestra el valor de k requerido para eliminar la posibilidad de bloqueo. Considerando que nosotros deseamos establecer una trayectoria por la línea de entrada **A** hasta la línea de salida **B**. El peor caso para que un bloqueo ocurra, sería si el resto de las líneas de entrada $n-1$ y las líneas de salida $n-1$ estuvieran ocupadas y/o conectadas a diferentes conmutadores de la etapa de control. Así un total de conmutadores centrales $(n-1)+(n-1)=2n-2$ están deshabilitados para establecer una trayectoria de **A** hasta **B**. Sin embargo, si existiera un conmutador central más, el enlace

apropiado estaría disponible para la conexión. Por lo tanto, una red de tres etapas estaría configurada para no bloqueo sí:

$$k=2n-1$$

Regresando a la aseveración de que un conmutador multietapa requiere menos puntos cruzados que un conmutador de una sola etapa. De la figura 2.4, el número total de puntos cruzados N_x , en el conmutador de tres etapas es:

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

Sustituyendo la primera ecuación en la segunda tenemos que:

$$N_x=2N(2n-1)+(2N-1)(N/n)^2$$

Por lo tanto, para obtener un conmutador que no se bloquee. El valor de N en la función, depende del número de conmutadores (N/n) en la primera y tercera etapa. Para optimizar, N_x se diferencia con respecto a n y se iguala a cero. Para N muy grandes, el resultado converge a $n=(N/2)^{1/2}$. Sustituyendo en la ecuación anterior se tiene:

$$N_x=4N(\sqrt{2N} - 1)$$

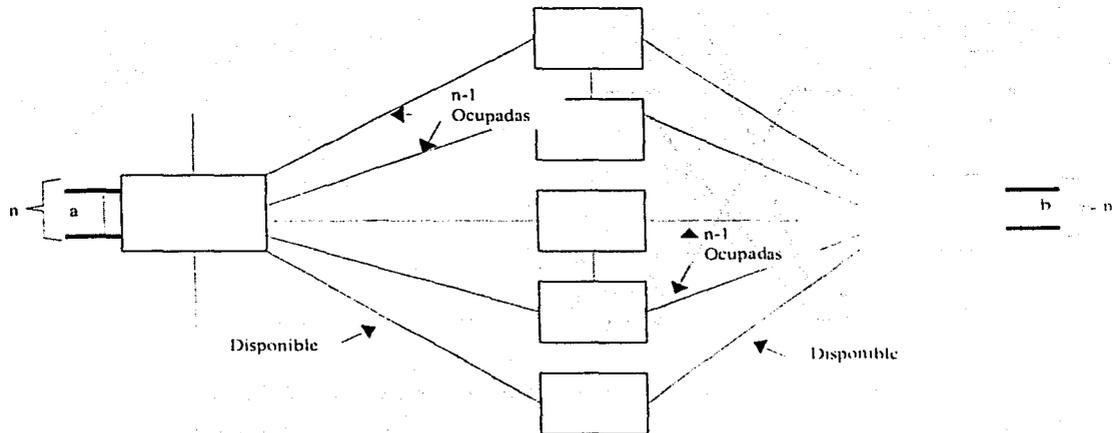


Figura 2.6. Conmutador de tres etapas configurado para no bloqueo.

La tabla 2.1 compara este valor con el número de puntos cruzados de un conmutador con una sola etapa. Como se puede observar, hay un ahorro conforme crece el número de líneas.

Número de líneas	Número de puntos cruzados para el conmutador de tres etapas	Número de puntos cruzados para un conmutador de una sola etapa
128	7,680	16,384
512	63,488	262,144
3,048	516,096	4.2×10^6
8,196	4.2×10^6	6.7×10^7
32,768	3.3×10^7	1×10^9
131,072	2.6×10^8	1.7×10^{10}

Tabla 2.1 Número de puntos cruzados en un conmutador configurado para no bloqueo.

• CONMUTACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO

La tecnología de conmutación tiene una larga historia, la mayor parte de ésta fue cuando la conmutación de señales analógicas predominaba. Con el advenimiento de las técnicas de multiplexaje por división de tiempo y la digitalización de la voz; datos y voz podían ser transmitidos vía señales digitales. Esto ocasionó un cambio fundamental en el diseño y tecnología de los sistemas de conmutación. En lugar de inundar el mercado con los sistemas de conmutación por división de espacio, los sistemas digitales modernos cuentan con un control inteligente de elementos por división de espacio y tiempo.

Virtualmente todos los conmutadores de circuitos modernos usan técnicas digitales de conmutación por división de tiempo, para el establecimiento y mantenimiento de los "circuitos". La conmutación por división de tiempo involucra la partición de un grupo de bits a baja velocidad dentro de unos bloques que se comparten con otros grupos de bits que tienen una velocidad superior. Los bloques individuales, o periodos, son manipulados por un control lógico, para que haya una trayectoria de datos desde la entrada hasta la salida. La técnica de conmutación por división de tiempo incluye tres conceptos:

- 1.-) Conmutación por un bus de TDM.
- 2.-) Intercambio por periodo de tiempo (TSI).
- 3.-) Conmutación por multiplexación de tiempo.

La tabla 2.2 describe brevemente estas formas de conmutación, así como la conmutación por división de tiempo.

Técnica	Descripción	Comentarios
Por división de espacio	Utiliza una matriz de interconexión. Cada una de las conexiones a través del conmutador toma una trayectoria física distinta.	Uso ineficiente de los puntos cruzados. Puede ser usada para conmutar ambos tipos de señal, analógica o digital. Es menos compleja que la conmutación por división de tiempo.
Por un BUS de TDM	Todas las líneas están conectadas a un bus. El tiempo en el bus es dividido en periodos. Un circuito es creado entre las dos líneas para la asignación de periodos de tiempo repetitivos, como en un TDM síncrono.	Es la forma más simple de la conmutación por división de tiempo. El tamaño del conmutador es limitado por la tasa de datos en el bus. Ésta arquitectura es común para conmutadores de datos de tamaño pequeño o medianos y PBX's.
Por intercambio de periodos de tiempo	Todas las líneas están conectadas a un multiplexor TDM síncrono. Un circuito es creado para el intercambio de los periodos de tiempo adentro de la trama, que es multiplexada por división de tiempo.	El tamaño del conmutador está limitado por la velocidad de la memoria de control. Puede ser utilizado como un bloque edificado en conmutadores multietapa.
Multiplexado por tiempo	Es una forma de multiplexación por división de espacio en la cual cada línea de entrada es un campo TDM. La configuración de la conmutación puede cambiar para cada periodo de tiempo.	Es utilizado en conjunción con unidades de intercambio de periodos de tiempo (IPT) para formar conmutadores multietapa. Hay un incremento pequeño en el retardo por el uso de etapas múltiples, pero éste tiene una capacidad mucho más grande.

Tabla 2.2. Técnicas de conmutación de circuitos.

◆ CONMUTACIÓN POR UN BUS TDM

La conmutación por un bus TDM y todas las demás técnicas de conmutación digital en efecto, están basadas en el uso de la multiplexación por división de tiempo síncrona (TDM). Como se muestra en la figura 2.7, el TDM síncrono permite múltiples series de bits a baja velocidad para compartir una línea de alta velocidad. Las muestras son organizadas en forma serial dentro de periodos para formar una trama recurrente de N periodos. Un periodo puede ser un bit, un byte o algún bloque superior. Un punto importante a notar es que con un TDM síncrono, el origen y destino de los datos en cada periodo de tiempo son conocidos. Por lo tanto, no hay necesidad de bits de dirección para cada periodo.

El mecanismo del TDM síncrono puede ser completamente simple. Por ejemplo, cada línea de entrada deposita datos en un buffer; el multiplexor busca estos buffer's secuencialmente, tomando segmentos de datos con tamaño fijo de cada buffer y enviándolos por la línea. Una búsqueda completa produce una trama de datos. Para la salida de las líneas, la operación inversa es ejecutada, con el multiplexor se rellena la línea de salida de los buffer's uno por uno. Las líneas de entrada/salida conectadas al multiplexor pueden ser síncronas o asíncronas, la línea multiplexada entre los dos multiplexores es síncrona, y debe tener una tasa de datos igual a la suma de las tasas de datos de todas las líneas conectadas.

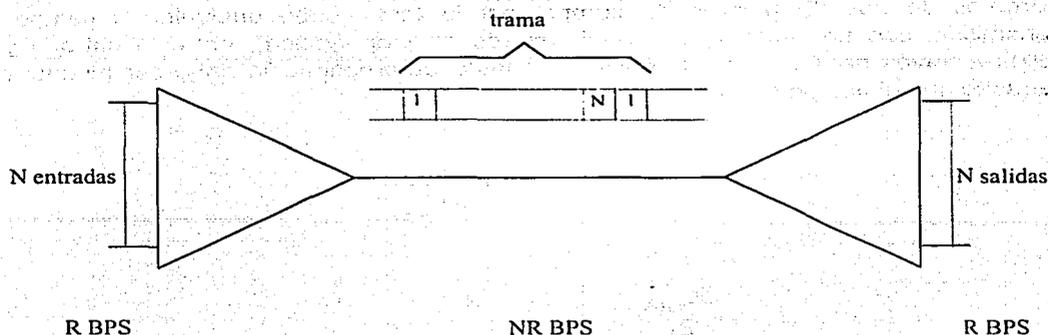


Figura 2.7. Multiplexación por división de tiempo síncrona (TDM).

Actualmente, la línea multiplexada debe tener una tasa de datos ligeramente superior, desde cada trama se incluirán algunos bits de encabezado para la sincronización. Los periodos de tiempo asignados en una trama son fijos para las líneas de entrada/salida. Si un dispositivo no tiene datos para enviar, el multiplexor debe enviar periodos desocupados (vacíos). Por lo tanto, la tasa de transferencia actual puede tener pérdida en la capacidad del sistema.

La figura 2.8 muestra una forma simple en la cual ésta técnica puede ser adaptada para realizar la conmutación. Cada dispositivo es conectado al conmutador a través de dos líneas con buffer, una para la entrada y otra para la salida. Estas líneas están conectadas por medio de compuertas controladas a un bus digital de alta velocidad. Cada línea de entrada es asignada a un periodo de tiempo, para permitir una ráfaga de datos dentro del bus. En el mismo periodo de tiempo, una compuerta de la línea de salida es también habilitada. Así, durante un periodo de tiempo, unos datos son conmutados desde la línea de entrada habilitada hasta la línea de salida habilitada. Durante los periodos de tiempo sucesivos, diferentes pares de entradas y salidas serán habilitadas, permitiendo a un número de conexiones ser transportadas sobre el bus compartido. Un dispositivo conectado realiza una operación bidireccional, transmitiendo durante un periodo de tiempo asignado y recibiendo durante otro. El otro extremo de la conexión es un par de entradas/salidas para el cual estos periodos de tiempo tienen un sentido opuesto. Esta técnica se conoce como conmutación por un bus TDM.

Obsérvese ahora la sincronización involucrada más atentamente. Primero, se considerará una configuración para no bloqueo, obsérvese la figura 2.8. Para un conmutador que soporta N dispositivos, éstos deben tener N periodos de tiempo ocurriendo, cada uno de ellos asignado a una línea de entrada y una línea de salida. Una iteración por todos los periodos de tiempo es llamada Trama. La asignación de la entrada puede ser fija, la asignación de la salida varía para permitir varias conexiones.

Cuando empieza un periodo de tiempo, la línea de entrada designada puede insertar una ráfaga de datos en el bus donde se propagan los otros datos de las demás líneas. La

línea de salida designada, durante ese tiempo, copia los datos que pasan por los extremos de bus. El periodo de tiempo, por lo tanto, debe equivaler al tiempo de transmisión con una entrada adicional (retardo de propagación), entre la entrada y la salida a través del bus. Por eficiencia, el retardo de propagación debe ser mucho más pequeño que el tiempo de transmisión.

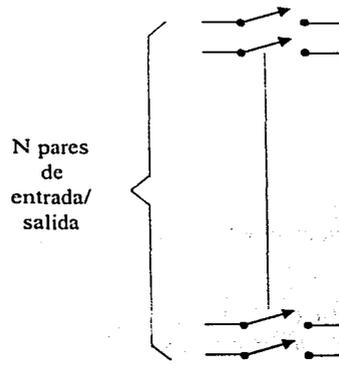


Figura 2.8. Conmutación por un bus TDM.

Para ir a la par con las líneas de entrada, la tasa de datos en el bus debe ser más alta que los periodos de tiempo que se ocupan. Por ejemplo, considere a un sistema conectando a 100 líneas bidireccional a 19.2 Kbps. El dato de entrada se guarda en una compuerta. Cada contenedor debe ser limpiado, para habilitar una compuerta más rápida evitando así, ser desbordado. Por eso la tasa de datos en el bus en este ejemplo debe ser superior a 1.92 Mbps. La tasa de datos actual debe ser más alta para justificar el tiempo debido al retardo de propagación.

Estas consideraciones determinan también la capacidad de transporte de tráfico de un conmutador configurado para bloqueo. Para un conmutador que se puede bloquear, no hay asignación fija para las líneas de entrada en los periodos de tiempo; ellas son distribuidas de acuerdo a la demanda. La tasa de datos en el bus determina de que manera, muchas conexiones pueden ser hechas en un tiempo. Para un sistema con 200 dispositivos a 19.2 Kbps y un bus a 2 Mbps, aproximadamente la mitad de los dispositivos pueden ser conectados en cualquier tiempo.

El esquema de un bus de conmutación TDM puede acomodar líneas para tasas de datos variables. Por ejemplo, si una línea contiene 9600 bps en un periodo por trama, una línea de 19.2 Kbps contendría dos periodos por trama. Por supuesto, sólo líneas con la misma tasa de datos pueden ser conectados.

La figura 2.9 es un ejemplo que sugiere de que manera, se puede controlar un bus conmutado TDM. Asumiéndose que el tiempo de propagación en el bus es de 0.01 μ segundo. El tiempo en el bus está organizado en tramas de 30.06 μ segundos de seis periodos de tiempo de 5.01 μ segundos cada uno. Una memoria de control indica que

compuerta estará habilitada durante cada periodo de tiempo. En este ejemplo, 6 palabras de la memoria son necesarias. Durante el primer periodo de tiempo de cada ciclo, la compuerta de entrada del dispositivo 1 y la compuerta de salida del dispositivo 3, son activadas, permitiendo pasar los datos sobre el bus desde el dispositivo 1 al dispositivo 3. Las palabras restantes son accedadas en periodos de tiempo sucesivamente y por lo tanto tratadas. Puesto que la memoria de control contiene el tema descrito en la figura 2.9, las conexiones son mantenidas entre 1 y 3, 2 y 5, y 4y 6.

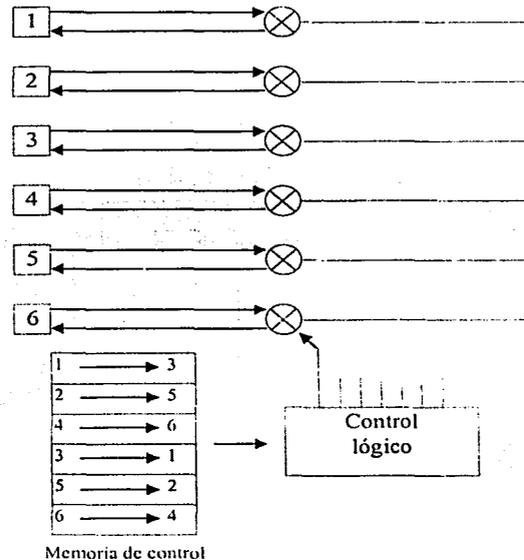


Figura 2.9. Control de un bus de conmutación de TDM.

♦ INTERCAMBIO DE PERIODOS DE TIEMPO

El bloque básico en la construcción de muchos conmutadores por división de tiempo es el mecanismo de intercambio de periodos de tiempo (IPT o TSI por sus siglas en inglés). Una unidad IPT opera sus periodos de tiempo en una línea TDM, intercambiando así pares de estos periodos de tiempo, para poder realizar una operación bidireccional. La figura 2.10a muestra como la línea de entrada de un dispositivo I está conectada a la línea de salida del dispositivo J, y viceversa. En ésta figura, las líneas de entrada N de los dispositivos son pasadas a través de un multiplexor por división de tiempo sincrónico, formando un flujo TDM con el mismo número de periodos. Para realizar la interconexión de dos dispositivos los periodos correspondientes a las dos entradas son intercambiados, el flujo resultante es demultiplexado en las N salidas para los dispositivos; resultando así una conexión bidireccional entre todos los pares de líneas.

La figura 2.10b representa el mecanismo para un IPT. Las líneas individuales de entrada/salida (E/S) son multiplexadas y demultiplexadas. Un acceso aleatorio de datos guardados, cuyo ancho de palabra equivale a un periodo de tiempo de datos y cuyo largo equivale al número de periodos en una trama, es utilizado. Una trama TDM que llega es

escrita secuencialmente período por período en el dato guardado. Una trama TDM que sale se crea leyendo las muestras tomadas desde la memoria con un orden establecido por las direcciones guardadas que se reflejan en las conexiones existentes. En la figura, el dato en el canal I y J es intercambiado, creando una conexión bidireccional entre las estaciones correspondientes.

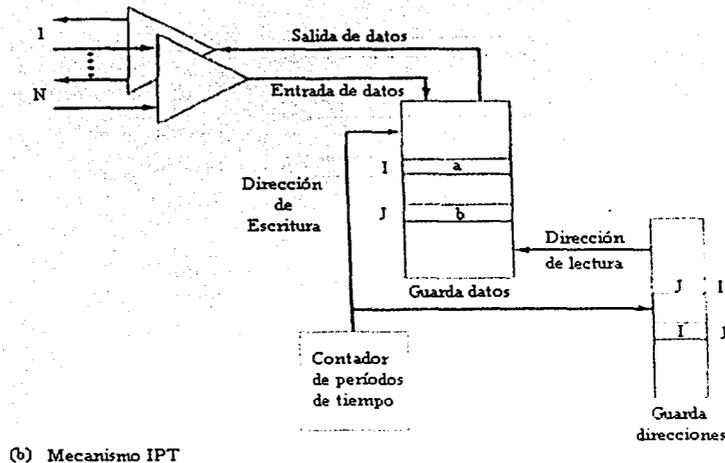
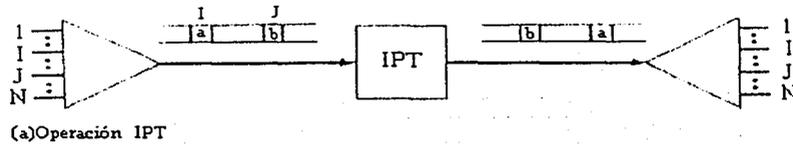


Figura 2.10. Intercambio de períodos de tiempo (IPT).

Obsérvese que para permitir el intercambio de más de 2 períodos, el dato que sale en la muestra debe ser guardado hasta que pueda ser enviado en el canal dentro de la trama del siguiente ciclo. Por lo tanto, la unidad IPT introduce un retardo, para que los períodos de salida sean en el orden deseado. Así cada canal es provisto de un período de tiempo en la trama, transmita o no transmita datos, el tamaño de una unidad IPT debe ser elegido de acuerdo a la capacidad de la línea TDM y no a la tasa actual de datos transferidos en cualquier tiempo dado.

Dejando de observar tan estrechamente la operación de como se guardan los datos; en particular se observará, como se desarrolla ésta función en el tiempo. Considerando un sistema con 8 líneas de entrada/salida, en el cual existen las siguientes conexiones: 1-2, 3-7, y 5-8; las otras dos estaciones no están en uso. La figura 2.11 describe el contenido de los datos guardados en el curso de una trama (8 períodos). Durante el primer período de tiempo los datos son guardados en la localidad 1 y leídos desde la localidad 2. Durante

el segundo período de tiempo los datos son guardados en la localidad 2 y leídos desde la localidad 1, y así sucesivamente.

Como se puede observar, los accesos a escritura en el dato guardado son cíclicos, accedendo sucesivamente a las localidades en un orden secuencial, mientras que el acceso a la lectura no es cíclico, requiriendo por lo tanto el uso de una dirección guardada. La figura también describe dos tramas de las secuencias, entrada y salida, e indica la transferencia de datos entre los canales 1 y 2. Note que en la mitad de los casos, las muestras de los datos se mueven en la siguiente trama.

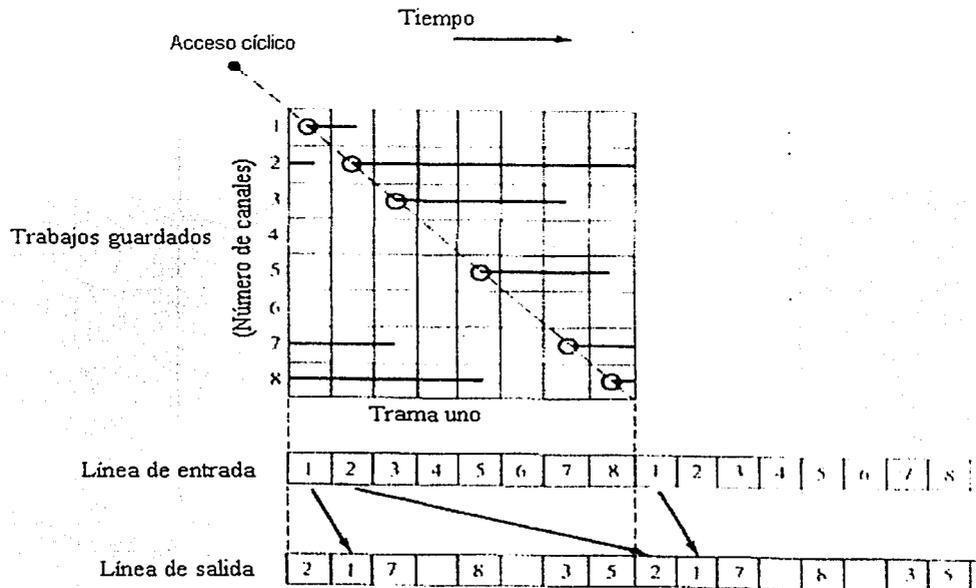


Figura 2.11. Operación de guardado en una IPT.

La unidad IPT puede manejar entradas con diferentes tasas de datos, como en el conmutador TDM por un bus. La figura 2.12 sugiere una forma en la cual esto puede ser realizado. En lugar de colocar las líneas de entrada a un multiplexor síncrono, éstas son colocadas en un dispositivo selector. Este dispositivo seleccionaría una línea de entrada basado en la asignación de los canales, proporcionados por un depósito que está controlado por el contador de los períodos de tiempo. En lugar de la muestra equitativa de cada entrada, éste puede reunir más períodos de tiempo de algunos canales que otras técnicas.

◆ CONMUTACIÓN MULTIPLEXADA POR TIEMPO

Una forma eficaz de conmutación TDM de datos, es un IPT sencillo. Sin embargo, el tamaño de tal conmutador en términos de conexiones es limitado, por la velocidad de acceso a la memoria. Esto es, para estar en sincronía con la entrada, el dato debe ser

leído dentro y fuera de la memoria tan rápido como llegue. Así, por ejemplo, si se tienen 24 fuentes operando a 64 Kbps cada una, y el tamaño del período es de 8 bits, se tendría una tasa de arribo de 192,000 períodos por segundo. Para cada período de tiempo, ambos son requeridos (lectura y escritura). En este ejemplo, el tiempo de acceso a la memoria necesitaría ser de $1/(192,000 \times 2)$, o cerca de $2.6 \mu\text{segundos}$.

Se puede observar, por lo tanto, que una unidad IPT puede soportar solamente un número limitado de conexiones. Además conforme el tamaño de la unidad crece, teniendo ésta una velocidad de acceso fija, el retardo en la unidad IPT también aumenta. Para superar estos problemas, múltiples unidades IPT son usadas. Ahora para conectar

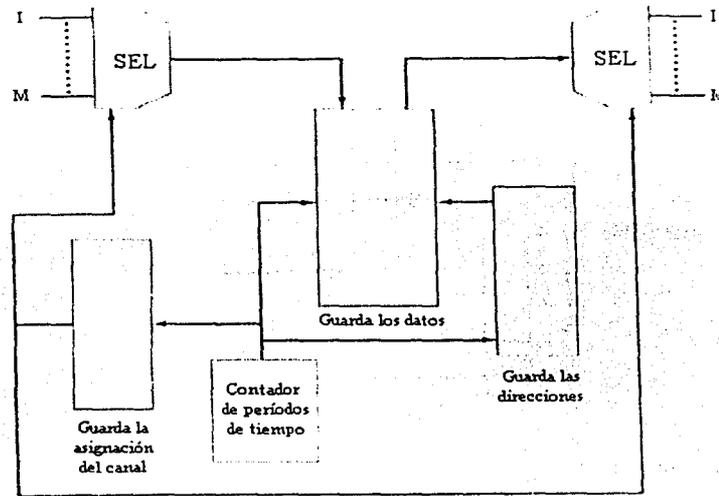


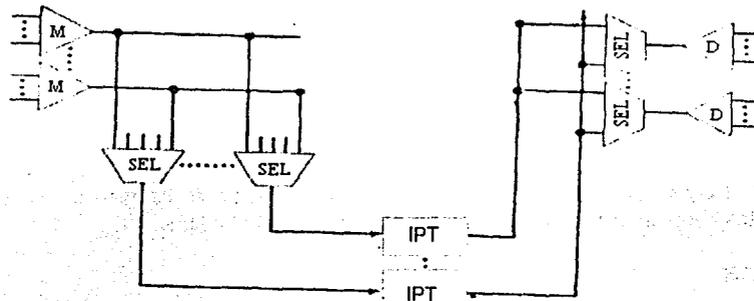
Figura 2.12. Operación de una IPTI con una entrada de tasa variable.

dos canales que entran a una unidad IPT sencilla, se intercambian sus períodos de tiempo. Sin embargo, para conectar un canal a una línea TDM (saliendo por un IPTI), a un canal en otra línea TDM (saliendo en otro IPT), se necesita alguna forma de interconexión para estas unidades. Ésta interconexión debe permitir a un período en una línea TDM ser intercambiado con un período en la otra línea TDM. Naturalmente, no es deseable que se estén conmutando todos los períodos de tiempo desde una línea a la otra, lo que se quiere es conmutar un período en un determinado tiempo. Ésta técnica es conocida como **Conmutación Multiplexada a un Tiempo** (CMT o TMS por sus siglas en inglés).

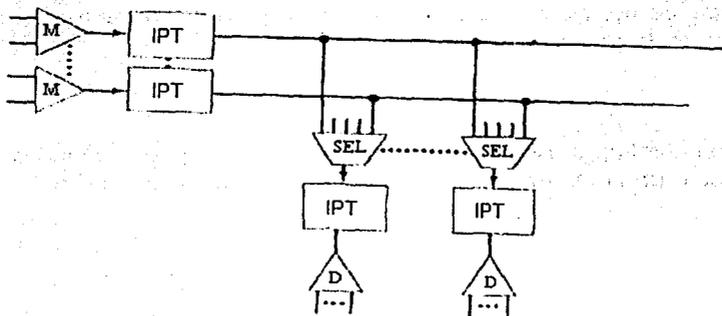
Las redes multietapas pueden ser construidas por la concatenación de etapas IPT y CMT. Las etapas CMT, son las que mueven los períodos de una línea a otra, son llamadas **S** (espacio), y a las etapas IPT se les conoce como **T** (tiempo). Los sistemas están generalmente definidos por la numeración de sus etapas desde la entrada hasta la salida, usando los símbolos **T** y **S**. La figura 2.13 muestra ejemplos de ambas arquitecturas con tres etapas Espacio-Tiempo-Espacio (ETE o por sus siglas en inglés STS) y Tiempo-Espacio-Tiempo (TET o por sus siglas en inglés TST). En ambos casos, las etapas CMT

son implantadas con selectores digitales (SEL), los cuales seleccionan una entrada a un tiempo en base a los periodos de tiempo. Estos dispositivos SEL realizan la misma función que los descritos en la sección precedente, excepto que aquí cada una de sus entradas es una línea TDM en lugar de una línea sencilla.

En una arquitectura ETE, la trayectoria entre un canal que entra y uno que sale tiene múltiples posibles rutas físicas, equivalentes al número de unidades IPT, pero sólo hay una ruta en un determinado tiempo. Para que un conmutador no se bloquee completamente, el número de unidades IPT debe ser el doble del número de líneas TDM que entran y que salen. Por otro lado, el múltiplo de rutas entre 2 canales en una red TET está completamente en el dominio del tiempo; por lo tanto sólo hay una trayectoria física posible. Aquí, es donde puede ocurrir el bloqueo de la red. Una forma de evitar el bloqueo es expandir el número de periodos de tiempo en la etapa de espacio. En todos los conmutadores multietapa, un algoritmo de búsqueda de trayectoria es necesario, para determinar la ruta de entrada y salida.



(a) Red espacio-tiempo-espacio



(b) Red tiempo-espacio-tiempo

Figura 2.13. Conmutadores TDM de tres etapas.

• RUTEO

En una red grande conmutada por circuitos, por ejemplo la red telefónica de larga distancia de AT&T, en muchas de las conexiones de los circuitos se requerirá más de una

trayectoria en un conmutador. Cuando una llamada se establece, la red debe planear una ruta a través de ella, desde el subscriptor que está llamando hasta el subscriptor que es llamado, que pase por algún número de conmutadores y troncales. Como el cuadro 2.2 lo indica, hay dos requerimientos principales que debe soportar la arquitectura de la red en la estrategia de ruteo. Primero, se desea que la cantidad de equipo (conmutadores y troncales), en la red se minimice, sujeto a la habilidad para manejar la carga en términos de horas ocupadas con tráfico de carga. Esto es, el promedio de la carga esperada sobre el curso de las horas ocupadas en uso durante el día. Visto desde el punto funcional es necesario para saber que cantidad de carga se maneja. Manejándolo desde el punto de vista de costo, nosotros tomaríamos el manejo de tráfico con el mínimo de equipo. Sin embargo hay otro requerimiento, llamado elasticidad. Aunque la red puede estar dimensionada para cierta carga de horas ocupadas, es posible que el tráfico sobrepase temporalmente esta dimensión (durante la mayor demanda). También está el caso en que, de vez en cuando, los conmutadores y troncales pudieran fallar y estar deshabilitados temporalmente (desafortunadamente, puede ser durante la mayor demanda). Lo ideal sería una red que proporcione un nivel razonable de servicio bajo tales condiciones.

FUNCIÓN

Definir una trayectoria desde el subscriptor que está llamando hasta el subscriptor llamado, a través de una serie de conmutadores y troncales.

REQUISITOS

Eficiencia

Es la medida de como, pocas facilidades son requeridas para transportar la carga de tráfico constante en horas pico, en la red.

Flexibilidad

Es la medida del nivel de servicio mantenido cuando cualquiera de los dos, una demanda grande de tráfico o una falla en el equipo, es experimentada en la red.

ACCESO

Directo

Una ruta preestablecida fija, es seguida por cualquier par de subscriptores.

Jerarquía alternativa

Los conmutadores son ordenados en una jerarquía con troncales adicionales, colocándolas donde se requieren para la estructura del árbol. Las troncales adicionales proporcionan rutas alternativas que pueden ser tomadas para compensar la carga o indisponibilidad de la red.

Dinámico no jerárquico

Es más complejo, una arquitectura por red es utilizada. La ruta entre los subscriptores se elige dinámicamente al mismo tiempo que se establece la llamada, basándose en la carga de tráfico y disponibilidad de la red.

Cuadro 2.2. Ruteo para redes conmutadas por circuitos.

En el pasado, los dos requerimientos, eficiencia y elasticidad, habían estado compitiendo. Esto es, la eficiencia de la red se realizaba minimizando la capacidad de transmisión y conmutación, por el contrario la elasticidad se realizaba incrementando ésta capacidad, con pequeñas secciones de troncal y alta conectividad interna en la central telefónica. Esta situación cambio rápidamente con la disponibilidad de troncales de fibra óptica con gran ancho de banda y conmutadores digitales de alta capacidad, capaces de manejar decenas de miles de troncales. Como se observará, todo lo anterior se vincula con la estrategia de ruteo.

♦ ARQUITECTURA DE UNA RED TELEFÓNICA PÚBLICA

Como con cualquier red, la red telefónica pública puede ser descrita usando 4 componentes genéricos:

- 1) Estaciones: son generalmente denotados como abonados, estos son los dispositivos que se conectan a la red.
- 2) Interfaces: es la interface entre las estaciones y la red, llamada en el sistema telefónico como enlace local.
- 3) Nodos: son los centros de conmutación en la red.
- 4) Conexiones: son las ramificaciones existentes entre los nodos, llamadas troncales.

La mayor parte de los abonados en la red son teléfonos. El teléfono contiene un transmisor y un receptor para convertir de una forma de señal a otra forma de señal (voz analógica como onda de sonido y la señal eléctrica analógica en la frecuencia de la voz). Algunos abonados que transmiten señales digitales también son incorporados en la red.

El enlace local es un par de alambres; que conecta a un abonado con un nodo de la red. El enlace local cubre generalmente una distancia de unos pocos kilómetros hasta unas cuantas decenas de kilómetros en la mayoría de los casos.

Cada abonado se conecta vía un enlace local a un conmutador central, reconocido como oficina central. Típicamente, una oficina central soporta varios miles de abonados localizados en un área.

Los conmutadores centrales son enlazados a la vez por las troncales. Estas troncales están diseñadas para transportar múltiples circuitos para la frecuencia de voz usando FDM o TDM síncrono.

◆ RUTEO CON JERARQUÍA ALTERNATIVA

La organización de las oficinas centrales en la red ha involucrado el uso de una estructura de árbol o jerarquía (ver figura 2.14), que consiste de 5 clases de conmutadores centrales o nodos:

- Clase 1: centro regional.
- Clase 2: centro seccional.
- Clase 3: centro primario.
- Clase 4: centro de larga distancia.
- Clase 5: oficina central.

Los abonados están conectados directamente a una oficina central, la cual debe ejecutar las mismas funciones estudiadas anteriormente para una red de un nodo. Las oficinas centrales restantes cumplen simplemente la función de concentración de tráfico de manera que se reduce la transmisión en los equipos aumentando la eficiencia de éstos. Esta diferencia se observa en la figura 2.15. Para conectar 2 abonados que están en la misma oficina central, un circuito se establece entre ellos de la misma forma que se describió con anterioridad. Si 2 abonados están conectados en diferentes oficinas centrales, un circuito entre ellos consistiría de la concatenación de circuitos a través de una o más oficinas intermedias. En la figura una conexión se establece entre las líneas a y b simplemente realizando la conexión en la oficina central. La conexión entre c y d es más compleja. En la oficina de c, una conexión se establece entre la línea c y un canal de una troncal TDM hasta el conmutador. En el conmutador intermedio, este canal es conectado a un canal de una troncal que llegue hasta la oficina central de d. En esta

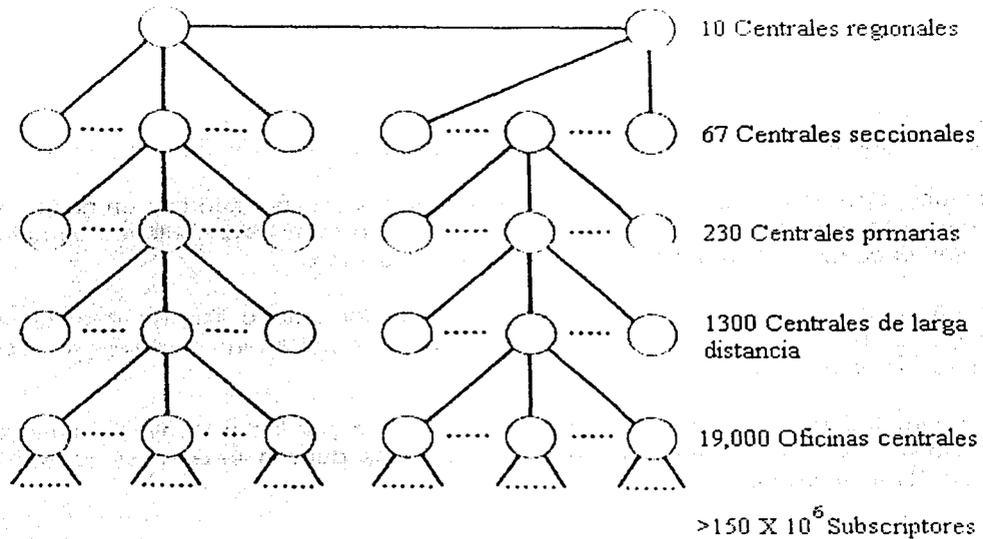


Figura 2.14. Organización de una red pública conmutada por circuitos.

oficina central, el canal es conectado a la línea d.

La estructura jerárquica descrita en la figura 2.14, tiene 10 árboles; cada uno arraigado en una central regional. Las 10 centrales regionales están al mismo tiempo en red (con conexión bidireccional) proporcionando así una conectividad completa. Esta forma de arquitectura es conocida como ruteo directo y fue utilizada en las primeras redes telefónicas. Con el ruteo directo, la conexión establece las siguientes reglas:

- 1) Si ambos subscriptores pertenecen a la misma oficina central, ésta oficina central hace la conexión.
- 2) Si los 2 subscriptores pertenecen a oficinas centrales diferentes que están conectadas a la misma central de larga distancia, la conexión se establece entre las oficinas centrales vía la central de larga distancia.

Así pues, la búsqueda continua hacia arriba en la jerarquía hasta encontrar un nodo común en donde poder establecer la conexión. Si dos abonados pertenecen a diferentes centrales regionales, el circuito podría involucrar una troncal entre las centrales regionales, con un total de nueve troncales utilizadas en la trayectoria establecida entre los dos abonados.

Esta arquitectura y estrategia de ruteo tiene varias desventajas. La primera, durante las horas pico una cantidad de tráfico debe ser transportada a niveles superiores de la jerarquía; por lo tanto, las facilidades en estos niveles serían usadas ineficientemente la mayor parte del tiempo. La segunda, las pérdidas o saturación de un centro de conmutación sencillo desacopla la red en varias subredes aisladas. Finalmente la señal se degrada conforme el número de conmutadores y troncales se incrementa (para transmisión analógica).

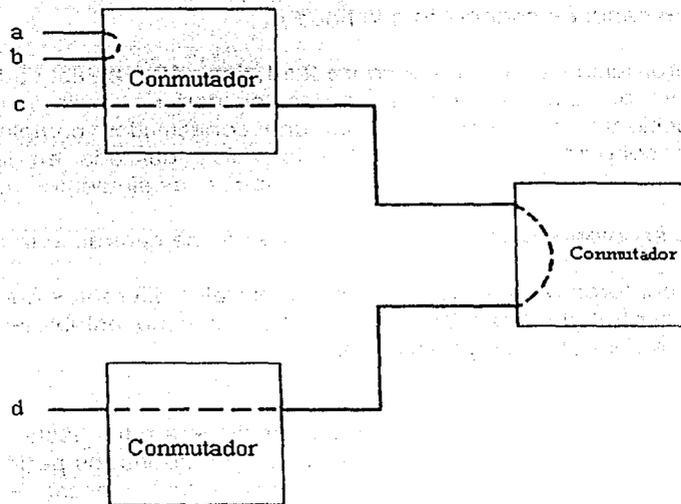


Figura 2.15. Establecimiento de un circuito en una red con múltiples conmutadores.

Para compensar estos problemas, dos elementos adicionales se añadieron en la arquitectura básica. En adición a las cinco clases de centrales de conmutación, a la red se le aumentan nodos de conmutación adicional llamados, conmutadores tandem. Estos son utilizados para interconectar oficinas centrales adyacentes. También un gran número de troncales de mayor capacidad, son utilizadas para la conexión directa entre los centros de conmutación, con altos volúmenes de tráfico entre los nodos.

El ruteo jerárquico alternativo proporciona una ganancia significativa en eficiencia sobre la jerarquía directa, más en el tráfico que se transporta en los niveles bajos de esta jerarquía. Así el promedio de longitud de una conexión (número de centrales telefónicas y troncales), es disminuido para el tráfico.

Hay, sin embargo, limitaciones. Estas limitaciones están en ambas áreas, eficiencia y elasticidad. La medición simple de una hora de saturación promedio no es suficiente, para permitir un diseño que sea óptimo desde el punto de vista de la eficiencia. Por ejemplo, las horas de saturación para el tráfico oeste/este y el tráfico norte/sur no coinciden. Esto dificulta el análisis de los efectos de esta, ya que conduce a un tamaño muy grande de la jerarquía. En términos de elasticidad, el defecto del ruteo con jerarquía alternativa es su rigidez, ya que no asume fallas en el equipo o en las troncales. Una falla mayor ocasionaría una congestión local en los sitios cercanos a la falla. Con el tiempo, varios procedimientos de control de red automáticos y manuales han sido añadidos a la red. Pero el problema básico en la estructura jerárquica permanece. Lo que se requiere es un esquema más flexible que permita un ruteo más dinámico con una habilidad superior en adaptarse a los cambios de condiciones en la red. Para realizar esto es necesario mover de alguna forma la arquitectura jerárquica.

◆ RUTEO NO JERÁRQUICO DINÁMICO

Una arquitectura no jerárquica, es aquella en la cuál, los nodos de conmutación de circuitos tienen las mismas características. Todos los nodos son capaces de ejecutar las mismas funciones. En tal arquitectura, el ruteo es más complejo y más flexible. Es más complejo porque la arquitectura no provee una trayectoria "natural", es decir, no establece la trayectoria basándose en la estructura jerárquica. Pero también es más flexible, ya que hay más rutas alternativas.

En términos generales, el objetivo que se persigue al adoptar la estructura no jerárquica es explotar las variaciones de tráfico, el regular (el que pasa a través del día) y el casual, para poder elegir una ruta que proporcione eficiencia y elasticidad. Las rutas son elegidas dinámicamente. Una red con un gran número de interconexiones relativamente, tiene una distribución de carga efectiva. Por ejemplo, si una trayectoria directa entre dos conmutadores se carga totalmente, bloqueará las llamadas nuevas, para evitar que esto suceda trayectorias alternativas deberán ser hechas para estas llamadas adicionales, reduciendo así la probabilidad del bloqueo. Así mismo, cuando la carga supera la capacidad de la trayectoria directa, se puede usar una trayectoria alternativa o parte de una trayectoria alternativa para otras llamadas, para reducir el bloqueo. Por consiguiente las llamadas con diferentes pares de fuente/destino compartirán un servicio superior en capacidad de transmisión y conmutación en su conexión.

Con objeto de implantar el ruteo dinámico sobre la misma arquitectura, tres habilidades deberán ser añadidas a la red:

- 1) Los conmutadores deberán ser mejorados para incluir la habilidad de tomar decisiones de ruteo dinámico y ser capaz de comunicar la información del estado de tráfico a otros puntos de la red.
- 2) Uno o más centros de administración de la red serán necesarios para determinar rutas y diseminar la información de las mismas.
- 3) Una técnica de control de señalización o protocolos, son necesarios para facilitarle a los conmutadores el paso de información del estado de tráfico proveniente de los centros de administración de la red, y permitir el regreso de la información a los centros por parte de los conmutadores.

La capacidad de ruteo, dependerá de la arquitectura. La capacidad desarrollada por AT&T, llamada **ruteo dinámico no jerárquico** (RDNJ o por sus siglas en inglés DNHR), fue una evolución de la red existente. Con el RDNJ, la red contiene un largo número de centrales regionales. Estas centrales son iguales entre sí y hacen del RDNJ, parte de una red total. Cualquier llamada que hace uso de los conmutadores RDNJ, no pasará a través de mas de tres conmutadores y dos troncales (esto para cerca de 100 centrales). El ruteo se basa en los patrones de tráfico conocido y en el estado de tráfico actual.

La figura 2.16 ilustra el esquema del RDNJ. Hay dos o tres conmutadores involucrados en cada ruta. El conmutador es originalmente el responsable en la elección de la ruta. El conmutador de terminación está en el destino planeado. Finalmente, en algunos casos, existe un conmutador intermedio, que es parte de la ruta. Cada conmutador está especificado para cada ruta preplaneada establecida para cada destino, en orden de preferencia. Usualmente la primer preferencia es la conexión a una troncal directa entre el

conmutador de origen y el conmutador de terminación. Estas secuencias de ruteo traen consigo la ruta óptima para una llamada particular, basándose en una amplia operación de medición de datos, los cuales son periódicamente actualizados por cada conmutador participante en el sistema de planeación, de la red central. Para tomar ventaja de los diferentes patrones de tráfico, para diferentes zonas de tiempo y en diferentes tiempos del día, el día es dividido en 10 periodos de tiempo, con un arreglo diferente para las rutas preplaneadas en cada período de tiempo. En adición a las rutas preplaneadas, se pueden asignar trayectorias para sobreflujo, adicionales. Estas trayectorias serán asignadas por el centro de administración de la red, pero la capacidad de uso en ellas dependerá de la carga actual de tráfico. Por ejemplo, si el uso en un grupo de troncales determinado es alto, y no tiene tráfico de sobreflujo se permitiría que en esas troncales quedara disponible la capacidad restante hasta cierto límite para las rutas preplaneadas.

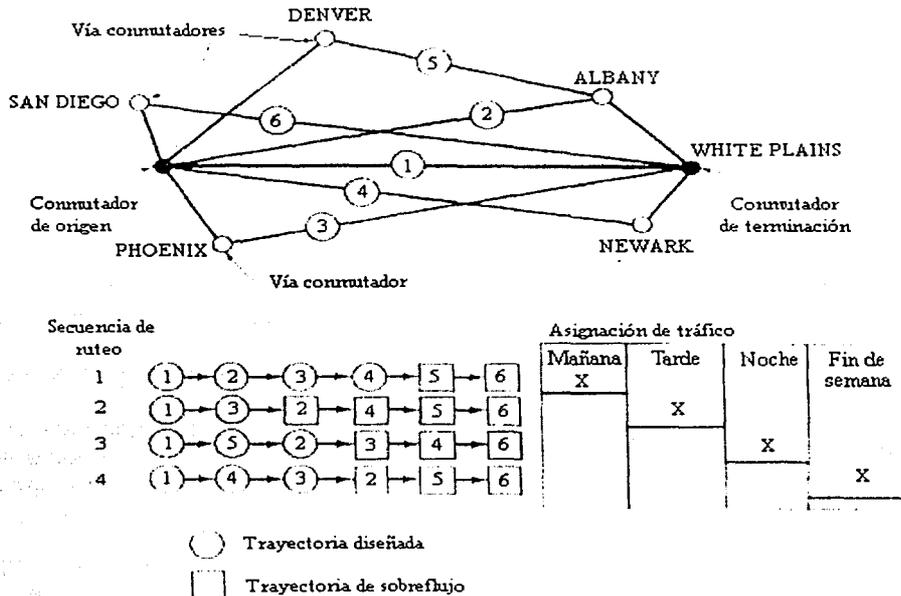


Figura 2.16. Ruteo RDNJ.

En la figura 2.16, el conmutador de origen tiene seis posibles rutas hasta el conmutador de terminación. La ruta directa 1 sería siempre la primera opción. Si esta troncal no está disponible (por demanda o está fuera de servicio), las otras rutas serían examinadas en un orden particular dependiendo de la hora del día. Por ejemplo, durante la mañana, sería la siguiente opción. Si el conmutador intermedio en la ruta es incapaz de completar el resto de la llamada, éste manda un mensaje de control de regreso al conmutador de origen para que pueda tomar otra ruta. Después de que todas las rutas preplaneadas han sido probadas, las rutas adicionales (rutas de sobreflujo), las cuales no están diseñadas

para manejar el tráfico específico desde el origen de la llamada hasta el destino de la llamada, pueden ser usadas si están disponibles y la capacidad es suficiente. La diferencia entre las rutas preplaneadas y las rutas de sobreflujo, es que la capacidad en la red (tamaño del conmutador y troncal) está diseñada para el manejo de tráfico preplaneado, con una probabilidad de bloqueo del 1 por ciento.

La señalización de control es utilizada para permitir que los conmutadores den la información del tráfico al centro de administración de la red. Si el centro de administración de la red determina que existe una condición de sobreflujo, esta puede cambiar dinámicamente las rutas establecidas para cualquier conmutador. El ruteo actualizado es comunicado de regreso por las señales de control a los conmutadores.

Después de la red RDNJ, el resto de la red tiene una jerarquía fija, como la de la figura 2.16. Las llamadas adentro de esta jerarquía particular son manejadas por el ruteo de jerarquía alternativa. Cada jerarquía es conectada a un conmutador regional simple, por el cuál entra a la red RDNJ hasta establecer contacto con el otro conmutador, de otra jerarquía. Este es un arreglo un poco tosco y está dictado por la necesidad de emigrar gradualmente las rutas establecidas para cualquier conmutador. Desde una estructura jerárquica a una no-jerárquica.

El RDNJ proporciona un incremento de eficiencia y elasticidad en la red. Por que hay más potencial para distribuir temporalmente recursos no utilizados en la red RDNJ, por eso su ayuda es más elaborada, el ruteo depende del tiempo; menos troncales son requeridas en la red RDNJ, que en una red con una jerarquía equivalente. Por las alternativas de estructura y ruteo es más versátil, por lo tanto, una red RDNJ es más flexible que una red no jerárquica equivalente. Como se avanza hacia una RDSI, la cual partirá con un gran incremento de carga en las redes de conmutación de circuitos públicas, el acceso dinámico no jerárquico se convertirá en el más prevalente.

• SEÑALIZACIÓN DE CONTROL

En una red conmutada de circuitos, las señales de control son el medio por el cual la red es administrada y las llamadas se establecen, se mantienen y se terminan. Ambas, la administración de llamadas y la administración de toda la red, necesitan que la información sea intercambiada entre el suscriptor y el conmutador, entre los mismos conmutadores y entre el conmutador y el centro de administración de la red. Para una red extensa de telecomunicaciones pública, se requiere de un esquema de control relativamente complejo. Se realizará un breve análisis de la funcionalidad de las señales de control y también se observará la técnica que es básica en las redes digitales integradas: **señalización por canal común.**

◆ FUNCIONES DE SEÑALIZACIÓN

Las señales de control son necesarias para la operación de una red conmutada de circuitos, e involucran todos los aspectos de comportamiento de la red, incluyendo los servicios visibles para los suscriptores y los mecanismos internos. Conforme las redes se hacen más complejas, el número de funciones ejecutadas por la señalización de control son necesariamente mayores. Las siguientes funciones listadas, están entre las más importantes:

- 1) Comunicación audible con el suscriptor, incluyendo el tono de marcar, tono de llamando, señal de ocupado, y así sucesivamente.
- 2) Transmisión del número marcado hasta las oficinas de conmutación, en las cuales se intentará completar la conexión.
- 3) Transmisión de información entre los conmutadores, indicando si una llamada no está completa.
- 4) Transmisión de una señal para hacer funcionar el timbre del teléfono.
- 5) Transmisión de información utilizada para propósitos de facturación.
- 6) Transmisión de información revelando el estado del equipo o troncales pertenecientes a la red. Esta información puede ser usada para propósitos de ruteo y mantenimiento.
- 7) Transmisión de información usada para diagnóstico y aislamiento, en los sistemas con fallas.
- 8) Control de equipo especial, tal como los canales de un satélite.

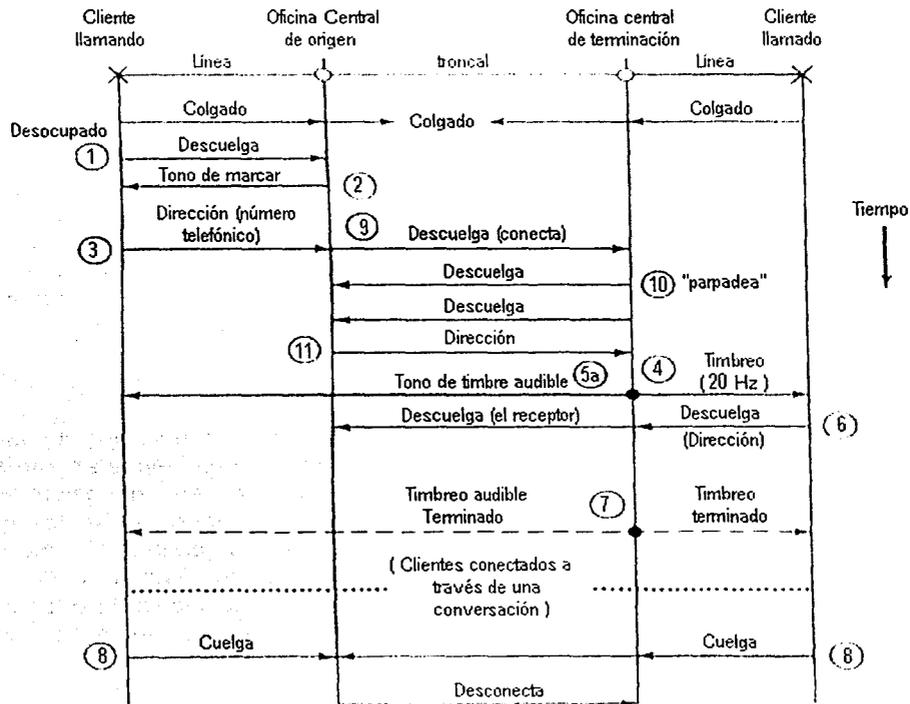


Figura 2.17. Señalización de una típica llamada completada.

Un ejemplo del uso de la señalización de control, se muestra en la figura 2.17, la cual ilustra la secuencia típica de conexión telefónica de una línea a otra línea, en la misma oficina central.

Cuando el aparato telefónico del suscriptor llamado está conectado a un conmutador diferente del suscriptor que está llamando, las siguientes funciones de señalización de troncal, de un conmutador a otro conmutador, son requeridas.

- 1) El conmutador de origen toma un interconmutador de troncal desocupado, para enviar una indicación de descolgar a la troncal, y pide un registro digital en la terminal lejana, para que la petición pueda ser comunicada.
- 2) El conmutador de terminación envía una señal de descolgar, seguida por una de colgar, conocida como "en espera". Esto indica que el registro está listo.
- 3) El conmutador de origen envía los dígitos de dirección al conmutador de terminación.

Una visión un poco más detallada se muestra en el cuadro 2.3. Las funciones ejecutadas por las señales de control pueden ser agrupadas a grosso modo en las categorías de supervisión, dirección, información de llamadas y de administración de la red.

SUPERVISIÓN

Las señales de supervisión proporcionan el mecanismo de obtención de los recursos necesarios para establecer una llamada. Estas son usadas para iniciar una petición de llamada, para mantener o liberar una conexión establecida, para iniciar y terminar el cargo de la cuenta, para llamar nuevamente a un operador en una conexión establecida, para alertar a un suscriptor y para iniciar el derecho de llamada. Eso involucra el reconocimiento de los estados ocupado o inactivo, en las líneas de los suscriptores y las troncales entre oficinas, la transmisión de información según el suscriptor que llama y el sistema de conmutación. Esta forma de señalización involucra ambas funciones, control y estado.

- **Control**

La señalización de supervisión se utiliza para el control de los recursos. La capacidad del conmutador y troncal es asignada para una conexión con las señales de supervisión. Estos recursos, una vez aprovechados, son mantenidos durante toda la llamada y liberados cuando esta termine.

- **Estado**

Las señales de supervisión también encierran información concerniente al estado de la llamada o intento de llamada. Esta información es enviada de regreso a través de la red hasta el conmutador del suscriptor.

DIRECCIÓN

La señalización de dirección proporciona el mecanismo para la identificación de los suscriptores participantes en una llamada o intento de llamada. Esta transporta información tal como, el número telefónico del suscriptor llamando o llamado, un código de área o ciudad, y/o un código de acceso a una troncal (por sus siglas en inglés PBX conmutador privado). Eso involucra la transmisión de los dígitos del número telefónico hasta el sistema de conmutación, desde un suscriptor por un sistema de conmutación hasta el otro suscriptor. La señalización de dirección incluye ambas, las señales relacionadas a la estación y las relacionadas al ruteo.

- **Relacionadas a la estación**

La señalización de dirección nace cuando el suscriptor llama. Desde un teléfono la señal es generada como una secuencia de pulsos (disco rotatorio), o una secuencia de tonos de dos frecuencias (botones). Para suscriptores digitales, una señal digital de control puede ser usada.

- **Relacionadas al ruteo**

Si más de un conmutador está involucrado en el establecimiento de una llamada, se requiere de señalización entre los conmutadores. Esta incluye la señalización de dirección que soporte la función de ruteo y la señalización de supervisión que involucre la distribución de recursos.

INFORMACIÓN DE LLAMADAS

Las señales de información de llamadas son transmitidas al suscriptor que llama para proporcionarle información relacionada con los operadores y suscriptores que llaman, en el establecimiento de una conexión a través de la red. Una variedad de tonos audibles son usados para este propósito. Estas señales pueden ser clasificadas como, en alerta y en progreso.

- **Alerta**

La señalización de alerta se proporciona al suscriptor que va a recibir la llamada. Esto incluye la señal que es enviada al teléfono que es llamado.

- **Progreso**

Las señales de llamada en progreso indican el estado de la llamada al suscriptor que está llamando.

proporcionen el estado de la red.

Control

Las señales de control para administración de la red son utilizadas en el proceso de selección en todas las rutas (e.g. para cambiar las rutas preplaneadas de un conmutador), y para modificar las características de operación de la red con respecto a las condiciones de sobrecarga y fallas.

Estado

Las señales de estado para la administración de la red, son utilizadas por un conmutador que proporciona la información del estado de la red a los centros de administración de otros conmutadores. La información de estado incluye volumen de tráfico, condiciones de sobrecarga, condiciones de errores persistentes y fallas.

Cuadro 2.3. Funciones de la señalización.

Las señales de control de supervisión, dirección e información de llamadas están directamente involucradas con el establecimiento y terminación de una llamada. En contraste, las señales de administración de la red son usadas para el mantenimiento, reparación y operación sobre toda la red. Tales señales pueden ser en forma de mensajes, tal como una lista de rutas preplaneadas siendo enviada para una estación para que actualice sus tablas de ruteo. Estas rutas cubren un amplio campo y podría expandirse más con el incremento de complejidad de las redes conmutadas.

◆ SEÑALIZACIÓN POR CANAL COMÚN

La señalización de control tradicional en las redes conmutadas de circuitos había sido por una troncal o por un canal básico. Con la señalización en el canal, el mismo canal es utilizado para transportar señales de control, así como para transportar las llamadas relacionadas con las señales de control. Tal señalización comienza por el subscriptor que está llamando y sigue la misma trayectoria que la llamada. Esto tiene un mérito ya que no se requiere de facilidades de transmisión adicionales para la señalización, las facilidades para la transmisión de voz comparten el canal con la señalización de control.

Dos formas para la señalización en el canal son utilizadas: dentro de banda y fuera de banda. La señalización dentro de banda no usa solamente la misma trayectoria física de la llamada en servicio, también ocupa la misma frecuencia de banda de las señales de voz que se están transportando. Esta forma de señalización tiene varias ventajas. Porque las señales de control tienen las mismas propiedades electromagnéticas de las señales de voz, eso quiere decir que puede ir por cualquier sitio que las señales de voz vayan. Por lo tanto, no hay límites en el uso de la señalización dentro de la banda por cualquier sitio en la red, incluyendo lugares donde se hacen conversiones de analógico a digital o digital a analógico. En adición es imposible que se establezca una llamada en una trayectoria con lenguaje defectuoso, ya que las señales de control son usadas para establecer que trayectoria podría tener.

La señalización fuera de banda tiene ventajas por el hecho de que las señales de voz no siempre usan el total de ancho de banda de 4 KHz, asignado a ellas. Una banda angosta de señalización separada, adentro de los 4 KHz, es utilizada para enviar las señales de control. La mayor ventaja de este acceso es que las señales de control pueden ser

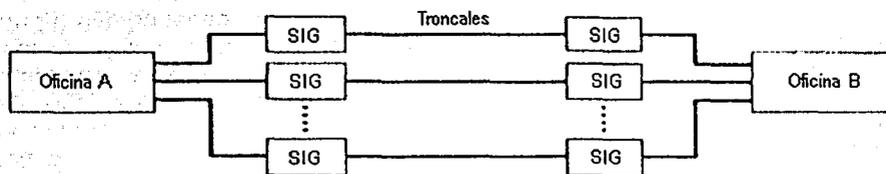
enviadas haya o no haya señales de voz en la línea, permitiendo así una supervisión continua y control en la llamada. Sin embargo, un esquema de la señalización fuera de banda necesita un manejo electrónico extra para la banda de señalización.

La tasa de información transferida se limita completamente con la señalización dentro del canal. Con las señales dentro de banda, el canal está solamente disponible para las señales de control cuando no hay señales de voz en el circuito. Con las señales fuera de la banda, un ancho de banda angosto siempre está disponible. Con tales límites, es difícil de acomodar en forma oportuna cualquier modo los mensajes de control. Sin embargo, para tomar ventaja del potencial del servicio y para competir con el incremento de complejidad en la evolución de la tecnología, en cuanto a redes se refiere, un repertorio más amplio de señales de control es necesario.

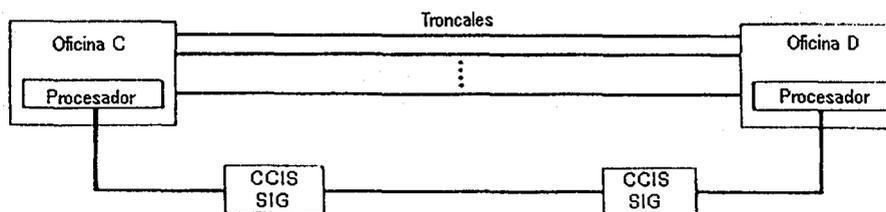
Una segunda desventaja de la señalización dentro del canal, es la cantidad de retardo, desde el tiempo en que un suscriptor completa una dirección (número telefónico) hasta que se establece la conexión. La necesidad de reducir este retardo se convierte en el reto más importante para la red, por lo tanto se busca usar nuevas formas de transmisión para las señales de control. Por ejemplo, las llamadas controladas por computadora, tales como los procesos de transacción, usan mensajes relativamente cortos; por lo tanto, el establecimiento de la llamada en tiempo representa una parte apreciable del tiempo total de transacción.

Pero estos problemas pueden ser tratados con la señalización por canal común, en el cual las señales de control son transportadas sobre trayectorias completamente independientes de los canales de voz (tabla 2.3). Una señal de control con trayectoria independiente puede soportar las señales para un cierto número de suscriptores, y por consiguiente, es un canal de control común para estos canales de suscriptores.

El principio de la señalización por canal común es ilustrado y comparado con la señalización dentro del canal en la figura 2.18. Como se puede observar, la trayectoria de la señal para una señalización por canal común está separada físicamente de la trayectoria de la voz y otras señales del suscriptor. El canal común puede ser configurado con el ancho de banda requerido para transportar las señales de control, con una extensa variedad de funciones. Por lo tanto, se tiene que soportar un protocolo de señalización y una arquitectura de red más compleja que en la señalización dentro del canal. Sin embargo, la continua baja en los costos del hardware de las computadoras hace que la señalización por canal común se incremente de forma atractiva. Las señales de control son mensajes que son pasados entre los conmutadores, y entre el conmutador y el centro de administración de la red. Por lo tanto, una porción de la señalización de control es en efecto distribuida por una computadora en la red, enviando mensajes cortos.



(a) En el mismo canal



(b) Por canal común

CCIS SIG: Equipo de señalización para interoficinas en un canal común
 SIG: Equipo de señalización por troncal

Figura 2.18. Señalización por canal común y por fuera del canal.

Técnica	Descripción	Comentario
DENTRO DEL CANAL		
Dentro de la banda	Transmite las señales de control en la misma banda de frecuencias, usadas por las señales de voz.	La técnica más sencilla. Esto es necesariamente por las señales de información de la llamada. Dentro de la banda puede ser utilizado sobre cualquier tipo de línea.
Fuera de la banda	Transmite las señales de control usando las mismas facilidades que la voz pero en diferente parte de la banda de frecuencia.	En contraste con dentro de la banda, proporciona supervisión continua durante la vida de la conexión.
CANAL COMÚN	Transmite las señales de control sobre las líneas de señalización que están dedicadas a las señales de control y son comunes a un cierto número de canales de voz.	Reduce el tiempo de establecimiento de llamada comparado con los métodos de dentro del canal. También es más adaptable para evolucionar a las necesidades de funcionalidad.

Tabla 2.3. Técnicas de señalización para redes conmutadas de circuitos.

El cuadro 2.4 lista algunos de los requerimientos para la señalización por canal común, con el propósito de direccionar las llamadas. Estas y otras funciones requieren que las señales de control sean independientes de las señales del suscriptor, y que elabore completamente mensajes de control que sean usados en el mismo instante.

Dos modos de operación son usados en la señalización por canal común (figura 2.19). En el modo asociado, el canal común sigue la misma trayectoria a lo largo de los grupos de troncales interconectadas completamente, las cuales son ocupadas por los dos puntos terminales en comunicación. Las señales de control están en canales diferentes al de los subscriptores, y de adentro del conmutador, las señales de control son ruteadas directamente al procesador de las señales de control. Un modo más complejo, pero más poderoso, es el no-asociado. Con este modo, la red es aumentada con nodos adicionales, conocidos como puntos de transferencia de señal. En este modo no hay una asignación sencilla o cercana de los canales de control, con los grupos de troncales. En efecto, ahora hay dos redes separadas, con conexiones entre ellas para que la porción de control de la red pueda ejercer control sobre los nodos de conmutación que están sirviendo a las llamadas de los subscriptores. La administración de la red se ejerce más fácilmente en el modo no asociado porque los canales de control pueden ser asignados de una manera más sencilla. El modo no asociado está destinado para ser usado en una RDSI.

El cuadro 2.4 también resume las características principales de la señalización por canal común en relación con la señalización dentro del canal. Con la señalización dentro del canal, las señales de control son originadas desde un conmutador por un procesador de control y son conmutadas dentro del canal que sale. En el punto que está recibiendo, las señales de control deben ser conmutadas desde el canal de voz hacia el procesador de control. Con la señalización por canal común, las señales de control se transfieren directamente desde un procesador de control a otro, sin existir vínculo con las señales de voz. Este es un procedimiento muy simple y evita la posible pérdida por interferencia intencional o accidental entre los subscriptores y las señales de control. Otra razón clave para instalar la señalización por canal común, es que el tiempo de establecimiento de llamada se reduce. Esto es considerando la secuencia de eventos para establecer una llamada con la señalización dentro del canal cuando más de un conmutador está involucrado. Una

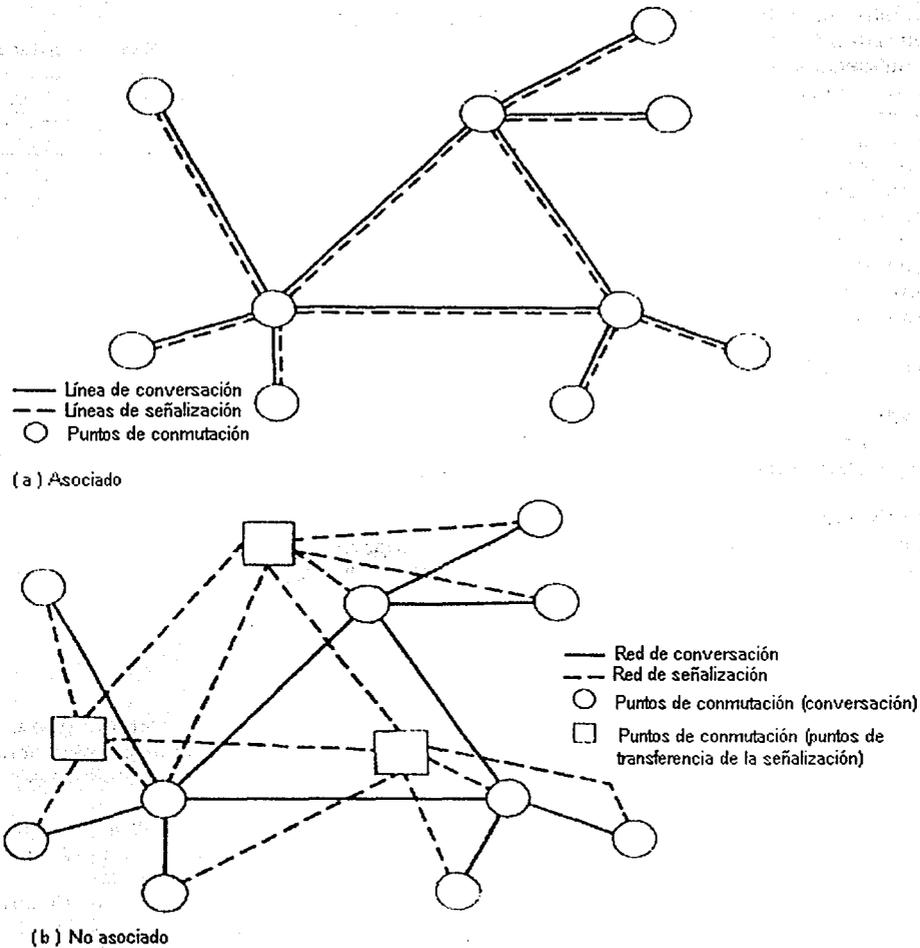


Figura 2.19. Modos de señalización por canal común.

señal de control sería enviada desde un conmutador hasta el siguiente en la trayectoria decidida. En cada conmutador, la señal de control no puede ser transferida a través del conmutador hacia la siguiente etapa de la ruta, hasta que el circuito asociado sea establecido por medio del conmutador. Con la señalización por canal común, la información de control puede seguir adelante cubriendo parcialmente el proceso de establecimiento de llamada.

REQUERIMIENTOS

- Transferencia de señales para administración de la red.
- Combinación de diferentes tipos de tráfico, en un grupo de troncales recordando solo su identificación, para la terminal remota.
- Tono de ocupado para terminales remotas y troncales, por propósitos de mantenimiento.
- Retorno del tono de ocupado hacia la parte de origen anterior a la estación de terminación, Para que la troncal (es) intermedia puede ser tomada como disponible para otras llamadas.
- Incremento de la transparencia en la red (tal como la eliminación de las restricciones impuestas en la transmisión de datos del cliente, para prevenir iteraciones perjudiciales con equipo de señalización dentro de la banda).
- Planeación de llamadas.
- Eliminación o manejo mejorado del acceso simultáneo para ambas terminales en troncales diferentes.
- Reducción de fraudes

MODOS DE OPERACIÓN

Asociado

Un canal o canales de voz separados transportan información de señalización, y el canal o canales están ruteados con los canales que han sido entregados para hablar.

No asociados

La información de señalización recorre una ruta separada completamente de la trayectoria que sigue la ruta de la voz. Las señales son enrutadas a través de una señal que se transfiere por ciertos puntos.

COMPARACIÓN CON LA SEÑALIZACIÓN DENTRO DEL CANAL

Ventajas

- Sólo es necesaria una señalización de facilidades por cada grupo de troncales en lugar de facilidades separadas para cada circuito individual.
- La información de control es transferida entre los elementos de control para los conmutadores. Sin pasar a través del equipo de procesamiento de los canales de voz.
- No hay oportunidad de interferencia entre las señales de voz y las señales de control.
- El canal de control es inaccesible para los usuarios, eliminando así intentos potenciales de fraude.
- Las conexiones que involucran múltiples conmutadores pueden establecerse más rápidamente, ya que las señales de control no necesitan esperar a que el circuito se establezca.
- El canal de señalización no tiene que estar asociado con cualquier grupo particular de troncales, permitiendo así un control centralizado

Desventajas

- La información de control perteneciente a un circuito establecido (e.g. desconectado), debe ser transmitida de un conmutador al circuito individual.
- Una señal de control dentro del canal automáticamente se propaga a través de la red, sobre la ruta del circuito.
- Si un nodo falla en la retransmisión de la señal de control, las facilidades de línea abajo desde la falla, no recibirán la información de control. Por lo tanto, la seguridad es más crítica con la señalización por canal común.
- No hay prueba automática del circuito de voz.

Cuadro 2.4. Señalización por canal común

Con la señalización no asociada, otra ventaja emerge: uno o más puntos de control central pueden ser establecidos. Toda la información de control puede ser ruteada hacia el centro de control de la red donde las peticiones son procesadas y desde el cual las señales de control son enviadas hacia los conmutadores que manejan el tráfico de los suscriptores. De esta forma, las peticiones pueden ser procesadas con una vista más global de las condiciones en que se encuentra la red.

Naturalmente, hay desventajas en la señalización por canal común, como las sugeridas en el cuadro 2.4. Estas principalmente tienen que ver con la complejidad de la técnica. Sin embargo, el bajo costo del hardware digital y el incremento natural de las redes de telecomunicaciones digitales, hacen de la señalización por canal común, la tecnología apropiada para el manejo de las mismas.

Todo lo que se ha discutido hasta el momento, fue para ver como es el uso de la señalización dentro de la red, esto es, para los conmutadores de control. Hasta en una red que está controlada completamente por la señalización por canal común, la señalización dentro del canal es necesaria al menos en algunas comunicaciones con el suscriptor. Por ejemplo, tono de marcar, regreso de la señal que hace sonar el timbre y el tono de ocupado, deben de estar dentro del canal para establecer contacto con el suscriptor. En general, los suscriptores no tienen acceso a la porción de la señalización por canal común.

II.1.1.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Cerca de 1970, comenzaron las investigaciones de una nueva arquitectura de transporte para la comunicación de datos digitales a larga distancia: **Conmutación de Paquetes**. Si bien la tecnología de conmutación de paquetes ha evolucionado substancialmente, es notable que: 1) la tecnología básica de la conmutación de paquetes es fundamentalmente igual a la de ahora; y 2) la conmutación de paquetes permanece como una de las pocas tecnologías efectivas para la comunicación de datos de larga distancia. Incluso con la evolución continua y el incremento de la capacidad digital en las redes conmutadas de circuitos de gran transporte, la conmutación de paquetes continuará jugando un papel importante en la red digital integrada (RDI).

Una red de conmutación de paquetes, consta de un conjunto de nodos que están interconectados mediante enlaces punto a punto. Un nodo puede también considerarse como un conmutador de paquetes o como un **Equipo de Comunicación de Datos (ECD o por sus siglas en inglés DCE)**. En las redes de conmutación de paquetes, los **Equipo terminal de Datos (ETD o por sus siglas en inglés DTE)**, están directamente conectados entre sí. Una característica importante de la conmutación de paquetes es precisamente la asignación dinámica de los recursos; es decir, el ancho de banda se utiliza sólo al transmitir los datos y no en toda la duración de la llamada, también todos los datos provenientes de un DTE, se ensamblan en paquetes para transmitirse a través de la red.

Se revisarán muchas de las ventajas de la conmutación de paquetes (flexibilidad, distribución de recursos, capacidad de respuesta), con respecto al costo. En forma ideal, todos los nodos conmutados de paquetes siempre conocen el estado de toda la red. Desafortunadamente, como los nodos son distribuidos, existe siempre un tiempo de retardo entre un cambio de estado en una parte de la red y el conocimiento de este cambio en otra parte. Además hay encabezados involucrados con la información del estado de comunicación. Como resultado, una red conmutada de paquetes nunca podrá funcionar "perfectamente", algoritmos elaborados son utilizados para hacer frente al retardo del tiempo y a los encabezados mencionados para la operación de la red.

Se empezará con una introducción sobre la operación de la red conmutada de paquetes. Se revisará la operación interna de estas redes, introduciendo el concepto de circuito virtual y datagrama. Después, las tecnologías clave de ruteo y de control serán examinadas; concluyendo con una introducción a la conmutación de paquetes rápida, la cual es una de las ventajas genuinas recientes en la tecnología de conmutación de paquetes y será importante para la evolución de las redes RDI y RDSI.

• OPERACIÓN BÁSICA

La red de telecomunicaciones conmutada de circuitos con gran capacidad transporte, fue diseñada originalmente para manejar tráfico de voz. Una característica clave de las redes conmutadas de circuitos, es que los recursos de la red están dedicados a una llamada particular. Para las conexiones de voz, el circuito resultante disfrutará de un alto porcentaje de utilización durante la mayor parte del tiempo. Sin embargo, como las redes conmutadas de circuitos han aumentado su uso en las conexiones de datos, éstas tienen dos deficiencias evidentes:

- 1) En una conexión de datos típica, terminal a servidor, mucho del tiempo que dura el enlace la línea está inactiva. Por lo tanto, en la conexión de datos, un enlace vía conmutación de circuitos es ineficiente.
- 2) En una red conmutada de circuitos, la conexión proporciona en la transmisión una tasa de datos constante. Por lo que, los dos dispositivos que estén conectados deben de transmitir y recibir con la misma tasa de datos. Esto limita la utilidad de la red en la interconexión, para una variedad de computadoras, servidores y terminales.

Para entender como maneja estos problemas la conmutación de paquetes, se resumirá brevemente la operación de la conmutación de paquetes. Los datos son transmitidos en paquetes cortos. Un límite superior típico en el largo de los paquetes es de 1000 bytes (bytes); si una fuente tiene un mensaje más grande para enviar, el mensaje es dividido en una serie de paquetes (ver la figura 2.20). Cada paquete contiene una parte (o toda para un mensaje corto) de datos del usuario, con información de control extra. La información de control en un mínimo, incluye la información que la red necesita para habilitar la ruta del paquete a través de la misma, entregándola así al destino final. En cada nodo de la ruta el paquete es recibido, guardado brevemente y pasado al siguiente nodo.

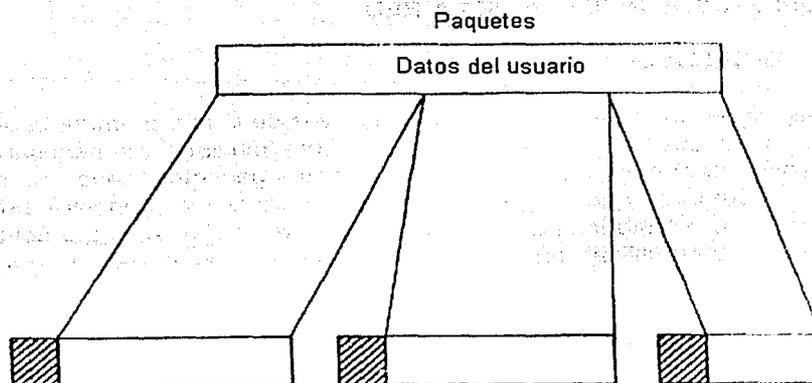


Figura 2.20. Paquetes.

Observando la figura 3.1 y considerando que un paquete se envía de la estación A hacia la estación E. El paquete incluiría información de control que indica que el destino final es E. El paquete es enviado de A hacia el nodo 4. El nodo 4 guarda el paquete, mientras determina la siguiente etapa de la ruta (decide el nodo 5), y la cola de paquetes es enviada fuera en la línea asignada (la línea 4-5). Cuando la línea está disponible, el paquete es transmitido al nodo 5, el cual a su vez enviará el paquete al nodo 6, y finalmente hacia el nodo E. Este tipo de acceso tiene un cierto número de ventajas sobre la conmutación de circuitos:

- 1) La eficiencia en la línea es superior, por consiguiente una conexión, nodo a nodo, puede ser distribuida dinámicamente para muchos paquetes al mismo tiempo. Los paquetes son guardados en forma ascendente y transmitidos tan rápidamente como sea posible sobre la línea. En contraste, con la conmutación de circuitos, el tiempo en una conexión nodo a nodo es distribuido antes, usando multiplexación por división de tiempo síncrona. Mucho del tiempo en la línea, puede ser desperdiciado porque una porción de este tiempo está dedicado para una conexión en la cual puede estar inactiva la transmisión de datos.
- 2) Una red conmutada de paquetes puede aceptar cambios en la tasa de datos. Dos estaciones con diferentes tasas de datos pueden intercambiar paquetes, ya que cada conexión a los nodos tiene su propia tasa de datos.
- 3) Cuando el tráfico en una red conmutada de circuitos está muy cargado, algunas llamadas se bloquean, esto es, la red se niega a aceptar solicitudes de llamadas adicionales hasta que la carga en la red disminuya. En una red conmutada de paquetes, los paquetes son aceptados, pero el retardo en la distribución aumenta.
- 4) Son usadas las prioridades. Por lo que, si hay un cierto número de paquetes en fila para transmitir, se puede transmitir primero el paquete que tenga la prioridad más alta. Estos paquetes por consiguiente, experimentarán un retardo menor, que el de los paquetes con prioridad inferior.

• OPERACIÓN INTERNA DE LA RED

◆ TÉCNICA DE CONMUTACIÓN

Si una estación tiene un mensaje para enviar a través de la red conmutada de paquetes, y su dimensión es superior al tamaño del paquete máximo, es necesario dividir el mensaje en varios paquetes, después se envían estos paquetes, cada uno a un tiempo hasta la red. La pregunta que surge es de que manera la red manejará este grupo de paquetes, para poder enrutarlos por la red y entregarlos en el destino prometido. Hay dos tipos de acceso que se utilizan en las redes contemporáneas: el datagrama y el circuito virtual.

En el acceso llamado **Datagrama**, cada paquete es tratado independientemente, sin tomar referencia del paquete que paso con anterioridad. Considerese la implicación de este acceso. Suponer que la estación A tiene un mensaje de tres paquetes para enviar hasta la estación E. La estación A transmite los paquetes 1,2,3, hasta el nodo cuatro. En cada paquete el nodo cuatro debe hacer una decisión de ruteo. El paquete 1 llega por reparto hasta E. El nodo cuatro pudo enviar con éxito este paquete por cualquiera de los dos nodos cinco o siete como siguiente paso en la ruta. En este caso, el nodo cuatro determinó que la cola de paquetes del nodo cinco es mejor que la del nodo siete, por lo que lo manda por la línea de nodo cinco. Lo mismo sucede para el paquete 2. Pero para el paquete 3, el nodo cuatro encuentra que la cola en el nodo siete es ahora más corta, por consiguiente manda el paquete 3 a este nodo. Por lo tanto, los paquetes con igual dirección de destino no siguen la misma ruta necesariamente. A causa de esto, es posible precisamente que el paquete 3 llegue antes que el paquete 2 al nodo seis. Por lo que, es posible que los paquetes sean distribuidos hasta E en una secuencia diferente, a la que fueron enviados. En el nodo E son reordenados. También es posible que un paquete se dañe en la red. Por ejemplo, si un nodo conmutado de paquetes falla momentáneamente, todos los paquetes de la fila pueden perderse. Si esto ocurre en uno de los paquetes de nuestro ejemplo, el nodo seis no tiene forma de conocer que uno de los paquetes de la secuencia se ha perdido. En consecuencia, el que tiene la capacidad para detectar la pérdida de un paquete es el nodo E, encargándose de recuperar el mismo.

Con el acceso de **Circuito Virtual**, se establece una ruta preplaneada antes de que cualquier paquete sea enviado, Por ejemplo, suponer que A tiene uno o más mensajes para enviar a E. Primero envía un paquete especial de control, este es llamado paquete de petición de llamada, hasta el nodo cuatro, pidiendo una conexión lógica hasta el nodo E. El nodo cuatro decide la ruta solicitada para todos los paquetes subsecuentes hasta el nodo cinco, el cual a su vez decide la ruta para todos los paquetes subsecuentes hasta el nodo seis, el cual finalmente entrega el paquete de petición de llamada al nodo E. Si el nodo E está preparado para aceptar la conexión, envía un paquete de aceptación de llamada hasta el nodo seis. Este paquete es pasado de regreso a través de los nodos cinco y cuatro hasta el nodo A. Las estaciones A y E pueden ahora intercambiar datos sobre la ruta que se ha establecido. Esto porque la ruta es fija para toda la duración de la conexión lógica, este proceso es un poco similar a la red de conmutación de circuitos, por lo que es llamado circuito virtual. Cada paquete contiene ahora un identificador del circuito virtual, así como los datos del usuario. Cada nodo en la ruta preestablecida conoce a donde mandar tal paquete, las decisiones de ruteo no son requeridas. Así, cada paquete de datos propuesto desde A para E recorre los nodos 4,5 y 6; y viceversa de E

hacia A. Eventualmente, una de las estaciones termina la conexión con un paquete de petición de liberación. En cualquier tiempo, cada estación puede tener más de un circuito virtual con cualquier otra estación, esto es, puede tener circuitos virtuales con más de una estación.

De este modo, la característica principal de la técnica de circuito virtual, es que la ruta entre las estaciones se establece antes de que se transfieran los datos. Nótese que esto no significa que sea una trayectoria dedicada, como en la conmutación de circuitos. Un paquete es retenido en cada nodo, y enfilado para salir sobre una línea. La diferencia con respecto al acceso con datagrama, es que con los circuitos virtuales, el nodo no necesita realizar una decisión de ruteo para cada paquete. Esto sólo se hace una vez para todos los paquetes, usando el circuito virtual.

Si dos estaciones desean intercambiar datos por un periodo grande de tiempo, hay ciertas ventajas con el circuito virtual. Primero, la red puede proporcionar servicios relacionados con el circuito virtual incluyendo ordenación y control de errores. La ordenación se refiere al factor de que todos los paquetes siguen la misma ruta, por lo tanto todos llegan en el orden original. El control de error es un servicio que no sólo asegura que los paquetes lleguen en el orden apropiado, sino que todos lleguen correctamente. Por ejemplo, si un paquete con una secuencia desde el nodo cuatro hasta el nodo seis falla o llega con un error al nodo seis, el nodo seis puede pedir una retransmisión del paquete por parte del nodo cuatro. Otra ventaja es que el paquete puede transitar en la red más rápidamente en un circuito virtual.

Una ventaja del acceso por datagrama es que la fase de establecimiento de llamada es evitada. Así, si una estación desea enviar solo uno o unos cuantos paquetes, la entrega por datagrama sería más rápida. Otra ventaja del servicio de datagrama es su flexibilidad, por ser más básico. Por ejemplo, si una congestión se desarrolla en una parte de la red, los datagramas que llegan pueden ser ruteados por fuera de la congestión. Con el uso de los circuitos virtuales, los paquetes siguen una ruta predefinida y por lo tanto, es más difícil para la red adaptarse a la congestión. Una tercera ventaja, es que la entrega del datagrama es inherentemente más segura. Esto porque con el uso de los circuitos virtuales si un nodo falla todos los circuitos virtuales que pasen a través de este nodo se perderán. Con la entrega por datagramas, si un nodo falla, los paquetes subsecuentes pueden encontrar una ruta alternativa que puentee ese nodo.

El cuadro 2.5 resume las características relativas a los dos tipos de acceso. Las redes conmutadas de paquetes actualmente disponibles deben hacer uso de los circuitos virtuales para su operación interna. En algún grado, esto es por motivos históricos ya que proporciona una red que presta un servicio seguro (en términos de orden), como si fuera una red conmutada de circuitos. Hay, sin embargo, varios proveedores de redes conmutadas de paquetes que hacen uso de la operación de acceso por datagrama. Desde el punto de vista del usuario, existe una muy pequeña diferencia en el comportamiento externo de la red en el uso de los datagramas o de los circuitos virtuales. Si un administrador es enfrentado con la elección, otros factores como el costo y la ejecución podrían probablemente tomar precedente, sobre si la operación interna de la red es en un datagrama o en un circuito virtual.

OPERACIÓN INTERNA

Ventajas del Circuito Virtual

- Servicios orientados a la conexión, tales como ordenación y control de error.
- Las decisiones de ruteo no son requeridas para cada paquete en cada nodo, sólo cuando se establece el tiempo de llamada.

Ventajas del Datagrama

- El tiempo de establecimiento de llamada es evitado. Esto es una ventaja para una transacción corta.
- La congestión en la red puede ser evitada, mejorando el funcionamiento de entrega.
- Las fallas en la red pueden ser puenteadas, mejorando así la seguridad.

SERVICIO EXTERNO

Ventajas del Circuito Virtual

- Abastece al usuario con servicios orientados a la conexión, tales como ordenación y control de errores.

Ventajas del Datagrama

- Soporta pérdida de conexión en las aplicaciones.
- Evita el tiempo de establecimiento de llamada.

Cuadro 2.5. Comparación de los circuitos virtuales y los datagramas.

◆ DIMENSIÓN DEL PAQUETE

Un problema importante en el diseño, es el tamaño del paquete que será usado en la red. Hay una relación importante entre el tamaño del paquete y el tiempo de transmisión, como se muestra en la figura 2.21. En este ejemplo, se asume que hay un circuito virtual desde la estación X que pasa por los nodos a y b hasta la estación Y. El mensaje enviado incluye 30 bytes, y cada paquete contiene 3 bytes de información de control, éstos son puestos en el comienzo de cada paquete y se les conoce como encabezado. Si el mensaje entero es enviado como un solo paquete de 33 bytes (3 bytes más por el encabezado y los 30 bytes de datos) primero, el paquete es transmitido desde la estación X hasta el nodo a (figura 2.21a). Cuando el paquete entero es recibido, él puede ser transmitido de a hasta b. cuando el paquete completo es recibido en el nodo b, es transmitido hacia Y. El tiempo de transmisión total es de 99 bytes/tiempo (33 bytes x 3 paquetes de transmisión).

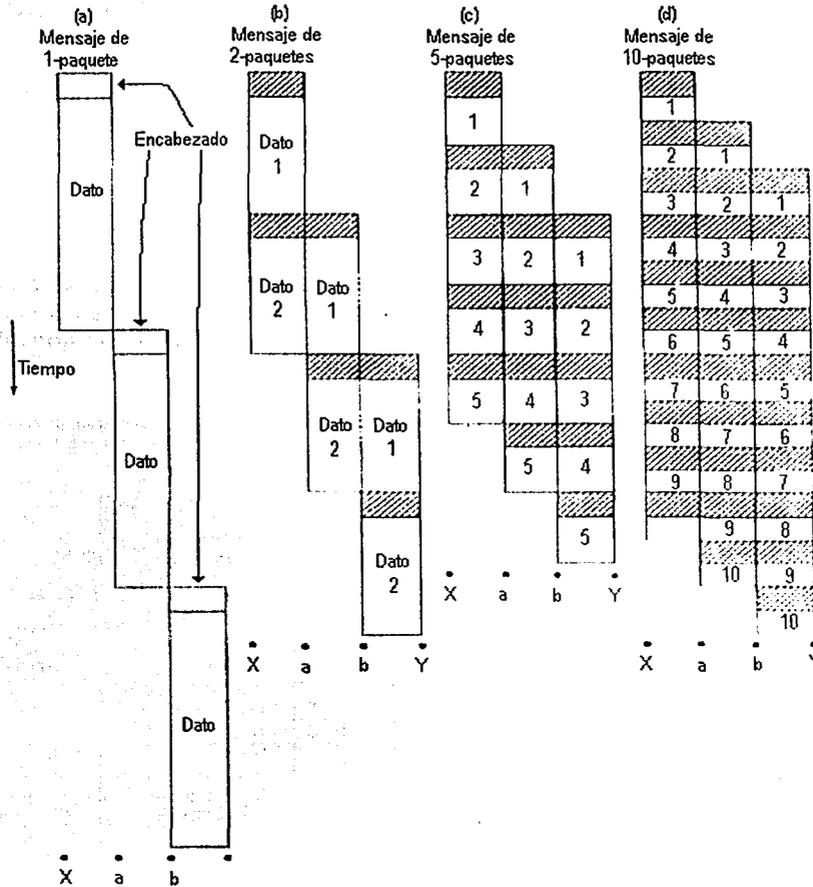


Figura 2.21 Efectos del tamaño del paquete en el tiempo de transmisión

Supóngase que se divide el mensaje en dos paquetes, cada uno conteniendo 15 bytes del mensaje, cada uno con sus 3 bytes de encabezado. En este caso, el nodo A puede comenzar transmitiendo el primer paquete tan pronto como éste llegue a X, afuera espera el segundo paquete. A causa de esta área común en la transmisión, el tiempo total de transmisión baja a 72 bytes/tiempo. Por división del mensaje en 5 paquetes, cada nodo intermedio puede comenzar la transmisión incluso antes y el ahorro en el tiempo es superior, con un total de 63 bytes/tiempo. Sin embargo, este proceso de usar más y más pequeños paquetes eventualmente resulta en un incremento, antes que reducir el retardo, como se ilustra en la figura 2.21d. Esto es, porque cada paquete contiene una cantidad fija de encabezado, y entre más paquetes sean, más son los encabezados. Además, el ejemplo dado no muestra los retardos en el procesamiento y en las filas en cada nodo. Estos retardos son también más grandes entre más paquetes sean manejados para un sólo mensaje. Así, los diseñadores de la red conmutada de paquetes deben de considerar estos factores procurando encontrar el tamaño del paquete óptimo.

• COMPARACIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS CON LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Habiendo observado, la operación interna de la conmutación de paquetes, se puede regresar ahora a la comparación de esta técnica con la conmutación de circuitos. Primero se observará el funcionamiento como un punto importante y después se examinarán otras características.

◆ DESEMPEÑO

Una comparación simple de la conmutación de circuitos y las dos formas de conmutación de paquetes se puede observar en la figura 2.22. La figura describe la transmisión de un mensaje que cruza por cuatro nodos, desde la estación fuente conectada al nodo uno, hasta una estación destino conectada al nodo cuatro.

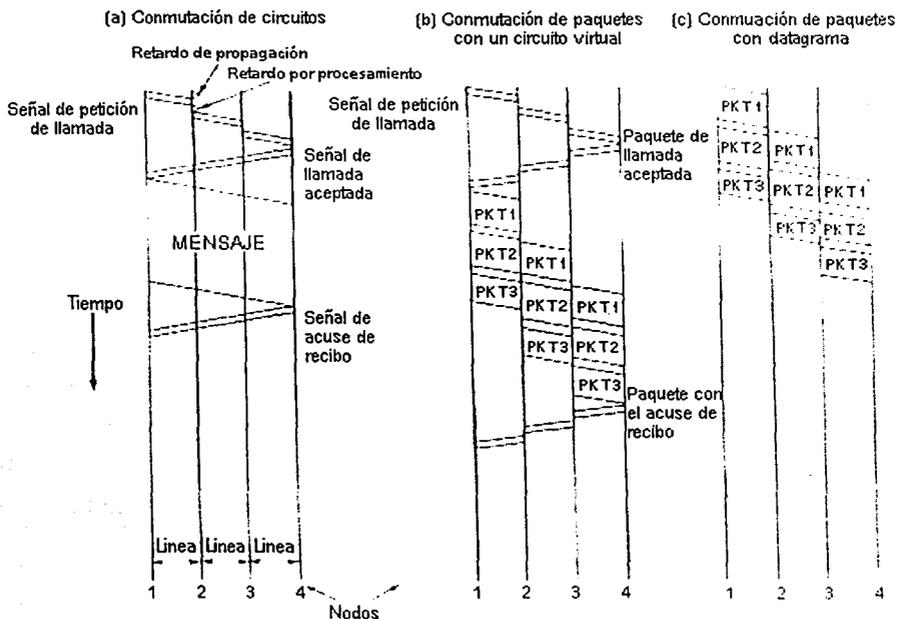


Figura 2.22 Eventos de sincronización para varias técnicas de conmutación en la comunicación

En la conmutación de circuitos, hay una cierta cantidad de retardo antes de que el mensaje sea transmitido. Primero una señal de petición de llamada es enviada a través de la red, hasta establecer una conexión con la estación destino. Si ésta no se encuentra ocupada, una señal de llamada aceptada, es regresada. Nótese que el incremento en el retardo se contrae en cada nodo, durante la petición de la llamada; este tiempo es consumido en cada nodo establecido en la ruta para la conexión. En el regreso, este procedimiento no es necesario, por lo que la conexión es establecida. Después de que la conexión se establece, el mensaje es enviado como un solo bloque, sin retardo perceptible en los nodos de conmutación.

La conmutación de paquetes con circuitos virtuales es completamente similar a la conmutación de circuitos. Un circuito virtual es pedido usando un paquete de petición de llamada, el cual incluye un retardo en cada nodo. El circuito virtual es aceptado con un paquete de aceptación de llamada. En contraste con el caso de la conmutación de circuitos, la aceptación de llamada también experimenta retardo en el regreso por los nodos, aún cuando la ruta del circuito virtual ya este establecida. La razón es porque este paquete es colocado en una fila en cada nodo y debe esperar su turno para la retransmisión. Una vez que el circuito virtual se encuentra establecido, el mensaje es transmitido en paquetes. Es claro que esta fase de la operación no puede ser más rápida que la conmutación de circuitos, aún con redes semejantes. Esto es porque la conmutación de circuitos es un proceso transparente esencialmente, proporcionando una tasa de datos constante a través de la red. La conmutación de paquetes necesita algo de retardo en cada nodo de la trayectoria. La peor parte, es que este retardo es variable y se incrementa con el aumento de carga.

La conmutación de paquetes por datagrama no requiere establecer la llamada. Por tanto, para mensajes cortos, será más rápida que la conmutación de paquetes con circuitos virtuales y quizás también que la conmutación de circuitos. Sin embargo, como cada datagrama individual es ruteado independientemente, el procesamiento de cada datagrama en cada nodo puede ser más largo que si este fuera procesado en un circuito virtual. Por lo tanto, para mensajes grandes la técnica de circuito virtual puede ser superior.

La figura 2.23 tiene solo el propósito de sugerir que el funcionamiento relativo de las técnicas, sin embargo, el funcionamiento actual dependerá de los factores presentados hasta ahora, incluyendo el tamaño de la red, topología, patrón de carga y las características de intercambio típicas.

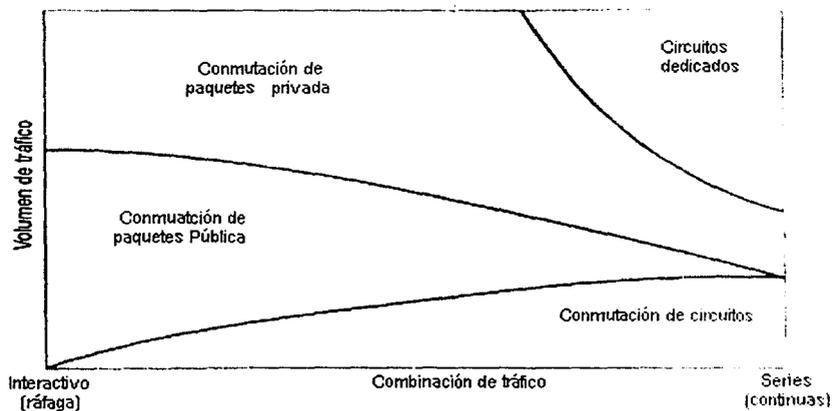


Figura 2.23 Alternativas para las comunicaciones de datos

◆ OTRAS CARACTERÍSTICAS

Además del funcionamiento, hay otro cierto número de características que pueden ser consideradas para comparación de las técnicas. La tabla 2.4 resume las más importantes. El cuadro 2.6 intenta resumir algunos méritos relativamente claves de la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes.

Conmutación de circuitos	Conmutación de paquetes por datagrama	Conmutación de paquetes por circuito virtual
Transmisión continua de datos con trayectoria dedicada.	Transmisión de paquetes sin trayectoria dedicada.	Transmisión de paquetes sin trayectoria dedicada.
Suficientemente rápido para interactuar. Los mensajes no son guardados.	Suficientemente rápido para interactuar. Los paquetes pueden ser guardados hasta ser entregados.	Suficientemente rápido para interactuar. Los paquetes se guardan hasta ser entregados.
La trayectoria es establecida para la conversación completa.	La ruta se establece para cada paquete.	La ruta se establece para la conversación completa.
Retardo al establecer la llamada. El retardo en la transmisión no es perceptible.	Retardo en la transmisión de los paquetes.	Retardo al establecer la llamada. Retardo en la transmisión de los paquetes.
Señal de ocupado si la parte llamada está ocupada.	El transmisor puede ser notificado si el paquete no es entregado.	El transmisor es notificado si la conexión es negada.
La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de la llamada. No hay retardo para las llamadas que ya están establecidas.	La sobrecarga incrementa el retardo en los paquetes.	La sobrecarga puede bloquear el establecimiento de la llamada; incrementa el retardo en los paquetes.
Los nodos de conmutación son electromecánicos y computarizados.	Nodos de conmutación pequeños.	Nodos de conmutación pequeños.
El usuario es responsable del mensaje de pérdida de protección.	La red puede ser responsable aún de los paquetes individuales.	La red puede ser responsable de la secuencia de los paquetes.
Usualmente no hay conversión de velocidad y código.	Conversión de velocidad y código.	Conversión de velocidad y código.
Transmisión con ancho de banda fijo.	Uso dinámico del ancho de banda.	Uso dinámico del ancho de banda.
No hay bits de encabezado después de establecer la llamada.	Hay bits de encabezado en cada paquete.	Hay bits de encabezado en cada paquete.

Tabla 2.4. Comparación de las técnicas de conmutación en las comunicaciones.

• APLICACIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Retomando lo que se mencionó, de que la conmutación de paquetes tiene ciertas ventajas sobre la conmutación de circuitos para la comunicación de datos. En particular, la conmutación de paquetes puede ser más eficiente en el manejo de los recursos de comunicación internos permitiendo que dispositivos con diferentes tasas de datos puedan ser interconectados. Sin embargo, con objeto de ser más específicos acerca de la

aplicabilidad de la conmutación de paquetes, se examinará con más detalle la naturaleza del tráfico en las comunicaciones de datos, ver cuadro 2.7.

CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

Ventajas

- Compatible con la voz. Hay economía si es necesario escalar, usando la misma red para voz y datos.
- Procedimiento de llamada común para voz y datos. No es necesaria una instrucción especial del usuario o un protocolo de comunicación, para manejar el tráfico de datos.

Desventajas

- Tiene un cierto riesgo de bloquearse. Esto dificulta obtener un óptimo tamaño para la red. El problema se reduce con el uso de la técnica de ruteo no jerárquico dinámico.
- Requiere de compatibilidad entre los subscriptores. Los dispositivos en cada terminal de un circuito deben ser compatibles en protocolos y tasa de datos, ya que el circuito debe ser una conexión transparente. Además, para cada terminal conectada al servidor, una línea física independiente dentro del servidor es requerida.
- Largo procesamiento y porte de señal. Para aplicaciones de tipo transacción (llamadas de datos), que son de corta duración y necesitan de un establecimiento de llamada rápido, se incrementa proporcionalmente el porte del encabezado en la red.

CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Ventajas

- Proporciona conversión de velocidad. Dos dispositivos conectados con diferentes tasas de datos, pueden comunicarse; la red guarda los datos y entrega los datos en la tasa apropiada.
- Destaca el no bloqueo. Conforme la carga aumenta en la red el retardo se incrementa, aún en las centrales nuevas, esto se permite.
- Utilización eficiente. Los conmutadores y troncales son utilizados en bastantes peticiones, en lugar de dedicar su capacidad a una sola llamada particular.
- Multiplexación lógica. Un sistema de servidor puede tener conversaciones simultáneas con un cierto número de terminales sobre una sola línea.

Desventajas

- Control y ruteo complejo. Para lograr eficiencia y elasticidad, una red conmutada de paquetes debe implantar un arreglo complejo de algoritmos de control y ruteo.
- Retardo. El retardo es en función de la carga, por lo tanto, éste puede ser grande y variable.

Cuadro 2.6. Ventajas y desventajas de la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes, en la comunicación de datos.

El tráfico de las comunicaciones de datos puede ser clasificado a grosso modo en dos categorías: continuo y ráfaga. El tráfico continuo está caracterizado por una transmisión muy larga y moderadamente continua. Ejemplos: archivos que se transfieren, telemetría,

otras clases de aplicaciones de procesamiento de datos y comunicación de voz digitalizada. El tráfico ráfaga se caracteriza por transmisiones cortas y esporádicas. Tráfico iterativo entre servidor y terminales, tales como transacción en el procesamiento, acceso de datos y distribución de tiempo conveniente a esta descripción.

APLICACIONES

Datos

- **Red de Datos Pública (RDP)/Red de Valor Agregado (RVA)**

Proporciona la facilidad de comunicación de datos en una amplia área, para computadoras y terminales. La red es un recurso distribuido, propio de un proveedor, quien es el que vende la capacidad a los clientes. Por lo tanto, ofrece un servicio para un cierto número de comunidades de suscriptores.

- **Red Conmutada de Paquetes Privada**

Proporciona un recurso distribuido para una organización de computadoras y terminales. Una red conmutada de paquetes se justifica si hay un número sustancial de dispositivos con una cantidad grande de tráfico, en una organización.

Voz

- **Red de Voz Empaquetada**

Proporciona la facilidad de comunicación para tráfico de voz en tiempo real. Esta aplicación exige la capacidad de transmitir señales de voz con muy bajo retardo y que éste sea estable.

TECNOLOGÍA

Operación Interna

- Datagrama
- Circuito virtual

Interface Externa

- Orientada a la conexión (circuito virtual)
- Sin unión (datagrama)

Cuadro 2.7. Conmutación de paquetes.

La figura 2.23 muestra la aplicabilidad concerniente a los cuatro tipos de accesos en las redes. La red conmutada de circuitos hace uso de líneas para poder marcar. El costo se basa en la tasa de datos, tiempo de conexión y la distancia existente entre los suscriptores. Como hemos dicho, esto resulta completamente ineficiente para el tráfico rápido. Sin embargo, para necesidades ocasionales orientadas a un torrente, ésta puede ser la opción más apropiada. Por ejemplo, una corporación puede tener oficinas distribuidas. En el cierre del día, cada oficina transfiere un archivo a la oficina central resumiendo las actividades del día. Una sola línea es usada para marcar en la transferencia del archivo de parte de cada oficina que sea visible, esta es la mejor opción en la relación costo-eficiencia. Cuando hay un alto volumen de tráfico entre unos cuantos

sitios, la solución más económica es colocar circuitos dedicados entre estos sitios. Estos circuitos también se conocen como líneas rentadas o circuitos semi-permanentes, puede ser rentada por un proveedor de telecomunicaciones, tal como una compañía telefónica o desde un proveedor de satélite. Un circuito dedicado logra un costo fijo constante, basado en la tasa de datos que transporta, en algunos casos influye la distancia. Si el volumen de tráfico es bastante alto, entonces la utilización deberá ser muy alta para lograr que este acceso sea más atractivo.

Por otro lado, si el tráfico es sobretodo en ráfagas, entonces el conmutador de paquetes admite puertos de terminales y computadoras con varias tasas de datos, para ser interconectados. Si el tráfico es completamente en ráfaga, pero es de un volumen relativamente modesto, entonces una red de conmutación de paquetes pública es la mejor opción. Una red de conmutación de paquetes pública trabaja generalmente con las características de una red telefónica pública. En este caso proporciona un servicio de transmisión de paquetes para una variedad de subscriptores, donde cada uno tiene una necesidad de tráfico moderado. Si existe un cierto número de subscriptores diferentes, entonces el tráfico total, deberá ser bastante grande como resultado de la alta utilización de esta red. Por consiguiente, ésta es solvente en costo desde el punto de vista de los proveedores. Y así los subscriptores obtienen las ventajas de la conmutación de paquetes sin tener nada que ver con el costo de implantación y mantenimiento de la red. El costo para el subscriptor se basa en el volumen de tráfico y el tiempo de conexión, pero no en la distancia. Este tipo de red es llamada red de valor agregado (RVA). Meditando sobre el factor de valor agregado, es porque ésta da las facilidades de transmisión fundamentales. En la mayor parte de los Estados Unidos, hay una red pública en poder o controlada por el gobierno y a esta se le conoce como red de datos pública (RDP).

Si el volumen de tráfico en ráfaga de una organización es alto y está concentrado entre un número pequeño de sitios, entonces una red conmutada de paquetes privada es la mejor opción. En ésta la organización es la que posee el equipo de comunicación de datos (servidor, terminales) y también tiene los nodos de conmutación de paquetes. Los nodos están interconectados por circuitos dedicados. Con una cantidad de tráfico ráfaga entre los sitios, la red privada proporciona una mejor utilización y por consiguiente un costo más bajo, que si utiliza la conmutación de circuitos o líneas dedicadas sencillas. El costo de una red privada (más que el costo fijo inicial para los nodos de conmutación de paquetes), se basa solamente en la distancia. Así, combina la eficiencia de la conmutación de paquetes pública, con el tiempo y el volumen, independientemente de los circuitos dedicados.

- RUTEO

- ◆ NECESIDADES

La función básica de una red conmutada de paquetes es aceptar paquetes de una estación fuente y entregarlos a una estación destino. Para conseguir esto, una trayectoria o ruta en la red debe ser determinada. Para proporcionar un buen funcionamiento y robustez, las redes conmutadas de paquetes normalmente tienen muchos nodos interconectados. Entre cualquier par de estaciones existe un cierto número de rutas posibles y una función de ruteo debe ser ejecutada. Las necesidades de esta función incluyen:

- 1) Exactitud.
- 2) Simplicidad.
- 3) Robustez.
- 4) Estabilidad.
- 5) Imparcialidad.
- 6) Optimización.

Los dos primeros términos en la lista se explican por sí mismos. La robustez tiene que ver con la habilidad de la red, para entregar los paquetes vía alguna ruta aún cuando se haya localizado en ésta, una falla o sobrecarga. Idealmente, la red puede reaccionar a tales contingencias sin perder paquetes o sin la ruptura de los circuitos virtuales. El diseñador, quien es el que busca la robustez debe hacer frente a la necesidad de competición que surge con la estabilidad. Las técnicas que reaccionan a las condiciones cambiantes tienen la tendencia desafortunada de responder demasiado lento a los eventos y/o hasta experimentar oscilaciones desde un extremo hasta el otro. Por ejemplo, la red puede reaccionar a la congestión en un área, trasladando la mayor parte de la carga a una segunda área. Ahora la segunda área está sobrecargada y la primera subutilizada, causando un segundo traslado. Durante estos traslados, los paquetes pueden viajar en los circuitos a través de la red.

Un trato igual existe entre la imparcialidad y la optimización. Algunos criterios de ejecución pueden dar una prioridad superior al intercambio de paquetes entre estaciones cercanas, comparadas con un intercambio entre estaciones distantes. Esta política de optimibilidad puede maximizar en promedio la comunicación, pero parecería injusto que la estación con prioridades sobre todos se comunicará con estaciones distantes. Finalmente cualquier técnica de ruteo involucra algunos procesos de encabezado en cada nodo y a menudo un encabezado en la transmisión. La sanción para tal necesidad de encabezado es menor a los beneficios básicos resultantes, tales como robustez o imparcialidad.

◆ TÉCNICAS DE RUTEO

Aquí, el objetivo es analizar la complejidad de la función del ruteo y ver algunas de las desventajas involucradas en la evaluación de estos accesos alternativos.

Antes de examinar algunos de los algoritmos, se necesita el criterio de diseño que ha sido usado. La selección de una ruta se basa generalmente en algunos criterios de funcionamiento. El criterio más simple es el que elige el mínimo de nodos en la ruta que pasa a través de la red. Hay un criterio que fácilmente se mide y que podría minimizar el consumo de recursos en la red. En general para el criterio de un mínimo de nodos, el ruteo tiene un costo más bajo. En este caso, el costo está asociado con cada conexión y para cualquier par de estaciones enlazadas, la ruta a través de la red que acumule el costo más bajo será la recorrida. Por ejemplo, el costo en la red de la figura 2.24 se muestra con números sobre las líneas. La trayectoria más corta (la de menos nodos), desde el nodo uno hasta el nodo seis es 1-3-6 (costo=5+5=10), pero la trayectoria con el costo más bajo es 1-4-5-6 (costo=1+1+2=4). El costo será asignado a las conexiones según soporte uno o más objetivos de diseño. Por ejemplo, el costo podría ser inversamente proporcional a la tasa de datos (para una tasa de datos muy grande en la línea, el costo más bajo será asignado a la línea), o al retardo de la fila de espera actual

en la línea. En el primer caso, la ruta con el costo más bajo podría proporcionar la comunicación de datos más grande, por lo tanto las conexiones con tasas muy grandes son preferidas con respecto a las conexiones con tasas muy bajas. En el segundo caso, la ruta con el costo más bajo podría minimizar el retardo, por consiguiente las conexiones menos ocupadas serán preferidas en lugar de las conexiones más ocupadas.

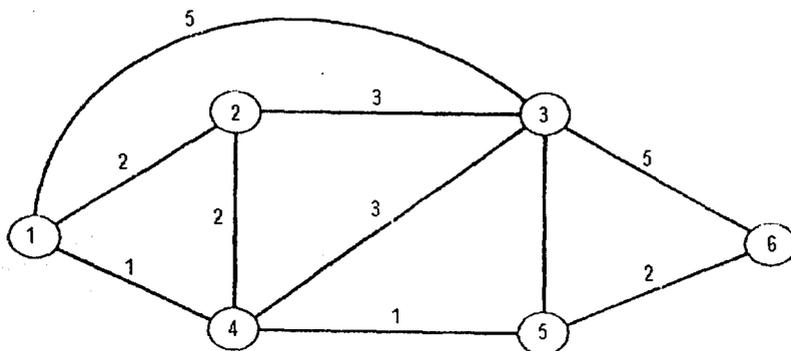


Figura 2.24 Red Conmutada por paquetes

En cualquiera de los dos accesos, mínimo de nodos o costo más bajo, el algoritmo para determinar la ruta óptima para cualquier par de estaciones es relativamente directo, y el tiempo de procesamiento sería aproximadamente igual al de cualquier computadora. Porque el criterio del costo más bajo es más flexible, esto es, porque es más común que el criterio del mínimo de nodos.

Con este panorama, se podrán ahora observar algunas de las técnicas de ruteo alternativas, más importantes (tabla 2.5).

- 1) Ruteo fijo.- Una de las estrategias más simples es el ruteo fijo. En este caso, una ruta es seleccionada por cada par de nodos (fuente-destino) en la red. Las rutas son fijas o sólo con un mínimo de cambios cuando hay movimientos en la topología de la red. Por lo que el costo de la línea usada en las rutas diseñadas no está basado en cualquier variable dinámica, tal como el tráfico. Él puede sin embargo, basarse en el costo de transmisión actual o del tráfico supuesto.

La figura 2.25 sugiere como el ruteo fijo puede ser implantado. Un directorio de ruteo central es creado, éste tal vez este localizado en un centro de control de red. Nótese que no es necesario guardar la ruta para cada par posible de nodos. Por el contrario, es suficiente conocer para cada par de nodos la identidad del primer nodo en la ruta. Para ver que esto es suficiente, considérese la ruta con menor costo entre un par de nodos i y n . Suponiendo que la ruta con menor costo inicia con la conexión del nodo i con el nodo k . Úsese la etiqueta R_1 para referirse al resto de la ruta, la cual es la parte desde k hasta n . Ahora defínase la ruta de menor costo de k hasta n , como R_2 . Si el costo de R_1 es superior al costo de R_2 , entonces la ruta de i - n puede ser mejorada usando en el cambio a R_2 . Si el costo de R_1 es menor que el costo de R_2 , entonces R_2 no es la ruta de menor costo de k a n . Por lo tanto, R_1 y R_2 son la misma ruta. Esta

línea de razonamiento demuestra que en cada punto a lo largo de la ruta, solo es necesario conocer la identidad del siguiente nodo, no así de la ruta completa. Puesto que cada nodo necesita de esto, solo es necesario guardar una sola hilera del directorio de ruteo; los nodos pertenecientes a éste muestran el siguiente nodo a tomar, para cada destino.

Técnica	Descripción	Comentario
Fija	Todas las rutas a través de la red, están preplaneadas y no hay cambio con condiciones de intercambio.	Un solo algoritmo con poderío es útil en una red muy estable.
Multiplicidad	Un paquete es enviado desde una estación a otra, éste es duplicado como es requerido de modo que todas las rutas posibles en la red sean seguidas. Un límite de nodos es usado para terminar el proceso.	Es un procedimiento extremadamente derrochador, y no se utiliza generalmente para propósitos de ruteo. Porque es altamente seguro, esta técnica podría ser usada en ocasiones, para paquetes de control de red importantes.
Adaptable		
Aislado	Cada nodo hace una decisión de ruteo basándose solamente en alguna preferencia preestablecida y en el estado actual del retardo en las colas, sobre las líneas de salida.	Es la forma de ruteo más adaptable. En una red pequeña y relativamente estable, esta técnica puede ser atractiva.
Distribuido	Las decisiones de ruteo se basan en el tipo de topología de red y de las condiciones del retardo. Esta información es distribuida entre los nodos de conmutación de paquetes; cada nodo hace su propia decisión de diseño.	Es un acceso robusto y flexible. Hay un desperdicio, entre la cantidad de información proporcionada a los nodos y la necesidad de minimizar el encabezado, de manera que se evite un degradamiento en el funcionamiento
Centralizado	Las decisiones de ruteo se basan en el conocimiento del tipo de topología de la red y de las condiciones de retardo. Esta información es proporcionada a un controlador central de todos los nodos. El controlador central entonces emite instrucciones de ruteo hacia los nodos	Es un acceso adaptable relativamente eficiente. Existe el riesgo de que el controlador se llegue a congestionar. Por consiguiente, una falla del controlador deshabilitaría el mecanismo de ruteo.

Tabla 2.5. Ruteo para redes conmutadas de paquetes.

		Para el nodo					
		1	2	3	4	5	6
Del nodo	1	—	2	4	4	4	4
	2	1	—	3	4	4	4
	3	5	2	—	5	5	5
	4	1	2	5	—	5	5
	5	4	4	3	4	—	6
	6	5	5	5	5	5	—

Figura 2.25 Ruteo Fijo

Con el ruteo fijo no hay diferencia entre el ruteo por datagrama y el ruteo por circuito virtual. Todos los paquetes desde una fuente dada hasta un destino dado, siguen la misma ruta. La ventaja del ruteo fijo es su simplicidad y podría trabajar bien en una red con una carga estable. Por lo tanto, el ruteo fijo no es usado típicamente en redes grandes. Sin embargo, el método es digno de presentarse ya que el uso de un directorio del siguiente nodo a seguir, en la ruta, se encuentra en muchas técnicas de ruteo más sofisticadas.

- 2) Multiplicidad.- Otra técnica de ruteo sencillo es la multiplicidad. Esta técnica de ruteo no necesita de toda la información de la red y trabaja como sigue. Un paquete es enviado por un nodo fuente para cada uno de los nodos vecinos. En cada nodo, el paquete es retransmitido en todas las líneas de salida, excepto sobre la cual arribo. Esta técnica es ilustrada en la figura 2.26, la cual muestra la retransmisión de un paquete del nodo 1 al nodo 6. Si el nodo 1 tiene un paquete para enviar al nodo 6 envía una copia del paquete a los nodos 2, 3 y 4. El nodo 2 podría enviar copias a los nodos 3 y 4. El nodo 4 podría enviar copias a los nodos 2, 3 y 5. Y así hasta completarse la transmisión. Eventualmente, un número de copias del paquete arribará al nodo 6. El paquete debe tener algún identificador único (e.g. número de orden), para que el nodo 6 reconozca la primer copia y descarte todas las demás.

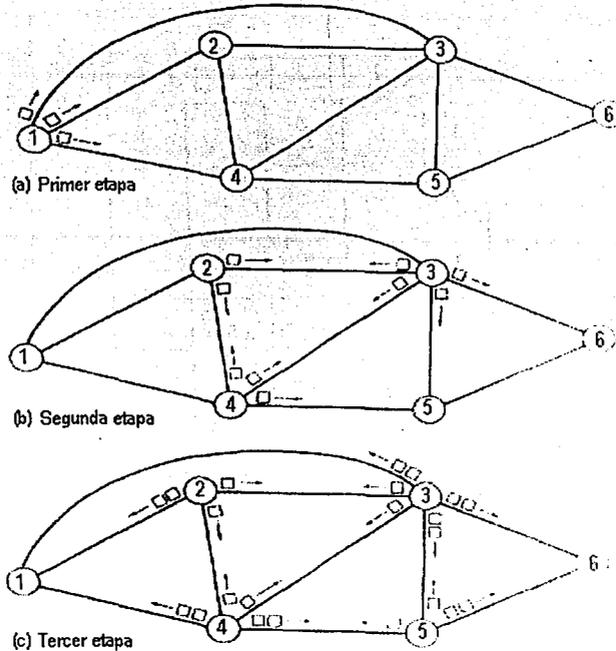


Figura 2.26 Ejemplo de Multiplicidad

Es claro que sino es regulada la incesante retransmisión de los paquetes, el número de paquetes en circulación por parte de un sólo paquete fuente crece sin límite. Una solución simple es limitar el número de saltos que pueda dar un paquete entre los nodos, es decir, se incluirá un campo que cuente los saltos de cada paquete. El contador inicializara el nodo fuente con algún valor entero positivo. Todo el tiempo un nodo recibe paquetes para ser pasados y va decrementando el contador de saltos de uno en uno. Si el contador lee cero, el paquete es descartado.

Una propiedad interesante de la técnica de multiplicidad es que todas las rutas posibles, entre el nodo fuente y destino, son examinadas. Por lo que, no importa que línea o nodo se corte, el paquete siempre logrará completar la trayectoria entre el nodo fuente y el destino. Como resultado, la técnica es altamente robusta y podrá ser usada para enviar mensajes con alta prioridad. Un ejemplo de aplicación es una red militar ya que está sujeta a destrozos extensos. La multiplicidad podría también ser usada para la emisión de un mensaje en todos los nodos. Esta emisión es utilizada algunas veces en el ruteo adaptable.

- 3) Ruteo adaptable.- Las estrategias de ruteo estudiadas hasta el momento no reaccionan a las condiciones de cambio que se dan adentro de la red, o en mayor parte reaccionan como resultado de alguna acción del operador del sistema. Esta característica no es necesariamente mala. Considere estas desventajas para una estrategia adaptable; una en la cual la decisión de ruteo dependa de las condiciones de cambio en la red:

- a) La decisión de ruteo es más compleja; por consiguiente, la carga de procesamiento en la red se incrementa.
- b) En la mayor parte de los casos, las estrategias adaptables dependen de la información reunida del estado en un cierto lugar, sin embargo, son usadas en otro lugar, por lo tanto, la carga de tráfico en la red se incrementa.
- c) Una estrategia adaptable puede también reaccionar rápidamente, causando congestión y produciendo oscilación en el sistema, o así mismo reaccionar lentamente, cuando es irrelevante el cambio.

No obstante estos riesgos reales, las estrategias de ruteo adaptable están lejos de las más comunes, por dos razones:

- ⇒ Desde el punto de vista del usuario, una estrategia de ruteo adaptable puede proporcionar desempeño aceptable, ya que los paquetes son ruteados por la mejor ruta disponible en el tiempo de la decisión de ruteo.
- ⇒ Desde el punto de vista de las redes, una estrategia adaptiva ayuda en el control de la congestión dando salida fácilmente a la carga de la red. Es decir, cuando algunas áreas de la red experimentan una carga relativamente fuerte, ésta determinará la aceptación de tráfico subsecuente para las porciones sin mucha carga en la red.

Estos beneficios pueden o no ser realizados, dependiendo de la solidez del diseño y naturalmente de la carga del sistema. En general, esta es una tarea extraordinariamente compleja para ejecutarla apropiadamente.

Todas las estrategias de ruteo adaptable, por definición, hacen decisiones de ruteo que se adaptan a las condiciones de cambio en la red. Dos parámetros que sirven para diferenciar las estrategias de ruteo adaptable, es el lugar en el cual la decisión de ruteo es hecha y la cantidad de información usada para hacer la decisión. Basado en estos dos parámetros, virtualmente todas las estrategias son una combinación híbrida de las siguientes categorías:

- ⇒ Adaptable aislada: información local, control distribuido.
- ⇒ Adaptable distribuido: información de parte de los nodos adyacentes o de todos los nodos, control distribuido.
- ⇒ Adaptable centralizado: información de todos los nodos, control centralizado.

Un esquema simple de la técnica adaptable aislada es que en un nodo de la ruta, cada paquete que va hacia una línea de salida realiza un examen corto del largo de la cola, Q , sin importar el destino. Esto podría tener el efecto de balanceo de carga en las líneas de salida. Sin embargo, algunas líneas de salida pueden no estar encabezadas en la dirección correcta. Una mejoría podría obtenerse después de tomar la numeración de las direcciones preferidas. A cada línea saliente de un nodo puede ser asignada una predisposición $B_{i,j}$, para cada nodo vecino i en cada uno destino j . De cada paquete que llega encabezado para el nodo j , el nodo podría elegir la línea que tiene el mínimo valor de $Q_i + B_{i,j}$ para todos los vecinos i , donde Q_i es el largo actual de la cola en la línea hasta el nodo i . Así pues, un nodo podría servir para enviar paquetes en la dirección adecuada con la concesión hecha según los retardos del tráfico actual.

Como ejemplo la figura 2.27 muestra el estado del nodo cuatro en un tiempo determinado. El nodo cuatro tiene conexión con otros cuatro nodos. Un número justo de paquetes se mantiene arribando y un registro de respaldo es incorporado, con una cola de paquetes esperando en cada una de las líneas que salen. Un paquete llega desde el nodo uno destinado para el nodo seis. Basado en el largo de la fila actual y el valor de las predisposiciones ($B_{i, e}$) para cada línea que sale, el valor mínimo de $Q+B$ es cuatro, en la línea que va hacia el nodo tres. Por lo que el paquete es enrutado a través del nodo tres.

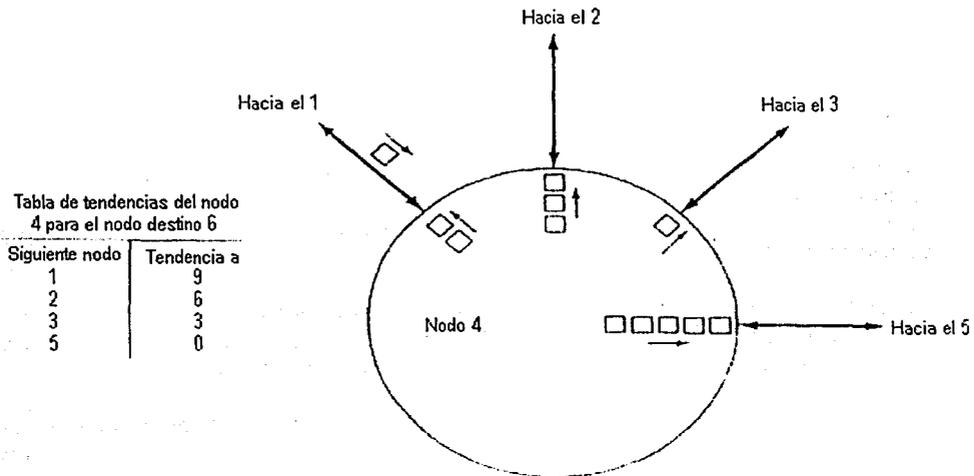


Figura 2.27 Ejemplo del ruteo Adaptable Aislado

Los esquemas de la técnica adaptable aislada no son de uso general. Ya que en ésta no se da importancia al uso de la información disponible, por lo que no pueden acomodarse a las condiciones de cambio en la red. Las otras dos estrategias adaptables (distribuida y centralizada) son más comunes. Ambas tienen las ventajas de la información que otros nodos tienen acerca de los retardos e interrupciones en las líneas.

Un ejemplo de algoritmo de la técnica adaptable distribuida es el que usa la red de datos de defensa (por sus siglas en inglés DDN). Según este algoritmo, cada nodo mantiene dos estructuras de datos. La primera estructura tiene una matriz de retardo que muestra para cada par de nodos conectados directamente el retardo actual, para realizar la conexión directa en ambas direcciones (para cada par de nodos que no estén conectados directamente, la matriz de acceso correspondiente tiene un valor infinito). Con esta información, el nodo puede calcular una ruta de costo menor en cada uno de los nodos y desarrolla una matriz de ruteo como se muestra en la figura 2.25. los vectores muestran, según cada nodo destino posible, la identidad del nodo siguiente en la ruta.

El punto clave en el diseño de este algoritmo es la manera en la cual los valores para la matriz de retardo son obtenidos. Cada 10 segundos, un nodo cuenta el promedio del

retardo en cada una de las líneas de salida. Si hay cambios significantes en cualquier valor de retardo, después de la última contabilización, o si hay un cambio en la conectividad la información es enviada hacia todos los demás nodos usando la técnica de multiplicidad. Cada nodo actualiza la matriz de retardo conforme estos paquetes en raudal arriban. La experiencia con este algoritmo indica que es estable y responde a los cambios en el sistema bastante bien. El encabezado introducido por la multiplicidad es moderado por lo que cada nodo hace esta contabilización cada 10 segundos.

Un ejemplo de algoritmo para un sistema de ruteo adaptable centralizado es el usado por una TYMNET. En la TYMNET, un nodo es designado como supervisor (con un respaldo por seguridad). El supervisor ejecuta la función de ruteo en base a un circuito virtual. Cuando un circuito virtual es necesitado, el supervisor determina la ruta de costo menor y el paso de la información necesaria para este circuito virtual, en cada nodo de la ruta. Cuando el circuito virtual termina, el supervisor informa a cada nodo en la ruta.

Hay dos puntos claves en el diseño de este algoritmo; el cómo asignar el costo a cada línea y el cómo la ruta es comunicada hacia los nodos que formarán el circuito virtual. El costo de la línea se basa en la tasa de los datos, satélite contra líneas terrestres, tipo de tráfico y las condiciones de carga. Por ejemplo, si un circuito virtual es requerido por una terminal interactiva de baja velocidad, una línea terrestre de 9600 bps es asignada a un costo menor que un satélite a 56 Kbps, porque el retardo es mayor en el satélite. Si un circuito virtual es usado para transferir un archivo de una organización hacia otra organización (servidor a servidor), la línea del satélite tiene un costo menor, ya que el lograr la comunicación es más importante que el tiempo de respuesta. La parte de pérdida de carga, también depende del tipo de tráfico. Para tráfico orientado a flujo, una línea con un costo adicional es asignada si tiene establecida una "sobrecarga por alta velocidad". Esta condición ocurre cuando la línea no puede soportar todos los circuitos virtuales actuales, con las tasas de datos deseadas. Para tráfico iterativo, una línea con costo adicional es asignada si tiene establecida una "sobrecarga a baja velocidad". Esta condición ocurre cuando el promedio del retardo en la línea excede los 0.5 segundos en varias ocasiones en un periodo de cuatro minutos. Cuando cualquiera de las dos formas de sobrecarga ocurre o desiste hasta ocurrir, el nodo afectado reporta esto, al supervisor.

Cuando un circuito virtual es requerido, la petición es enviada al supervisor, el cuál estimará la ruta de menor costo basándose en el tipo de tráfico. El supervisor entonces envía un mensaje al nodo fuente, éste contiene la ruta así como una lista de la secuencia de los nodos. El mensaje pasa de algún modo a lo largo de la ruta designada, depositando la información de ruteo por donde va pasando. Si una interrupción es encontrada en la ruta, el mensaje se regresa hasta el origen y el supervisor es informado.

Hay varios problemas con la estrategia de ruteo adaptable centralizado si ésta es comparada con el ruteo distribuido. La parte más importante es el problema de seguridad. La pérdida del supervisor deshabilita la red entera con respecto a los nuevos circuitos virtuales. Este problema puede ser resuelto con supervisores redundantes. Algo también relacionado con la seguridad, es que el acceso centralizado es sólo práctico para la operación de circuitos virtuales, y como hemos mencionado,

una red con datagrama es inherentemente más robusta. Finalmente, hay un problema de congestión potencial en la proximidad del supervisor, esto es porque, recibe todas las peticiones de ruteo e información del estado de las líneas y a su vez transmite toda la información de ruteo.

Hay también varias ventajas del ruteo centralizado comparado con el ruteo distribuido. Las necesidades de contabilidad en los nodos individuales se reducen. El ruteo centralizado permite una optimización más exacta de las rutas, eliminando los rizos y oscilaciones que pueden ocurrir cuando las decisiones de ruteo son hechas colectivamente, para nodos que actúan independientemente. Finalmente, con el ruteo centralizado el supervisor tiene una exactitud y una descripción razonables de la distribución actual referente a la carga en la red. Esto permite al supervisor un límite nuevo de circuitos virtuales con un mejoramiento en el control de la congestión.

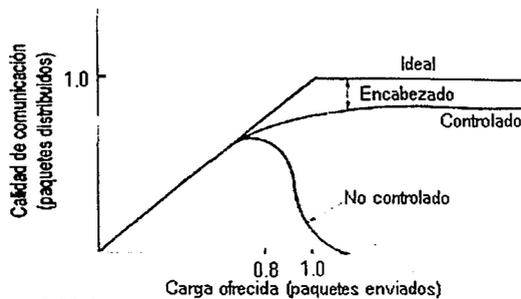
• CONTROL DE CONGESTIÓN

◆ LA NECESIDAD DEL CONTROL DE LA CONGESTIÓN

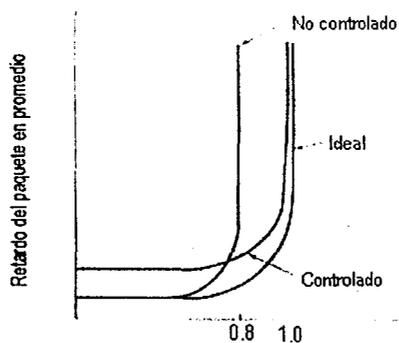
En adición al ruteo, la otra función principal de una red conmutada de paquetes es el control de la congestión. El objetivo del control de la congestión es mantener el número de paquetes bajo un nivel, dentro de la red o en una región de la misma, en el cual el retardo de las colas no sea excesivamente grande. En esencia, una red conmutada de paquetes es una red de colas. En cada nodo, hay una cola de paquetes para cada una de las líneas de salida. Si la tasa en la cual llegan los paquetes y la cola establecida excede la tasa a la cual los paquetes son transmitidos, el tamaño de la cola crece sin límites y el retardo experimentado por un paquete se hace infinito. Incluso si la tasa con la que llega el paquete es menor que la tasa de transmisión del paquete, el largo de la cola crecerá dramáticamente así como el acceso de la tasa de llegada de la tasa de transmisión. Como una regla de manejo, cuando la línea por la cual los paquetes son enfilados utiliza más del 80% de su capacidad, el largo de la cola crecerá en una tasa alarmante.

La figura 2.28 muestra los efectos de la congestión en términos generales. La figura 2.28a de lo que está puesto en comunicación de una red (número de paquetes entregados a las estaciones destino) contra la carga ofrecida (número de paquetes transmitidos por una estación fuente). Ambos ejes están normalizados según la capacidad teórica de la red, la cual puede ser expresada como la tasa en la cual la red es teóricamente capaz de manejar los paquetes, basándose así en la tasa de datos de las líneas que hay en la red. Usa entonces el 100 % si la carga es incrementada más tarde. El caso ideal, desde luego, requiere que todas las estaciones de algún modo conozcan la sincronización y tasa de los paquetes que puedan estar presentes en la red sin encabezado y tiempo de retardo, lo cual es imposible. Si no se ejerce el control de congestión, tendremos una curva etiquetada "sin control". Para este caso, como la carga se incrementa, el uso se incrementa por un rato. Entonces como el largo de la cola en varios de los nodos comienza a crecer. La razón de esto es porque los almacenes de cada nodo tienen un tamaño finito. Cuando el almacén de un nodo está lleno, él deberá descartar a los paquetes que estén llegando adicionalmente. Por lo que las estaciones fuentes deberán retransmitir los paquetes descartados junto con los nuevos paquetes. Esto solamente dificulta más la situación, ya que mientras más y más paquetes sean

retransmitidos la carga en el sistema crecerá, y por lo tanto más almacenes serán saturados. Mientras que el sistema está intentando desesperadamente de limpiar los atrasos, las estaciones siguen transmitiendo los viejos y nuevos paquetes dentro del sistema. Aún los paquetes entregados exitosamente pueden ser retransmitidos, esto sucede si la distancia hasta el receptor es muy grande, ya que como éste no reconoce la entrega del mensaje no puede enviar la señal de entregado, por lo que el transmisor asume que el paquete se perdió y vuelve a enviarlo. Bajo estas circunstancias, la capacidad efectiva del sistema, es virtualmente cero.



(a) Calidad de comunicación



(b) Retardo

Figura 2.28 Los efectos de la Congestión

Es claro que estos eventos catastróficos deben ser evitados, y esta es la tarea del control de congestión. El objetivo de todas las técnicas de control de congestión es el limitar el largo de las colas en los nodos para evitar un colapso en la puesta de comunicación de los datos. Este control involucra un inevitable encabezado. Por lo que, la técnica de control de congestión no puede funcionar como en la teoría. Sin embargo, una buena estrategia de control de congestión evitará un colapso en el momento de la comunicación y mantendrá una comunicación que difiere de la ideal pero con una cantidad aproximadamente igual con el encabezado de control (figura 2.28a).

En los puntos de la figura 2.28a no importa que técnica es usada, el retardo promedio experimentado por los paquetes crece sin límites así como la capacidad de acceso de la carga en el sistema. Note que inicialmente la política de "sin control" tiene un retardo

menor que una política controlada, por la falta de encabezado. Sin embargo, la política de "sin control" podría saturarse con una carga menor.

◆ TÉCNICAS

Una herramienta clave en la mayor parte de las técnicas de control de congestión, es el control del flujo. El **control del flujo** es utilizado para regular el flujo de datos entre dos puntos. El receptor limita la tasa en la cual los datos pueden ser transmitidos por transmisor. Esta técnica es usada en las configuraciones punto a punto, en protocolos de control de línea para datos tales como, Control de enlace de datos de alto nivel (por sus siglas en inglés HDLC) y Procedimiento de acceso al enlace en el canal-D (por sus siglas en inglés LAP-D). El control de flujo puede ser también utilizado entre dos puntos conectados indirectamente, tal como dos estaciones que son enlazadas con una red conmutada de paquetes y ambas son los puntos finales de un circuito virtual. Una aplicación de esta técnica es en el estándar X.25.

Como con el ruteo, las técnicas usadas por el control de congestión serán estudiadas brevemente. Las técnicas de control pueden ser clasificadas dentro de dos dimensiones:

- 1) Datagrama contra circuito virtual
- 2) Brinco de nodos contra ingreso-salida contra acceso de red.

El cuadro 2.8 define estos términos y la figura 2.29 ilustra la distinción entre el brinco de nodos, ingreso-salida y el control de acceso a la red. Varias de estas técnicas son utilizadas en forma individual o en combinación con diferentes redes conmutadas de paquetes. Como con el ruteo, el control de congestión involucra un desaprovechamiento entre el poder de la capacidad del control de congestión y la necesidad de minimizar el encabezado.

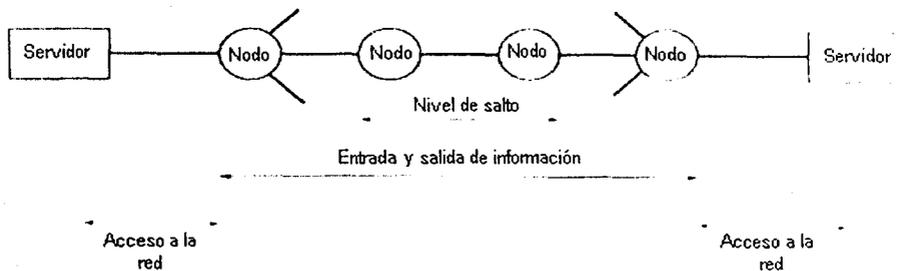


Figura 2.29 Niveles de control de flujo

ARPANET, la cual es una red de datagrama, proporciona un ejemplo de la técnica ingreso-salida. La red pone en vigor un límite de 8 mensajes en tránsito entre cualquier par de organizaciones (servidores). Cada mensaje en turno puede consistir hasta de 8 paquetes por mensaje. La clave del nodo fuente es pedida, para reservar un espacio de almacén en el nodo destino para cada mensaje que sea enviado; se establece un mínimo de ocho. Si el nodo destino experimenta congestión en el almacén, él puede detener la distribución con el objetivo de limitar el flujo de los paquetes que llegan. En adición, ARPANET usa un control de flujo de salto de nivel para prevenir la congestión del almacén en los nodos individuales.

Otro ejemplo interesante es proporcionado por TYMNET, la cual opera basándose en circuitos virtuales e incluye ambos tipos accesos de red así como los mecanismos de salto de nivel. La ruta para un circuito virtual es, por supuesto definida por una serie de saltos de un nodo a otro nodo. En cada salto de un nodo a otro nodo, a cada circuito virtual actual que utiliza ese salto se le asigna una cuota por parte del nodo receptor al nodo transmisor. Según quede congestionado un nodo, éste reduce la cuota para los brincos que llegan. Este es el control de congestión en el nodo. Además, la técnica de salto de nivel produce un fenómeno vacío (backpressure), ya que cuando un nodo reduce las cuotas, los nodos adyacentes son incapaces de transmitir más rápido y deben por eso ejercer un control de flujo en su tráfico que llega. Para cada nodo virtual, estas restricciones trabajan su forma de respaldo para asignarle el nodo, al cual la estación fuente será enlazada. Este nodo entonces restringe el flujo del tráfico proveniente de la estación fuente con las características del protocolo de acceso de red X.25, descrito a continuación.

FUNCIÓN

Control de la distribución y del número de paquetes adentro de la red, con objeto de minimizar el retardo total en la red y en las regiones adyacentes de la red.

REQUISITOS

Límite en el largo de las colas de los paquetes en cada nodo, para que el retardo en las colas sea limitado. Específicamente este requisito, para las cargas de tráfico local, podría estar limitado a no más del 80 % de la capacidad teórica.

TÉCNICAS

Control de Campo

Paquete

Ocupada con el movimiento de paquetes individuales en varios puntos de la red. Tal técnica está asignada y ocupada principalmente a la carga de un solo nodo. Esta técnica es usada en las redes de datagrama, pero puede encontrar también aplicación en una red de circuito virtual

Circuito Virtual

Ocupada con el control del flujo de paquetes a través de un circuito virtual. Esta técnica controla la actividad en todos los circuitos virtuales que estén activos en una red, Los paquetes se mueven a través de la red que está controlada.

Control de Nivel

Brinco (Hop)

Trata con controles ejercidos entre los nodos adyacentes. Estos controles pueden ser usados para evitar la congestión del almacén local.

Ingreso-salida

Se ocupa del flujo de paquetes entre dos puntos terminales. Estos controles son generalmente ejercidos en base a un circuito virtual y previene la congestión del almacén en el conmutador de salida.

Acceso a la red

Limita el número de paquetes transmitidos hacia una estación particular enlazada. Estos controles limitan las entradas externas basándose en la congestión interna.

Cuadro 2.8. Control de congestión para las redes conmutadas de paquetes.

• PROTOCOLO X.25

Tal vez es el más conocido y en la mayor parte del mundo es usado como estándar de protocolo, es el X.25, el cual fue originalmente aprobado en 1976, y subsecuentemente revisado en 1980, 1984 y 1988. El estándar especifica una interface entre un sistema servidor una red conmutada de paquetes. Este estándar es utilizado casi universalmente como interface para redes conmutadas de paquetes y también podría ser empleada en la conmutación de paquetes de RDSI. El estándar cita específicamente tres niveles de protocolos:

- 1) Nivel físico.
- 2) Nivel de línea.
- 3) Nivel de paquete.

Estos tres niveles corresponden a las tres capas más bajas del modelo de la Organización Internacional de Estándares (por sus siglas en inglés OSI). El nivel físico trata con la interface física entre una estación enlazada (computadora, terminal) y la línea que enlaza a esa estación con el nodo de conmutación de paquetes. Este hace uso del estándar X.21, pero en muchos otros casos ocupa otros estándares tales como el RS-232-C. El nivel de línea proporciona en la transferencia, la seguridad para el cruce de los datos en la línea física, transmitiendo los datos como una secuencia de tramas. El estándar del nivel de línea es conocido como LAP-B (Protocolo de Acceso a una Línea Balanceada). El LAP-B es submontado del protocolo de Control de Línea para Datos, HDLC (Control de Línea para Datos de Nivel Alto). El LAP-B es muy similar a un estándar más reciente llamado LAP-D. El nivel de paquete proporciona el servicio de circuito virtual y se describirá brevemente más adelante.

La figura 2.30 ilustra la relación entre los diferentes niveles para el estándar de protocolo X.25. Los datos del usuario son pasados hacia el nivel 3 del estándar X.25, el cual agrega información de control y un encabezado, creando así un paquete. El paquete completo formado por el X.25, es pasado entonces hacia la entidad del protocolo LAP-B, el cual agrega información en el frente y parte posterior del paquete, formando una trama LAP-B. De nuevo, la información de control en la trama es necesitada para la operación del protocolo LAP-B.

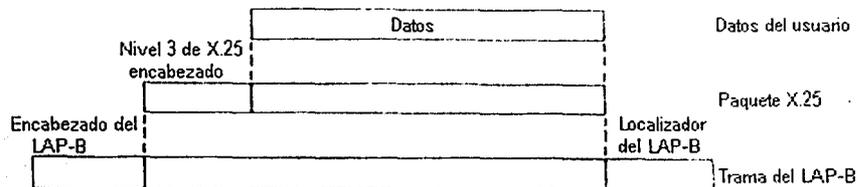


Figura 2.30 Datos de usuario e información de Control del protocolo X.25

Antes de comenzar a examinar los detalles del nivel de paquetes para el estándar X.25, estaría bien distinguir los conceptos de operación interna y servicio externo.

◆ OPERACIÓN INTERNA Y SERVICIO EXTERNO

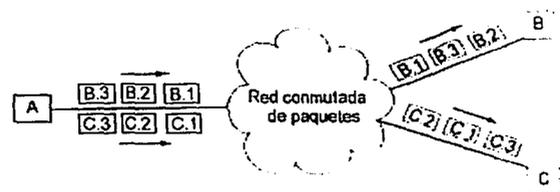
Una de las características más importantes de una red conmutada de paquetes es si esta usa datagramas o circuitos virtuales. Actualmente, hay dos dimensiones de esta característica, como se ilustra en la figura 2.31. En la interface entre una estación y un nodo de la red, una red puede proveer o un servicio orientado a conexión o un servicio sin conexión fija. Con un servicio orientado a conexión, una estación ejecuta una petición de llamada hasta establecer una conexión lógica con otra estación. Todos los paquetes entregados a la red son identificados según pertenezcan a una conexión lógica y son numeradas secuencialmente. La red los toma a su cargo hasta entregarlos en orden, según su número de secuencia. La conexión lógica es usualmente conocida como un circuito virtual y el servicio orientado a la conexión es conocido como un servicio de circuito virtual externo; desafortunadamente, este servicio externo es distinto, del concepto de la operación del circuito virtual interno, como se verá más adelante. Con el servicio sin conexión fija, la interface (red conmutada de paquetes) sólo agrega el manejo independiente de paquetes y no puede entregarlos en orden. Este tipo de servicio es algunas veces conocido servicio de datagrama externo; nuevamente, este es un concepto distinto con respecto a la operación del datagrama interno. Internamente, la red puede actualmente crear una ruta fija entre los puntos terminales, ya sea con circuito virtual o con datagrama.

Estas decisiones de diseño internas y externas no necesariamente coinciden:

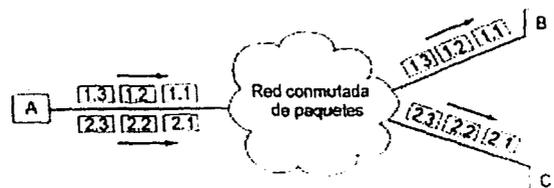
- 1) Circuito virtual externo, circuito virtual interno: Cuando el usuario pide un circuito virtual, una ruta dedicada a través de la red es construida. Todos los paquetes se transportan por la misma ruta.
- 2) Circuito virtual externo, datagrama interno: La red maneja cada paquete por separado. Por lo que, paquetes diferentes en el mismo circuito virtual externo pueden tener rutas diferentes. De cualquier modo, los almacenes de paquetes de la red en el nodo destino; en caso de ser necesario, entregan a la estación destino los paquetes en el orden que partieron.
- 3) Datagrama externo, datagrama interno: Cada paquete es tratado independientemente desde el punto de vista de ambos usuarios y de la red.
- 4) Datagrama externo, circuito virtual interno: Esta combinación no tiene mucho sentido, ya que uno incurre en un gasto para la implantación de un circuito virtual pero no se consigue ningún beneficio.

La cuestión surge en cuanto a la elección del circuito virtual o el datagrama, ya sea internamente o externamente. Esto dependerá de los objetivos de diseño específicos en la red de comunicación y de los factores de costo que prevalezcan. Se han hecho algunos comentarios concernientes a los méritos relativos del datagrama interno contra la operación de un circuito virtual. Con respecto al servicio externo (cuadro 2.5), se pueden hacer las siguientes observaciones. El servicio de datagrama, acoplado con la operación del datagrama interno, permite el uso eficiente de la red, no establece llamadas y no necesita detener paquetes mientras que un paquete con error es retransmitido. Esta última característica es deseable en algunas aplicaciones de tiempo real. El servicio de circuito virtual puede proveer punto a punto control de, secuencia y error. Este servicio es atractivo para soportar aplicaciones orientadas a conexión, tal como transferencia de

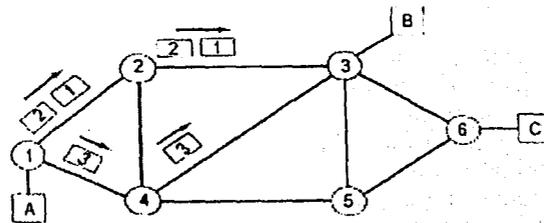
archivos y acceso a una terminal remota. En la práctica el servicio de circuito virtual es mucho más común que el servicio de datagrama y podría quedarse en las redes conmutadas de paquetes relacionadas a una RDSI. La seguridad y conveniencia de un servicio orientado a conexión es visto como más atractivo, que los beneficios del servicio de datagrama.



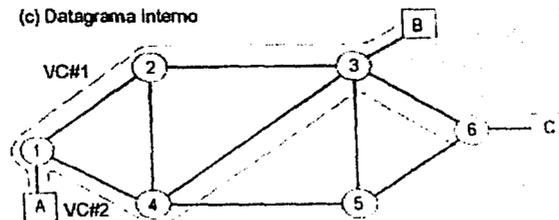
(a) Datagrama externo



(b) Circuito virtual externo



(c) Datagrama Interno



(d) Circuito virtual interno

Figura 2.31. Datagramas y Circuitos Virtuales Internos y externos

◆ NIVEL DE PAQUETE X.25

Con el nivel de paquete X.25, los datos son transmitidos en paquetes sobre circuitos virtuales externos. Una variedad de tipos de paquetes son utilizados (ver tabla 2.6), todos usando el mismo formato básico con algunas variaciones (Observar figura 2.32). El

estándar se refiere a las máquinas del usuario como Equipo Terminal de Datos (DTE) y al nodo de conmutación de paquetes en el cual un DTE es conectado, como un Equipo de Terminación de Circuito de Datos (DCE).

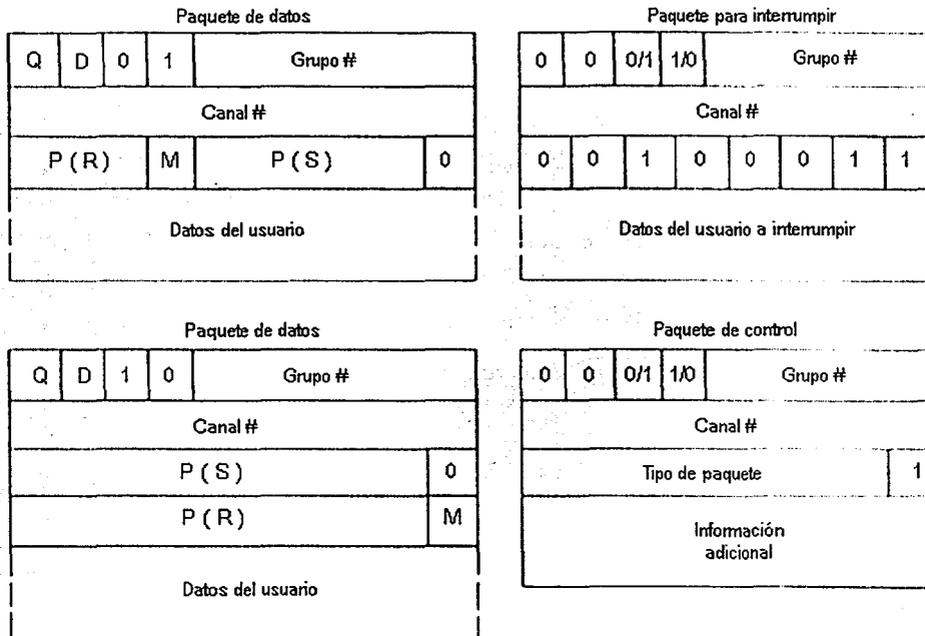


Figura 2.32. Formatos de los paquetes X.25

El servicio de circuito virtual para X.25 proporciona dos tipos de circuito virtual: **circuito virtual conmutado (SVC)** y **circuito virtual permanente (PCV)**. Una llamada virtual es un circuito virtual establecido dinámicamente, usando el procedimiento para establecer una llamada y despejar una llamada, explicado más adelante. Un circuito virtual permanente, es un circuito virtual en la red asignado permanentemente. La transferencia de datos ocurre como con la llamada virtual, pero no se requiere de establecer y despejar la llamada.

1) Llamadas virtuales. La figura 2.33 muestra una secuencia típica de los eventos en una llamada virtual. La parte izquierda de la figura muestra los paquetes intercambiados entre una máquina del usuario A y el nodo de conmutación de paquetes al cual está conectado; la parte derecha muestra los paquetes intercambiados entre la máquina del usuario B en este nodo. El ruteo de los paquetes en el interior de la red no es visible para el usuario.

La secuencia de los eventos es la siguiente:

- a) Una petición de circuito virtual es enviada hasta B, por medio de un paquete de petición de llamada del DCE de A. El paquete incluye la dirección de la fuente y

el destino, así como, el número del circuito virtual que es usado para este nuevo circuito virtual. Las futuras transferencias que lleguen o salgan deberán identificarse con este número de circuito virtual.

Tipo de Paquete		Servicio	
De un DCE a un DTE	De un DTE a un DCE	VC	PVC
Estableciendo y despejando llamadas			
Llamada que llega	Petición de llamada	X	
Llamada conectada	Llamada aceptada	X	
Indicación de despejar	Petición de despejar	X	
Confirmación de despejar el DCE	Confirmación de despejar el DTE	X	
Datos e interrupción			
Datos en el DCE	Datos en el DTE	X	X
Interrupción del DCE	Interrupción del DTE	X	X
Confirmación de interrupción del DCE	Confirmación de interrupción del DTE	X	X
Control de flujo y reajuste			
DCE RR	DTE RR	X	X
DCE RNR	DTE RNR	X	X
	DTE REJ	X	X
Indicación de reajuste	Petición de reajuste	X	X
Confirmación de reajuste en el DCE	Confirmación de reajuste en el DTE	X	X
Restablecer			
Indicación de restablecer	Petición de restablecer	X	X
Confirmación de restablecer el DCE	Confirmación de restablecer el DTE	X	X
Diagnóstico			
Diagnóstico		X	X
Registro			
Confirmación de registro	Petición de registro	X	X

Tabla 2.6. Tipo de paquetes X.25.

- b) La red rutea esta petición de llamada hasta el DCE de B.
- c) El DCE de B recibe la petición de llamada y envía un paquete de indicación de llamada a B. Este paquete tiene el mismo formato que el paquete de petición de llamada pero con un número de circuito virtual diferente, seleccionado por el DCE de B del grupo de números sin usar localmente.
- d) B indica la aceptación de llamada enviando un paquete de llamada aceptada, especificando el mismo número de circuito virtual que el del paquete de indicación de llamada.
- e) A recibe un paquete de llamada conectada, con el mismo número de circuito virtual que el del paquete de petición de llamada.
- f) A y B envían paquetes de control y datos de uno a otro usando sus respectivos números de circuitos virtual.

- g) A (o B) envía un paquete de petición de despejar para terminar el circuito y recibir un paquete de confirmación de despejar.
 h) B (o A) recibe un paquete de indicación de despejar y transmite un paquete de confirmación de despejar.

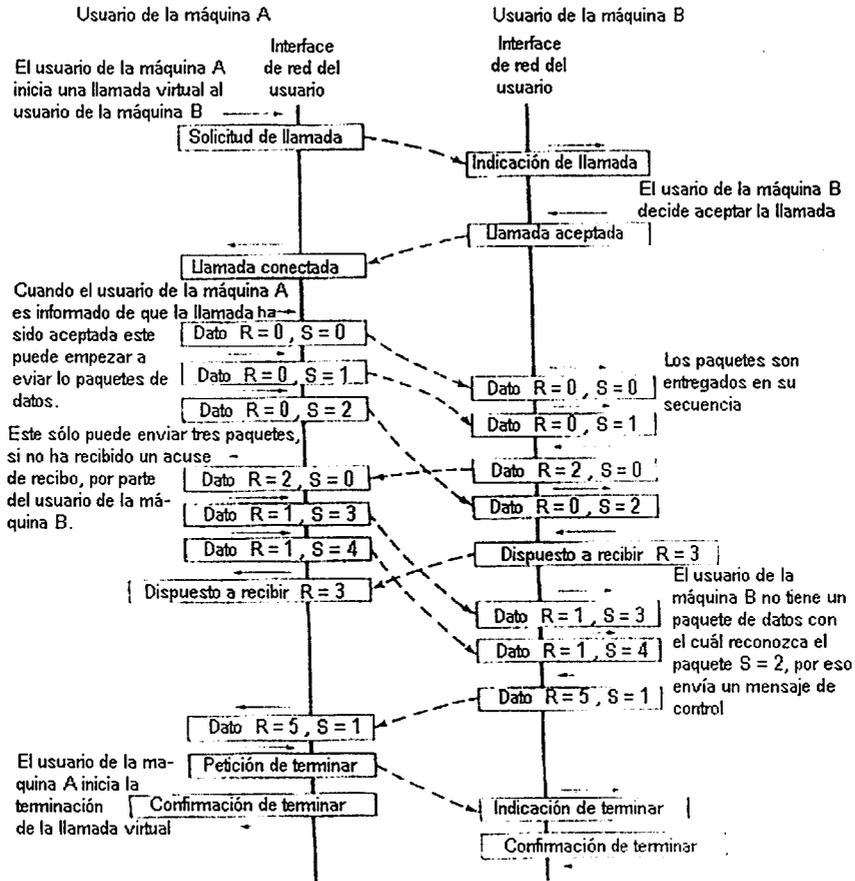


Figura 2.33. Secuencia de pasos del protocolo X.25

- 2) Formato del paquete. La figura 2.32, muestra los formatos del paquete usado en el estándar. Según el dato del usuario, los datos son divididos en bloques del mismo tamaño y un encabezado de 24 bits es agregado en cada bloque hasta formar un paquete de datos. El encabezado incluye un número virtual de 12 bits (el número de grupo expresado con 4 bits y el número del canal con 8 bits). Los campos P(S) y P(R) soportan las funciones del control de flujo y control de error en base a un circuito virtual, como se explicará más adelante. Los bits M, D y Q soportan funciones especializadas, las cuales no serán estudiadas en este trabajo.

En adición a la transmisión de datos del usuario, el estándar X.25 debe transmitir información de control relacionada al establecimiento, mantenimiento y terminación de los circuitos virtuales. La información de control es transmitida en un paquete de control. Cada paquete de control incluye el número de circuito virtual, el tipo de paquete el cual identifica la función de control particular, e información de control adicional relacionada a esta función. Por ejemplo, un paquete de petición de llamada incluye los siguientes campos adicionalmente:

- a) El largo de la dirección del DTE llamando (4 bits): el largo para el campo de dirección correspondiente, en unidades de 4 bits.
- b) El largo de la dirección del DTE llamado (4 bits): el largo para el campo de dirección correspondiente, en unidades de 4 bits.
- c) Direcciones del DTE (variable): las direcciones del DTE que está llamando y el llamado.
- d) Facilidad en longitud: campos con la facilidad de largo en bytes.
- e) Facilidades: Una secuencia para las especificaciones de facilidad. Cada especificación consiste de una facilidad de código de cero y 8 bits, o más códigos de parámetro. Las facilidades son explicadas abajo.

La forma en la cual los datos del usuario son encapsulados es la siguiente. El DTE que está transmitiendo debe dividir esto datos dentro de unidades con una extensión máxima. El estándar X.25 especifica que la red debe soportar un largo máximo de campo de usuario de al menos 128 bytes (e.i. el campo de datos del usuario puede ser algún número de bits arriba del máximo). En adición la red puede permitir la selección de otra longitud de campo máximo en el rango de 16 hasta 4096 bytes. El DTE construye paquetes de control y encapsula los datos del usuario en los paquetes de datos. Estos son entonces transmitidos hacia el DCE vía el protocolo LAP-B. Por lo que el paquete es encapsulado en una etapa de dos tramas (un paquete por trama). El DCE desmantela los dos campos de control de la etapa y puede encapsular el paquete de acuerdo a algún protocolo de red interno.

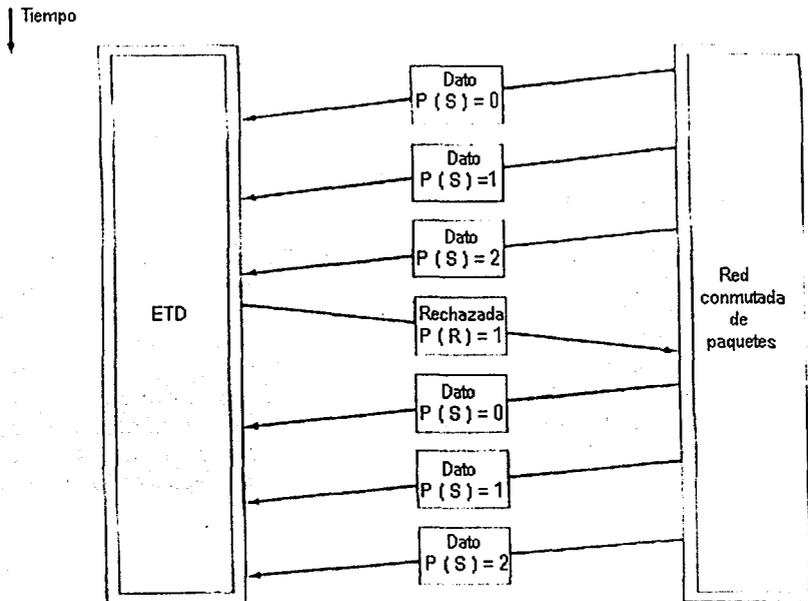
- 3) Control de flujo y error. El control de flujo y de errores en el estándar X.25 es implantado usando números con secuencia. El control del flujo tiene un mecanismo de ventana móvil y el control de error tiene un mecanismo de ir-regresar-nuevas de repetición automática (ARQ). Los números de secuencia enviados, P(S), son usados únicamente en el número de paquetes. Por omisión 3 bits del número de secuencia son utilizados y el P(S) para cada paquete nuevo en un circuito virtual es uno mayor que del paquete anterior. Opcionalmente, un DTE puede pedir vía un mecanismo del usuario el uso de un número de secuencia extendido a siete bits.

El número de secuencia recibido (PR), contiene el número del siguiente paquete esperado en el otro lado del circuito virtual, esto es conocido como admisión en plataforma. Si un lado no tiene datos para enviar, este puede aceptar paquetes que llegan con el paquete de control **listo par recibir** (RR), el cual contiene el número del siguiente paquete esperado desde el otro lado.

El control de flujo es proveído con un paquete de control de **no listo par recibir** (RNR); este paquete acepta recibir los paquetes previamente enviados, pero indica que el punto

está deshabilitado para recibir paquetes adicionales. Cuando tal indicación es recibida, toda transmisión de paquetes de datos debe detenerse, el lado ocupado notificará al otro lado que este puede restablecer la transmisión por medio de un paquete RR.

La forma básica para el control de error es el ir-regresar-n ARQ (ver apéndice A). En la condición de reconocimiento de negativa hay un paquete de control llamado reject (Rej) si el nodo recibe un reconocimiento de negativa, este podrá retransmitir el paquete especificado y todos los paquetes subsecuentes. La figura 2.34 ilustra este algoritmo.



Nota: el límite de la ventana es > 2

Figura 2.34. Intercambio de paquetes X.25

Reajuste y Restablecimiento. El estándar X.25 proporciona dos opciones de restablecimiento para los errores. La facilidad de reajustar es utilizada para reinicializar un circuito virtual, esto hace que los números en secuencia de ambos puntos se establezcan en cero. Cualquier dato o paquete interrumpido en tránsito se pierden. Este es adecuado para un protocolo de nivel superior que tenga la capacidad de recuperar la parte de los paquetes perdidos. Un reajuste puede ser por un cierto número de condiciones de error incluyendo la pérdida de un paquete, error en el número de secuencia, congestión o pérdida del circuito virtual interno de la red. En este último caso, los dos DCE debe restablecer el circuito virtual interno para soportar el circuito virtual externo X.25 fijo, existente entre los DTE's. Cualquiera de los dos, un DTE o un DCE puede iniciar un reajuste, con una petición de reajuste o indicación de reajuste. El remitente responderá con una confirmación de reajuste. Indiferentemente de quien inicie el reajuste, el DCE implicado es responsable de informar al otro punto terminal.

Una condición de error más seria llama a un restablecimiento. La emisión de un paquete de petición de restablecer es equivalente a enviar una petición de despejar todas las llamadas virtuales y una petición de reajuste en todos los circuitos virtuales permanentes. De nuevo, cualquiera de los dos ya sea un DTE o un DCE puede iniciar la acción. Un ejemplo de una condición que garantiza el restablecimiento, es la pérdida temporal de acceso a la red.

Paquetes de Interrupción. Un DTE puede enviar un paquete de interrupción que puentee los procedimientos de control de flujo, usado por los paquetes de datos. Este paquete no contiene números de secuencias para enviar o recibir y no es bloqueado por un RNR o una ventana cerrada. El paquete de interrupción transporta hasta 32 bytes de datos de usuario, y este es liberado hacia el DTE destino ubicado en la red, con una prioridad superior a la de los demás paquetes en tránsito. Un DTE puede enviar otro paquete de interrupción hacia cualquier circuito virtual, hasta que la entrega del paquete de interrupción pendiente sea confirmada. Esto previene la congestión de la red con paquetes que no tienen control de flujo. Un ejemplo del uso de este servicio es para transmitir un carácter de suspensión de terminal.

Señales de mejoramiento de llamada. El estándar X.25 incluye la provisión de señales de mejoramiento de llamada, y éstas están definidas en el estándar X.96 (tabla 2.7). Estas señales caen dentro de dos categorías coincidentes. Las señales de mejoramiento de la llamada para liberar la línea, que son usadas para indicar la razón por la cual una petición de llamada es negada, también son usadas para indicar la razón de una petición de liberación de línea. Las señales de mejoramiento de la llamada para reajustar son usadas para indicar la razón del porque un circuito virtual está siendo reajustado o porque un sitio hace un restablecimiento. El código adecuado está contenido en un paquete de petición de reajuste, indicación de reajuste, petición de restablecimiento o indicación de restablecimiento.

Facilidades de usuario. El estándar X.25 proporciona aún, la facilidad del uso de opciones de usuario. Estas opciones son proporcionadas por la red y pueden ser empleadas por el usuario. Algunas de estas opciones son seleccionadas para su uso en un cierto período de tiempo; y están conformadas entre el suscriptor y proveedor de la red antes de la transmisión. Otras opciones son pedidas en base a cada llamada virtual como parte del paquete de petición de llamada; con estas opciones de capacidad o valor de uso es solo para una llamada virtual.

Señal	Aplicable a:		Uso	Descripción
	VC	PVC		
Error en el Proceso local	x	x	C,R	Error en el proceso causado por el DTE local
Congestión de red	x	x	C,R	Congestión o falla temporal en la red
Petición de facilidad invalidada	x		C	Opción del usuario pedida, no valida
RPOA fuera de orden	x		C	Gestión de una operación privada reconocida, inhábil para llevar adelante una llamada
No obtenible	x		C	Dirección de un DTE llamado, no

			asignada o no conocida	
Acceso truncado	x			
Aceptación de cargos por cobrar no suscrita	x		C	El DTE llamado no acepta cargos en llamadas por cobrar
Aceptación de selección rápida no suscrita	x		C	El DTE llamado no soporta la selección rápida
Incompatibilidad con el destino	x		C,R	El DTE remoto no tiene una función usada o una opción pedida
Fuera de orden	x	x	C,R	El DTE remoto está fuera de red
Número ocupado	x		C	El DTE llamado está ocupado
Error en el proceso remoto	x	x	C,R	Error en el proceso causado por el DTE remoto
Red operando	x	x	R	Red lista para reanudar, después de una falla temporal o congestión
DTE remoto operando		x	R	DTE remoto listo después de una falla temporal.
DTE originario	x	x	C,R	El DTE remoto ha rehusado la llamada o ha reajustado la petición
Navío no presente	x		C	Navío llamado no presente (usado en servicio móvil marítimo)
Red fuera de orden		x	R	Red temporalmente deshabilitada para manejar tráfico de datos
Registro/cancelación confirmada	x	x	R	Petición de opción confirmada

Tabla 2.7 Señales de mejoramiento de llamadas conmutadas por paquetes (X.96).

• CONMUTACIÓN DE PAQUETES RÁPIDA

La conmutación de paquetes fue desarrollada para operar en un medio caracterizado primariamente, por sus facilidades de transmisión de baja velocidad (64 Kbps) y con tasas de error en bit relativamente altas. En la era actual para las redes digitales integradas, las facilidades de transmisión de velocidad alta (> 1 Mbps) con una muy baja tasa de errores, comienza a incrementarse importantemente. Esta evolución ha conducido al desarrollo del concepto de conmutación de paquetes rápida, la cual se refiere a la explotación de la conmutación de paquetes con una tecnología de alta velocidad. La conmutación de paquetes rápida es una tecnología atractiva para incorporarla como una facilidad de ISDN.

◆ NECESIDADES

La tecnología de conmutación de paquetes fue desarrollada para proveer la facilidad de eficiencia, independiente de la tasa de datos, para la comunicación de datos en áreas amplias. La figura 2.23 ilustra esta área de aplicación. Un sector más amplio de aplicación de la provisión de esta facilidad de área amplia, es que puede soportar la comunicación de voz y datos. Para esta aplicación, las necesidades siguientes pueden ser identificadas:

- a) Disponibilidad.
- b) Integridad del mensaje
- c) Límite en el retardo punto a punto
- d) Conexiones de voz
- e) Utilización de troncales
- f) Independencia en la tasa de datos
- g) conexión-desconexión rápida

Hay dos aspectos para el requerimiento de disponibilidad: Disposición de llamada y mantenimiento de llamada. La primera puede ser expresada como la probabilidad de que la red puede soportar una petición de conexión. Esto simplemente requiere de que la capacidad de la red sea suficientemente grande para manejar la carga pico anticipada. Con el uso de troncales de velocidad alta, el punto clave en el diseño aquí es asegurar que exista la suficiente conectividad en la red y asegurar que los nodos de conmutación de paquetes son suficientemente numerosos y de capacidad apropiada. Una vez que la llamada es establecida, el segundo aspecto de la disponibilidad tiene que ver con el mantenimiento del circuito virtual. Si en un nodo o troncal ocurre una falla después que la llamada es establecida, la red debe ser capaz de conmutar a una ruta alternativa rápidamente para que los usuarios no sean afectados. Para una conexión de datos, esto significa que no haya pérdida de paquetes o sólo la pérdida de unos pocos paquetes. Si hay un retardo largo en la ruta de conmutación, y/o si un número de paquetes largo es perdido, es probable que una etapa superior del software quite la conexión, requiriendo el usuario, el establecimiento de una nueva conexión. En el caso de voz empaquetada la pérdida de paquetes de voz podría ser igualmente pequeña al grado de que no haya una destrucción profunda de la señal de voz.

El requerimiento de integridad del mensaje pone un límite en el número de paquetes que pueden ser perdidos. En el caso de paquetes de datos y un servicio de circuito virtual, se desearía la garantía de que no hay pérdida de datos. Esto necesita, en un mínimo, del control de error punto a punto en la red. Para la voz empaquetada los usuarios de voz pueden tolerar retiros cortos ocasionales en la señal de voz, tan largos como estén, siempre y cuando se hallen en los límites prescritos.

El requerimiento de un límite en el retardo punto a punto depende de la aplicación. En el caso de las conexiones de datos, dependerá de si la conexión es para tráfico de línea o interactiva. Para el tráfico interactivo, hay evidencias de que la productividad es mejorada grandemente, si el tiempo de respuesta es menor a 1 segundo. Ya que parte de este retardo es del software en el servidor y parte es retardo de la red, un retardo propuesto de 0.5 seg. para la red podría ser razonable. Esto implicaría una vía de retardo menor a un cuarto de segundo. Por lo tanto en las conexiones satelitales que involucren una vía de retardo de un cuarto de segundo (en la subida), por lo tanto el mismo tiempo en la bajada, sería cuestionable el tráfico interactivo. En el caso de la conexión de voz hay dos casos. En el primero el retardo de punta a punta podría ser pequeño. Así mismo, esto indicara que la conexión por medio de un satélite podría ser inapropiada. El segundo aspecto es que el retardo puede ser fijo. Por lo que la señal de voz debe salir a una tasa uniforme igualando la tasa a la cual es generada. Esto implica que los paquetes de voz no pueden ser guardados, por lo tanto no puede esperar la retransmisión de un paquete que ha sufrido un error.

La utilización de troncales Es un requerimiento que se mantiene, aún en una red de conmutación de paquetes ordinaria. Con las grandes capacidades de los sistemas de fibra óptica que están instalados y con la red de información, hay algunas cuestiones que reducen la importancia a este requerimiento. Sin embargo, experiencias pasadas indican que la carga de trabajo siempre crece hasta ocupar la capacidad disponible. Consecuentemente su utilización resultará importante y las mejoras en el potencial de eficiencia de la conmutación de paquetes, comparadas con la conmutación de circuitos resultará atractiva con un ambiente de alta capacidad.

La independencia en la tasa de datos podría resultar como una necesidad. Terminales y digitalizadores de voz comprimida para varias tasas de datos podrían continuar para competir en el mercado, y una interoperabilidad completa requiere que la red sea capaz de hacer frente a una variedad de tasa de datos.

Finalmente, la conexión/desconexión rápida puede ser aguardada por los clientes, quienes pagan por el uso de una red de alta velocidad. Si son usados circuitos virtuales internos, los cuales parecen prometedores par un sistema de velocidad alta, entonces las técnicas para el establecimiento de circuitos virtuales deben ser diseñadas para proporcionar la selección rápida de rutas.

♦ CARACTERISTICAS PARA LAS REDES DE CONMUTACION RAPIDA

Analizando las necesidades para las redes de área amplia a alta velocidad, listadas anteriormente; la tecnología de conmutación de paquetes tradicional tiene un cierto número de potenciales. Estos potenciales claves incluyen:

- Independencia en la tasa de datos: por la distribución dinámica de la capacidad de troncal y el uso de almacenamiento; no es necesario que los sistemas fuente y destino, operen con la misma tasa de datos.
- Servicio de tráfico ráfaga: Como se ha discutido, la conmutación de paquetes es más eficiente que la conmutación de circuitos para el tráfico en ráfaga.
- Flexibilidad: La conmutación de paquetes puede manejar dispositivos de varias tasas de datos, puede responder fácilmente a los cambios en la carga y tiene reconfiguración dinámica de ruta.

Sin embargo, la conmutación de paquetes tradicional tiene algunas debilidades en el contexto de redes de alta velocidad:

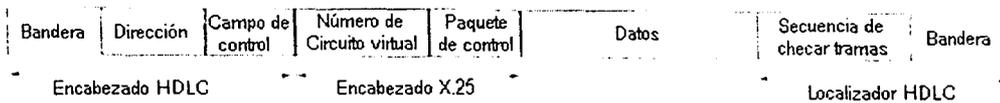
- Largo retardo: Esto es por el procesamiento del paquete y el tiempo de cola en cada nodo y retransmisión de paquetes debido a errores.
- Retardo variable: porque la capacidad no es dedicada a una llamada dada, el tiempo de cola experimentado a través de varios brincos de nodos desde la fuente hasta el destino puede variar de paquete en paquete, aún en el mismo circuito virtual interno.
- Congestión de la comunicación: A pesar del uso del ruteo adaptable sofisticado y los algoritmos de control de congestión, la congestión puede desarrollarse en una red compleja y larga.

Un esfuerzo por retener las ventajas de la conmutación de paquetes mientras que se dominan estos tipos de congestión resulto en investigación hasta llegar a la conmutación de paquetes rápida. Las características clave de este acceso es:

- No hay control de error línea por línea.
- No hay control de flujo línea por línea.
- Control de error punto a punto si es necesario.
- Uso de circuitos virtuales internos.
- Conmutación de hardware.

Los primeros dos puntos tienen que ver con el procesamiento de cada brinco en los nodos, para cada paquete a través de la red. En una red de conmutación de paquetes tradicional, un paquete es pasado de un nodo al siguiente usando un protocolo de control de conexión para datos, tal como el control de enlace de datos de alto nivel (por sus siglas en inglés HDLC), el cual proporciona el control de error y el control de flujo (ver apéndice A). Como cada paquete es transmitido en cada brinco de un nodo hacia el siguiente, el paquete es encapsulado con un encabezado de nivel de conexión y una caravana. La caravana incluye un número de secuencia de revisión de trama (por sus siglas en inglés FCS) usada para la detección de error. Si un error es detectado, entonces la trama es descartada por el receptor y debe ser retransmitida en la conexión. Cada encabezado incluye un número de secuencia, y el nodo receptor puede regular la tasa en la cual las tramas serán recibidas por los nodos adyacentes. Estas técnicas son útiles en un medio ambiente en el cual los errores son razonablemente comunes y en el cual el retardo introducido entre salto y salto por tal proceso es tolerable.

Con la conmutación de paquetes rápida este procesamiento de salto y salto es eliminado. La figura 2.35 da un ejemplo del tipo de formato utilizado en la conmutación de paquetes rápida de transmisiones con salto de nivel, comparado con la combinación del X.25-HDLC. En la conmutación de paquetes tradicional, hay dos niveles de procesamiento en cada nodo, el nivel de paquete y el nivel de conexión de datos. El uso de banderas para delimitación y el uso de un FCS para detección de error es contratado desde un HDLC. Sin embargo, si un error es detectado, el paquete es simplemente descartado, aquí no se intenta proporcionar la transmisión de salto de nivel. El control de flujo y control de error son distribuidos, por lo tanto aquí no es necesario utilizar los números de secuencia. En otro campo requerido (diferente al campo de datos), ese número de circuito virtual es usado para el ruteo.



(a) Acceso HDLC-X.25



(b) Acceso con la conmutación de paquetes rápida

Figura 2.35. Formatos de la Conmutación de Paquetes

La alta calidad y velocidad de las troncales modernas de transmisión digital, tales como las líneas de fibra óptica, eliminan la necesidad de control de error en base a línea por línea. Los servicios que requieren de una transmisión completamente libre de error y que no emplean algún nivel superior de protocolo de recuperación de errores pueden usar una red que proporcione mecanismos de recuperación de errores punto a punto. Por lo que, el control de error punto a punto puede ser incorporado dentro de la red. Pero el uso de esta opción será decidido en base al circuito virtual. Por ejemplo, no podría ser proporcionada para una conexión de voz empaquetada.

Para completar el esquema, la facilidad de conmutación de paquetes rápida necesita que sea pequeño el tiempo consumido en la decisión de ruteo o que no exista, una vez que el circuito virtual externo sea establecido. Para lograr esto, circuitos virtuales externos son utilizados, y los nodos conmutadores de paquetes implantan la función de ruteo en el hardware y en el firmware. Así, la información requerida para planear la decisión de un número de circuito virtual para el siguiente nodo debe ser organizada en algún tipo de formato de tabla sencilla.

◆ APLICACIÓN

Se ha bosquejado la mayor parte de las características e una red de conmutación de paquetes. Para concluir, se describirá brevemente la aplicación para una arquitectura con ambos tipos de comunicación voz y datos.

Comunicación de voz. Las señales de voz pueden ser digitalizadas y transmitidas como un flujo de paquetes pequeños. Los requerimientos claves, de nuevo, son el retardo (que sea corto) y que la tasa de distribución sea constante. La arquitectura que ha sido apenas discutida asegura que el retardo será corto. No obstante, aún con los nodos de conmutación de paquetes muy rápido y las troncales de alta velocidad, hay un retardo de cola en cada nodo, el cual es variable y es acumulativo a través de una ruta de circuito virtual. Varios criterios pueden ser tomados. Primero, los paquetes de voz pueden tener prioridad superior a la de los paquetes de datos. Este podría disminuir el retardo de cola y por lo tanto la variabilidad. Segundo, el control de error punto a punto no es empleado. Si un error es detectado el paquete es descartado. Finalmente recursos correctivos deben ser empleados para asegurar que la tasa de distribución de los paquetes sea constante.

Un procedimiento para tener una tasa de datos casi constante, es ilustrado en la figura 2.36. Cada paquete de voz incluye un campo adicional en el encabezado que es usado para medir la cola acumulada y el procesamiento del retardo en el nodo a lo largo de la ruta. El campo en el paquete i , $D(i)$, es inicializado en cero. Para cada nodo de la ruta, el nodo mide, con un reloj local, el retardo intranodo y agrega este a $D(i)$. C es un tiempo estimado del retardo de transmisión contribuido por todas las troncales a lo largo de la ruta. Ya que la ruta para un circuito virtual dado es fija, esta no variará durante la llamada y puede ser estimada como parte de la topología de la red. Finalmente, en el nodo destino, antes de ser distribuido cada paquete, el paquete es retardado con una cantidad variable $V(i)$ de modo que:

$$D(i) + C + V(i) = T$$

El retardo acumulado observado es incrementado hasta producir un retardo constante total (T), para que el retardo experimentado por los paquetes de voz sea constante. Si un paquete arriba $D(i) + C$ excede a T , entonces este paquete es descartado. Periódicamente, basados en el funcionamiento observado para un circuito virtual dado, T es ajustado. Los objetivos compitiendo son: Para minimizar el retardo punto a punto (hacer T más pequeño) y para minimizar los paquetes descartados (hacer T más grande).

Comunicación de Datos. Con los paquetes de voz, un error detectado resulta en un paquete descartado. En general, el usuario espera un servicio seguro para paquetes de datos y por lo tanto una estrategia de descarte no es aceptable. Según, la estrategia punto a punto son usados ambos tipos de control, error y congestión. En cada circuito virtual los paquetes que llegan son enumerados, y el nodo destino mantiene un almacén que permite retener los paquetes mientras se pide la retransmisión de un paquete dañado.

Los paquetes de datos son de prioridad menos con respecto a los de voz. En adición, varios niveles de prioridad pueden ser usados para los paquetes de datos. Por ejemplo, el tráfico interactivo puede tener una prioridad superior a la de un tráfico masivo (unidireccional).

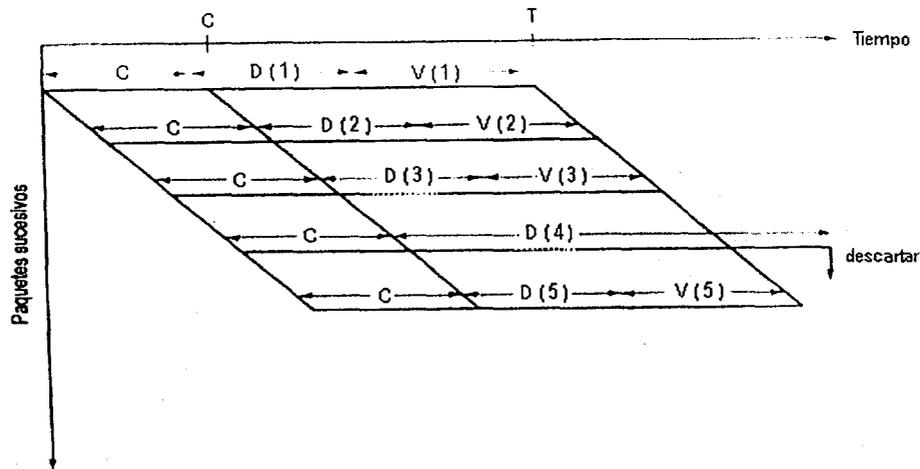


Figura 2.36. Tiempo reensamblaje de los paquetes de voz

II.2 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS EN MÉXICO

DESCRIPCION GENERAL

El ámbito de las telecomunicaciones se transforma y mejora a un ritmo cada vez mayor. Lo anterior es debido a la convergencia de diversos factores tecnológicos, entre los cuales destacan la fusión de la informática con las telecomunicaciones, el uso cada vez más amplio de las computadoras, la creciente importancia del manejo de información en forma rápida y segura, así como las repercusiones económicas hacia el público usuario que requiere la aplicación de nuevas tecnologías.

Conscientes de la importancia de la aplicación de nuevas tecnologías para brindarle un mejor servicio a nuestro país, TELMEX, en 1988 inicia un proyecto con el fin de crear y desarrollar una infraestructura especializada y complementaria a la planta telefónica convencional, que atenderá los sectores más grandes e importantes de la economía del país. La red se concibe al inicio como una infraestructura superpuesta debido al bajo porcentaje de digitalización de la planta pública, se tuvo como plan de transición a una plataforma única para 1994

La red digital integrada (RDI) ha sido desarrollada como un concepto integral de comunicación total, capaz de transportar todo tipo de señales de información mediante enlaces digitales que hacen uso de tecnologías muy avanzadas en lo referente a sistemas de conmutación, transmisión e interconexión digital. Se basa en estándares del Consejo Europeos de Correos y Telégrafos (por sus siglas en inglés CEPT) o Jerarquía Europea, todo esto permite dar al sistema una alta calidad, disponibilidad, confiabilidad y gran capacidad. La aplicación de la RDI está orientada básicamente al servicio de grandes clientes, para los cuales el éxito de su operación depende en gran medida de la calidad y eficiencia de sus comunicaciones, sin embargo una vez que se ha atendido el mercado prioritario de telecomunicaciones se buscará ir incorporando poco a poco las demás capas del mercado.

Por el amplio desarrollo que están mostrando prácticamente todas las áreas económicas y productivas del país, la Red Digital Integrada ha sido planeada para dar servicio a todas las Ciudades de la República Mexicana y estar interconectada con las redes de los operadores de servicios de larga distancia de Estados Unidos.

Para implementar este complejo sistema de telecomunicaciones, se ha instalado una basta red de fibras ópticas, se han puesto en servicio avanzadas centrales con tecnología digital así como sistemas de interconexión digital y estaciones satelitales todo esto con equipos de supervisión que permiten monitorear toda la red en forma remota y en tiempo real.

Entre los servicios que la Red Digital Integrada ofrece a las empresas, se tiene, troncales digitales para conmutadores, enlaces digitales de alta calidad para conducción de señales (voz, datos y vídeo) de tipo local y de larga distancia nacional e internacional, en velocidades de 64 Kbps, N x 64Kbps y 2 Mbps así como servicios de marcación directa entrante (DID) a extensiones de conmutadores. Así mismo, la RDI se ha enriquecido con aplicaciones como la videoconferencia y los servicios de correo de voz y fax, complementado también con la red satelital multiusuario, ver figura 2.37.

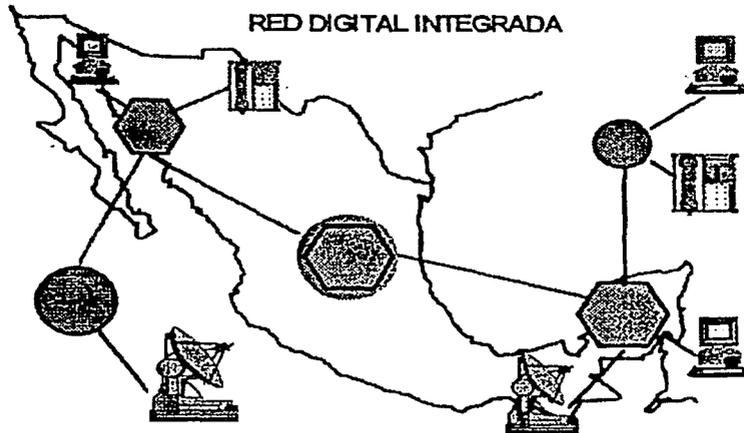


Figura 2.37

CONFIABILIDAD

La red pública requiere de los siguientes puntos para garantizar la confiabilidad:

- Garantizar que los medios y equipos de transmisión cumplan con las normas de calidad y confiabilidad estipuladas por los estándares que satisfagan el requerimiento de los clientes.
- Precisión para completar llamadas dentro de la red por el uso de centrales de conmutación digital enlazadas con medios digitales y con un diseño de ingeniería propio al tráfico telefónico requerido por los grandes clientes.
- Respaldo en línea y configuraciones en anillo para los casos de conexión óptica.
- Respaldo opcional mediante la instalación de radios digitales y fibras ópticas de soporte contando así con rutas alternas.
- Enfatización de las conexiones en anillo a nivel troncal.
- Confiabilidad en sistemas de larga distancia a través de redundancia en rutas ópticas y conservando una red de radios digitales como doble respaldo.
- Control continuo de utilización de facilidades (administración de red) para reforzar de manera inmediata aquellos enlaces que presenten saturación.
- Tiempos mínimos de respuesta en instalaciones, dependiendo de las necesidades del cliente, se establece un compromiso como fecha máxima de entrega a la firma de contrato.

Enlaces que no cuentan con redundancia en medio de transmisión.

Una de las principales premisas de diseño para todos y cada uno de los enlaces instalados en la red de transmisión de la Red Digital Integrada, consiste en que deben de contar con respaldo en el medio de transmisión de acuerdo a la configuración "N+1", esto es, "N" sistema de trabajo por "n" rutas diferentes entre los nodos a enlazar y "1" ruta de respaldo diferente a las "n" rutas de trabajo. Esto es, en caso de presentarse alguna falla en el medio de transmisión de alguno de los sistemas de trabajo, se estará en posibilidad de ofrecer el enrutamiento por la ruta de respaldo sin menoscabo en la calidad y continuidad del servicio.

Sin embargo, y no obstante esta premisa de diseño, los recursos de medio de transmisión son sumamente limitados, ya sea en enlaces con transmisión vía fibra óptica, vía radio digital o vía cables metálicos. Cada tipo de medio de transmisión presenta sus propias limitaciones y particularidades teniéndose por ejemplo: en el caso de fibra óptica y cables metálicos la canalización es la principal limitante, aunado a esto también se tiene el problema de capacidad disponible en cada cable. En el caso de radio digital, el problema tiene otras implicaciones como la distancia y las frecuencias disponibles.

Desde este punto de vista, los enlaces que no cuenten con redundancia en la red de transmisión, deberán tratarse de la siguiente forma:

Para enlaces vía fibra óptica.- en el caso de enlaces troncales, deberán solicitarse fibras ópticas, con la premisa de que tengan una ruta diferente a la de los enlaces actuales. En caso de no existir fibras disponibles se tendrán dos opciones mas, considerar la instalación de uno o más cables de fibra óptica nuevos o migrar el enlace a la velocidad inmediata superior y configurarlo como 1+1, para tener el sistema de redundancia.

En el caso de enlaces de usuario se buscara que los enlaces sin redundancia se integren lo mas rápidamente posible a los anillos ópticos construidos y de esta manera proporcionar la redundancia.

Para enlaces vía radio digital.- En este caso será premisa de diseño utilizar lo menos posible los radios digitales, y en caso de utilizarlos, procurar que funcionen en configuraciones 1+1. Para los radioenlaces actualmente trabajando se procurará en los casos de que sea posible migrarlos a la red de fibra óptica, troncal y de usuario.

Para enlaces vía cables metálicos.- Este es el caso más difícil puesto que la mayoría de las tecnologías no consideran el funcionamiento en configuración 1+1, puesto que resulta en costos excesivos. Por lo cual en estos casos lo más recomendable será intensificar el mantenimiento preventivo de estos cables, contar con una eficaz supervisión centralizada del enlace y proyectar la red de acceso con capacidad excedida de tal suerte que siempre se cuente con cables de respaldo.

Ventajas de RDI

Alta Calidad.

- Utilización de tecnología electrónica digital de punta.
- Transmisión de voz y datos con calidad y un grado de error (por sus siglas en inglés BER) muy bajo ($\leq 10^{-10}$)
- Inmunidad al ruido e interferencias electromagnéticas (para fibra óptica)

- Se garantiza la confidencialidad de la información.

Economía

- El cliente no tiene que invertir en el equipo de transporte ni en su mantenimiento ya que es propiedad de una red pública, con la ventaja adicional para el cliente de no incrementar el impuesto sobre activos.
- Dado que la red es compartida de manera común por varios clientes los costos se devengan de manera balanceada, a diferencia de una red privada.
- El esquema de cobro a base de rentas mensuales hace más accesible su contratación.

Evolución.

- El diseño de RDI permite una evolución natural hacia plataformas tales como, RDSI, Red Inteligente, o conceptos complementarios como redes de datos (X.25, Frame Relay o incluso ATM, Redes Privadas Virtuales, etc.).

RED TERRESTRE

La infraestructura de la red digital integrada terrestre esta constituida por nodos jerárquicos, en los cuales se localiza todo el equipo de comunicación, conmutación y transmisión empleado para el establecimiento de las comunicaciones. Dichos nodos están interconectados entre sí con sistemas de transmisión digital de alta capacidad con una topología malla-estrella, lo cual permite establecer comunicaciones con dos puntos cualesquiera de la red ubicados en la misma ciudad (enlaces urbanos), en dos distintas localidades (enlaces interurbanos), o aún cuando se requiera el acceso a la red telefónica pública conmutada para comunicarse con algún cliente que no este conectado a la red digital integrada, ver figura 2.38.

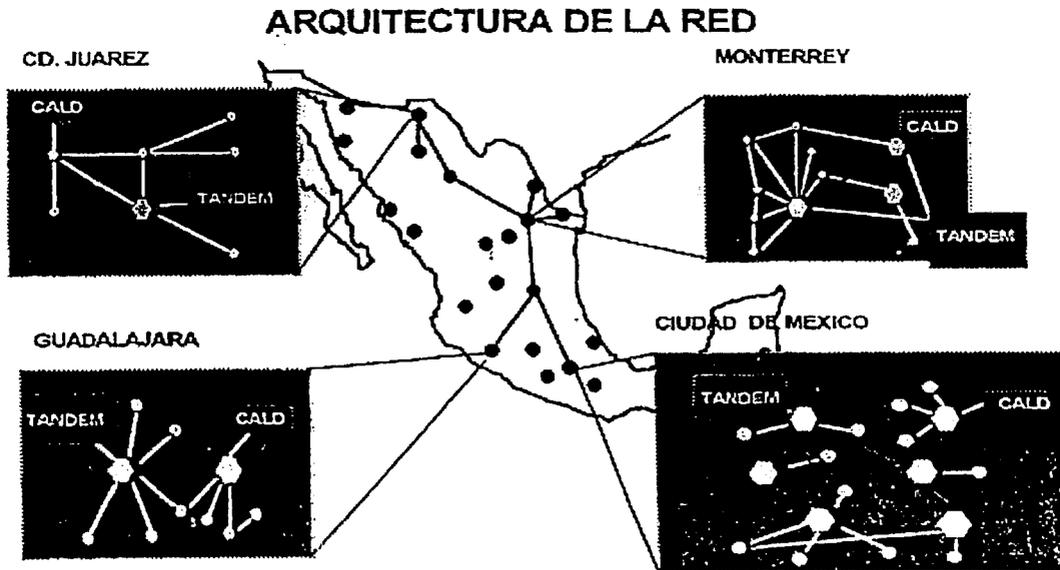


Figura 2.38

Los servicios que se ofrecen a través de la RDI están soportados por dos tipos de infraestructura: nodos TELCOM y TELMIC. Los nodos TELCOM están asociados con la infraestructura de equipos de conmutación completamente digitales y los nodos TELMIC con la infraestructura de los equipos de transmisión digital.

Nodos TELCOM

Estos nodos constituyen los centros de Conmutación Digital ya que en ellos se ubican las centrales de Red Digital Integrada a través de las cuales se proporcionan todos los servicios convencionales de voz, teniéndose así la posibilidad de ofrecer una gama cada vez mayor de aplicaciones en los servicios avanzados de datos, vídeo y servicios de valor agregado.

Para la operación y funcionamiento de los Nodos TELECOM-RDI se usan centrales completamente digitales, en las que el control de sus funciones es mediante:

- Procesamiento Centralizado (Centrales Digitales tipo AXE de ERICSSON)
- Procesamiento Distribuido (Centrales Digitales tipo 1240 de ALCATEL-INTEL)

Cualquier central digital es capaz de ofrecer los servicios de RDI, siempre y cuando cuente con el paquete funcional para tales fines, por otro lado es a través de estas centrales que los clientes tienen acceso a toda la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada)

Red TELMIC

La Red TELMIC está constituida por la infraestructura de transmisión necesaria para el transporte de la información, incluye los sistemas de transmisión digital para clientes y para enlaces troncales.

Con el fin de optimizar y concentrar las conexiones de abonado se han jerarquizado los nodos TELMIC en:

- Nodos TELMIC de primer nivel
- Nodos TELMIC de segundo nivel
- Puntos de concentración POC'S (nodos de tercer nivel)

Nodos TELMIC de Primer Nivel.

Los nodos TELMIC de primer nivel conforman la Red Troncal o principal en la RDI. En estos puntos se concentra y distribuye toda la información desde y hacia los nodos de segundo nivel, enrutándola hacia cualquier otro nodo de interés dentro de la propia red, de tal manera que el intercambio de información se realiza en forma dinámica y eficiente. Por otra parte, el contar con mas de una posibilidad de conexión, permite distribuir el tráfico en varias rutas, reduciendo de esta manera en forma sustancial la posibilidad de saturación en los enlaces ya establecidos, logrando con ello una mayor confiabilidad en los mismos.

Nodos TELMIC de Segundo Nivel.

La infraestructura de nodos TELMIC de segundo nivel contienen todo el equipo de transmisión necesario para la interconexión de los grandes clientes a la red digital integrada. Estos nodos manejan los diferentes flujos de información desde y hacia las localidades de clientes, concentrándolos en un sistema de alta capacidad y enrutándolos hacia un nodo de primer nivel.

A cada nodo TELMIC de segundo nivel se le asocia una cobertura geográfica determinada en forma tal que la distancia entre el domicilio del cliente y el punto de conexión a la red no sea considerable y resulte rentable efectuar la conexión (concepto de centro de abonado). En la actualidad, para optimizar la infraestructura de la red ya instalada existe conexión entre los nodos de segundo nivel con la finalidad de tener rutas alternativas.

Puntos de concentración POC's (Puntos de uso común).

En estos puntos se lleva a cabo la conexión de varios clientes localizados muy cerca el uno del otro y que debido a la cantidad de servicios requeridos y al área tan pequeña en que se encuentran localizados, resulta técnica y económicamente ventajoso el concentrarlos en un solo lugar y tratarlos como un solo punto de conexión a la red. Los puntos de concentración POC's pueden ubicarse físicamente en una central de TELMEX o incluso, cuando resulte más conveniente, podrán estar localizados en el domicilio del cliente (edificios corporativos). En estos casos la conexión se realiza directamente a través de los nodos de segundo nivel. (Ver fig. 2.39).

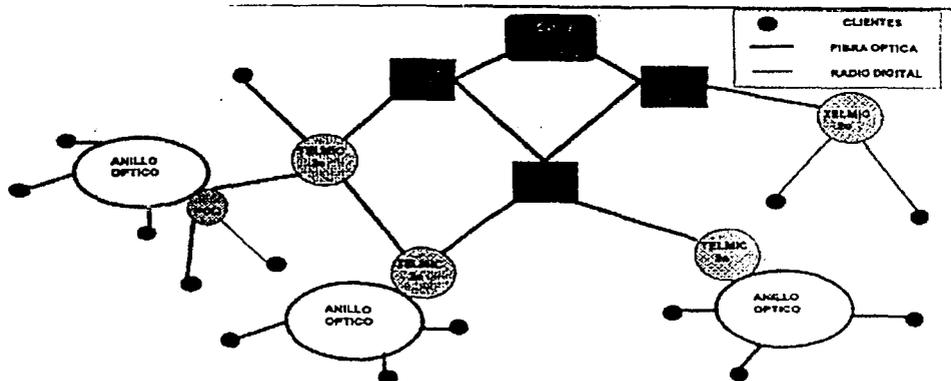


Figura 2.39

Conexión de sitios de clientes.

Una de las características principales de la red terrestre es que para la conexión de clientes se emplean sistemas ópticos y radio enlaces digitales con capacidades que van desde los 2 Mbps hasta los 140 Mbps. Al igual que para la red principal, todos estos enlaces aseguran un alto grado de confiabilidad ya que cuentan con sistemas de respaldo 1+1 y configuración en anillo, lo que permite la restauración inmediata para los casos de falla de equipo terminal o ruptura de cable óptico.

Para la conexión de conmutadores se utilizan enlaces de 2.048 Mbps directamente entre el conmutador y la central telefónica y de la misma manera, para el caso de líneas y circuitos privados la conexión a la RDI se lleva a cabo desde el domicilio del cliente con enlaces digitales de 2.048 Mbps. (Ver fig. 2.40).

EQUIPAMIENTO EN SITIOS DE CLIENTES

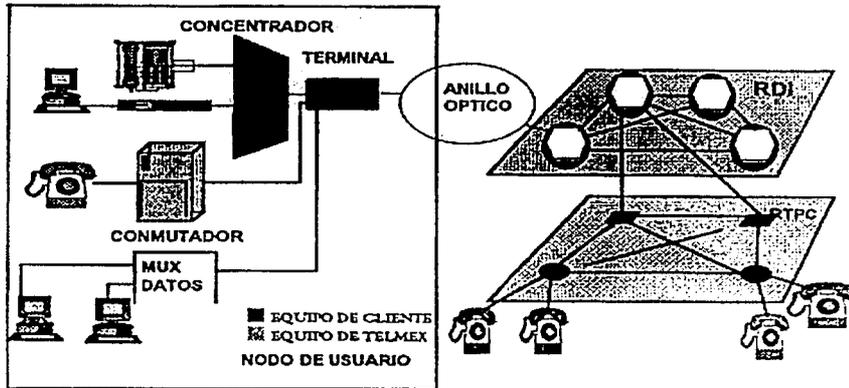


Figura 2.40

En el caso de conexión de edificios corporativos se utilizan equipamientos de 140 Mbps y 34 Mbps y se pueden ofrecer servicios unitarios al cliente que así lo requiera, teniéndose una gran optimización y control de los recursos y servicios. Para estos casos se recomienda la utilización del concepto ROF (Redes ópticas flexibles) con el objeto de aprovechar al máximo la infraestructura óptica requerida (ver fig., 2.41) y tener un punto de supervisión centralizada.

DIGITALIZACION DEL EDIFICIO CORPORATIVO

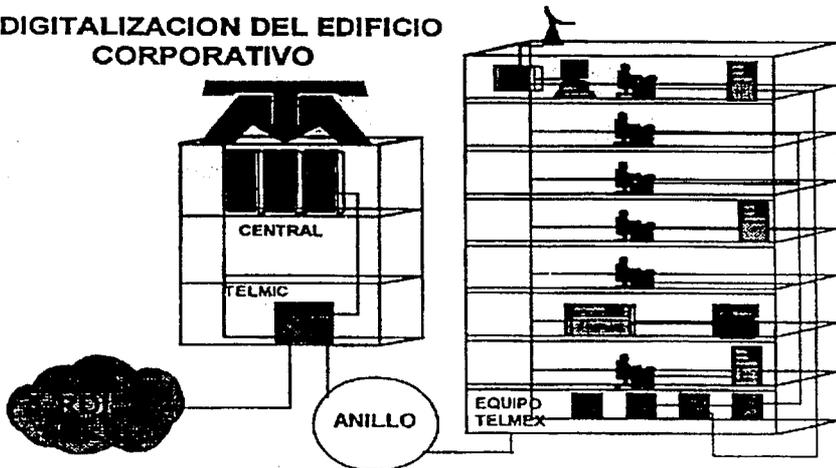


Figura 2.41

Infraestructura de Transmisión Local.

La infraestructura que soporta en la actualidad la interconexión entre nodos TELCOM y TELMIC en cada una de las localidades esta constituida por sistemas digitales de transmisión de alta capacidad basados en sistemas ópticos y radios digitales. Los enlaces de red troncal a través de fibra óptica entre nodos de primer y segundo nivel tienen en la actualidad velocidades de transmisión del orden de 140, 565 y 622 Mbps punto a punto, para radios digitales los enlaces son del orden de 34 y 140 Mbps en frecuencias de 11, 15 y 18 GHz.

Para los enlaces de clientes se consideran en la actualidad velocidades de transmisión del orden de 2,8,34 y 140 Mbps. Actualmente la RDI ha instalado a la gran mayoría de sus clientes con sistemas ópticos, sin embargo en los casos que no existe canalización disponible se han utilizado radio enlaces digitales con la posibilidad de sustituirlos una vez que se cuente con las canalizaciones necesarias.

Por otra parte y con el fin de alcanzar un mayor grado de confiabilidad en la red, se han introducido los sistemas de interconexión digital (por sus siglas en inglés DCS), en una buena parte de la red teniendo de esta manera posibilidades de supervisar y reconfigurar en caso necesario los enlaces de 64 Kbps ya establecidos desde un punto central a través de software especializado. (Ver fig. 2.42).

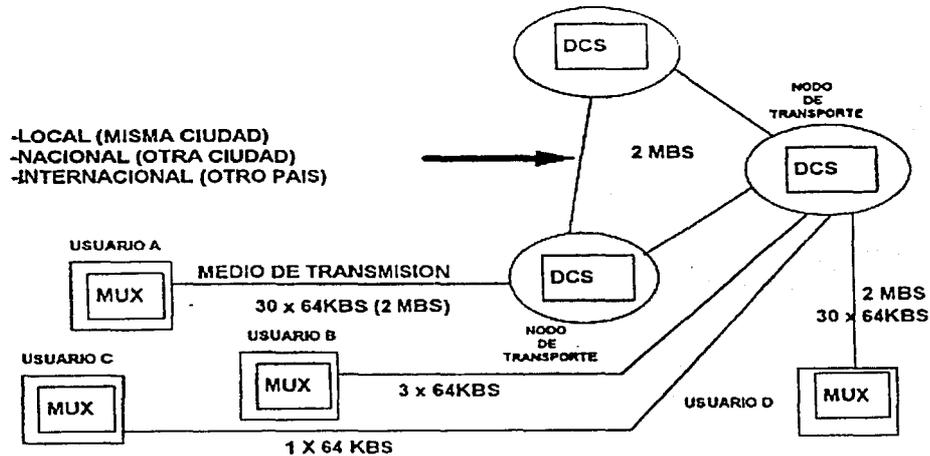


Figura 2.42

Centros de Operación y Mantenimiento.

Con el fin de garantizar una buena administración y supervisión de la red, que permita cumplir con la premisa de confiabilidad con que ha sido desarrollada, se han instalado centros de operación y mantenimiento en forma regionalizada cubriendo la totalidad de las ciudades que cuenten con la infraestructura de red digital integrada. En cada centro se concentran todas las alarmas generadas en los equipos de conmutación y de transmisión, desplegándose en una forma clara que nos permita identificar rápidamente el tipo, la urgencia y la localización de la alarma detectada.

En este mismo centro de operación se ha instalado el sistema de monitoreo y reconfiguración de los enlaces privados(I-2000). Dicho sistema se encarga de supervisar constantemente el grado de ocupación de cada enlace y reconfigurarlo en caso de saturación o de falla. Se puede asignar prioridad a los canales y de forma semiautomática el sistema crea rutas alternas para estos en caso de que se presente algún desperfecto, de tal suerte que se indicará en el centro de operación y mantenimiento el tipo de falla que se presento y donde se presento, así como la nueva reconfiguración de los enlaces. Se cuenta con equipo de medición descentralizado para pruebas de soporte a los centros de control sobre sistemas ópticos y radio enlaces.

Se puede resumir al centro de operación y mantenimiento como un sistema informático que se sitúa entre el personal de explotación y los elementos de la red digital integrada, con el fin de mejorar los objetivos de calidad y tiempos de respuesta a fallas y optimizar la capacidad de la red, así como el de optimizar las facilidades y costos de su explotación, mediante una administración efectiva.

Por último este tipo de infraestructura necesariamente servirá como plataforma para la conformación de los centros de administración de red CAR que en lo futuro serán los encargados de la supervisión y administración de todos los elementos de la red de TELMEX.

Infraestructura de Transmisión de larga distancia.

Para interconectar las ciudades que cuentan con la infraestructura de red digital integrada y cumpliendo con la premisa de crear una red completamente digital para proporcionar servicios avanzados de telecomunicaciones, en la actualidad se hace uso de las facilidades proporcionadas por la infraestructura de la red digital de larga distancia, basada principalmente en enlaces de fibras ópticas y algunas cuantas ciudades con enlaces de microondas.

Red Satelital Proyecto Técnico.

Como se mencionó en un principio y debido al auge que han tenido los servicios de telecomunicaciones en los años recientes, TELMEX ha desarrollado una red satelital multiusuarios para proporcionar servicios de voz, datos y vídeo en poblaciones donde no se cuente con infraestructura digital terrestre.

La red satelital tiene tres aplicaciones principales:

- A) Estaciones terrenas remotas de baja capacidad (VSAT's) para servicios de voz, datos y videoconferencia. Estas estaciones se instalan en el domicilio del cliente y pueden conducir hasta seis canales de datos de 9.6 Kbps, 3 de 19.2 Kbps o bien el equivalente a 3 canales de voz y 3 de datos. Se pueden hacer las combinaciones de canales que se requieran sin rebasar la capacidad máxima por estación, tal como lo indica la fig. 2.43.

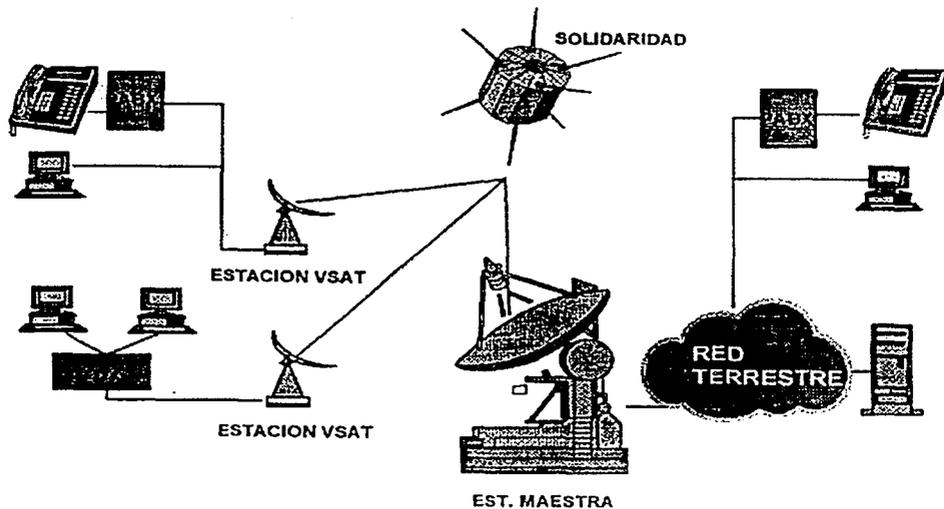


Figura 2.43

B) Estaciones terrenas semi-maestras para alta densidad de tráfico y aplicaciones de telefonía de calidad en centros turísticos e industriales. En este tipo de estaciones se concentra una alta densidad de tráfico telefónico particularmente de tipo internacional en zonas turísticas y hoteleras o en parques industriales. Cada estación puede transportar hasta 8 Mbps, principalmente para canales de voz (ver fig. 2.44) sin embargo también tienen capacidad para transmitir señales de videoconferencia.

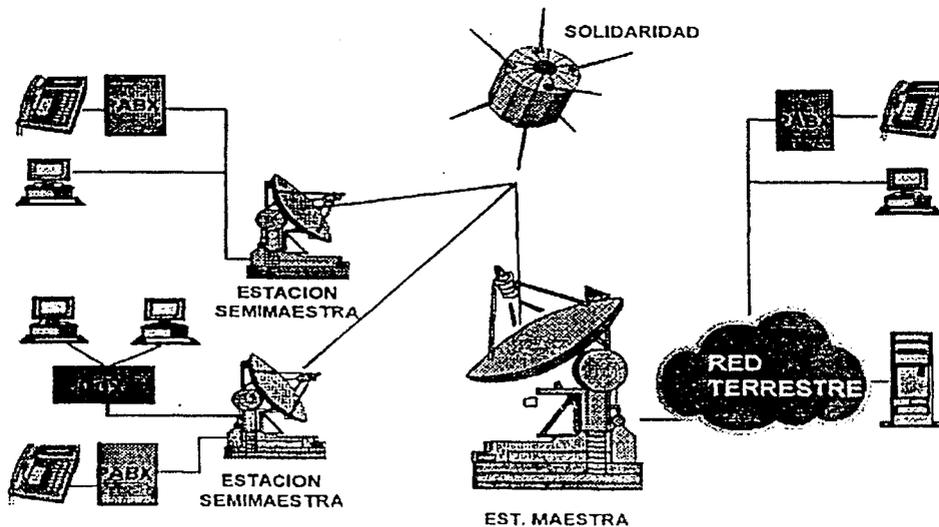


Figura 2.44

C) Estaciones terrenas maestras. Este tipo de estación se conecta directamente con la red terrestre y su función principal consiste en:

- Controlar, monitorear, supervisar y sincronizar la operación de la red satelital multiusuario.
- Transmitir, recibir y enrutar la información proveniente de las estaciones semi-maestras y remotas.
- Manejar protocolos múltiples en sus diferentes puertos.
- Configurar la red satelital de manera automática.
- Monitorear las alarmas y el estado de las estaciones semi-maestras y remotas, reconfiguración de las mismas y llevar las estadísticas de tráfico.
- Emitir señales de alarma y estado operacional de la estación.
- Controlar la comunicación entre estaciones semi-maestras y remotas.

Operación de la Red Satelital Multiusuario.

La forma de proporcionar los servicios a través de la red, consiste en enlazar la localidad central del cliente donde normalmente se encuentra la computadora principal o el PABX, a la estación maestra a través de la red digital terrestre utilizando canales de 64 Kbps y multiplexores TDM.

La estación terrena maestra cuenta con 3 diferentes técnicas de acceso al satélite:

- TDM/TDMA (time division Multiplexing/time division multiple access) para voz y datos, compartiendo las frecuencias portadoras entre los diferentes canales.
- SCPC (Single Chanel per Carrier) principalmente para datos utilizando una frecuencia portadora permanentemente por cada canal.
- SCPC/DAMA (Single Chanel per Carrier-demand assigment multiple access) para servicios de voz utilizando las frecuencias portadoras de manera muy eficiente bajo el concepto de demanda.

Estas técnicas se utilizan dependiendo de los servicios que el cliente contrate. La información recibida en la estación maestra es transmitida al satélite Solidaridad en la banda Ku (14/12 GHz.) y retransmitida a nivel nacional, para que de esta manera la información sea recibida en una estación remota (VSAT) ubicada en las instalaciones del cliente. La estación remota proporciona la interfase requerida para que el cliente pueda conectar su equipo terminal de voz y datos, completándose de este modo el proceso de comunicación.

CONMUTACION

Por lo que corresponde a los servicios conmutados RDI, estos son proporcionados por centrales digitales, las cuales pueden llevar a cabo el control de sus funciones de una forma centralizada o de una forma distribuida. A través de estas centrales se ofrecen a los usuarios servicios conmutados RDI, entre los que podemos indicar básicamente dos tipos:

- ✓ Conexión a un conmutador digital (DID y Números de grupo)
- ✓ Conexión a unidades remotas de abonados (Líneas de alta calidad, servicios de valor agregado, centrex básico y planes de numeración privados).

PROTOCOLO DE RECEPCIÓN

Por lo que corresponde a la recepción de centrales que ofrecen servicios RDI, estas se consideran de las mismas características que cualquier central digital a excepción de las facilidades adicionales de software por lo cual, los protocolos de recepción son actualmente utilizados por las áreas de ingeniería.

PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.

Con respecto a la operación de las centrales digitales que ofrecen servicios RDI, es importante recalcar que debido al tipo de cliente así como el tipo de servicio proporcionado, se requieren procedimientos operativos para la atención de las facilidades conmutadas de este tipo de clientes de acuerdo a sus necesidades e importancia.

Este procedimiento operativo describe básicamente la serie de actividades desarrolladas a partir de la contratación o ampliación de un nuevo servicio RDI por parte de un cliente y siendo el área comercial la encargada del inicio del procedimiento y culmina con la entrega de las facilidades RDI (ver fig. 2.45).

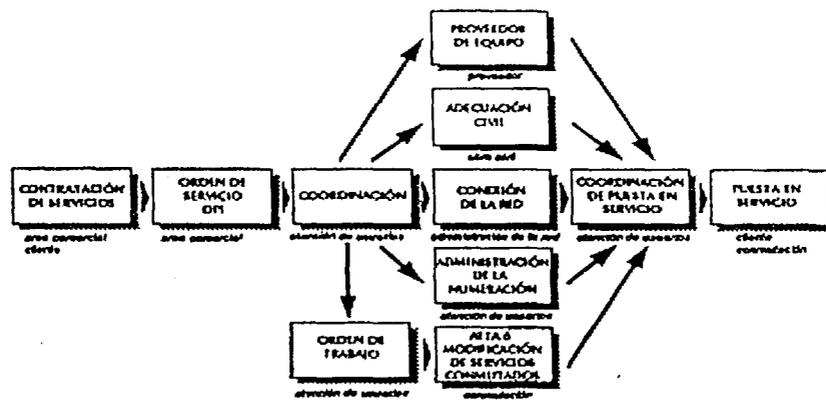


Figura 2.45

II.2.1 DIFERENCIA ENTRE RED DIGITAL INTEGRADA Y RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

La idea que hay tras de RDSI es llevar una señal digital entre ambas terminales de los usuarios que se comunican. Este sistema es muy similar a una red telefónica, pero la gran diferencia es que la comunicación no es en ningún momento analógica, es decir, se evita el uso de los módem que convierten la información en sonidos, ya que esta es la parte ineficiente de la comunicación vía módem. Así se puede lograr que ambos usuarios comunicados posean conexiones que les permitan transmitir digitalmente su información de extremo a extremo, es decir se puede transportar cualquier tipo de información digitalizable como archivos de computación, señales de audio y vídeo, adicionalmente se le puede usar también para entablar conversaciones telefónicas con el sistema telefónico normal (POTS-plain old telephone system). En resumen, permite la transmisión de datos

digitales en todo momento a velocidades más rápidas, logrando así una gran mejora en las comunicaciones.

Los objetivos principales de la RDSI son cinco:

- 1) Ofrecer una red digital uniforme a escala mundial que proporcione una amplia gama de servicios y que emplee normas estandarizadas en el mundo entero.
- 2) Ofrecer un conjunto uniforme de normas para la transmisión digital de una red a otra y a través de cada red.
- 3) Proporcionar una interfase de usuario estándar para la conexión a la RDSI, con el fin de que los cambios internos de la red no afecten al usuario final.
- 4) En combinación con el tercer objetivo, proporciona independencia con respecto a la aplicación del usuario final: para la red RDSI no tiene relevancia las características de la misma.
- 5) En relación directa con los objetivos 3 y 4, ofrecer portabilidad a las aplicaciones y terminal de usuario.

II.2.2) APLICACIONES

La promesa real de RDSI está en reemplazar las conexiones análogas del pasado con conexiones digitales. Las ramificaciones para los usuarios finales son muchas:

- Fin del uso de los convertidores digital a analógico: Los módem convierten las señales digitales de las Computadoras personales (por sus siglas en inglés PC's), Redes de área Local (por sus siglas en inglés LAN's) y otros dispositivos a señales analógicas, las que pueden ser transmitidas sobre redes análogas. Con RDSI, fluyen puntos de alta velocidad directamente desde un dispositivo digital a otro a través de una red totalmente digital.
- Se pueden establecer muchas conexiones digitales. Ya no es necesario invertir en costosas líneas digitales dedicadas para enlazar un dispositivo de datos de alta velocidad a la red. El factor de decisión, será ahora cuan rápida deba ser la línea y cuan frecuentemente será usada.
- Se abre la posibilidad para una conectividad más amplia; ahora es posible enlazar puntos individuales, redes y sistemas que no eran económicamente prácticos de enlazar antes.

RDSI abre la posibilidad para un gran número de nuevas aplicaciones debido a su alta velocidad de transmisión: videoconferencia de bajo costo, teleradiología y cuidado médico remoto, tele-enseñanza, transferencia remota de sonido, labores colaborativas en Diseño Asistido por Computadora/Manufactura Asistida por Computadora (por sus siglas en inglés CAD/CAM), conectividad LAN a LAN, publicidad interactiva, acceso de alta velocidad a archivos remotos, bases de datos y muchos más.

Aunque algunas de estas aplicaciones son posibles hoy sin RDSI, muy pocas son prácticas debido a los altos costos o lentas velocidades de transmisión.

Conectividad en grupos de trabajo

Hoy en día, tanto las grandes organizaciones como las pequeñas están eligiendo RDSI para conectar gente, oficinas y locaciones a través de sistemas de comunicación efectivos y fáciles de usar.

RDSI, con sus conexiones digitales destino a destino, ofrece un gran paso adelante en incremento de velocidad: hasta 112 Kbps usando compresión; pero esto es sólo el comienzo, ya que debido a la proliferación de cables que transportan televisión de alta definición, la velocidad de transmisión en conexiones digitales aumentará aún más.

Teleconmutación

La idea detrás del uso de RDSI en teleconmutación es transportar la funcionalidad que se tiene en la oficina a un lugar remoto a través de una conexión BRI (Interfase de Velocidad Básica) RDSI. Esta funcionalidad incluye:

- Acceso de alta velocidad a la LAN del usuario y a sus servidores de archivos.
- Acceso completo a las casillas electrónicas y la habilidad para enviar, recibir, y almacenar tanto voz como mensajes escritos.
- Interconexiones razonablemente rápidas a LAN's de otras compañías u otros hosts, sistemas remotos y otras redes tales como Internet.
- Reuniones a través de teleconferencia, o imágenes de color real de los colaboradores usando alguna de la amplia variedad de tecnologías de vídeo disponible o emergentes hoy en día.

Nótese que muchos empleados trabajando en sus domicilios pueden compartir los mismos canales RDSI instalados hacia un host, lo que permite mantener los costos a niveles razonables. (La oficina en su casa).

El acceso eficiente a las LAN o hosts puede ser importante también para personas que están de viaje, enfermas en casa, o pasando el día en una locación diferente a la habitual.

Enlaces LAN a LAN

Una de las aplicaciones de RDSI más ampliamente utilizadas es para enlazar una LAN con otras LAN's y con el resto del mundo.

La información en muchas redes de área local viaja a través de conexiones dedicadas de fibra óptica o cable coaxial a velocidades entre los 10 y 30 Mbps. Esto significa, en contra de lo que se cree comúnmente, que RDSI no fue diseñada para reemplazar esas redes, o servir de puente en grandes redes locales o redes de área amplia.

Sin embargo, es ideal ya que permite enlazar temporalmente y a bajo costo a una LAN con otras LAN's, con hosts remotos, o con usuarios individuales que no están en una LAN.

Es posible obtener hoy en día altas velocidades de interconexión entre LAN's a través de la multiplexación de múltiples canales B en conexiones con un alto ancho de banda.

Muchas de las transferencias de grandes archivos se efectúan hoy en día a través de conexiones digitales dedicadas o mediante el transporte físico a través de mensajeros de medios magnéticos removibles.

La flexibilidad de las conexiones PRI (Interfase de Velocidad Primaria) RDSI expande las opciones de los administradores de sistema. Esto permite que los mismos canales B usados durante el día para conexiones individuales, se combinen en enlaces de alta velocidad para la transferencia de archivos a y desde múltiples puntos.

Existen industrias que ofrecen servicios con igual precio a través de una amplia región geográfica. Actualmente estas empresas utilizan discos o cintas enviadas a través de mensajeros o servicios de correo nocturno para enviar actualizaciones semanales de precios a los cientos de tiendas que sirven; es notorio que el envío de estas actualizaciones es lento, por lo que no resulta práctico enviar estas actualizaciones frecuentemente. Con la velocidad y flexibilidad de RDSI se ha comenzado a solucionar este problema a través del uso de llamadas programadas, canales de tamaño flexible, Carga de software desde un punto central hacia uno remoto (downloads) de alta velocidad.

RDSI puede ser utilizada para labores de telemetría y seguridad. En el aspecto de seguridad B y D se pueden utilizar para enviar señales de cámaras de TV remotas, además de monitorear bloqueos, alarmas, sensores de sonido, sensores de movimiento o sensores de calor.

- Aplicaciones en el área de la salud

Teleradiología.- El rango de imágenes usado en medicina incluye tomografía computarizada, ultrasonido, medicina nuclear, imágenes de resonancia magnética, y los tradicionales rayos X. Todos los tipos, excepto los rayos X, generan archivos digitales que normalmente son vistos en la pantalla de una computadora. En muchas aplicaciones especializadas, las imágenes de rayos X son digitalizadas en archivos (utilizables en computadoras), los cuales resultan de tamaños muy grandes.

Es útil poder transmitir estos archivos, ya que así pueden ser enviados a radiólogos especializados para su análisis y diagnóstico, o a expertos para consultas. Con un módem el envío resulta tedioso y poco práctico, mientras que con RDSI es rápido y factible.

Con RDSI, se puede ahorrar tiempo cuando éste es crítico: ya no se necesita que un radiólogo experto concorra al hospital a altas horas de la madrugada para analizar los rayos X de un accidentado: con RDSI se puede enviar la imagen a la casa de él, permitiendo que este comience ahí su análisis y diagnóstico.

Además es posible mantener librerías de radiografías para cuando sea necesario efectuar consultas posteriores.

- Sistemas de datos de pacientes

Con RDSI, se puede proveer a los doctores con un acceso completo a información de exámenes anteriores de sus pacientes:

- Notas del doctor hechas durante una visita anterior del paciente, incluyendo diagnóstico y prescripciones.
- Resultados de exámenes de orina o sangre hechos anteriormente al paciente.

- Registros del paciente, cirugías, medicinas prescritas y administradas, así como también imágenes de rayos X y otras imágenes generadas durante la estadía del paciente en el hospital.
- Imágenes radiológicas generadas en laboratorios especializados

Con esta información los doctores pueden generar mejores y más rápidos diagnósticos, lo que redundará en una mejor atención a los pacientes.

- Videoconferencias médicas

El enlace entre doctores y pacientes a través de vídeo está aún en sus comienzos. Actualmente se utilizan enlaces de vídeo combinados con otros tipos de telemetría para permitir "visitas" más frecuentes a dar facilidades para cuidados finales. Aunque estas sesiones carecen de contacto personal, se pueden hacer con más frecuencia debido a la accesibilidad que se logra.

- Acceso a información en línea

Con el alto incremento de velocidad otorgado por RDSI, los servicios en línea han comenzado a incorporar un amplio rango de fotos, dibujos, ilustraciones gráficas y diagramas, pocos de los cuales serían prácticos de transmitir vía enlaces usando módems convencionales.

- Acceso a Internet

Uno de los usos más comunes de RDSI, especialmente para usuarios pequeños, será para acceso de alta velocidad a Internet. Actualmente, muchas organizaciones académicas y corporaciones tienen servidores conectados a Internet enlazados a la red a través de líneas de alta velocidad arrendadas. Al mismo tiempo, varios servidores Internet públicos están comenzando a ofrecer acceso completo a la red a través de conexiones de RDSI a pequeñas firmas o personas individuales.

- Autorización de tarjetas de crédito

La necesidad de acceso rápido a datos, no se limita sólo a bases de datos o servicios de consulta. El proceso de autorización de tarjetas de crédito consume tiempos significativos en los procesos mercantiles. Quienes autorizan las tarjetas deben ingresar a una computadora, esperar una conexión, escanear la tarjeta usando un lector, esperar una aprobación y finalmente desconectarse.

Las conexiones RDSI pueden acortar el proceso considerablemente. Las pruebas en progreso emplean canales D para accesos de alta velocidad a los datos de las tarjetas de crédito. En estas pruebas, los tiempos de respuesta se han reducido de 12 a 40 segundos con las conexiones convencionales, de 4 a 7 segundos con RDSI.

Con esto, las conversaciones telefónicas de voz pueden funcionar sin interrupción, mientras los procesos de autorización de tarjetas de crédito ocurren en segundo plano.

- Acceso a información e imágenes

En muchas aplicaciones donde se usan actualmente los CD-ROM los sistemas RDSI han comenzado a ofrecer un acceso más rápido y conveniente, información más actualizada y disminuciones significativas de costos.

Alguna de la información que se puede hacer disponible con RDSI incluye rayos X, imágenes de escaner, fotografías e ilustraciones con color verdadero, enciclopedias, trabajos profesionales de referencia, catálogos, manuales de servicio y reparación, imágenes de televisión y filmes, librerías de música, simulaciones de realidad virtual, juegos y otros archivos con gráfica intensa.

Especialmente cuando la información se actualiza, revisa o agrega con regularidad, la velocidad de RDSI la hace particularmente valiosa.

En el ámbito de los manuales electrónicos, el uso de RDSI hace que las empresas que manufacturan se ahorren los costos de impresión, almacenamiento y mantenimiento de computadoras, aeroplanos, automóviles, equipos médicos y electrónicos en general están siendo publicados usando RDSI.

En Francia, en el rubro de las agencias de fotos, éstas han comenzado a ofrecer a sus clientes (diarios, revistas y estaciones de televisión) el uso de conexiones RDSI para obtener electrónicamente las imágenes que necesitan.

- Sistemas de teleconferencia

En las grandes organizaciones se gasta mucho tiempo al día en reuniones. Las reuniones son el medio principal mediante el que las compañías planean, resuelven problemas y toman decisiones. Sin embargo, éstas reuniones son difíciles de planear y si son en otras ciudades son además costosas.

Es por esto, que muchas organizaciones han comenzado a reconocer que las reuniones electrónicas planeadas cuidadosamente no sólo pueden ahorrar dinero, sino que son mucho más fáciles de realizar. También se ha observado que éstas reuniones pueden ser más productivas:

- a) Cada participante puede estar mejor preparado para tomar o aconsejar decisiones, ya que tiene acceso completo a la información, documentos y otros datos que usa a diario.
- b) Las reuniones electrónicas también ayudan a organizar mejor agenda de trabajo de los participantes, reduciendo las distracciones antes de ellas.

- Videoconferencia tradicional

El uso de la videoconferencia tradicional, con movimiento completo y a todo color está ampliándose con la baja del costo de los equipos y la disponibilidad de las conexiones RDSI.

- Videoconferencia con RDSI

En éstas reuniones, los grupos en dos o más lugares son fotografiados por operadores de cámaras, transmitiéndose las señales de TV a través de conexiones digitales, usualmente de 384 Kbps y más, y mostrándose éstas imágenes a cada de las locaciones donde se desarrollan las reuniones.

Tradicionalmente se requerían líneas configuradas especialmente para este propósito o arrendar líneas por segmentos diarios o semanales. Con RDSI es posible simplemente configurar un grupo de canal B a través de un PRI, o para una compañía más pequeña, combinar varias conexiones BRI. Cuando termine la reunión, las líneas pueden ser liberadas para otros usos.

- Video-teléfono y video-correo

Una variedad de fabricantes de E.U., Europa y el lejano oriente han demostrado video-telefonos que incluyen capacidades propias de equipos de voz, vídeo, fax y computadoras,

Hoy en día, la videoconferencia se puede efectuar a través de una PC. En unos pocos años, se podrá contar con un video-teléfono que incorpore muchas de las funciones de una computadora, de tal manera que no sólo podremos ver a la persona con la que se habla, sino que se podrá compartir documentos, fotografías, mapas, hojas de cálculo y cualquier otro tipo de archivo almacenado en computadora.

En adición a lo anterior, el video-correo, servirá para abrir un nuevo canal para comunicar a las personas.

- Sistemas de Vídeo de Mediano Tamaño

Los sistemas de vídeo portátil están diseñados básicamente para reuniones pequeñas. Ofrecen una buena claridad de imagen y potencialmente imágenes de color verdadero con movimiento completo

Es posible manejar un vídeo de buena calidad a través de una sola conexión BRI de 112 Kbps de capacidad; muchas reuniones de pequeño tamaño han comenzado a tomar ventaja de este tipo de conexión.

- Sistemas de Vídeo de Escritorio

Estos sistemas permiten a los usuarios ver y hablar a otros usuarios mientras trabajan juntos en documentos y archivos. Los sistemas de vídeo de escritorio son una de las aplicaciones de RDSI en más rápida expansión. Incluyendo usos en teleconmutación, reuniones pequeñas, ventas y muchas otras actividades potenciales.

- Audioconferencias

Con RDSI se pueden realizar audioconferencias en las que en lugar de transmitir el sonido a través de líneas analógicas, se pueden capturar la conversación usando micrófonos de alta calidad y enviar la señal a cualquier lugar del mundo con la calidad del sonido digital, libre de estática, ruido u otras distorsiones.

- Grupos de Trabajo Virtuales

En una gran cantidad de lugares, las conexiones RDSI están comenzando a interconectar gente de diversas disciplinas, ubicadas en diferentes regiones en grupos de trabajo virtuales, ya sea temporal o permanentemente. Usando líneas BRI los componentes del grupo se pueden comunicar, compartir documentos, archivos y mensajes; pueden conectarse a su red LAN o a otras redes, comunicarse en reuniones a través de vídeo y en general, interactuar con los demás como si compartieran una oficina. Estas facilidades se pueden usar, por ejemplo, para comunicar a ingenieros y científicos en reuniones para el diseño de sistemas y aplicaciones CAD/CAM.

- Aprendizaje a Distancia

Un amplio rango de instituciones están comenzando a usar RDSI como base para transmisiones que integran voz, vídeo y datos y que permiten que profesores expertos enseñen frente a frente a estudiantes en salas de clase remotas.

En una configuración más elaborada, pantallas de TV en la sala de clases muestra al profesor y al material visual que use, mientras que una cámara en la clase permite al profesor ver e interactuar con los estudiantes.

Una configuración simple incluye un equipo de videoconferencia de escritorio entre un profesor y los estudiantes, una pantalla de enlace para compartir material visual y una pantalla controlada remotamente por una computadora para visualizar documentos, imágenes, o cualquier otro tipo de información.

Estos sistemas pueden ser útiles para programas de capacitación en corporaciones y para permitir "llevar" expertos de una determinada área de la ciencia para que enseñen en ciudades lejanas o rurales donde no hay expertos en la materia.

II.2.3) INFRAESTRUCTURA

Interfases estándar para RDSI.

En la siguiente imagen (figura 2.46) se pueden apreciar las interfases estándar entre el usuario final y la RDSI.

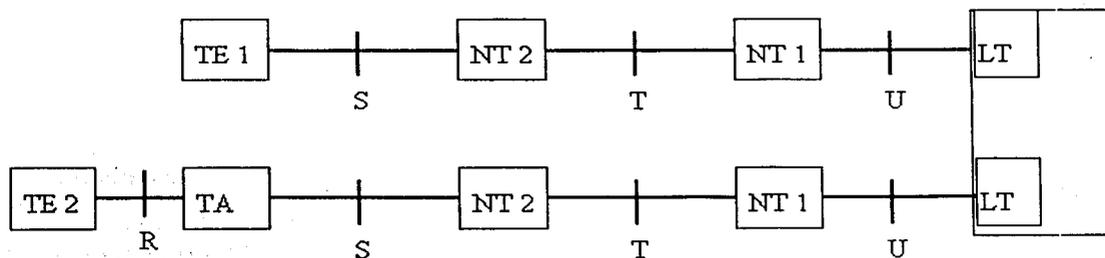


Figura 2.46. Interfases estándares.

El estándar para RDSI ofrece un reducido conjunto de interfases compatibles que intenta soportar de forma económica una amplia variedad de aplicaciones de usuario. Esto implica que se tenga mas de un tipo de interfase.

Equipo terminal (TE): corresponde a cualquier pieza de equipo de comunicaciones que cumplen con los estándares de RDSI. Algunos ejemplos son teléfonos digitales, equipos terminales de datos de RDSI, máquinas de fax del grupo IV y computadoras con RDSI utilizando tarjetas de red.

Las principales funciones de los equipos TE son:

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

Equipo adaptador de terminal (TA): Es un equipo de conversión de interfase que permite que los equipos no RDSI se comuniquen utilizando la red RDSI, equipos como el BRI 2001 de RACAL que provee uno o dos puertos de datos en RS232 ó V.35 y el equipo DAP 6300 que provee dos puertos de voz y un puerto de datos en RS232 entran en esta categoría.

Equipos terminadores de red (NT1 y NT2): Los equipos terminadores de red NT1 y NT2 son el borde lógico entre las instalaciones del usuario y la red del proveedor de servicios RDSI, el NT1 hace las funciones de interfase lógica de conmutación y control del equipo local (señalización local). Se encarga de que la red sea transparente para el usuario y lo aísla de los aspectos físicos.

Las principales funciones de la NT1 son:

- Terminación de la línea.
- Mantenimiento de la línea en el nivel 1, monitorización de prestaciones.
- Señalización y sincronismo de transmisión.
- Suministro de energía local.
- Posible multiplexado en el nivel de la capa 1.
- Terminación de la interfase, que puede incluir terminaciones multipunto.

El NT2 realiza la conversión de interfase física entre equipos distintos de interfases de red y usuario. Las funciones de la NT2 son equivalentes a la del nivel físico y los niveles superiores del modelo OSI. Algunas funciones por ejemplo son: Las centrales privadas (PBX) y redes LAN. Como se aprecia en la figura anterior, los equipos del usuario terminan en la NT2 conectándose a un dispositivo de referencia S. Un punto de referencia se corresponde con una interfase entre dos dispositivos.

Equipo terminador de línea (LT): es el punto en el conmutador de la oficina central donde el circuito básico es terminado.

La interfase R: es la interfase física y lógica entre un equipo no RDSI y un adaptador de terminal (TA). La terminal R no es realmente parte del estándar RDSI; es normalmente un RS232 ó un V.35.

La interfase S: es la interfase física y lógica entre un TE o TA y un NT. La interfase S utiliza 4 hilos y utiliza una técnica de transmisión bipolar como Alternate Mark Inversion (AMI) una característica especial de la interfase S es la configuración de bus pasivo corto, que permite hasta 8 equipos de RDSI (TE o TA) que compiten por acceso al canal D; mas adelante se hablará de los tipos de canales. Un canal B sin embargo no puede ser utilizado en el mismo tiempo por mas de un equipo.

La interfase T: es la interfase entre el NT1 Y el NT2 cuando estos equipos se implementan en piezas separadas de hardware. La especificación para la interfase T es idéntica a la especificación de la interfase S.

La interfase U: es la interfase de dos hilos entre el LT y el NT y es la demarcación legal entre el circuito de proveedor y las instalaciones del usuario. La interfase U se implementa en dos hilos y utiliza un formato cuaternario especial llamado 2B1Q.

En la figura 2.47 podemos apreciar el equipamiento necesario para una RDSI básica.

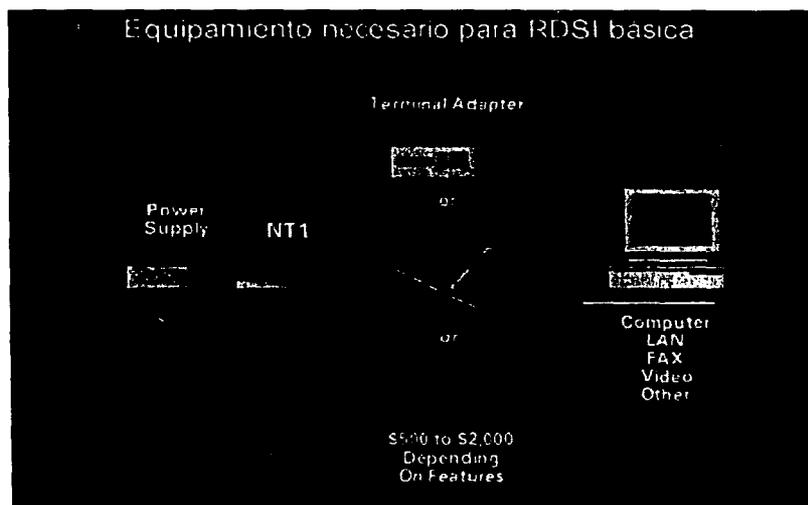


Figura 2.47. RDSI Básica.

Canales RDSI

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) se basa en varios tipos de canales, estos canales no son hilos individuales, sino caminos virtuales para los datos. Esta variedad de canales es soportada mediante el uso de un proceso de multiplexión por división de tiempo.

El primer canal, es el canal de transporte o canal B (Bearer o Abonado), estos canales B son canales transparentes de datos de 64 Kbps en los que se coloca la información que puede ser por ejemplo, datos, voz y vídeo en Modulación por Codificación de Pulsos (por sus siglas en inglés PCM).

Los canales B se interconectan de una forma muy similar a como se realiza en una llamada telefónica. Cuando se realizan enlaces, se pueden emplear varios canales B, pero cada uno de estos canales se puede usar por separado, es decir, por cada uno se puede llamar a cualquier otro nodo RDSI, o recibir llamadas.

Una característica importante que tiene RDSI respecto a los canales es el "BONDING" (bandwidth on demand interoperability group), el cual es un sistema que permite conectar o desconectar los canales B, a medida que los anchos de banda varíen. Si por ejemplo la velocidad requerida aumenta a 64 Kbps, se conecta un segundo canal B. Si el tráfico de pronto se detiene (0 Kbps) el canal B se desconecta automáticamente, volviéndose a conectar en el caso de que se reanude el tráfico. Los tiempos para conectar son fracciones de segundo, por lo que el efecto de BONDING, no es notorio en la mayoría de las aplicaciones. Esto es una ventaja ya que permite pagar menos cuando la red se usa menos.

El segundo tipo de canal es el canal de señalización común o canal D. Este canal tiene como función llevar toda la información de señalización utilizada entre la oficina telefónica central y el punto terminal del usuario, información tal como establecer conexiones, terminar con acciones, reportar el estado de la conexión, etc. Su velocidad depende del tipo de acceso en un canal de acceso básico o BRI, éste opera a 16 Kbps y en un canal de acceso primario o PRI, el canal opera a 64 Kbps. Este canal D también puede ser utilizado para datos de baja velocidad como X.25, a 96000 bps (cuando se trata de enlaces primarios este canal D se utiliza únicamente para señalización y no es utilizado para datos X.25).

El tercer tipo de canal, son los canales de alta capacidad (canales H), este canal es un canal especial de alta velocidad, diseñado principalmente para vídeo en tiempo real y no es muy común su uso. En este momento hay tres clases de canales H: H0, opera a 384 Kbps, H1 a 1.536 Mbps y H12 a 2.048 Mbps.

- Tipos de Enlaces RDSI

Los servicios RDSI que se pueden adquirir son:

1. BRI (Basic Rate Interface; Interface de Velocidad Básica) 2B+D:

El BRI proporciona un servicio a 144 Kbps que incluye dos canales B de 64 Kbps para voz, datos y vídeo, y un canal de 16 Kbps, para información de control (señalización). Por ejemplo RDSI-BRI permite que los usuarios accedan a servicios como la videoconferencia interactiva personal basada en PC (comunicación remota de persona a persona a través de la digitalización de imágenes y compresión de voz) con transferencia de archivos, así como la posibilidad de trabajo conjunto sobre un documento en común, gráfico o alfanumérico.

2. PRI (Primary Rate Interfase; Interfase de Velocidad Primaria) 23B+D:

El PRI provee un servicio a 1.54 Mbps, que incluye 23 canales B de 64 Kbps y un canal D de 64 Kbps. Con esta capacidad de transmisión el usuario puede acceder de manera remota a los servicios de, por ejemplo, la red de su compañía y hacer uso desde la comodidad de su hogar de todas las aplicaciones con los mismos datos e interfases que utiliza en la oficina.

II.2.4) VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las ventajas de RDSI se concentran en los siguientes aspectos:

Velocidad.- El módem marcó un giro en la comunicación de computadoras: permitió que las computadoras se comunicarán convirtiéndose su información digital en señales analógicas capaces de viajar a través de la red telefónica pública. Hay un máximo para la cantidad de información que una línea telefónica analógica puede manejar, Actualmente es cerca de 56 Kbps. Los módems comúnmente disponibles tiene una velocidad máxima de 33 Kbps, pero están limitados por la calidad de la conexión analógica, y normalmente nunca funcionan más rápido que 26.4 o 28.8 Kbps.

RDSI permite que múltiples canales digitales operen simultáneamente a través del cableado telefónico regular. El cambio viene cuando los conmutadores de la compañía telefónica puedan soportar las conexiones digitales. De ésta manera, se puede usar el mismo cableado, pero una señal digital, en una señal analógica, es transmitida a través de la línea. Este esquema permite una tasa de transferencia de datos mucho mayor que en las líneas analógicas. BRI-RDSI, utiliza un protocolo tal como, BONDING o protocolo punto a punto (por sus siglas en inglés PPP) multienlace, soporta una velocidad de transferencia de datos (no comprimidos) de 128 Kbps.

En la tabla 2.8 se puede apreciar una comparación entre diferentes módems y RDSI en cuanto a velocidad para la transferencia de tres tipos de datos

	Pantalla de Windows (50 Kb)	Transferencia de archivos (1 Mb)	Imagen de rayos X (50 Mb)
Módem 96000 bps	42 segundos	14 minutos	11.6 horas
Módem 14.4 Kbps	28 segundos	9 minutos	7.7 horas
Módem 28.8 Kbps	14 segundos	4.5 minutos	3.85 horas
RDSI 64 Kbps (1B)	6 segundos	2 minutos	1.7 horas
RDSI 128 Kbps (2B)	3 segundos	1 minuto	52 minutos

Tabla 2.8

A través de los años la velocidad se ha visto incrementada notablemente, en la figura 2.48 se puede apreciar el incremento de la velocidad tanto para la transmisión digital como para la análoga.

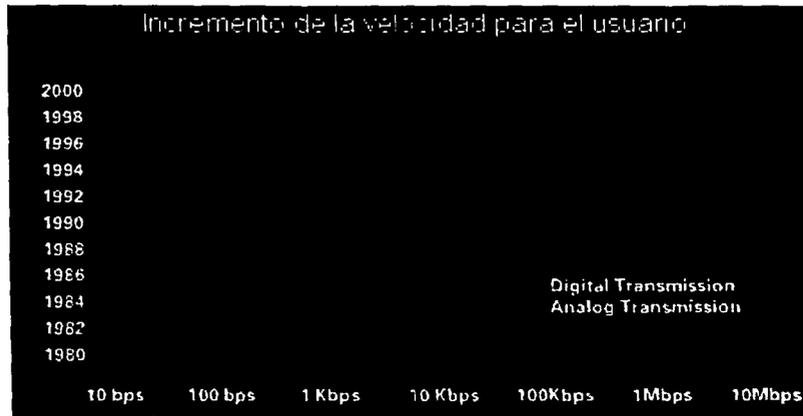


Figura 2.48. Incremento de la velocidad para el usuario.

- Dispositivos Múltiples

Anteriormente, era necesario tener una línea telefónica para cada dispositivo que se deseara usar simultáneamente. Por ejemplo, una línea diferente era requerida para el teléfono, el fax, la computadora, el puente/ruteador y el sistema de videoconferencia. Transferir un archivo mientras se hablaba por teléfono o se veía imagen en una pantalla de vídeo requería de varias líneas telefónicas costosas.

Es posible combinar muchas fuentes de datos digitales diferentes y enviarlas con éxito a su destino. Debido a que la línea es digital, es fácil mantener alejados los efectos del ruido y las interferencias mientras se combinan las señales. RDSI se refiere técnicamente a un conjunto específico de servicios digitales provistos a través de una interfase estándar. Sin RDSI se requerirían interfases distintas para cada servicio.

Existen facilidades adicionales como adaptación de velocidad, este es el proceso de adaptar una velocidad menor a los enlaces de 64 Kbps de un canal B. Por ejemplo una PC se puede conectar a través de su puerto serial tal y como lo haría con un módem estándar, si la PC tiene una velocidad máxima de 19.2 Kbps, los datos se adaptarán para ser llevados en los 64 Kbps. Estos son los estándares V.120 y V.110 de la CCITT.

- Señalización

Con RDSI, en lugar de enviar una señal de voltaje para "hacer sonar" el teléfono (señal en banda), se puede enviar un paquete digital en un canal separado (señal fuera de banda). La señal fuera de banda no perturba las conexiones establecidas y el tiempo de llamada es muy rápido. Por ejemplo, un módem V.34 toma típicamente 30-60 segundos para establecer una conexión, una llamada RDSI toma usualmente menos de 2 segundos.

La señalización también indica quien está llamando, que tipo de llamada es (datos o voz) y que número fue marcado. El equipo telefónico RDSI disponible es, por lo tanto, capaz de tomar decisiones inteligentes en lo relativo a cómo dirigir la llamada.

- Calidad
 - Excepcional rapidez en los tiempos de establecimiento y liberación de llamadas.
 - Gran fiabilidad y calidad de audio.
 - Alta velocidad de transmisión y baja tasa de errores.
 - Flexibilidad: el uso de las líneas RDSI no está limitado por la naturaleza de información ni por la fuente generadora.
 - Simplicidad y seguridad: acceso único. Con la facilidad de ICLID (InComing Line IDentificator) es posible configurar los equipos para que sólo acepten llamadas de algunos números específicos, si quien llama no esta en la lista, no podrá conectarse. Esto es para ser utilizado en seguridad, por ejemplo, el puerto de datos de un banco sólo debe aceptar llamadas de sus sucursales, y de ninguna forma de un número extraño.
 - Identificación de abonados.
- Posibilidades de Utilización
 - Innumerables servicios y facilidades.
 - Integración de voz, datos, texto e imagen.
 - Terminales multiservicio.
 - Integración de redes.
 - Oportunidad de desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Economía

Transferencia de grandes volúmenes de información a bajo costo y solución única a diversas necesidades.

Con la técnica BONDING los productos de RDSI se conectan y desconectan automáticamente de la línea cuando no se transmiten datos, todo esto sin interrupción para los usuarios. Con esta técnica sólo se realiza una llamada cuando realmente se tengan datos que enviar. El proceso es completamente transparente para el usuario, y con esto se pueden alcanzar ahorros considerables en los cargos de la línea.

En la tabla 2.9 se pueden apreciar las ventajas económicas de RDSI sobre las otras redes digitales.

Factor	Redes Digitales	RDSI
Costos	Mayores. La necesidad de diversos equipos y conectores para cada aplicación y tipo de red eleva los costos.	Menores. Un sólo acceso para diversos servicios
Equipos	Alta inversión por diferentes tecnologías.	Reducción de inversión.
Operación	Altos costos.	Reducción de costos.

Mantenimiento	Altos costos.	Reducción de costos.
Eficiencia	Subutilización de redes. La gran diferencia en el funcionamiento de las diversas redes provoca que no se utilicen todas las funciones complementarias.	Alta eficiencia. Explotación completa de toda la gama de servicios que puede ofrecer y los que se desarrollen en el futuro.
Relaciones comerciales	La diversidad de aplicaciones obliga a tener relaciones con diferentes fabricantes.	Relación con un sólo proveedor de servicios. Los costos de inversión y gastos de administración se reducen.
Facturación	Complicada y costosa.	Rápida y eficiente.

Tabla 2.9. Ventajas económicas de RDSI.

En sí el costo total de la RDSI es menor que el de las redes privadas clásicas construidas en las redes de paquetes o líneas rentadas. Esta red no necesita conexiones permanentes sino que utiliza transferencias que pueden ocurrir en cualquier momento del día o de la noche.

También se puede ver la economía por el número de líneas necesarias para conectar los distintos servicios.

III) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA

III.1) CONCEPTOS BÁSICOS

Con tal de facilitar la comprensión de algunos aspectos, a continuación se detallan algunas nociones básicas sobre términos relevantes, se incluye también la terminología anglosajona por ser utilizada todavía en la comunidad de habla hispana:

- Línea no dedicada (Dial-up conexión).- se puede definir como aquella línea de transmisión de datos en la que solo se establecerá la conexión cuando se realice una petición de transferencia, el resto del tiempo la línea permanecerá cerrada. Si el dispositivo de conexión lo permite se puede programar un tiempo de latencia con tal de no interrumpir la conexión si se realizan múltiples peticiones en breves lapsos de tiempo, estos tiempos de latencia pueden ser muy variables y dependientes de la naturaleza del tráfico aunque se suelen establecer en torno a los 3 minutos. Sobre este tipo de líneas el acceso básico a la RDSI frente a la red telefónica presenta dos importantes ventajas : la primera es la velocidad de transmisión, ya que se puede llegar a 128 Kbps y la segunda es el tiempo de establecimiento de la conexión entre 1 y 4 segundos contra los 30 - 40 de la analógica. Las ventajas que puede ofrecer con respecto a una línea dedicada (retransmisión de tramas, punto a punto, etc.) evidentemente son económicas aunque siempre es conveniente realizar un estudio previo de costos teniendo en cuenta la ocupación (tipo de tráfico).
- Pared de Fuego (Firewall).- Tiene como misión supervisar el tráfico de entrada/salida entre la red local y el exterior, impidiendo que sean transferidos paquetes de información no autorizados. Se trata de un programa y normalmente reside en un enrutador o en un servidor dedicado. Es una pieza fundamental a la hora de diseñar la prolongación de la red, tanto si le damos salida hacia internet como a una línea convencional.
- Enrutador (Router).- Dispositivo que canaliza la información entre una línea de comunicación y el sistema informático. Puede ser de dos tipos externos o internos.

Externo: es un dispositivo que comprende conectores para la línea de datos (RJ45 para RDSI, RJ11 para red telefónica, etc.), para el cableado de la red de área local (AUI, 10baseT, NC, etc.), para la circuitería y el programa de computadora almacenado permanentemente en la memoria rápida de solo lectura (Firmware) necesarios para la conversión de protocolos. Normalmente se utilizará para analizar la información de una red de área local hacia /desde el exterior y sustituirá a los dispositivos de comunicaciones que se tengan instalados localmente en las estaciones. La programación y configuración de estos enrutadores se realiza normalmente desde aplicaciones instaladas en una estación de la red, los modelos que tienen conectores RJ11 se pueden programar desde el adaptador telefónico mediante tonos o bien disponen de un puerto serie para la consola de control.

Interno : También se conoce como Proxy. Es un programa que se ejecuta sobre el sistema informático que tiene instalado un dispositivo de comunicación y contiene la lógica adecuada para permitir el acceso simultáneo de las estaciones a la línea de comunicaciones.

Hay características que son comunes a los dos tipos de enrutadores: Implantación de un cortafuego que garantiza la privacidad de la red de área local y limita el rango de las direcciones externas accesible. Posibilidad de utilizar una sola dirección IP en la red externa para todas las estaciones locales de tal forma que la apariencia exterior es de un solo sistema informático ejecutando varias conexiones sobre el mismo IP. Posibilidad de programar tiempos de latencia para la desconexión de líneas no dedicadas.

- Intranet (Intranet).- Es una red privada corporativa que utiliza los mismos productos y tecnología de internet. Las intranets están siempre protegidas de los accesos desde /hacia internet mediante la pared de fuego, o simplemente no son accesibles desde el exterior. Para instalar una intranet cerrada sobre una red local, únicamente se debe de configurar el protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (por sus siglas en inglés TCP/IP) y disponer por ejemplo de un servidor de páginas WEB alojado en uno de los servidores de la red. Es relevante que la principal fuente de ingresos de las empresas que desarrollan servidores WEB sea precisamente el campo de las intranet, de ahí que se puede deducir la notable aceptación que está teniendo este tipo de sistemas. Un ejemplo bastante radical de lo que puede llegar a ser una intranet lo podemos encontrar en SILICON GRAPHICS, esta empresa dispone de 5500 empleados en todo el mundo y gracias a este servicio se ahorra unos 13000 millones de pesetas al año en publicaciones, mensajeros, viajes y otros costos convencionales, además de dar mucho más agilidad y rapidez a los comunicados. El equipo dedicado a mantener la intranet de SILICON esta formado únicamente por 4 personas.

Hasta la aparición de las línea RDSI, la comunicación entre equipos informáticos ubicados en lugares distantes pasaba necesariamente por modems a través de la red telefónica básica o bien por costosas líneas punto a punto o en retransmisión de tramas. Actualmente la disponibilidad, velocidad y bajo costo de la tecnología RDSI hace que esta sea una solución idónea para varios tipos de enlace, a continuación se describen algunos de ellos:

- Acceso a Internet desde una red de área local: las prestaciones requeridas, el número de puertos y el tráfico generado, determinarán la instalación de un enrutador externo (más caro y eficiente) o bien un interno (más económico y sencillo). Al centralizar el acceso de la red de área local se conseguirá en primer lugar el contratar una sola línea de comunicación para todas las estaciones y también una sola cuenta con el proveedor, ya que éste solo verá a un usuario con múltiples procesos concurrentes. La instalación de un cache local del tráfico enrutado, puede evitar múltiples peticiones por la línea de la misma información acelerando enormemente su acceso. Otra posibilidad interesante que presentan bastantes dispositivos es la posibilidad de limitar las direcciones de Internet accesibles, de tal forma que los usuarios de la red solo puedan acceder a un rango limitado de servidores y no consumir recursos navegando indiscriminadamente por la red.
- Interconexión de redes de área local: de forma similar al caso anterior las prestaciones que se quieran obtener condicionarán la instalación de un enrutador externo o interno, aunque en este caso las facilidades proporcionadas por los enrutadores externos para la conversión de protocolos puede hacer que se decida por esta opción. Para las redes de área local muy dispersas geográficamente, redes de área extensa, y con poco tráfico puede contemplarse la posibilidad de crear "túneles" a través de Internet debido al abaratamiento que supondrá en cuanto a la tarificación de las llamadas, este tipo de enlace debe ser implementado con sumo cuidado con tal de conservar la privacidad de

la información, por lo que normalmente se impondrán sistemas dinámicos de encriptación de los datos transmitidos.

- Acceso desde un equipo remoto a una red de área local: la tan mencionada "Oficina en su casa" pasará necesariamente por la adopción de líneas RDSI. Se pueden adoptar diversas soluciones en función de los puestos remotos que se requieran. En el servidor de comunicaciones se pueden instalar el número de adaptadores necesarios para que enruten los canales B solicitados (por ejemplo para dar acceso a 6 terminales remotas simultáneamente deberemos instalar 3 adaptadores 2B+D), en el mercado existen adaptadores que manejan más de una conexión RDSI, aunque la diferencia de costo respecto a la suma de los adaptadores independientes que ofrecen algunas prestaciones es muy significativa (el adaptador interno Teles BRI MP maneja 3 líneas RDSI, 6 canales B y tiene un costo de 354, 900 pesetas contra las 107, 700 pesetas que cuestan 3 adaptadores Teles BRI 16 AB que realizan similares funciones). Si el número de conexiones requeridos supera al número de adaptadores instalados se puede optar por la instalación de enrutadores externos en batería, aquí el abanico de opciones es más amplio aunque el costo se dispare notablemente. Otra posibilidad muy interesante es el control y mantenimiento remoto de las redes de área local, en este caso la velocidad de este tipo de líneas hace que sea una elección muy a tener en cuenta y determinante en la mayoría de los casos.

ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE B-ISDN

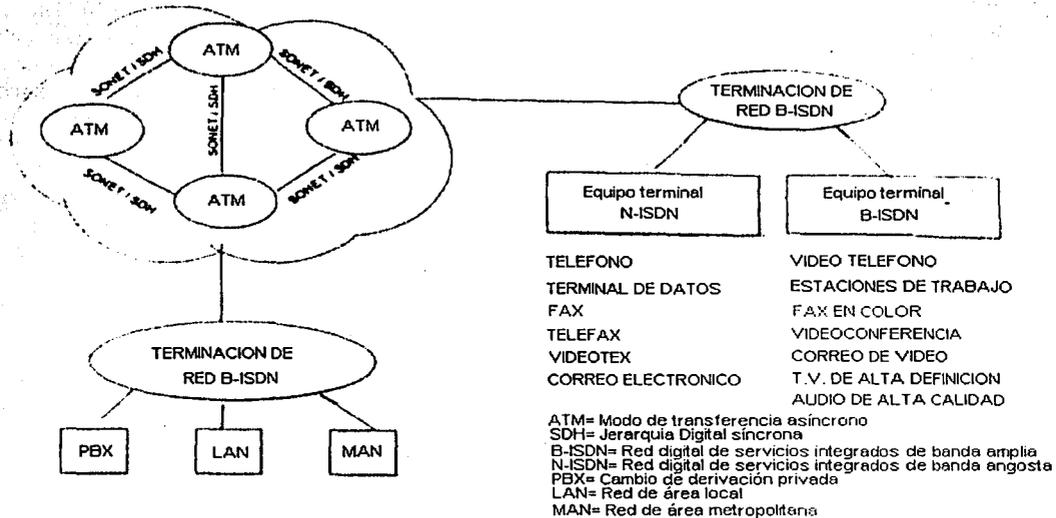


Figura 3.1 Estructura Conceptual de RDSI-BA.

El concepto de la Red de Servicios Integrados de Banda Ancha ha venido evolucionando desde mediados de 1980, las principales características de este concepto de RDSI es soportar un amplio rango de servicios de voz, datos y vídeo en la misma red, bajo una base de circuitos conmutados en múltiplos de 64 Kbps. Tan pronto como se ha venido requiriendo mayor velocidad para aplicaciones tales como vídeo, imagen, etc., trajo la estandarización de un nuevo concepto llamado: Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha.

Modo de Transferencia.- Es la técnica utilizada en las redes de telecomunicaciones para transmisión, multiplexaje y conmutación. Los tipos más comunes son: conmutación de circuitos, conmutación de mensajes y conmutación de paquetes.

En cuanto a la forma de cómo se identifican sus elementos, se pueden clasificar también en síncronos y asíncronos.

CONMUTACION DE PAQUETES

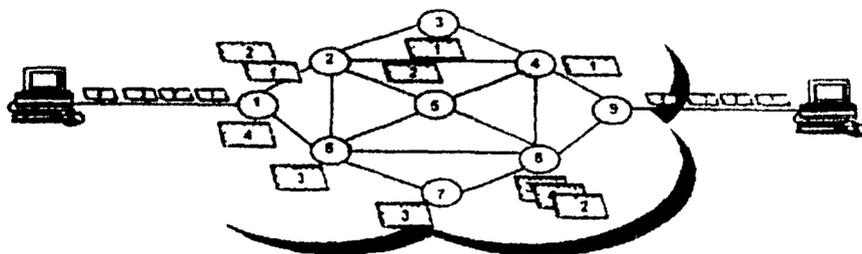


Figura 3.2 Conmutación de Paquetes.

Conmutación de Paquetes.- La conmutación de paquetes se deriva de la conmutación de mensajes, con la diferencia de que el tamaño de los mensajes (paquetes) es limitado a un tamaño máximo.

Existen dos métodos de conmutación de paquetes: Datagrama y circuitos virtuales(explicados a continuación).

Los beneficios de usar esta técnica son principalmente que no se requiere gran cantidad de memoria de almacenamiento en los nodos de conmutación, enrutamiento de paquetes en caso de congestión del canal y se maximiza la eficiencia del canal de transmisión.

Las limitaciones de esta técnica consisten en que los protocolos para conmutación de paquetes son relativamente mas complejos y por lo tanto existe una mayor posibilidad de que los paquetes se pierdan.

CONMUTACION DE PAQUETES MODO TRAMA

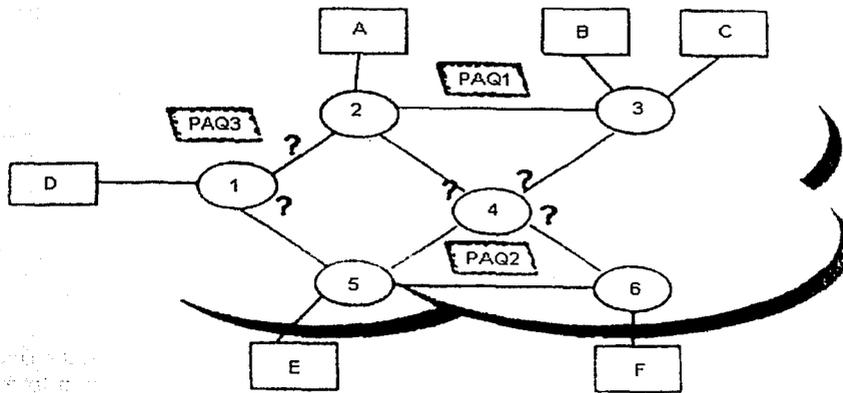


Figura 3.3. Conmutación de Paquetes Modo Datagrama.

Conmutación de Paquetes Modo Datagrama.- En la conmutación de paquetes modo datagrama, cada paquete es procesado y transmitido independientemente.

Los paquetes dirigidos desde un mismo origen a un mismo destino pueden llegar a éste por rutas diferentes, teniéndose el inconveniente de que puedan llegar en un orden diferente al que fueron enviados.

Algunos protocolos que utilizan la técnica de datagrama son : IPX de las redes NOVELL, IP de internet y la mayoría de los protocolos de redes LAN, como son Ethernet, Token Ring, etc.

CONMUTACION DE PAQUETES CIRCUITO VIRTUAL

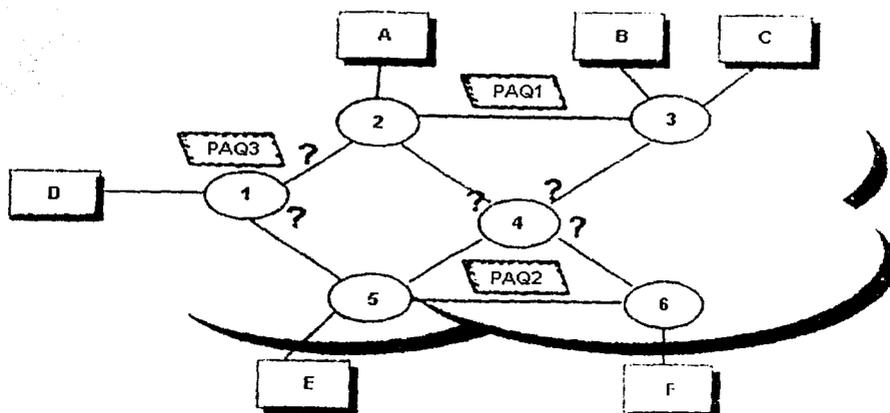


Figura 3.4 Conmutación de Paquetes Circuito Virtual.

Conmutación de Paquetes Circuito Virtual.- En la conmutación de paquetes "circuito virtual", a diferencia de los datagramas, es necesario establecer una trayectoria entre origen y destino (circuito virtual) mediante el envío de un paquete de establecimiento de conexión, antes de enviar paquetes de información.

Todos los paquetes siguen una sola trayectoria, es decir, la trayectoria del circuito virtual, por lo que en este caso todos los paquetes llegan en secuencia al receptor.

Ejemplos de protocolos que utilizan ésta técnica son: X.25, Frame Relay, Control de enlace de datos de alto nivel (por sus siglas en inglés HDLC), LLC, Control de enlace sincrónico (por sus siglas en inglés SDLC) y Modo de transferencia asincrónico (por sus siglas en inglés ATM), entre los más importantes.

Las diferencias principales entre utilizar técnicas de datagramas y técnicas basadas en circuitos virtuales consisten en que en las subredes basadas en datagramas, cada paquete contiene la dirección completa de la fuente y el destino, por lo que son enrutados de manera independiente.

Por el contrario, en el caso de las subredes basadas en circuitos virtuales se establece una trayectoria (circuito virtual) antes de que se envíen paquetes de información. Estos paquetes son identificados con un número corto (identificador de circuito virtual) y siguen esa ruta establecida.

CONMUTACION DE PAQUETES RAPIDOS



Figura 3.5 Conmutación de Paquetes Rápidos.

Conmutación de Paquetes Rápidos.- La conmutación de paquetes rápidos, es el nombre que se le ha dado a la tecnología digital de alta capacidad orientada a paquetes, que proporcionan las funciones de conmutación, multicanalización y retransmisión (retransmisión de tramas, Servicio de datos conmutados de multimegabits (por sus siglas en inglés SMDS y ATM) para diferenciarla de la tecnología de paquetes tradicional (X.25).

Combina las ventajas de la conmutación de circuitos y la conmutación de paquetes, es decir, es eficiente en el uso de ancho de banda y el tiempo de retardo se minimiza.

CONMUTACION DE TRAMAS



Figura 3.6 Conmutación de Tramas.

Conmutación de Tramas.- La conmutación de tramas es una técnica que se deriva del concepto de conmutación de paquetes de datos en donde se simplifica el protocolo de enlace (capa 2), reduciéndose las funciones de control de errores de extremo a extremo en forma mínima (descarte de tramas erróneas), con lo que a su vez también se simplifican los nodos de conmutación, permitiendo mayores velocidades. Un ejemplo de aplicación de esta tecnología es la retransmisión de tramas (Frame Relay).

CONMUTACION DE CELDAS



Figura 3.7 Conmutación de Celdas.

Retransmisión de Celdas.- La retransmisión de celdas es la tecnología de conmutación de paquetes, capaz de mezclar servicios de velocidad variable (VBR), como transferencia de archivos, con servicios de velocidad constante (CBR), audio y vídeo. A diferencia de las redes de área local, la retransmisión de celdas no asume un medio compartido, en lugar de ello, existen enlaces directos entre Transmisores y receptores.

Esta técnica se basa en utilizar paquetes de tamaño fijo denominado celdas, lo que permite a los conmutadores de celdas procesar más paquetes por unidad de tiempo, además de obtenerse un mayor control del tiempo de retardo en la red. Algunos ejemplos de aplicaciones de la técnica de retransmisión de celdas son las redes metropolitanas (por sus siglas en inglés MAN) con DQDB y las redes de banda ancha con ATM.

Clasificación de Modos de Transferencia en función de la identificación de sus elementos.- Los modos de transferencia también se pueden clasificar en función de la identificación de sus elementos :

Modo de Transferencia Síncrono (STM) la información en este modo es dividida en pequeñas tramas de tamaño fijo (celdas) las cuales pueden ser identificadas haciendo referencia a una señal de reloj. Ejemplos transmisión de datos sincronía por medios ópticos (por sus siglas en inglés SONET) y Jerarquía Digital Sincronía (por sus siglas en inglés SDH).

Modo de transferencia Asíncrono (ATM). Al igual que en STM, la información es dividida en pequeñas tramas de tamaño fijo, la forma de identificarlas es incluyendo en un encabezado, identificadores de trayectoria y de canal, además del tipo de información que transporta (voz, datos, vídeo, etc.). Ejemplo ATM.

ATM es una técnica de conmutación de paquetes de alta velocidad, que utiliza paquetes de longitud fija denominados celdas, combina los beneficios de la conmutación de circuitos (alto rendimiento, bajo retardo y transparencia a la información) con el eficiente uso del ancho de banda de la conmutación de paquetes.

Esta técnica presenta la capacidad de proporcionar ancho de banda sobre demanda para cumplir los requerimientos de cualquier aplicación de usuario, soportando una arquitectura multiservicio que permite a muchos usuarios compartir en forma simultánea la red, en un amplio rango de servicios actuales y futuros. Esta técnica ha sido seleccionada como la técnica de multicanalización y de conmutación para RDSI-BA.

Banda Ancha

Se define como red de banda ancha, la que proporciona accesos de abonado a velocidades binarias superiores a los 2 Mbps (ó 1.5 Mbps en Estados Unidos).

III.1.1) DIFERENCIAS ENTRE RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA Y RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS.

Las principales características de RDSI-BA se mencionan a continuación en la siguiente tabla :

Principios de RDSI-BA

- 1.- ATM es un modo de transferencia que sirve para la implantación de una RDSI-BA y es independiente de las características de transporte del nivel físico.
- 2.- Una RDSI-BA soporta conexiones conmutadas semipermanentes y permanentes, punto a punto o punto multipunto y proporciona servicios permanentes y especiales. Las conexiones RDSI-BA soportan los dos tipos de transmisión, conmutado por circuito y conmutado por paquete, para los servicios de tipo único y los multimedia.
- 3.- La arquitectura de una RDSI-BA es detallada en términos de funcionalidad y es por consiguiente una tecnología de implantación independiente.
- 4.- Una RDSI-BA podía tener funciones inteligentes con el propósito de proveer un servicio de características avanzadas, para soportar operaciones extremas con herramientas de mantenimiento, de control y administración de red. Sin embargo la admisión de estas características inteligentes adicionales tienen que ser consideradas en un contexto global y este puede ser localizado en los diferentes elementos existentes entre la red y la terminal.
- 5.- El acceso a RDSI que se refiere a la configuración, es la base del acceso a RDSI-BA.
- 6.- Un acceso estructurado por etapas es usado por un protocolo establecido para RDSI y un estudio similar es también apropiado para RDSI-BA, este acceso podría ser usado en otros aspectos de la misma RDSI-BA, incluyendo la transferencia de información, control, inteligencia y administración.
- 7.- Cualquier crecimiento en las capacidades de red o cambios que se den en los parámetros de ejecución de la misma no degradarán la calidad de los servicios existentes.
- 8.- La evolución de RDSI-BA asegura el soporte de los servicios e interfaces existentes.
- 9.- Nuevas características de red podrían ser incorporadas a una RDSI-BA, para soportar los nuevos requerimientos del usuario, adaptándose así a los avances y progresos tecnológicos de la red.
- 10.- Una RDSI-BA puede ser implantada en una variedad de formas de acuerdo a las necesidades específicas de cada país.

Tabla 3.2 Características de RDSI-BA.

Después de haber mencionado las principales características de ambas redes, podemos apreciar que en la mayor parte de su estructura son similares conforme a los servicios básicos que ofrecen. Pero como el avance de la tecnología requiere de más servicios tales como televisión de alta resolución por cable, videoconferencia punto multipunto, transmisión masiva de datos, etc.. Es necesario contar con un ancho de banda mayor para que la velocidad en la transmisión de la información con respecto a estos servicios no se vea afectada y pueda satisfacer las necesidades del usuario.

La RDSI-BA se diferencia de un RDSI de banda angosta en un cierto número de características. Para poder soportar los requerimientos de vídeo de alta resolución, se requiere de un canal con tasa superior a los 150 Mbps. Para soportar uno o varios servicios interactivos (servicios de voz , mensajería y respaldo de información) y los servicios distribuidos (servicios de distribución, sin el control en la presentación de la información por parte del usuario y servicios de distribución con control en la presentación de información por parte del usuario), la tasa total de la línea del subscriptor necesita de aproximadamente 600 Mbps. En términos de instalación en los teléfonos actuales, esta es una tasa demasiado grande. La única tecnología para soportar estas tasas de datos es la fibra óptica.

Internamente en la red, las salidas utilizan técnicas de conmutación. Esta conmutación tendría la capacidad de manejar un rango grande de diferentes tasas de bits así como parámetros de tráfico (e. g. ráfagas de datos). A pesar del incremento de la potencia en el hardware de conmutación de circuitos digitales y el incremento en el uso de troncales de fibra óptica, se dificulta el manejo de los diversos requerimientos de una RDSI-BA, con la tecnología de conmutación de circuitos. Por esta razón, hay un incremento en el interés con respecto a la conmutación de paquetes rápida, a menudo refiriéndose al modo de transferencia Asíncrono (ATM), así como las técnicas básicas de conmutación de paquetes.

La central telefónica local, la cual se encarga de conectar a los subscriptores debe ser capaz de manejar ambos tipos de subscriptores, RDSI-BA e RDSI. Los subscriptores de RDSI son soportados con par trenzado en las tasas de acceso básicas y primarias. Para los subscriptores de RDSI-BA, podrían usar fibra óptica. La tasa de datos de una red para un subscriptor necesitaría de aproximadamente 600 Mbps con el objetivo de manejar distribuciones de vídeo múltiple, tal medio es requerido en una oficina. La tasa de datos del subscriptor hacia la red normalmente resulta ser mucho menor. Una tasa de aproximadamente 150 Mbps o menor es probablemente la adecuada.

Con este tipo de configuración en mente, la CCITT ha trabajado en la definición de nuevos tipos de canales, logrando una estandarización final en 1992.

Cuando se desarrollo X.25, las redes eran más sensibles al ruido y por consiguiente, la tasa de errores era superior a la actual. Por ello, la arquitectura X.25 incluye un gran número de procesos en cada nodo para asegurar que las transmisiones estén libres de error.

El nivel de enlace de X.25, el Procedimiento balanceado de acceso al enlace (por sus siglas en inglés LAPB), se encarga de que la transmisión de una trama entre dos nodos se realice sin errores. Por consiguiente, una trama no es tratada por el nivel de paquetes (nivel 3), hasta que ha sido recibida totalmente y comprobado que ha llegado correctamente. Este proceso introduce largos retardos particularmente en redes de múltiples nodos y cuando se transmiten tramas de longitud relativamente grande. En

adición a los retardos descritos, el nivel de paquetes introduce nuevos procesos para asegurar que los paquetes sean entregados correctamente en cada canal lógico.

Así, pues todo el conjunto de procesos que deben desarrollarse en X.25 pueden no ser necesarios en la mayoría de los casos. Por ello están surgiendo nuevas técnicas de conmutación, entre las que se encuentra la retransmisión de tramas, conocida internacionalmente como <<Frame Relay (retransmisión de tramas)>>. El principio de operación es muy sencillo. Puesto que la situación más probable es que no se produzcan errores, la red, en principio, actúa como si no los hubiera. Cuando una trama llega a un nodo, éste, automáticamente, la envía a su destino, una vez analizada la cabecera, ¿qué ocurre si eventualmente se produjese un error? Pues sencillamente se interrumpe la transmisión. Si la trama está todavía en la red, los nodos se encargan de eliminarla. En caso de que la trama ya hubiese sido recibida en su destino, es el ETD, (el Equipo Terminal de Datos), el que mediante los protocolos, de nivel superior se encarga de solicitar la retransmisión.

En definitiva, con la técnica de retransmisión de tramas, los productos de la red son más sencillos, si bien los ETD deben asumir una mayor responsabilidad en los aspectos que conciernen a la corrección de errores. Esta puede realizarse en el nivel de transporte o similar.

A la técnica de reenviar la trama mientras todavía se está recibiendo se le denomina genéricamente conmutación rápida de paquetes. Tanto la retransmisión de tramas como la retransmisión de celdas, empleada en las RDSI de banda amplia, son técnicas de conmutación rápida de paquetes. La diferencia fundamental es que la retransmisión de tramas opera con tramas de tamaño variable y la retransmisión de celdas opera con tramas de tamaño fijo.

A modo de resumen, las características tecnológicas fundamentales de la retransmisión de tramas son:

- Tecnología para transporte eficiente de datos
 - Tramas de longitud variable hasta de 8 Kb
 - No recomendada para voz/vídeo.
- Mejora del caudal debido a que se realiza un proceso mínimo
 - Los equipos terminales son los responsables de la corrección de errores y del acuse de recibo.
 - porque está diseñada para operar en circuitos de baja tasa de error.
- Opera transparentemente al nivel tres y superiores.

La retransmisión de tramas no es recomendada para voz y vídeo pues la calidad de transmisión de estas señales sería fuertemente degradada debido a la longitud variable y potencialmente grande (8 Kb) de las tramas.

La retransmisión de celdas es una tecnología para retransmitir datos, voz, imagen, y vídeo en unidades de información **de longitud fija** denominadas celdas. Las celdas se manejan a nivel uno con un mínimo de proceso a nivel dos.

Esta tecnología se utiliza en redes digitales de servicios integrados de banda amplia y en las redes de área metropolitana.

La RDSI-BA tiene como objetivo proporcionar servicios sobre canales a velocidades iguales o superiores a 155 Mbps. Como anteriormente se ha dicho, las RDSI normales o RDSI de banda estrecha se encuentran saturadas en los países con tecnología de punta. La realidad es que una red a 2Mb/s puede quedarse corta para cierto número de aplicaciones. Por ejemplo para una videoconferencia puede ocuparse plenamente un canal de 2Mb/s. Una transferencia de un archivo de 10Mb con un tiempo de respuesta inferior a 2 seg., requiere una velocidad de 50 Mbps. La transferencia de imágenes de alta definición y color (por ejemplo 4K x 4K de pixeles y 24 bits de color) requiere una velocidad del orden de 200 Mbps para un tiempo de respuesta inferior a dos seg.; requisitos de este tipo se encuentran en las imágenes médicas o de CAD/CAM en las que la longitud típica de un mensaje es de 10 Mb. Así pues la RDSI-BA tiene una justificación razonable y, no solo por los servicios integrados sino también por la demanda de ancho de banda de algunas aplicaciones.

La transferencia de información en RDSI-BA se realiza mediante la técnica denominada modo de transferencia síncrona a nivel internacional. Con esta técnica la información se empaqueta en grupos de octetos de longitud fija, denominados celdas. Cada celda se compone de un total de 53 octetos, de los cuales cinco son de cabecera. La conmutación de celdas se realiza por hardware para que la espera sea mínima, del orden de microsegundos a diferencia de las técnicas de RDSI de banda estrecha, que opera mediante la conmutación de circuitos, la ATM opera mediante circuitos virtuales. En la cabecera de cada celda hay una indicación explícita del circuito virtual e incluso de otro concepto denominado trayecto virtual a los cuales la celda está asociada. con ellos se posibilita una asignación flexible y dinámica del ancho de banda disponible entre los canales virtuales que en cada momento se precisa. El término asíncrono hace referencia al hecho de que las celdas asignadas a una misma conexión o circuito virtual, pueden mostrar una recurrencia irregular, puesto que las celdas se asignan en función de la demanda, tal como se muestra en la figura 3.1. El ATM también permite una asignación de velocidad de bits en función de la demanda, de tal forma que la velocidad por conexión puede seleccionarse flexiblemente. En terminología OSI, el ATM proporciona funciones de nivel 2, en adición a funciones de nivel 1, como reloj, codificación de bits y conexión al medio físico.

La siguiente tabla resume las características tecnológicas de la conmutación de paquetes X.25, la retransmisión de tramas y de la retransmisión de celdas

Función	X.25	Retransmisión de tramas	Retransmisión de celdas
velocidad	de 500-20000 paquetes/seg.	De 10000 a 100000 tramas /seg.	De 100000 a 1 Millón de celdas por segundo.
Velocidad	de 9600 a 256Kb/s	2 Mb/s	155 Mb/s y mas
Tamaño del paquete en bytes	Variable	variable	53
Situación de estándares	Aprobado	Aprobado	Borrador
Corrección de errores	Si	No(1)	No(1)
Voz en tiempo real	No	No	Si
Imagen animada	No	No	Si

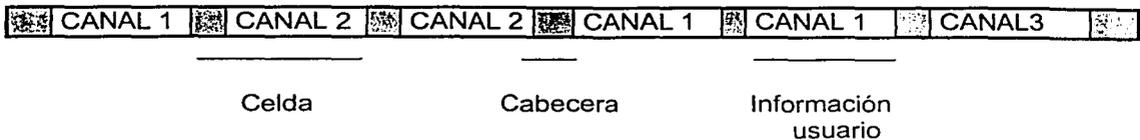


Figura 3.8 Trama ATM.

Debe observarse que la retransmisión de tramas puede realizarse con el Hardware de las redes de paquetes actuales, preferiblemente con multiprocesadores de 32 bits, mientras que la retransmisión de celdas precisa de una circuitería específica, así como una gran potencia de procesamiento de software. No obstante, y con todo el riesgo que significa aventurarse en el futuro de las tecnologías emergentes, parece razonable pensar que la retransmisión de tramas se ha quedado a medio camino para la demanda de las futuras aplicaciones y que, por ello, las redes, tanto las Redes de área amplia (por sus siglas en inglés WAN), como las Redes de área Metropolitana (por sus siglas en inglés MAN) y las Redes de área local (por sus siglas en inglés LAN) es posible que tiendan a medio plazo a utilizar tecnologías de conmutación ATM o similares, si bien en la fase de transición se aplicarán soluciones concretas con las tecnologías similares existentes a requisitos específicos.

III.1.2 TECNOLOGIAS Y EQUIPOS

Los usuarios consideran una red de telecomunicación por los servicios que ofrece. Por ello, en muchos casos la necesidad de prestar estos servicios es un factor decisivo para determinar la estructura de la red. Un ejemplo es la implantación de una red inteligente, en la red telefónica pública conmutada, como base para la introducción de nuevos servicios. Es esencial, pues, un conocimiento detallado de los servicios a ofrecer cuando se planifique una futura RDSI-BA.

Por supuesto, la naturaleza de los servicios y su efecto en la arquitectura de conmutación no son los únicos factores a considerar; también son importantes la disponibilidad, la aceptación del usuario y el crecimiento. En el análisis de tales factores, una clara indicación de los futuros requisitos de una red de banda ancha es la temprana demanda inicial, por parte de los abonados de una empresa, de una conectividad de datos a alta velocidad para que puedan interfuncionar las redes de área local. Además, los resultados de las primeras pruebas están dando un índice de la aceptación por los usuarios de servicios específicos de banda ancha. Estos indicadores y otros factores se han de considerar a la hora de predecir la demanda inicial real y planificar la evolución de los servicios.

En el contexto de RDSI, los equipos no se refieren a un solo equipo específico sino a un grupo de funciones que usualmente pueden ser realizadas por equipos individuales, los equipos estándar son los siguientes:

- Equipo terminal (TE), cualquier pieza de equipo de comunicaciones que cumple con los estándares de RDSI. Algunos ejemplos son teléfonos digitales, equipos terminales de datos de RDSI, máquinas de fax del grupo IV y computadoras de RDSI utilizando por ejemplo las tarjetas EXTOL de RACAL.

- Equipo adaptador de terminal (TA), equipo de conversión de interfase que permite que equipos no RDSI se comuniquen utilizando la red RDSI, equipos como el BRI 2001 de RACAL que provee 1 o 2 puertos de datos en RS232 o V.35 y el equipo DAP 6300 que provee dos puertos de voz y un puerto de datos en RS232 entran en esta categoría.
- Equipos terminadores de red (NT1 y NT2). Los equipos terminadores de red NT1 y NT2 son el borde lógico entre las instalaciones del usuario y la red del proveedor de servicios RDSI, el NT1 Hace las funciones de interfase lógica de conmutación y control del equipo local (señalización local). El NT2 realiza la conversión de interfase física entre equipos distintos de interfaces de red y usuarios. En la mayoría de los casos, un único equipo realiza la interfaz física y lógica, a este equipo se le llama NT12 o simplemente NT.
- Equipo Terminador de Línea (LT), es el punto en el interruptor de la oficina central donde el circuito básico es terminado.
- La interfase R es la interfase física y lógica entre un equipo no RDSI y un adaptador de terminal (TA). La interfaz R no es realmente parte del estándar RDSI; es normalmente un RS232 o un V.35.
- La interfase S es la interfaz física y lógica entre un TE o TA y un NT. La interfase S utiliza 4 hilos y una técnica de transmisión bipolar conocida como "Alternate mark inversión" (AMI). Una característica especial de la interfaz S es la configuración de bus pasivo corto, que permite hasta 8 equipos de RDSI (TE o TA) que compiten por acceso al canal D. Un canal B sin embargo no puede ser utilizado en el mismo tiempo por mas de un equipo.
- La interfase T es la interfaz entre el NT1 y el NT2 esto, cuando estos equipos se instalen en piezas separadas de hardware. La especificación para la interfase T es idéntica a la especificación de la interfase S.
- La interfase U es la interfaz de dos hilos entre el LT y el NT y es la demarcación legal entre el circuito del proveedor de servicios y las instalaciones del usuario. La interfase U se implementa en dos hilos y utiliza un formato cuaternario especial llamado 2B1Q.

VENTAJAS DEL SERVICIO RDSI

	Pantalla de Windows (50 KB)	Transferencia de archivos (1 MB)	Imagen de rayos X (50 MB)
Módem 9600	42 segundos	14 minutos	11.6 horas
Módem 14.4 Kbps	28 segundos	9 minutos	7.7 horas
Módem 28.8 Kbps	14 segundos	4.5 minutos	3.85 horas
RDSI 64 Kbps (1B)	6 segundos	2 minutos	1.7 horas
RDSI 128 Kbps (2B)	3 segundos	1 minuto	52 minutos

Existen además otras ventajas :

RDSI también tiene tiempos cortos de conexión, generalmente menor a un segundo para llamadas locales y hasta 4 segundos para llamadas nacionales. Esta es una gran ventaja sobre las conexiones analógicas, en las cuales el periodo de enlace puede ser de 30 a 45 segundos, en muchas aplicaciones como verificación de tarjetas de crédito el tiempo de conexión es mas largo que la transferencia real de datos.

Existe una técnica llamada SPOOFING que se beneficia de los tiempos cortos de conexión, esta técnica se usa en protocolos "poleados" de datos, los DCE's contestan localmente el poleo a los DTE's, para que esté no viaje por el canal, el canal sólo se usa

cuando realmente hay datos que transmitir. El proceso es completamente transparente para el usuario y con este se pueden alcanzar ahorros considerables en los cargos de la línea.

Dependiendo de los equipos de la oficina central se pueden tener hasta 8 equipos en una línea RDSI, cada uno de estos puede tener el mismo número telefónico y ser identificado por un número adicional o cada equipo puede tener su propio número telefónico, RDSI es capaz de soportar hasta 3 llamadas al mismo tiempo, dos de voz, fax o datos (una en cada canal B) y una llamada de datos en el canal D, todas ocurriendo al mismo tiempo en el mismo canal. Esta es otra ventaja del servicio RDSI, ya que antes quien poseía una línea telefónica, por inconvenientes en el strip telefónico por ejemplo, puede ahora a través de los mismos dos hilos de cobre ya existentes conectar al mismo tiempo una llamada de voz y una llamada de datos de 64 Kbps, e incluso el fax puede tener su propio número, y las llamadas podrán entrar a este tan pronto como termine la llamada de voz o la de datos.

Existen facilidades adicionales como adaptación de velocidad, este es el proceso de adaptar una velocidad menor a los enlaces de 64Kbps de un canal B. Por ejemplo, una PC se puede conectar a través de su puerto serial tal y como lo haría con un módem estándar, si la PC tiene una velocidad máxima de 19.2 Kbps, los datos se adaptarán para ser llevados a los 64 Kbps. Estos son los estándares V.120 y V.110 de la CCITT.

Además con la facilidad del CLI (Caller Line Identification, Identificación de quien llama) es posible configurar los equipos para que solo acepten llamadas de algunos números específicos, si quien llama no está en la lista, no podrá conectarse. Esto es para ser utilizado en seguridad, por ejemplo el puerto de datos de un banco solo debe aceptar llamadas de sus sucursales, y de ninguna forma de un número extraño.

III.1.2) TECNOLOGÍA Y EQUIPOS

SONET/SDH

Transmisores.-

Marca: AMCC modelo: S3043 soporta SONET/SDH, ATM con una interface OC-48 (2.4 Ghz), siendo la frecuencia de referencia de 155.52 Mhz.; permite también el uso de un reloj externo de referencia, con una relación de multiplexación de 16:1 ; soporta también conectores de fibra óptica

Marca: AMCC modelo: S3041 soporta SONET/SDH, ATM con una interface OC-48(2.4 Ghz), siendo la frecuencia de referencia de 155.52 Mhz.; permite también el uso de un reloj externo de referencia, con una relación de multiplexación de 8:1: soporta también conectores de fibra óptica

Receptores.-

Marca: AMCC modelo: S3042 soporta SONET/SDH, ATM con una interface OC-48 (2.4 Ghz), siendo la frecuencia de referencia de 155.52 Mhz.; permite también el uso de un reloj externo de referencia, demultiplexando con una relación de 1:8; soporta también conectores de fibra óptica

Marca: AMCC modelo: S3044 soporta SONET/SDH, ATM con una interface OC-48 (2.4 Ghz), siendo la frecuencia de referencia de 155.52 Mhz.; permite también el uso de un reloj externo de referencia, demultiplexando con una relación de 1:16; soporta también conectores de fibra óptica

Transreceptores.-

Marca: AMCC modelo: S3047 SONET/SDH UNIDAD RECUPERADORA DE RELOJ para sistemas OC-48/STM/16 (2488 Mbps). El S3047 utiliza un circuito PLL, el cual consiste de un detector de fase , un circuito de filtros y un oscilador controlado por voltaje(VCO). Tiene una frecuencia de referencia de 155 Mhz.

Marca: AMCC modelo: S3040 SONET/SDH UNIDAD RECUPERADORA DE RELOJ para sistemas OC-48/STM/16 (2488 Mbps). El S3047 utiliza un circuito PLL, el cual consiste de un detector de fase , un circuito de filtros y un oscilador controlado por voltaje(VCO). Tiene una frecuencia de referencia de 155 Mhz. opcional

Marca: AMCC modelo: S3033 SONET/SDH, ATM OC-12 , soporta interface de 155.52 Mhz. (OC-3) y de 622 Mbps(OC-12). Cuenta con un selector de frecuencias de 19.44, 38.88, 51.84 o 77.76 Mhz. Permite el uso de un reloj externo de referencia.

Marca: AMCC modelo: S3029 SONET/SDH, ATM 155 Mbit/s recibe 4 señales STS-3/STM-1 y una señal de reloj para los datos de 155 Mhz.; soporta también una frecuencia de referencia de 19.44 o 51.84 Mhz.

Marca: AMCC modelo: S3030B E4/STM-1/OC-3 ATM soporta tasas de transmisión de 139.264 Mbps (E4) y 155.52 Mbps (OC-3). Soporta interfaces con inversión de señal codificada (CMI) de 139.264 Mbps y 155.52 Mbps. Las frecuencias de referencia para OC-3 son de 19.44 y 38.88 Mhz. Y para el E4 son de 17.408 y 34.816 Mhz.

Marca: AMCC modelo: S3032 SONET/SDH, ATM OC-3/12 soporta interfaces OC-3 (155.52 Mbps) y OC-12 (622.08 Mbps). Tiene selector de frecuencias de referencia de 19.44, 38.88, 51.84 o 77.76 Mhz.

Marca: AMCC modelo: S3035 SONET/SDH, ATM OC-3/12 soporta interfaces OC-3 (155.52 Mbps) y OC-12 (622.08 Mbps). Tiene selector de frecuencias de referencia de 19.44, 38.88, 51.84 o 77.76 Mhz. Cuenta también con entradas de recepción redundantes y salidas de transmisión redundantes.

Multiplexores/Demultiplexores

Marca: ALCATEL modelo: 1603SE OC-3 SONET las interfaces de recepción incluyen OC-3, DS-3, STS-1 y DS-1, tiene 24 DS1 o 2 DS3/STS-1 por anaquel. Conexión cruzada integrada para VT1.5 y STS-1.

Marca: ALCATEL modelo: 1630CSX Compat SONET Cross Connect. El anaquel soporta entradas y salidas para DS-1, E1 y DS-3 con pequeñas combinaciones. Soporta el protocolo TL1 y opcionalmente llega a soportar STS-1 y OC-3.

Marca: ALCATEL modelo: 1633SX SONET, STS-1 esta basado en una conexión cruzada de STS-1, la cual termina con una mezcla de DS-3, STS-1, e interfaces OC-N hasta un equivalente de 4096 DS-3

Marca: ALCATEL modelo: 1631SX SONET, VT1.5 se basa en una conexión cruzada de VT1.5, la cual termina con una mezcla de DS-1, E1, DS-3 y STS-1 e interfaces OC-N equivalentes a 2,688 en capacidad a un STS-1

Marca: AMCC modelo: S3045 SONET/SDH, desde OC-48 hasta OC12 soporta funciones de multiplexación/demultiplexación para STS-12/STM-4 hasta STS-48/STM-16. Calcula opcionalmente e inserta un byte de paridad.

Sistema de transporte.-

Marca: ALCATEL modelo: 1648SM SONET, OC-48. Este sistema soporta una mezcla de interfaces DS-3, STS-1, OC-3/3C y OC-12/12C soporta todas las configuraciones estándar incluyendo la de terminal, multiplexor de subida y bajada, repetidor, transmisor unidireccional, transmisor bidireccional y concentrador óptico. El rango máximo de administración de carga útil es un STS-1.

Marca: ALCATEL modelo: 16192SM SONET, OC-192. Soporta hasta 20 Gbps de ancho de banda, proporcionando así una capacidad de 8 tiempos para un canal sencillo de un sistema OC-48. Este sistema de arquitectura flexible permite la asimilación de periodos

de tiempo (TSA), intercambio de periodos de tiempo (TSI), arreglos de tributaria a tributaria y protección de los periodos de tiempo.

Marca: ALCATEL modelo: 1603/12SM SONET, OC-3/12. Soporta todas las configuraciones para un OC-3 o un OC-12, por lo tanto puede ser terminal, transmisor, concentrador, multiplexor de subida/bajada y repetidor. En servicio puede cambiarse de OC-3 a OC-12, tiene una conexión cruzada integrada para VT1.5 y STS-1. Utiliza fibra óptica para transmitir y puede ser unimodo o multimodo y los conectores son FC/PC o SC

ATM

Conmutadores.-

Marca: 3COM modelo : EC36170. La plataforma de este conmutador ofrece múltiples tasas(desde un T1 hasta un OC-12c) ofreciendo servicios de ATM y soporta también Frame Relay, por lo que transmite tanto voz como datos. También ofrece protección redundante en la conmutación, control, proceso de llamada, línea e interfaces de troncales.

Marca: 3COM modelo : S330 y S310. El conmutador S330 ofrece bajo costo en multiplexaje inverso para nxT1/E1 para acceso ATM, soporta hasta 4 interfaces de red T1/E1 y aumenta su velocidad hasta 8 Mbps. Esta es la perfecta solución para oficinas de mediano requerimientos en el ancho de banda y que no excedan el acceso T3/E3.

El conmutados S310 es ideal para las oficinas de pequeños a medianos requerimientos de ancho de banda, proporcionando a bajo costo una línea T1/E1. Ranuras de expansión son incluidas existiendo así la posibilidad de agregar voz y vídeo. Cuando con el ancho de banda requieren un incremento, un software de actualización permite aumentar las ventajas en la capacidad de velocidad hasta llegar a ser similares a las del conmutador S330.

Marca: 3COM modelo : S700. Este conmutador concentra, agrega y conmuta el tráfico sobre redes de área amplia (WAN). Distribuyendo de forma sofisticada voz , vídeo y aplicaciones de datos (Incluyendo Retransmisión de tramas, ATM y SONET) dentro de redes comunes. Soporta hasta 100 interfaces y ofrece alta resistencia, siendo así ideal para centrales de datos de una red WAN, para oficinas centrales y para los concentradores de red. La arquitectura de este conmutados es capaz de soportar la mayor parte de las nuevas aplicaciones incluyendo interfaces tales como T1/E1, DS3, OC-3c/STM-1 y ethernet.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 36150. Es un conmutador de acceso ATM que brinda un acceso integrado total, conmutación y control de datos combinados, imágenes, voz y comunicaciones de video. Interfaces de transmisión OC-3, STM-1, T3, E3, T1, E1, UNI/NNI, interfaces de servicio Ethernet, Token Ring, FDDI, T1, E1, CVR, LATM, Vídeo/NTSC/PAL. Su matriz de conmutación es escalable ya que se expande de 4 a 16 puertos, cada uno operando hasta 155 Mbps.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: Main Street 36170. Es un conmutador de red de conmutación central ATM A12.8Gbps, ideal para redes de comunicación central soportando servicios múltiples. Interfaces T3, E3, OC-3, STN-1, UNI. Sus interfaces de

red son TT3, E3, STM-1, OC-3, STM-4 y OC-12. Su matriz de conmutación es escalable y sin bloqueo a 12.8 Gbps con redundancia opcional

Marca: NEWBRIDGE Modelo: VIVID. El conmutador de trabajo en grupo ATM VIVID incrementa el desempeño y escalabilidad de las LAN actuales al tiempo que simplifica el diseño y la configuración de la red. Soporta grupos de trabajo de alto desempeño ejecutando aplicaciones de multimedia que combinan vídeo, voz, imagen y comunicaciones de datos en tiempo real. Conmuta ATM de 1.6 Gb sin bloqueo, tiene 12 puertos de usuario (155 Mbps) ATM(OC-3) de fibras multimodo STS-3c/STM-1 Multiplexores

Marca: 3COM modelo: 6200. Un amplio rango de interfaces hace que soporte el tráfico de una corporación de una forma efectiva y a bajo costo. Soporta hasta 4 troncales T3, 84 T1, 84 DSU virtuales y 24 conexiones multiplexadas inversas a alta velocidad. Este producto soporta voz, vídeo e integración de datos y por las opciones flexibles en sus troncales la hace ideal para redes de una corporación con requerimientos de alta velocidad.

Marca: 3COM modelo: 6100 multiplexor inverso T1/E1. Ofrece actividades de ruteo a alta velocidad, vídeo y canales de extensión con líneas T1/E1 permitiendo así proporcionar hasta un ancho de banda de 10/11 Mbps para las aplicaciones de una red WAN sin necesidad de aumentar los costos. Soporta el estándar de Ethernet 10Base-T (AUI, RJ-45) con un puente Ethernet, e interfaces seriales(HSSI, V.35, y RS-449/X.21) asegurando así una conectividad directa al equipo existente.

ETHERNET RÁPIDO

Concentradores:

Marca: 3COM modelo: SUPERSTACKII Dual Speed hub 500 tiene 26 puertos y pueden ser conectadas hasta 8 unidades para proporcionar un total de 208 puertos. Maneja Fast Ethernet de 100 Mbps con la flexibilidad de conectar al mismo tiempo dispositivos ethernet a 10 Mbps, su capacidad de autosenso proporciona un soporte transparente para conexiones de 10 y 100 Mbps ya que este detecta automáticamente la velocidad a la cual esta siendo enviada. Incluye líneas resistentes, una alta capacidad de soporte y fuentes de poder opcionales.

Marca: 3COM modelo: SUPERSTACKII hub 100 esencialmente la conectividad siempre es de 100 Mbps y por lo tanto el funcionamiento de la red es significativamente mejor, este concentrador esta disponible esencialmente para dos tipos de cable 100Base-TX (12 y 24 puertos opcionales) o 100Base-T4 (12 puertos solamente)

Marca: 3COM modelo: SUPERSTACKII hub 1000 SX es un repetidor que soporta redes con un ancho de banda hasta de 1000 Mbps, no requiere de una administración compleja. Es ideal para actualizar conexiones de servidores 10/100 Mbps, agregando los conmutadores 10/Mbps a una re back bone, para asi lograr una distribución a los usuarios de un ancho de banda de 1000 Mbps. Soporta varios tipos de medios de transmisión

(fibra multimodo, fibra monomodo y cable coaxial. También puede implementarse un sistema ethernet punto a punto con velocidad de Gbps.

Conmutadores.-

Marca: CABLETRON modelo: SmartSwitch 9000 incluye 3 módulos de conmutación de diferentes modelos:

1) Los módulos de conmutación de ETHERNET rápido son: 9H421-12, 9H422-12, 9H429-12

a)El módulo 9H421-12 tiene 12 puertos con conector SC para fibra multimodo 100BaseFX

b)El módulo 9H422-12 tiene 12 puertos de Ethernet Rápido (11 con RJ45 100BaseTX y 1 FE-100XX)

c)El módulo 9H429-12 tiene 12 puertos de Ethernet Rápido (12 con conectores SC para fibra de modo sencillo 100BaseFX)

2) El módulo 9H423-26 tiene 26 puertos de Ethernet Rápido

9H423-26 conmutador tanto para ETHERNET como para ETHERNET rápido, trabaja a 10/100 Mbps

En el panel frontal ofrece 24 puertos fijos de conmutación de 10/100 Mb con conectores RJ21 Telco de categoría 5, y 2 puertos de conmutación de 100 Mb con conectores SC para fibra multimodo

3) El módulo 9H423-28 tiene 28 puertos de Ethernet Rápido

9H423-28 conmutador tanto para ETHERNET como para ETHERNET rápido, trabaja a 10/100 Mbps

ofrece 2 interfaces telco RJ71 para un total de de 24 puertos de Ethernet, 2 conectores RJ45 de categoría 5 con par trenzado soportando ethernet rápido 100BaseTX, una interface con conector SC para fibra multimodo soportando ethernet rápido 100Base FX y un puerto de ethernet rápido configurable por el usuario para cualquiera de las siguientes interfaces; par trenzado con un conector RJ-45, fibra óptica monomodo con conector SC o fibra multimodo con conector SC.

MARCA: Cabletron MODELO: Smart Stack

Tiene 25 puertos para par trenzado con conector RJ-45 10BaseT y un puerto para cable de categoría 5 para 10/100 con conectores RJ-45 100Base-TX para ethernet rápido.

MARCA: Cabletron MODELO: Smart Stack 10/100 Mbps.

16 puertos con conectores RJ-45 con puertos de configuración automática de 10/100 Mb, utilizando una interface de 2 x 100Base-FX.

MARCA: 3COM modelo: COREBUILDER 5000 (modulo de conmutación). Soporta hasta 8 modulos de conmutación cada uno de 24 puertos, asegurando así suficiente ancho de banda para las aplicaciones dela red. Con cada modulo que se agrega al chasis

COREBUILDER se agrega funcionalidad por la cual se incrementa la capacidad de puertos. Usa conectores estándar TELCO (RJ-21), también soporta hasta 24 puertos de par trenzado en un puerto sencillo. Soporta protocolos como el IEEE 802.3, IEEE 802.1d SNMP RFC 1157, telnet(via DMM) RFC 854; TFTP RFC 1350; ARP RFC 826; SLIP (via DMM) RFC 1055.

FRAME RELAY

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3600. Es un nodo de red inteligente y flexible que combina las funciones de un banco inteligente de canales, un conmutador de interconexión digital y un multiplexor integrado de voz y datos. Tiene capacidad para hasta 32 interfaces T1/E1. La matriz de conmutación es sin bloqueo de 64 Mbps, tiene hasta 16 ranuras de tarjetas universales (32 T1/E1). Sus interfaces de voz son LGS, LGE, MRD y E&M y las interfaces de datos son RS-232, RS-530, RS-449, V.24, V.35, V.36 y X.21. Conversión T1/E1 simétrica.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3645. Es la versión de alta capacidad del MainStreet 3600. Tiene soporte integral para interfaces de alto orden, como T3 y E3, y capacidad hasta 256 interfaces T1/E1. La matriz de conmutación es sin bloqueo para 512 Mbps. Soporta hasta 128 ranuras de tarjetas universales (256 T1/E1), hasta 8 DS-3s redundantes, 16 E3s redundantes. Las interfaces de voz son LGS, LGE, MRD y E&N y las interfaces de datos son RS-232, RS-530, RS-449, V.24, V.35, V.36 y X.21. Conversión T1/E1 simétrica.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 36120. Proporciona conmutación de circuitos y paquetes de alta velocidad en una plataforma individual, cuenta con la extensa capacidad para la conmutación de circuitos de los administradores del ancho de banda MainStreet 3600/3645 y la capacidad de conmutación de retransmisión de tramas para más de 1000 tramas por segundo. Además proporciona interconexión de retransmisión de tramas-ATM utilizando la unidad de interconexión FRATM. Su capacidad de conmutación es de 512 Mbps y soporta hasta 128 interfaces T1/E1 (o equivalentes). Administra congestión basada en los estándares y proporcionando ráfagas sostenidas más allá de la velocidad de información entregada.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: Main Street 3500. Brinda acceso a ancho de banda dedicado o conmutado. Permite construir redes que manejen eficientemente los costos para cargas de tráfico normales, con la flexibilidad de acceder un ancho de banda extra para cargas de trabajo pico. Proporciona acceso conmutado para aplicaciones de uso ocasional con grandes requerimientos de ancho de banda y acceso conmutado para sobre flujo del tráfico pico, alivio del congestionamiento de la red y respaldo de la red. Da acceso a T1, FT1, E1, X.21, V.36, ISDN PRI y BRI, ISDN multi-tasa y RS-530. Brinda multiplexaje inverso y codificación (T1, E1, V.35 y X.21); Asigna dinámicamente el ancho de banda.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3620. El Main Street 3620 maneja los requerimientos de interconexión de red de sucursales al combinar las características de multiplexaje de voz y datos de la línea de productos MainStreet. Tiene hasta 24 interfaces de voz 48 de datos, también 6 ranuras, un T1 agregado, interfaces de voz E&G, LGS, LGE, MRD, interface tributaria T1(DSX-1) hacia un PBX, interfaces de conexión directa de datos RS-232, X.21 y V.35. Maneja velocidades de datos de n*64 Kbps hasta

1536 Kbps (V.35/X.21). Puede aplicarse como alimentador de comunicación troncal corporativa, alimentador de retransmisión de tramas y X.25.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3624. Es un versátil multiplexor T1 que ofrece un amplio rango de interfaces de voz y datos. Se utiliza como acceso T1 para aplicaciones que requieren una alta capacidad de salida, como alimentador de conmutación central corporativa, como interconexión de red punto a punto y como nodo de acceso integrado. Tiene hasta 24 interfaces de voz o 96 de datos, 12 ranuras, 1 T1, interfaces de voz E&N, LGS, LGE, MRD, interface tributaria T1(DSX-1) hacia un PBX, interfaces de conexión directa de datos RS-232, X.21 y V.35 y maneja velocidades de datos de n*64Kbps hasta 1536 Kbps (V.35/X.21).

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3630. Es un versátil multiplexor de velocidad primaria de inserción. Soporta 2 enlaces T1 o E1 y proporciona funcionalidad DDS y SW56. Se utiliza como alimentador de comunicación central corporativa, como multiplexor de banda angosta punto a punto y como tandem o nodo final en redes privadas de banda angosta. Tiene hasta 32 interfaces de voz o 128 de datos, 2 T1 o E1 agregados, interfaces de voz E&N, LGS, LGE, interfaces de conexión directa de datos RS-232/V.24, X.21 y V.35, 8 canales de puento de conferencia de voz digitales, y maneja velocidades de datos de n*64Kbps hasta 1920 Kbps para interfaces de conexión directa X.21 y V.35.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3606. Es un multiplexor compacto de alto desempeño para voz, fax y datos. Existe una variante de este modelo unicamente para datos. Es utilizado como multiplexor de banda angosta punto a punto, como alimentador de banda angosta a las redes de comunicación central corporativas y como puente de datos multipunto. Tiene dos interfaces de voz y 4 o hasta 6 interfaces de datos, un V.35 o X.21 agregado de hasta 256 Kbps, interfaces RS-232/v.24 configurables para velocidades de hasta 38.4 Kbps, Fax G3 de hasta 9.6 Kbps, compresión de voz, multiplexaje sub-tasa, eficiencia del ancho de banda del 98% y unidad de servicios de datos integrales (DSU).

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 3612. Es un multiplexor de voz y datos muy flexible que proporciona conexión a servicios de líneas privadas, euro-ISDN, SOFV y INSNET. Se utiliza como multiplexor de banda angosta punto a punto, como tandem o nodo final en redes privadas de banda angosta, como alimentador sub-tasa para redes de comunicación central corporativa y como dispositivo de acceso a servicios conmutados. Tiene hasta 12 módulos de internase de voz o datos del cliente, hasta 4 S/T-BRI ISDN o V.35 o X.21 agregados con velocidades de hasta 512 Kbps cada uno, compresión Modulación por Codificación de pulsos diferencial adaptado (por sus siglas en inglés ADPCM) y HCV (voz de alta capacidad), soporte para fax G3, también para AC15, también tiene interfaces de voz E&M, LGS, LGE, MRD, y para datos RS-232, X.21, V.35, S-BRI ISDN y multiplexaje por adaptación de velocidad y sub-tasa.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 1600. La familia Main Street 1600 de adaptadores de terminal ISDN conectan los dispositivos del cliente a las líneas de suscriptores de velocidad básica en una ISDN pública. Se utiliza para videoconferencias, interconexión de redes LAN sobreflujo de redes, respaldo de redes, reemplazo de modems y teleconmutación. Tiene dos puertos, marcado automático, marcado con código corto, administración remota para marcado e inicio de sesión y es compatible con NET 3 y AT&T.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: Main Street 1621. Monitorea las líneas privadas y conmuta el tráfico a la ISDN si ocurre una falla. Se utiliza para protección de sobreflujo de la red, como protección de respaldo, como alternativa en costo para respaldo de líneas privadas dedicadas y como alternativa de alta calidad para respaldo de modems baratos. Tiene monitoreo de líneas privadas de 64 y 128 Kbps, respaldo sencillo o dual de líneas privadas, modo de detección programable, configuración remota, estadísticas y diagnósticos, revisión de la integridad ISDN, protección de la derivación durante fallas de alimentación.

Marca: NEWBRIDGE Modelo: MainStreet 2614. El MainStreet 2614 adapta una amplia variedad de tipos de tráfico de datos a redes NEWBRIDGE basadas en retransmisión de tramas. Ofrece una alta eficiencia para transporte asíncrono y proporciona una migración sencilla hacia los servicios de retransmisión de tramas. Se utiliza para transporte de datos asíncronos, para adaptación a velocidades de retransmisión de tramas y como concentración de accesos remotos. Tiene un puerto DNIC soporta una cadena de retransmisión de tramas a velocidades de hasta 64Kbps, 4 interfaces RS-232 de configuración independiente para tráfico asincrono (encapsulado sobre retransmisión de tramas) o retransmisión de tramas (velocidad adaptada) y por último se puede tener una instalación central montada en repisas que proporciona 48 puertos asincronos de baja velocidad por gabinete para DTU de retransmisión de trama insertables.

Marca: NEWBRIDGE Modelo MainStreet 3601. El MainStreet 3601 proporciona acceso económico a las redes de retransmision de tramas para puertos principales SDLC, controladores de cluster, PAD X.25, puentes LAN, ruteadores y otro equipo del cliente. Se utilizan como nodo de acceso de retransmisión de tramas flexible y es eficiente en costo para instalaciones SNA, También es utilizado como acceso punto a multipunto y para instalación de DDS terminal de 56 Kbps. Cuenta con soporte para SDLC(encapsulado sobre retransmisión de tramas, SLIP, PPP con IP y HDLC/X.25(encapsulado sobre retransmisión de tramas), también tiene muestreo local inteligente para SNA sobre retransmisión de tramas para reducir el desecho de tramas

III.2 TECNOLOGIAS DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

CONMUTACION DE CIRCUITOS

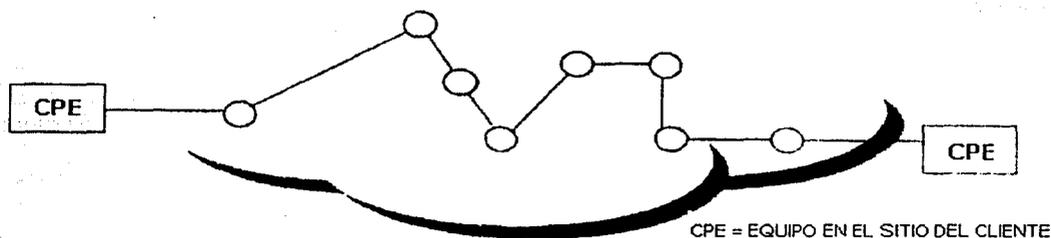


Figura 3.9 Conmutación de Circuitos.

Conmutación de Circuitos.- El modo de transferencia denominado conmutación de circuitos ha sido usado ampliamente en redes telefónicas. Siempre debe existir una conexión (circuito) entre el origen y el destino. Antes del inicio de la transferencia de información, el circuito permanece establecido por el tiempo que dura dicha transferencia de información.

Está basado en el principio TDM (multiplexación por división de tiempo), lo que lo hace inflexible a requerimientos de cambio de velocidad por parte de los usuarios.

CONMUTACION DE CIRCUITOS DE VELOCIDAD VARIABLE (MRCS)

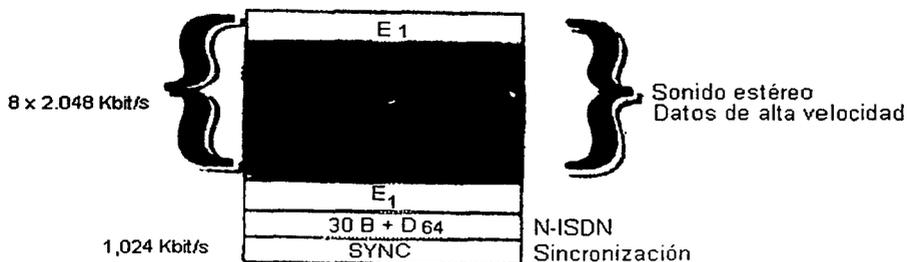


Figura. 3.10 Conmutación de Circuitos de Velocidad Variable.

Conmutación de Circuitos de Velocidad Variable.- La conmutación de circuitos de velocidad variable (por sus siglas en inglés MRCS), surge como una forma de solucionar la inflexibilidad de la conmutación de circuitos.

Esta basada en canales de velocidad fija como en la conmutación de circuitos; sin embargo, se pueden obtener canales con velocidades iguales a múltiplos de la velocidad del canal básico ($n(n \geq 1)$), obteniéndose un mapeo más eficiente del ancho de banda disponible, pero con ciertas limitaciones determinadas por la elección de los canales.

Los conmutadores MRCS resultan muy complejos, ya que deberán conmutar independientemente cada canal para cada velocidad específica.

Conmutación de Circuitos Rápidos.- La conmutación de circuitos rápidos (por sus siglas en inglés **FCS**), es una técnica que busca extender las ventajas de la conmutación de circuitos basándose en la naturaleza fluctuante y en ráfagas de tráfico de voz y de datos.

Los recursos en la red FCS son puestos cuando la información es enviada y retirados cuando no hay información que enviar. Esta técnica demanda gran complejidad en los nodos de conmutación para asignar dinámicamente los recursos requeridos. Presenta el inconveniente de que el sistema FCS no sea capaz de satisfacer requerimientos simultáneos de usuarios, debido a que no cuenta con suficientes recursos (canales).

Uno de los servicios de mayor empuje en la industria de las telecomunicaciones en los años 90's es el de las comunicaciones personales. Los sistemas de transmisión síncrona están esencialmente para la implantación de tales servicios.

Aunque el tráfico de voz todavía domina hoy en las redes, la demanda de otros servicios sofisticados está creciendo muy rápidamente. En las redes actuales, diferentes tipos de tráfico son transportados por distintas tecnologías de red.

La actual RDSI de banda angosta es el principio de una red integrada verdaderamente. Sin embargo, hay muchos servicios emergiendo, tales como transferencia de imagen de alta resolución, requiriendo incluso más ancho de banda. Una RDSI de banda ancha es planeada y subformada por el comité de Investigación y Desarrollo de la Comunicación Avanzada en Europa (por sus siglas en inglés RACE) y en el Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (por sus siglas en inglés CCITT), que a diferencia de la RDSI de banda angosta transporta estos servicios en las interfaces de los usuarios a razones de cientos de Megabits por segundo

El reto es encontrar un medio para transportar estos servicios múltiples de una manera rápida y eficiente. La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), La Televisión de Alta Definición (HDTV), Las Redes de Area Local (LAN), Las Redes de Area Metropolitana (MAN), y otras aplicaciones han sido diseñadas para operar a velocidades de hasta 600 Mbps y tal vez más. La mayoría de estos servicios dependen de la implantación a gran escala de una red de banda ancha totalmente digital.

El poder tener acceso a la red es solamente el inicio del reto; los esquemas de transporte actual están basados en una jerarquía plesiócrona en donde cada señal opera a una frecuencia ligeramente diferente. Esto requiere que el flujo completo de transmisión sea desensamblado y re-ensamblado cada vez que se derivan o agregan las señales transportadas, lo cual repercute en ineficiencia, especialmente a velocidades de transmisión mayores.

El aumento de capacidad requiere de un mayor control de la red; en este caso el monitoreo centralizado y la configuración remota son esenciales para la operación eficiente de una red digital de alta velocidad; y en el caso de una falla, la red debe ser

capaz de reaccionar automáticamente y continuar funcionando hasta que el problema sea resuelto. Todas las características anteriores son conformadas en RDSI de banda ancha apoyándose en las siguientes tecnologías:

- Jerarquía Digital Plesiócrona (JDP o por sus siglas en inglés PDH), Jerarquía Digital Síncrona (JDS o por sus siglas en inglés SDH/SONET).
- Modo de Transferencia Asíncrono (MTA o por sus siglas en inglés ATM).
- Retransmisión de Tramas (Frame Relay).
- Ethernet Rápido (Fast Ethernet).

III.2.1 RED ÓPTICA SÍNCRONA/JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SONET/SDH), JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)

JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA (JDP O POR SUS SIGLAS EN INGLÉS PDH)

A principios de los años 60's, todos los sistemas de transmisión y conmutación eran analógicos. En este periodo, se usaba la transmisión por código de pulsos (PCM), para transformar las señales analógicas de voz en señales binarias. El principal problema fue tener demasiados pares de alambre en las calles, así como la dificultad para introducir nuevos. Usando dos pares de alambres en transmisión digital se podrían tener varios canales de voz con mejor calidad que en los sistemas analógicos.

Fue en Nueva Jersey, cinco años después que nace el llamado DS-1 (Señal Digital de Jerarquía 1), ésta contiene 24 canales de voz y un bit de sincronía de trama. Como cada canal de voz necesita un flujo de 64 Kbps (que es lo necesario para llevar 8000 muestras codificadas en un byte, suponiendo un ancho de canal de 4 KHz. , de acuerdo con la ley de Nyquist) su velocidad es de 1.544 Mbps.

Unos años más tarde, en 1968, los europeos ponen un estándar similar: 30 canales de voz, 1 canal para sincronía de trama y otro para señalización. En total 32 canales de 64 Kbps, para un total de 2.048 Mbps. A ésta señal se le llama E-1, ensamblando esto en grupos, se forma la jerarquía europea:

JERARQUIA	No. EQUIVALENTE DE E-1	VELOCIDAD (Mbps)
E-2	4	8
E-3	16	34
E-4	64	140
E-5	256	565

Tabla 3.5

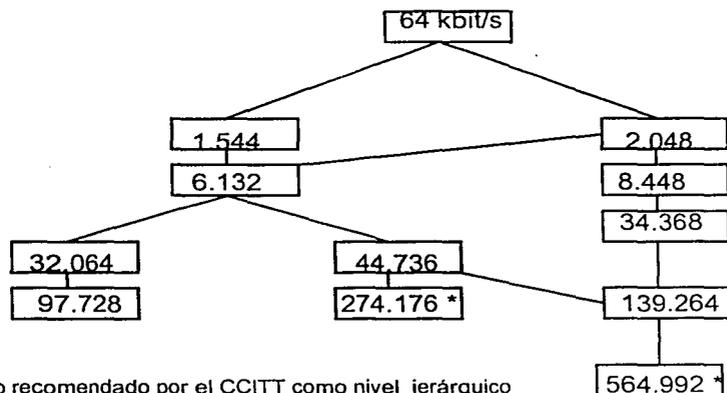
La jerarquía norteamericana es similar pero menos regular. A cada paso el multiplexor tiene que tomar en cuenta el hecho de que los relojes de los tributarios son ligeramente diferentes, para esto se desarrolló la Jerarquía Digital Plesiócrona (Plesio prefijo griego que significa casi). Cada reloj trabaja en un determinado rango de velocidad, sobre la base de esto, el multiplexor leerá a cada tributario, a la velocidad máxima del rango en que trabajan los relojes y cuando no existan bits en el buffer de entrada (debido a que los bits llegan a velocidad menor), adicionará bits de relleno para acondicionar la señal, a este reloj de velocidad máxima.

Es evidente que también se tendrá el proceso inverso en el demultiplexor, es decir si ha efectuado el mecanismo de rellenado de bit en algún tributario, esos bits no se tomarán típicamente, en las redes existentes, se utiliza una tecnología sencilla de transmisión punto-a-punto para enlazar los conmutadores de red o la ubicación del cliente. Por ejemplo, puede multiplexarse hasta 2 Mbps, la señal de 140 Mbps completa debe multiplexarse. Esto necesita un juego completo de multiplexores en cada extremo del enlace de transmisión. Este también es el caso para sistemas propietarios de transmisión por fibra óptica a velocidades más altas. Este arreglo multiplexar-demultiplexar es muy caro, cuando en la práctica solo algunas de las señales de orden inferior necesitan conmutarse.

CARACTERISTICAS DE LAS SEÑALES PDH

Velocidades de Transmisión

En PDH las velocidades de transmisión de los niveles jerárquicos consecutivos no guardan una relación en la que exista un factor de multiplexaje puramente integral (es decir, mediante números enteros). Sin embargo en lo que sí existe una relación o factor de multiplexaje integral es en el número de canales de 64 Kbps que constituyen la capacidad de transmisión de dichos niveles jerárquicos consecutivos. (fig. 3-11)



* = no recomendado por el CCITT como nivel jerárquico

Figura 3.11 Velocidades de transmisión para PDH.

Procedimientos o Método de Multiplexaje

En este caso, solamente los canales básicos de 64 Kbps están multiplexados a nivel de "byte" para conformar la señal multiplexada de primer orden. A partir de ahí el multiplexaje de todas las demás señales tributarias que forman las jerarquías de orden superior se realiza a nivel de "bit". (fig.3-12)

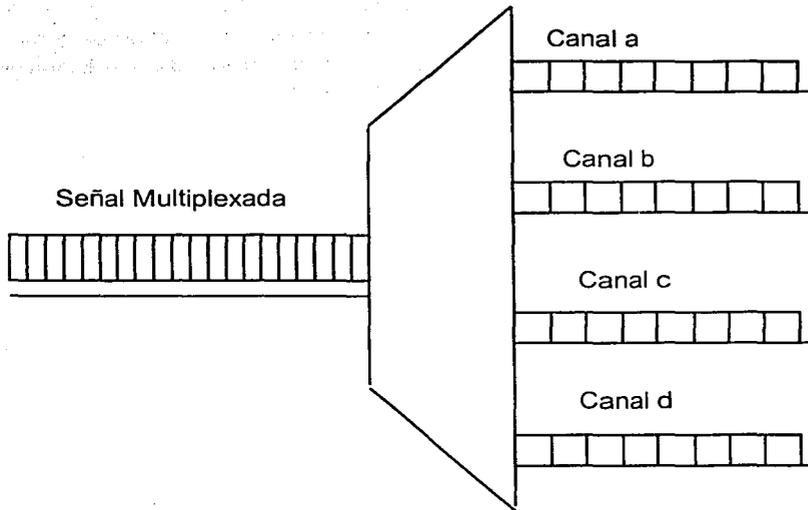
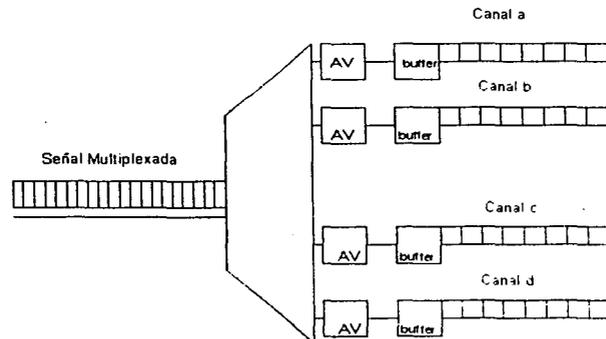


Figura 3.12 Multiplexaje a nivel de bit.

Adaptación de las velocidades de transmisión.

Antes de efectuarse el multiplexaje de las señales tributarias de orden superior, las velocidades de transmisión de las mismas deben "igualarse" mediante el uso de bits de justificación que se añaden en los momentos necesarios (justificación positiva), por lo que no existe una relación de fase específica entre las tramas de la señal múltiple producida. (fig. 3.13).



AV = Adaptación de velocidad

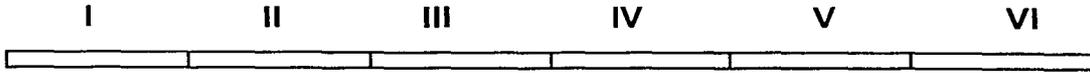
Figura 3.13 Multiplexaje Plesiócrono.

Estructuras de Trama.

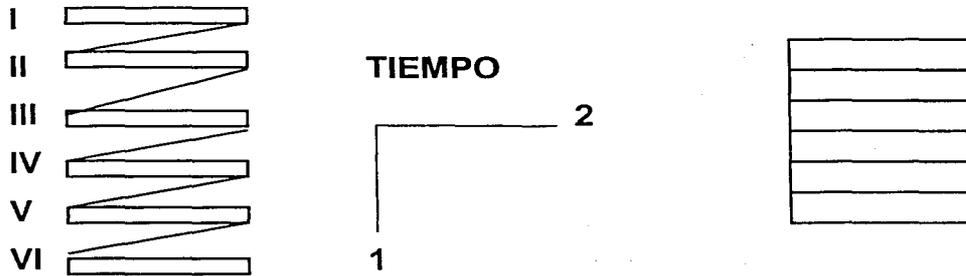
La presentación gráfica de las estructuras de trama puede ser llevada a cabo de diversas maneras, dependiendo de la complejidad misma de la trama. (Fig. 3-14). Existen diferentes estructuras y longitudes de trama para cada nivel jerárquico. (fig. 3-15)

1. lineal

tiempo _____



2. bidimensional



3. tridimensional

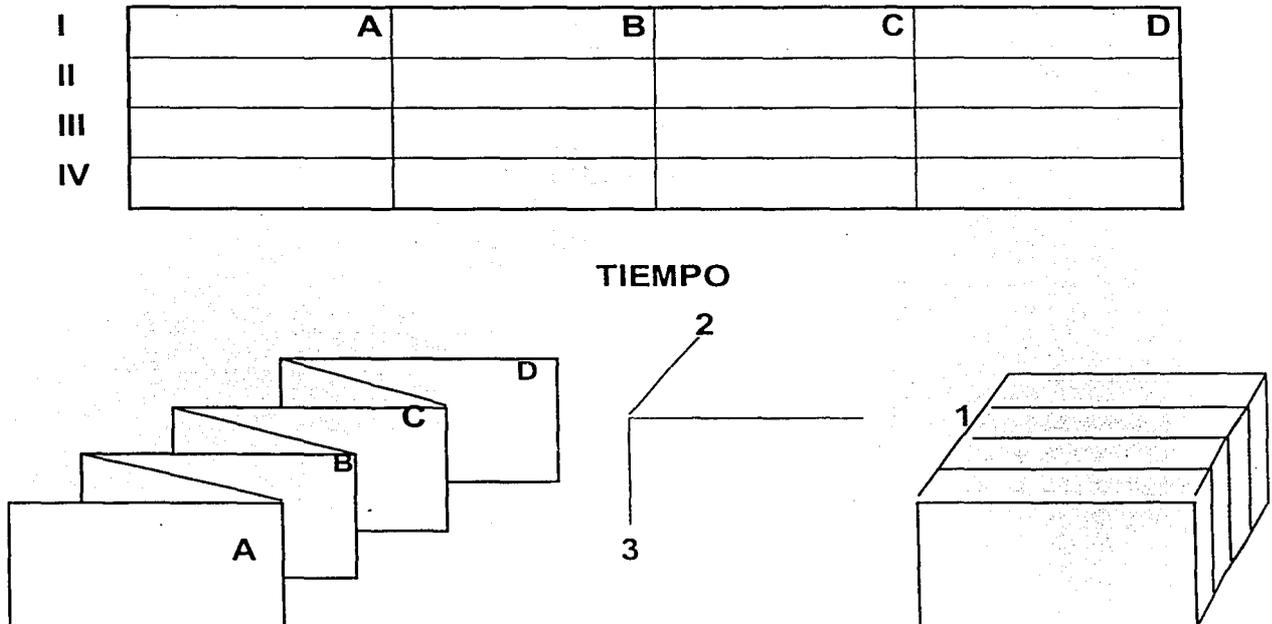


Figura 3.14 Representación gráfica de las estructuras de trama.

MUX 2/8, 848 Bits, 100.4 us

10 2

Set I	FAS			200 I
Set II	C			208 I
Set III	C			208 I
Set IV	C	S		204 I
	4	4		

MUX 8/34, 2536 Bits, 44.7 us

10 2

Set I	FAS			372 I
Set II	C			380 I
Set III	C			380 I
Set IV	C	S		376 I
	4	4		

MUX 34/140, 2928 Bits, 21 us

12 4

Set I	FAS			372 I
Set II	C			380 I
Set III	C			380 I
Set IV	C			380 I
Set V	C			380 I
Set VI	C	S		376 I
	4	4		

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MUX 140/565, 2688 Bits, 4.76 us

12

Set I	FAS		372 l
Set II	C		380 l
Set III	C		380 l
Set IV	C		380 l
Set V	C		380 l
Set VI	C		380 l
set VII	O	S	376 l
	4	4	

FAS = Frame Alignment Signal = Señal de alineamiento de trama

OH = Overhead Bits = Bits de encabezado

C = Justification Control Bits = Bits de control de justificación

S = Justification Opportunity = Opción de justificación

Figura 3.15 Estructuras de Trama en PDH.

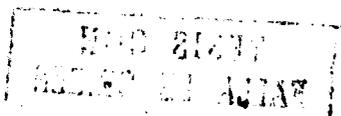
Alineación de Trama.

En las Interfaces intermedias de Nodo de Red o NNIs (Network Node Interface), no es necesaria la alineación con la trama de la señal de interfaz.

Inserción y Extracción (Add/Drop)

Debido a las diferencias en las estructuras de trama y al uso de bits de justificación, no es posible tener acceso directo a la información a velocidades de transmisión de los niveles jerárquicos de orden menor. La extracción de una velocidad de transmisión menor solamente puede ser llevada a cabo cuando la señal de orden superior es demultiplexada nivel por nivel hasta llegar a la señal tributaria de más bajo orden (2.048 Mbps).

Existen dos problemas con la jerarquía plesiócrona, desde el punto de vista de redes sincronizadas. El primero es que para sacar o insertar (Esta operación es llamada Add/Drop) una trama de bajo nivel jerárquico de una trama de alto nivel jerárquico, por ejemplo sacar o insertar tramas E-1 de una E-4, se necesitan realizar todas las operaciones de las tres etapas de multiplexación para formar la trama E-4, como se muestra en la figura 3.16.



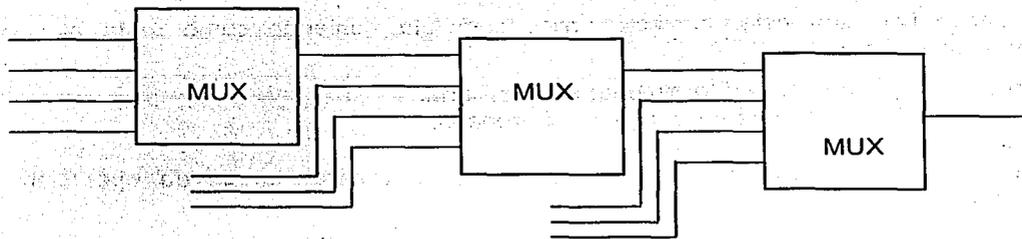


Figura 3.16 Esquema de multiplexación para formar E-4 a partir de E-1's.

Otro problema es que estas etapas de multiplexación crean una red en la cual, la medida de desempeño, el reencaminamiento de señales después de fallas en la red y el manejo remoto de elementos de red son extremadamente difíciles de hacer.

Un nuevo esquema de multiplexaje usado en la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) nace a principios de los 80's. Este es definido en las recomendaciones de CCITT, y la versión para EUA, especificada por el Instituto de Estándares Nacional de América (por sus siglas en inglés ANSI) llamada Red Óptica Síncrona (SONET por sus siglas en inglés). A continuación se listan algunos de los documentos publicados con relación a esto:

Recomendaciones de CCITT (SDH)			Estándar ANSI de SONET		
Documento	Tema	Año	Documento	Tema	Año
G.707 a G.709	Velocidades y formatos	1988	T1.105	Velocidades y formatos	1991
G.781 a G.784	Funciones de Equipo	1990	T1.106	Parámetros ópticos	1988
G.957	Interfaces ópticas	1990	T1.117	Parámetros ópticos	1991
G.958	Sistemas de Línea	1990	T1.118	OAM&P	1993
G.803	Arquitectura de red	1993	Bellcore		
G.831	Capacidades de Administración	1993	TR-NWT	Criterio General	1991
G.774	Modelo de Administración de Información	1992	TR-NWT-253, (7)	Enrutamiento de Información	1992
			TR-NWT-1042, (3)	Modelo de Información de Anillo	1992
			TR-NWT-1250	Transferencia de Archivo	1992

Tabla 3.6

Falta por definir una estandarización más completa, teniendo como meta algunos objetivos tales como:

- Tomar ventajas de una red totalmente sincronizada.
- Unificación de estándares Americanos y Europeos.
- Poder ser usados en fibra Óptica.
- Los multiplexores tendrán cierta inteligencia para realizar tareas de operación y mantenimiento.
- Compatibilidad entre diferentes marcas para su uso en la red.
- Ser compatible con la Jerarquía Plesiócrona, etc.

Esta enorme tarea de estandarización aún no esta completa.

JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (JDS)

Las recomendaciones de la CCITT para SDH pueden ser expuestas como estándares mundiales para transmisión síncrona. Adentro de estos estándares, sin embargo, hay algún lugar para maniobrar cuando se implanta un sistema. Como resultado, la implementación de la ETSI para SDH, usada en Europa y en muchas partes del resto del mundo, difiere en algunos detalles de la Implantación en Norte América. Esto es porque la implantación en Norte América es desarrollada en los estándares originales de la ANSI para SONET. De este modo la mejor forma para exponer las diferencias entre SONET y SDH, así como implantarla a otra parte se consideraría a SONET como subcolocada del estándar SDH mundial.

En la mitad de la década de los 80's Bell Communications Research (Bellcore) desarrollo unas normas para un sistema denominado SONET (SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK) que permitía crear una red digital de fibra óptica de gran confiabilidad, flexibilidad y alta capacidad.

Posteriormente el CCITT adaptó la norma SONET para crear la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), de acuerdo a las recomendaciones G.707, G.708 y G.709. En la norma SDH, las señales plesiócronas de 2 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps (así como las diferentes velocidades de la Jerarquía Americana) son empacadas en contenedores y colocadas como un todo en las señales SDH estándar de 155 Mbps.

Existen ligeras diferencias entre SDH y SONET como el mapeo y su señal de primera jerarquía, por lo que se tratarán por separado.

S O N E T

La base de esta Jerarquía seguirá siendo una trama cada 125 μ s, es decir 8000 tramas por segundo llamada señal síncrona de transporte de nivel 1 (STS-1). Esta trama estará formada básicamente por.

- Encabezado de transporte.
- Estructura de carga útil Síncrona (SPE Synchronous Payload Environment).

Estos dos grupos de bytes estarán acomodados en forma alternada y periódica, de manera que el encabezado de transporte al igual que el contenedor de carga útil estarán segmentados. Esta estructura se puede observar en la figura 3.17:

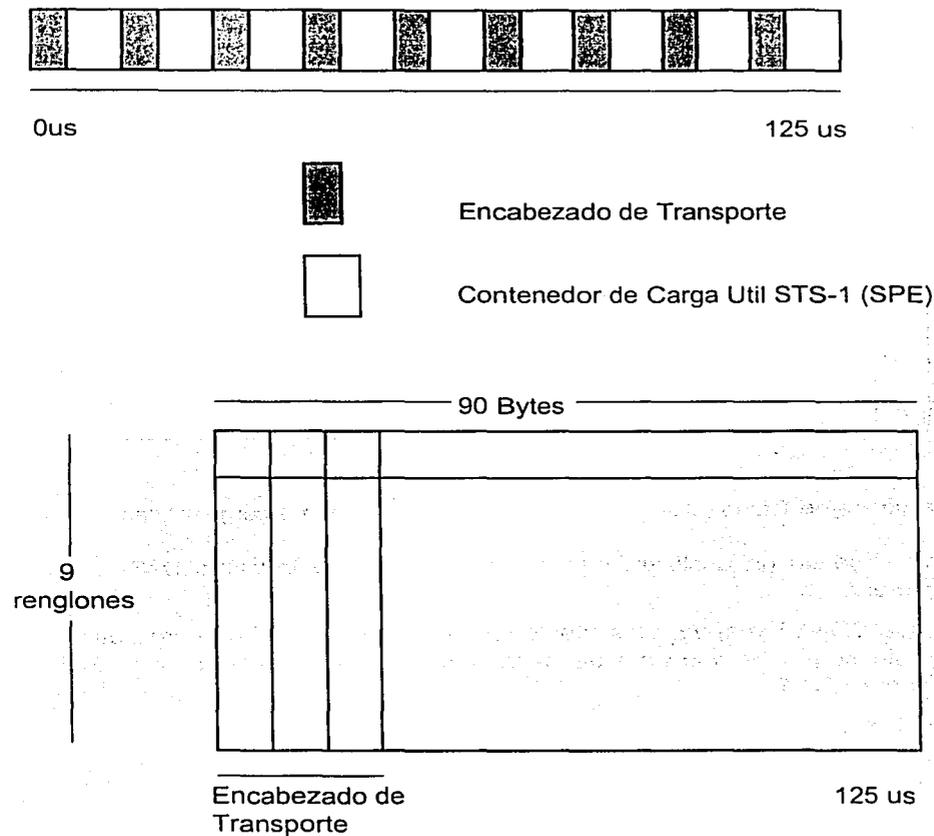
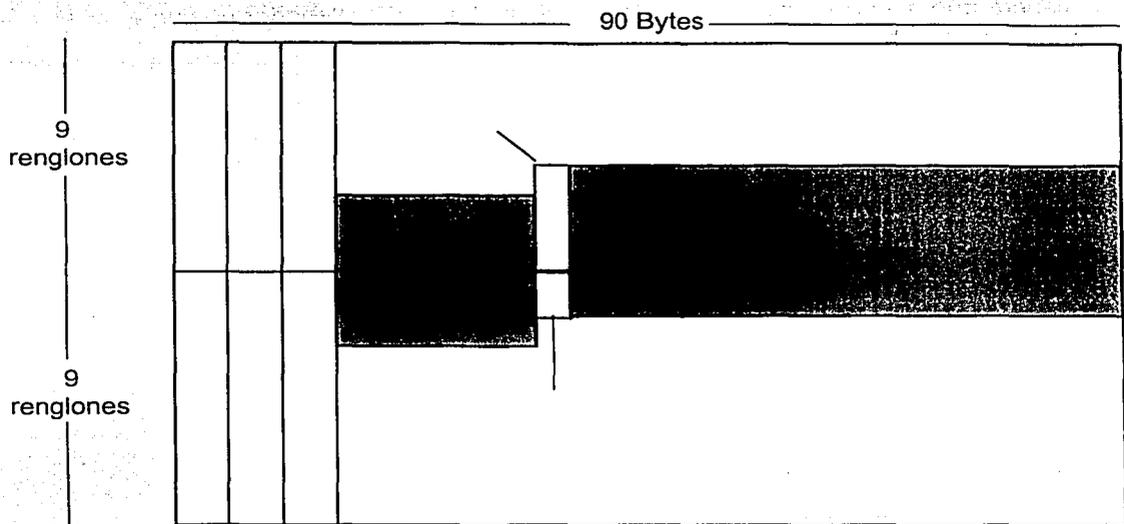


Figura 3.17. Estructura SONET de una trama STS-1.

Los inicios de trama de cada tributario muy probablemente no estén alineados. En la Jerarquía Digital plesiócrona, el multiplexor no necesita saber donde empieza el inicio de trama de cada tributario, éste será problema del multiplexor en el menor nivel de jerarquía. De aquí que los procedimientos de Add/drop son caros.

Para resolver el problema, el multiplexor SONET encuentra donde empieza la trama de cada tributario y calcula el puntero que le dice donde se encuentra un contenedor de carga útil de la señal STS-1. Se observa que con esta característica se hace flotar la carga útil sobre una trama síncrona.



250 us

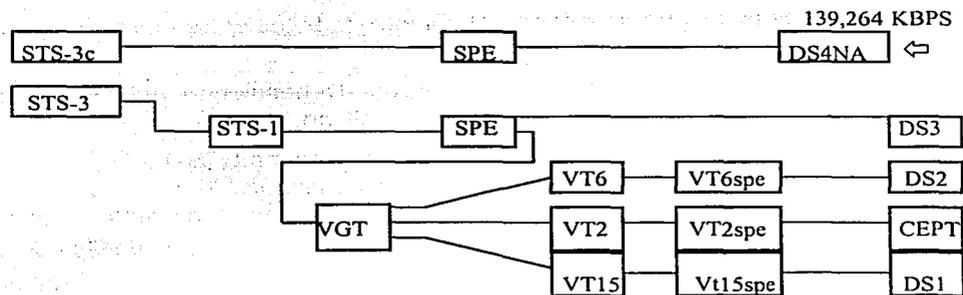
Figura 3.18 Secuencia de Tramas SNET STS-1 en la que se observa la carga útil dentro de ella.

Por lo anterior, si se da un deslizamiento entre el tributario y la trama STS-1, solo se cambiaría el puntero.

la manera en que SNET mapea a los tributarios en su contenedor de carga útil (STS-1 SPE) es diferente según la velocidad de cada uno. Se podrán mapear las siguientes señales en la señal STS-1.

- DS3, 44,736 Kbps,
- DS2, 6,132 Kbps,
- CEPT, 2,048 Kbps,
- DS1, 1,544 Kbps.

Estas cuatro señales no se mapearán directamente sobre STS-1 SPE, sino en otros contenedores adecuados para su tamaño (VTn SPE). Después a estos contenedores se les adiciona un puntero para formar un tributario virtual N (por ejemplo un VT-1.5 SPE pasa a ser con el puntero un VT1.5). A continuación se agrupan m tributarios virtuales (VTG). Siete de estos VTG se mapearan finalmente sobre el contenedor de carga útil de la señal STS-1 (STS-1 spe)



STS-n Señal de Transporte Síncrono nivel n
 STS3C STS-3 Concatenado
 SPE Contenedor de carga útil síncrono
 Vtn Tributario virtual nivel n
 CEPT Sistema Europeo

Figura 3.19 Mapeo de SONET.

También se puede mapear la señal DS4NA (139,264 Kbps), pero en este caso, como la STS-1 SPE no es lo suficientemente grande, se concatenan tres de estas para pasar a formar la señal STS-3C.

Los 7 VTG no ocuparán toda la capacidad de la señal STS-1 SPE, habrá otro grupo de bytes (9) que conformará el encabezado de trayectoria (STS POH). Estos últimos y los que conforman el encabezado de transporte se explican a continuación:

Encabezado de transporte.- Este se divide en dos secciones, encabezado de sección y encabezado de línea.

Encabezado de sección :

El encabezado de sección se compone de una trama de sincronía, de un identificador y de un canal de usuario y se utiliza para detectar errores de paridad en las tramas STS-N, para comunicaciones entre regeneradores y terminales remotas. Los acrónimos de estos componentes se detallan a continuación:

- A1, A2** Sincronía de trama A1=0xF6, A2 = 0x28
- C1** Identificación de STS-1, en una trama STS-N
- E1** Es usado para comunicaciones entre regeneradores y terminales remotas como un canal de voz.
- F1** canal de usuario
- D1, D2, D3** En un canal de 192 Kbps usado para alarmas, mantenimiento, control, administración y otras comunicaciones necesarias entre las secciones de equipo terminal.

Encabezado de Línea:

El encabezado de línea se compone de 2 bytes de almacenaje, un canal de protección y un canal adicional de 576 Kbps, es usado para propósitos de justificación, para detectar errores de paridad, en aplicaciones de la interfase usuario-red, etc..Los acrónimos de estos componentes se detallan a continuación

H1, H2 dos bytes que almacenan el número de bytes entre ese punto y J1, principio de STS-1 SPE.

H3 Usado para propósitos de justificación. Dependiendo del evento se convertirá en byte de información o de relleno.

B2 usado para detectar errores de paridad en la trama STS-1

K1, K2 Canal para protección automática de conmutación.

D4...D12 Canal de 576 Kbps usado para alarmas, mantenimiento, control, monitoreo, administración y otras necesidades de comunicación.

Z1, Z2 Parcialmente definido. En tramas STS-N usadas en aplicaciones de interfase usuario-red de B-ISDN.

E2 Es usado para comunicaciones entre entidades de línea.

Encabezado de trayectoria :

El encabezado de trayectoria esta compuesto por un indicador multipropósito usado para mapeo del estado de trayectoria, para verificar la continuidad de la conexión, detectar errores de paridad, para proveer comunicación entre los equipos de trayectoria, etc. En aplicaciones DQDB es usado para llevar la capa de administración. Los acronimos de estos componentes se detallan a continuación:

J1 Usado para verificar la continuidad de la conexión

B3 Usado para detectar errores de paridad en la STS-1 SPE

C2 Usado para indicar la construcción del STSD-1 SPE

G1 Status de trayectoria

H4 Indicador multipropósito usado para mapeo

F2 Para proveer comunicación entre los equipos de trayectoria. En aplicaciones DQDB; es usado para llevar la capa de administración de información.

Z3 Reservada para aplicaciones específicas. En DQDB tiene el mismo uso que F2.

Z4, Z5 Reservadas para funciones no definidas.

Existe otro byte de overhead no mencionado hasta ahora, se encuentra en el primer byte del VT SPE. En modo flotado el byte apuntado por el apuntador de Vt y en el modo fijo, es un byte reservado.

V5 Para detectar errores de paridad e indicación de equipo.

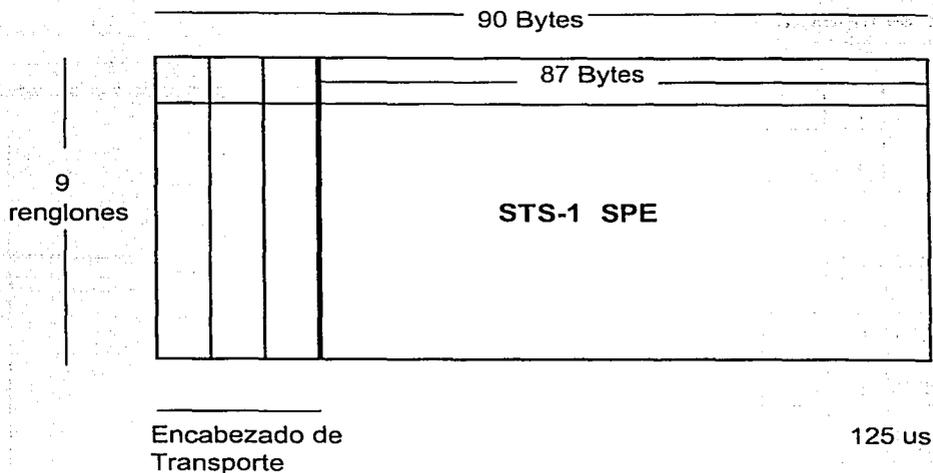


Figura 3.22. Representación de un STS-N como una trama de SONET STS-1.

CAPA FISICA

Las señales SONET serán transportadas en forma eléctrica y óptica. La contraparte óptica de la señal STS-1 es la portadora Óptica nivel 1 (OC-1), que es el resultado de una conversión óptica directa de la señal STS-1 después de la aleatorización de la trama (scrambling). las señales de mayor jerarquía están denotadas por STS-N y OC-N donde N es entero.

existe una relación que es múltiplo entero de la señal OC-1 y la señal multiplexada OC-N. La velocidad de la señal OC-N es N veces la OC-1.

En el rango N=1...48, están estandarizados ciertos valores. estos valores se observan en la siguiente tabla. Recuérdese que el valor de N sólo esta limitado por el byte (identificador de STS-1)

Portadora Optica	Velocidad (Mbit/s)
OC-1	51.84
OC-3	155.52
OC-9	466.56
OC-12	622.08
OC-18	933.12
OC-24	1244.16
OC-36	1866.24
OC-48	2488.32

Tabla 3.7

Mientras las consideraciones técnicas limitan la factibilidad del transporte de señales eléctricas a cortas distancias y bajas velocidades, la flexibilidad de la transmisión óptica permite un amplio rango de aplicaciones. sin embargo para simplificar el desarrollo de la

compatibilidad multivendedor de sistemas ópticos SONET, es deseable definir un pequeño conjunto de categorías y su correspondiente conjunto de especificaciones de interfaces ópticas.

Jerarquía Digital Síncrona (por sus siglas en inglés S D H)

SDH es un estándar internacional para redes de telecomunicación óptica síncrona de alta velocidad - una Jerarquía Digital Síncrona.

SDH comenzó a desarrollarse con el objetivo de producir un estándar internacional para los sistemas de transmisión síncrona que proveyera a los operadores de una red flexible y económica.

En noviembre de 1988 se aprobaron los estándares SDH G.707, G.708 y G.709. Estos definen las velocidades de transmisión, el formato de señal, estructuras de multiplexaje y mapas de tributarias para la interfaz de nodo de redes (por sus siglas en inglés **NNI**), la interfaz internacional estándar para la Jerarquía Digital Síncrona.

Para definir los estándares que abarcan la NNI, la CCITT también lanzó una serie de estándares que gobiernan la operación de los multiplexores síncronos (G.781, G.782 y G.783) y a la administración de la red SDH (G.784). Es la estandarización de estos aspectos del equipo SDH la que dará la flexibilidad requerida por los operadores de redes para una administración efectiva de costos, para un crecimiento en el ancho de banda y para proporcionar nuevos servicios a los clientes de la próxima década.

Los estándares SDH se basan en principios de multiplexaje síncrono directo, clave de una red de telecomunicaciones efectiva en costos, y flexible. En esencia, significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango más alto de la señal SDH sin etapas intermedias de multiplexaje.

La administración avanzada de la red y las capacidades de mantenimiento son necesarias para administrar efectivamente la flexibilidad ofrecida por SDH. Aproximadamente un 5% de la estructura de la señal SDH está distribuida para soportar procedimientos y prácticas avanzadas de administración de red. En los sistemas tradicionales de multiplex, las tributarias (cierto número de tramas de bits plesiócronas) se intercalan en varias etapas de multiplex. La tributaria se transmite individualmente y se recupera después del proceso de transmisión. La intercalación de bits ha sido el mejor método para tener la máxima capacidad de transmisión dentro de las limitaciones de la tecnología digital. No hay almacenamiento de bits, se transmiten tal como van llegando. sin embargo, la tecnología de semiconductores que existe actualmente, hace posible multiplexar tributarias con ocho bits a la vez (8 bits un octeto o byte). Así queda formada una tributaria con estructura de 64 Kbit/s.

La introducción de centrales telefónicas digitales hace imperativa la integración de los sistemas de conmutación y transmisión.

El proceso actual hace difícil identificar directamente cierto canal incluido en una trama de alto orden mediante la posición de un byte o una secuencia de ellos. Los canales de 64 Kbit/s en una ruta situada entre dos canales no pueden ser separados, hasta que la estructura o trama del orden más alto, ha sido demultiplexada al nivel primario. Existe la necesidad por ejemplo, de extraer los canales utilizados para la operación y mantenimiento.

Los canales que se van formando en secuencias de n bytes dentro de una trama de $n \times 64$ Kbit/s no pueden acomodarse en el nivel de multiplex primario (1.5 ó 2 Mbps) y por lo tanto, no se les puede dar curso en la red.

La información de mantenimiento no está asociada con toda la ruta, sólo con líneas de transmisión individuales. De esta manera, el proceso de mantenimiento podrá complicarse. La red digital integrada soporta servicios de transmisión de datos basada en canales de 64 Kbit/s dentro de la estructura de ISDN, pero si cada ruta de tráfico estuviera asociada con un canal de mantenimiento, los servicios de transporte de datos podrían tener una mayor calidad.

La señal SDH es capaz de transportar todas las señales tributarias comunes existentes en las redes de telecomunicaciones actuales. Esto significa que el SDH puede desplegarse como una sobreposición a los tipos de señal ya existentes. Además, SDH tiene la flexibilidad para acomodar rápidamente nuevos tipos de señales de servicio al cliente que los operadores de red deseen soportar en el futuro.

SDH puede utilizarse en las tres áreas tradicionales de aplicación de telecomunicaciones: a saber, larga distancia, red local y red intra-planta. SDH, por tanto, hace posible que evolucione una infraestructura de red de telecomunicaciones unificada. El hecho que SDH proporcione un estándar común de señal, para esta red de telecomunicaciones significa que el equipo comprado a diferentes fabricantes pueda interconectarse directamente.

RED CON SDH

La nueva estandarización permite que se tengan pocos componentes de red, nuevos y flexibles :

TERMINAL DE LINEA

En una terminal de línea (LT), las señales eléctricas estandarizadas (2, 8, 34 ó 140 Mbps) se convierte en una forma utilizable para la transmisión a través de fibra óptica que es el medio usado en SDH. En una terminal de línea óptica síncrona, pueden mezclarse fácilmente diferentes señales eléctricas gracias a la estructura de trama flexible. En síntesis, las tributarias plesiócronicas pueden ser suplementadas por tributarias síncronas eléctricas y ópticas.

MULTIPLEXOR DE INSERCIÓN-EXTRACCIÓN

Permite la inserción y extracción de señales en una trama principal. De la misma forma que la terminal de líneas, el ADM (Add/Drop Multiplexer) puede terminar diferentes señales eléctricas y seleccionar señales ópticas que tengan menor capacidad que la trama principal. Un ADM síncrono es más eficiente que uno plesiócronicos, especialmente cuando la señal a extraer tiene capacidad considerablemente menor a la de la trama principal, por ejemplo, cuando se selecciona una señal de 2 Mbit/s de una trama principal de 620 Mbps.

DISTRIBUIDORES DE CONEXIÓN CRUZADA O INTERCONEXIÓN

Los DCC (Digital Cross Connection) se encargan de distribuir las tributarias digitales, de acuerdo a disponibilidad de rutas y flexibilidad necesarias, estableciendo un puente entre síncronas y plesiócronicas de la red.

Otra característica importante de los productos SDH es que pueden modificarse fácilmente para cambios futuros en la red. A medida que el tráfico aumente, la capacidad del sistema puede incrementarse de STM-1 a STM-4 (620 Mbit/s) o de STM-4 a STM-16 (2480 Mbit/s con un mínimo de hardware a reemplazar.

Una red SDH desempeña la misma función básica que la red plesiócrona existente: transporta los datos del cliente de una ubicación a otra. No obstante, a través del uso de un multiplexaje síncrono, realiza esta tarea más eficientemente que las redes PDH.

Algunos circuitos pueden utilizar "paneles de separación" antes que Sistemas de Interconexión Digital (Digital Cross-connect Systems o por sus siglas en inglés **DXC**) para enrutar el ancho de banda a través de la red. El reaprovisionamiento en caso de que el cliente ya no necesite un servicio consume mucho tiempo y es caro si necesita repararse o el equipo debe reubicarse o recuperarse, incluso con los sistemas DXC existentes, los circuitos de enrutamiento pueden tomar de minutos a horas dependiendo de los métodos de control.

Los sistemas DXC SDH pueden enrutar un ancho de banda (de canales de 2 Mbit/s, por ejemplo) alrededor de una red sin necesidad de multiplexar primero la señal de línea de alta velocidad. Esto lleva a grandes ahorros, al eliminar la necesidad de multiplexores terminales de respaldo en lugares de interconexión. Los DXC SDH se controlan mediante un conjunto de mensajes estandarizados. Esto hace que los nuevos circuitos se preparen en milisegundos desde los sitios de control de red. Con esta capacidad de enrutamiento, SDH se encargará de fallas de equipo con un efecto insignificante en los servicios a clientes.

ELEMENTOS BASICOS DE LA RED SDH

Los elementos que a continuación se describirán están ahora definidos en estándares de CCITT y proporcionan funciones de conmutación y multiplexaje.

Multiplexor Terminal de Línea (MTL o por sus siglas en inglés LTM): puede aceptar un número de señales tributarias y multiplexarlas a la portadora óptica apropiada a la velocidad SDH, STM-1 (en la norma SDH, las señales plesiócronicas de 2 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps son empacadas en contenedores y colocadas como un todo en la señal SDH estándar de 155 Mbps, conocida como Módulo de transporte Síncrono de Nivel 1), STM-4 ó STM-16. Las tributarias de entrada pueden existir en señales de PDH tales como 2, 32 y 140 Mbps o en señales de menor rango SDH. Los LTM's forman la entrada principal desde la red PDH a SDH

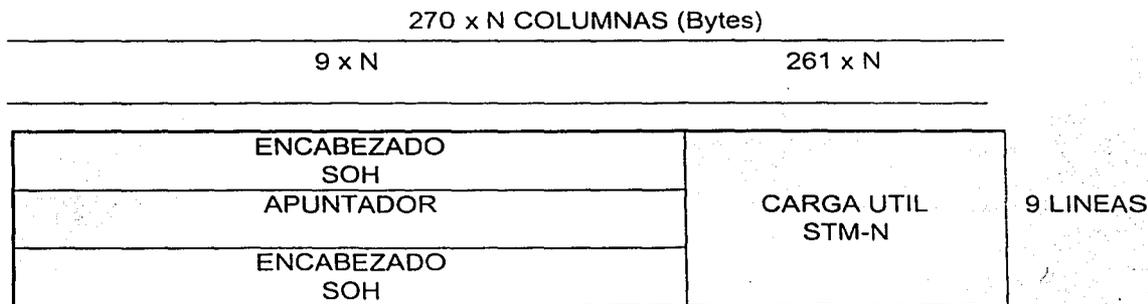


Figura 3.23 Estructura de la trama STM-N.

Multiplexores de inserción-extracción: es un tipo en particular de multiplexor terminal diseñado para operar mediante modo adaptado. Dentro del ADM es posible añadir canales o extraerlos a través de la señal. los ADMs generalmente están disponibles en rangos de interfaz de STM-1 y STM-4 y pueden añadir-extraer diferentes señales tributarias, 2, 34 ó 140 Mbps.

La función del ADM es de las mejores ventajas de SDH ya que la función similar dentro de la red PDH, requería de bancos de terminales conectadas mediante cables.

DXC Síncrono: estos dispositivos formarán la piedra angular de la nueva Jerarquía Digital Síncrona. Pueden funcionar como conmutadores semi-permanentes para canales de transmisión y pueden conmutar a cualquier nivel desde los 64 Kbps hasta STM-1. Por lo general tales dispositivos tienen interfases a STM-1 ó STM-4. El DXC puede configurarse rápidamente, bajo control de software, para proporcionar líneas digitales rentadas y otros servicios de ancho de banda variable.

Regenerador: para la transmisión SDH de más de 50 kms., se necesitan regeneradores con espaciado dependiente de la tecnología de transmisión (longitud de onda en operación, recepción, etc.) Estos no son sólo simples regeneradores de señal sino que cuentan con informe de alarmas y monitoreo de desempeño.

CARACTERISTICAS DE LAS SEÑALES SDH

Velocidad de transmisión.

El factor de multiplexaje entre los niveles jerárquicos consecutivos es un número entero. Algo de gran importancia es el hecho de que existen varios puntos o niveles jerárquicos en los que la velocidad de transmisión es exactamente la misma tanto para los sistemas europeos como para los usados en los Estados Unidos (fig. 3-24)

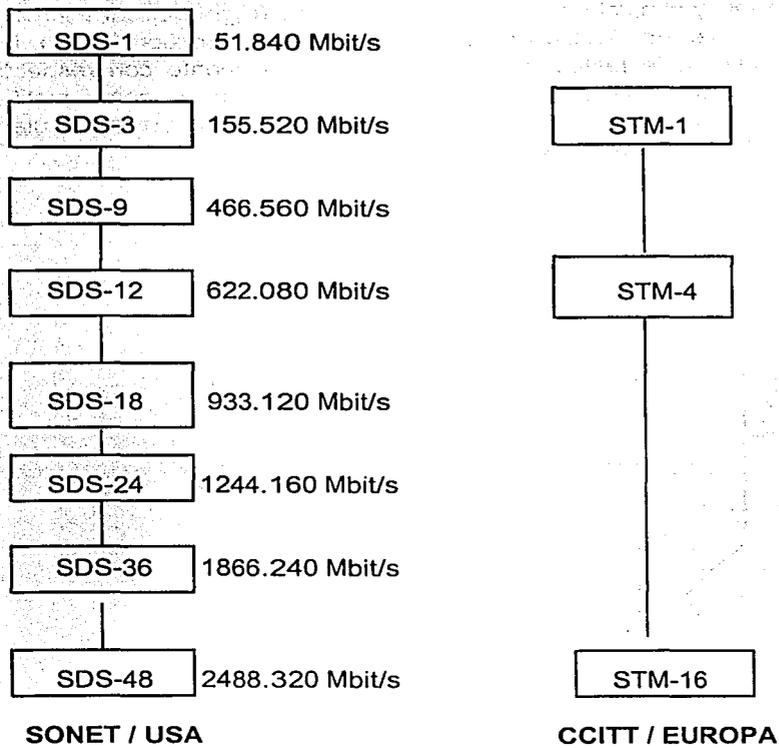


Figura 3.24 Velocidades de transmisión para SDH.

Proceso de Multiplexaje.

En SDH solamente se utiliza el multiplexaje a nivel byte (fig. 3-25). A diferencia de como sucede en PDH, en SDH no es necesario realizar ningún tipo de adaptación de velocidad de transmisión entre las señales tributarias, que en este caso llevan el nombre de Contenedores Virtuales o Vcs (Virtual Container). La relación de fase entre los Vcs englobados en una señal multiplex de orden superior está indicada por apuntadores o "Pointers" en la capa funcional de Servicios de Red.

Para compensar las diferencias de sincronización entre el Nivel de Ruta de Orden Inferior (Lower Order Path Layer), o entre este último y el Nivel de Sección de Multiplex (Multiplex Section Layer), los contenedores virtuales (por sus siglas en inglés VC) pueden ser movidos (es decir, justificados) positiva o negativamente con respecto a la trama de transporte en caso de ser necesario, lo que se conoce como justificación positiva, cero o negativa. Esta característica es llevada a cabo recalculando o actualizando el valor del apuntador en cada nodo de Red.

Para compensar las diferencias de sincronización entre el Nivel de Ruta de Orden Inferior (Lower Order Path Layer) y el nivel de ruta de orden superior (Higher Order Path layer), o entre este último y el Nivel de Sección de Multiplex (Multiplex Section Layer), los Vcs pueden ser movidos (es decir, justificados) positiva o negativamente con respecto a la trama de transporte en caso de ser necesario, lo que se conoce como justificación positiva, cero o negativa. Esta característica es llevada a cabo recalculando o actualizando el valor del Pointer en cada nodo de red.

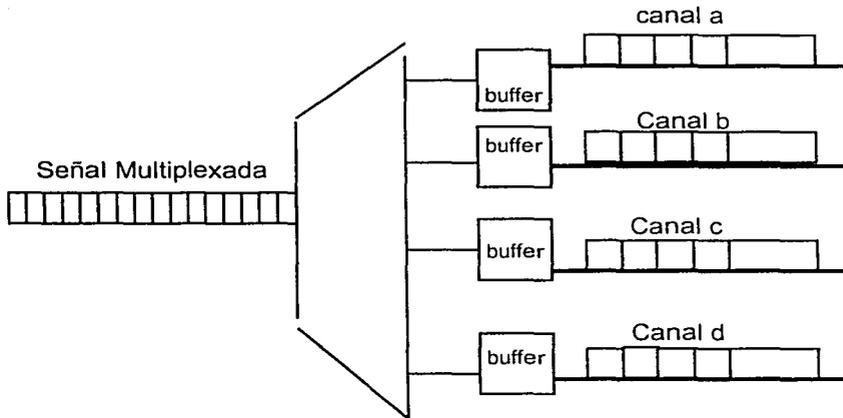


Figura 3.25 Multiplexaje a nivel de byte.

Estructuras de Trama.

La misma estructura y longitud de Trama (125 Microsegundos) es utilizada para cada nivel jerárquico SDH (fig. 3-26)

3	Regenerator Section Overhead (RSOH)	
1	All Pointer	Payload (Carga de Información)
5	Multiplex Section Overhead (MSOH)	

Figura 3.26 Estructuras de Trama SDH.

Alineación de Trama.

La alineación de la trama es necesaria en cada interfaz de nodo de red.

Inserción y Extracción

En SDH sí se tiene acceso directo a cada una de las señales de orden inferior, ya que la posición de cada byte de cualquiera de las tributarias puede ser calculado fácilmente mediante los valores de uno o dos Pointers (fig. 3-27)

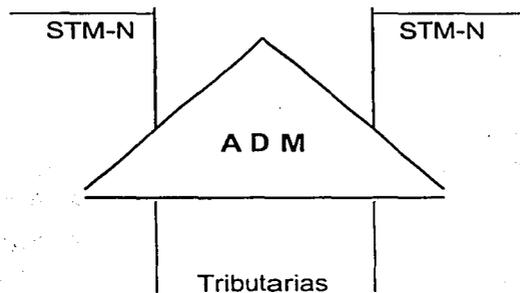


Figura 3.27 Extracción e Inserción Sincrónica.

DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MULTIPLEXAJE EN SDH

1.- Contenedor (Container) o C-n; n=1 a 4

Un contenedor es la estructura de información que forma la carga de información de la red síncrona englobada en un Contenedor Virtual. El contenedor se dimensiona de manera que pueda transportar cualquiera de los niveles jerárquicos PDH actualmente definidos en la recomendación G.702 del CCITT.

Un Contenedor también proporcionará la capacidad necesaria para transportar señales de banda ancha a utilizarse en el futuro y que todavía no están definidas, además de las señales basadas en "células" o "celdas" como son las de ATM.

Existen cinco tipos de Contenedores con las siguientes capacidades :

- C -11 = 1600 Kbps (para el transporte de señales PDH de 1544 Kbps)
- C -12 = 2167 Kbps (para señales PDH de 2048 Kbps)
- C - 2 = 6784 Kbps (para señales PDH de 6132 Kbps)
- C - 3 = 48384 Kbps (para señales PDH de 44736 Kbps)
- C - 4 = 149760 Kbps (para señales PDH de 139264 Kbps)

2.- Contenedor Virtual.

Un contenedor virtual es la estructura de información usada para soportar o permitir conexiones de nivel de ruta en SDH, y se compone de la carga de información misma (o sea el contenedor) y los campos de información de Ruta o POH (Path Overhead), organizado en una estructura de trama con ciclos de repetición de 125 o 500 microsegundos.

La información de alineamiento utilizada para identificar el comienzo de la trama Vc-n es proporcionada por los Apuntadores del nivel de servicios de Red.

Existen dos tipos de VCs:

De orden inferior: VC-m ($m=1, 2, 3$).

Este elemento se compone ya sea de un sólo contenedor del tipo C-m ($m=1,2,3$) y del POH del Contenedor Virtual de orden inferior correspondiente al nivel de que se esté tratando (ya sea 1, 2 o 3)

De orden superior: VC-n ($n=3,4$)

Este elemento se compone ya sea de un solo contenedor C-n ($n=3,4$) o de un conjunto de Grupos de Unidades Tributarias TUG-2 o TUG-3, junto con el POH del contenedor virtual de orden superior correspondiente al nivel.

Unidad Tributaria (por sus siglas en inglés TU o Tributary Unit)

Una unidad Tributaria es una estructura de información que proporciona la adaptación entre el nivel de ruta de orden inferior y el de orden superior, y consiste de una carga de información (el VC-m de orden inferior) y un Apuntador TU el cual indica el desplazamiento (offset) del principio de la trama VC-n de orden superior.

Esto es, el TU-m ($m=1, 2, 3$) se compone de un VC-n junto con el apuntador TU.

Grupo de Unidades Tributarias (por sus siglas en inglés TUG o Tributary Unit Group)

Este término se usa para definir un conjunto de uno o más Tus que ocupan posiciones fijas y definidas dentro de la carga de un VC-n de orden superior. Los TUGs están definidos de tal manera que cargas de información de diferente capacidad compuestas por TU's de distintos tamaños, puedan ser mezcladas para incrementar la flexibilidad de la red de transporte.

Existen dos tipos de TUGs:

TUG-2.- Esta formado por un solo TU-2 o una combinación homogénea de TU-1s idénticos (ya sea TU-11 o TU-12).

TUG-3.- Está formado por un sólo TU-2 o una combinación homogénea de TUG-2s.

Unidad administrativa (por sus siglas en inglés AU o Administrative Unit)

Una UA es la estructura de información que proporciona la adaptación entre el nivel de ruta de orden superior y el nivel de sección de multiplexaje, y se compone de una carga de información (el VC-n de orden superior) y del Apuntador AU que indica el desplazamiento (offset) del principio de la trama VC-n de orden superior respecto al principio de la trama de la sección de multiplexaje STM-N.

Existen dos tipos de AUs:

AU-4.- compuesto por un VC-4 mas el Apuntador AU-4 que indica el alineamiento de fase del VC-3 respecto a la trama STM-N

AU-3.- Consiste de un VC-3 de orden superior mas el apuntador AU-3 que indica el alineamiento de fase del VC-3 con respecto a la trama STM-N.

Grupo de Unidades Administrativas (por sus siglas en inglés AUG)

Este término se usa para definir un conjunto de uno o mas AUs que ocupan posiciones fijas y definidas en una carga de STM-N, y se compone de un AU-4 o de una combinación homogénea de AU-3s.

Módulo de Transporte Síncrono o MTS (por sus siglas en inglés STM o Synchronous Transport Module).

Un STM es la estructura de información usada para soportar las conexiones de nivel de sección en SDH, y se compone de una carga de información y los campos de información SOH (Section Overhead) organizados en una estructura de trama con ciclos de repetición de 125 microsegundos.

Un STM básico está definido a 155,520 Kbps, y se conoce como STM-1, mientras que los STM-N de más alta capacidad están formados a velocidades de transmisión que son múltiplos enteros de dicha velocidad básica de transmisión.

El STM-1 se compone de un solo AUG, junto con el SOH.

El STM-N se compone de N AUGs junto con el SOH. Hasta hoy en día sólo están definidos y especificados valores de N = 4 y 16.

Recuperación de Sincronización de Trama (Timing Recovery).

La señal STM-N debe contener suficiente sincronía al llegar al NNI (Network Node Interface), por lo que un patrón de trama apropiado que previene secuencias demasiado largas de "1s" o "0s" consecutivos es proporcionado mediante el uso de un codificador o "Scrambler".

La operación del Codificador es funcionalmente idéntica a la de un Codificador de trama Síncrono de longitud de secuencia 127, trabajando a una velocidad de transmisión de línea. El polinomio generador es $1+X^6+X^7$. El codificador es inicializando o reseteado a

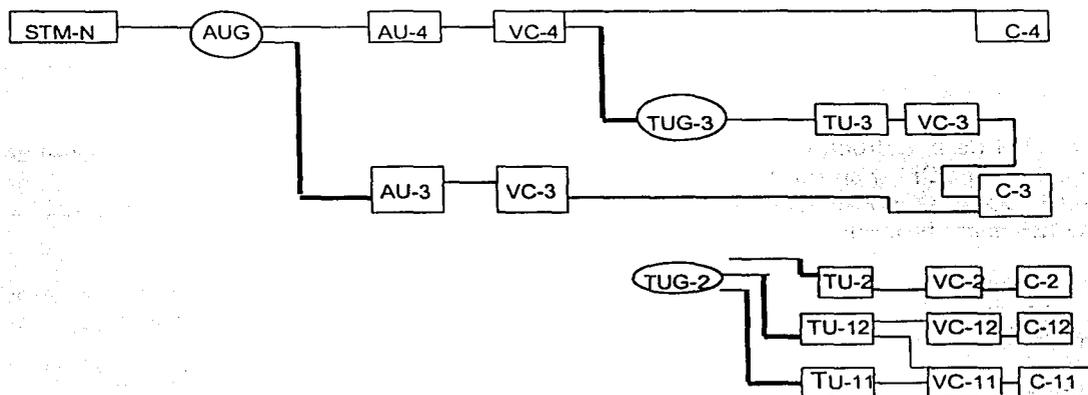
"1111111" (siete unos) con el bit más significativo del byte que sigue al último byte del primer renglón del RSOH del STM-N. Este bit y todos los subsecuentes que deben ser sometidos al proceso de codificación son sumados en módulo 2 a la salida de la posición X7 del codificador, el cual se mantiene trabajando en forma continua durante toda la trama STM-N.

El primer renglón del RSOH del STM-N (es decir, 9x N bytes incluyendo los bytes A1, A2 y C1) no son codificados, de manera que se debe tener cuidado al seleccionar el contenido binario de los bytes reservados para uso nacional dentro de la señal STM-N y asegurarse que no existan secuencias largas de "1s" o "0", ya que estos bytes no se someten al proceso de codificación.

PROCESO DE FORMACION DE TRAMAS

Multiplexaje

Multiplexaje es el procedimiento mediante el cual las señales de nivel de ruta de orden inferior son adaptadas dentro de una ruta de orden superior, o mediante el cual las señales de nivel de ruta de orden superior son adaptadas a una sección multiplex. (fig.3-28)



- = Procesamiento de apuntador
- = Multiplexaje (Fase fija)
- = Alineación (fase flotante)
- = Mapeo

Figura 3.28 Estructura de multiplexaje básica SDH.

III.3.1 CELULAS ATM

MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO (ATM)

El término ATM proviene de las siglas en inglés de "ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE". Una gran parte del mundo de la comunicación lo espera como el "Gran Unificador". ATM permitirá la transmisión de datos, voz, imágenes y vídeo simultáneamente, utilizando el mismo canal.

La definición de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (por sus siglas en inglés ITU-T) contenida en la recomendación I.113 dice: "ATM es el modo de transferencia en el que la información se organiza en celdas de tamaño fijo; es asincrónico ya que la recurrencia de las celdas que contiene la información de un canal individual no es necesariamente periódica".

Por otra parte la migración del cómputo centralizado al distribuido, y la cada vez más frecuente arquitectura cliente servidor, serán una limitante fuerte a la excesiva segmentación de la red. De igual forma las computadoras se vuelven cada vez más poderosas, y las nuevas aplicaciones de multimedia y video requieren de un mayor ancho de banda.

ATM se perfila como el mejor camino para solucionar estas demandas, al ofrecer mediante una tecnología de red conmutada, un pequeño período de latencia, gran ancho de banda, capacidad multimedia y multiprotocolo. Con ATM los usuarios no están limitados a una cantidad reducida y fija de ancho de banda. Cada conexión tiene garantizada la capacidad que requiere, no importando cuantas otras conexiones existan en la red en ese instante.

Los cambios registrados en la estructura de la industria de las telecomunicaciones y las condiciones del mercado han generado nuevas oportunidades y desafíos para los prestadores de servicios públicos. Las redes, que se enfocaron originalmente en la prestación de servicios de voz superiores, están evolucionando a fin de hacer frente a los nuevos desafíos de comunicaciones multimedia de la competencia. Los servicios basados en arquitecturas de modalidad de transferencia asincrónica (ATM) y red óptica síncrona/jerarquía digital síncrona (SONET/SDH), pueden brindar la infraestructura flexible esencial para este mercado, que esta en constante evolución.

Los ensayos realizados últimamente en el mercado y las aplicaciones iniciales de la tecnología ATM han puesto en relieve una serie de factores críticos que los prestadores de servicios deben considerar con respecto a la implantación de la tecnología ATM en la red pública. Al igual que la retransmisión de tramas y otros servicios de datos, se utiliza actualmente el ATM como reemplazo de las líneas rentadas para aplicaciones de datos e imágenes. Para estas aplicaciones, los servicios basados en la tecnología ATM deben brindar ingresos, rendimiento y control superiores en comparación con las tecnologías de las que se dispone en la actualidad.

La tecnología ATM, que una vez fue concebida como la tecnología de las futuras redes públicas, se está convirtiendo hoy en una realidad. Los prestadores de servicios participan en ensayos de sistemas de redes de ATM y en las primeras ofertas del servicio a fin de explorar alternativas que permitan obtener nuevos ingresos derivados de los servicios y ahorros en los costos de infraestructura.

Tecnología emergente	Tecnología en fase de crecimiento	Tecnología en proceso de consolidación
- Superposición de centrales CO ATM	Oferta de servicios plenamente desarrollados	Vehículo de conmutación primario para servicios de operador de banda ancha.
- Servicios de PVC para la interconexión con la LAN	Expansión de los SVC	Aplicación generalizada de servicios ATM
- Distinciones entre centrales principales y periféricas. - Servicios iniciales de los SVC ATM - Detección de necesidades de sistemas de redes de datos. - Retransmisión de tramas y SMDS soportados por las redes ATM	- Surgimiento de servicios domiciliarios y de empresas. - Compatibilidad e interoperabilidad de servicios. - Disminución de precios de servicios y equipos. - Aplicación generalizada de centrales periféricas. - Migración a centrales CO ATM de mayor capacidad. - Aplicaciones de vídeo	- Presentaciones completas y bajos costos. - Tecnología empresarial universal de prestadores de servicios públicos. - Integración de voz, datos e imágenes.

Tabla 3.8 Direcciones del Servicio Público ATM en el mercado actual.

ATM surge como un complemento de la tecnología STM (Synchronous Transfer Mode), utilizada en los circuitos troncales (back bone) de comunicaciones para transferir paquetes de voz y datos a largas distancias. Trabaja con un mecanismo de conmutación de circuitos, donde establece una conexión entre dos puntos antes de iniciar la transferencia de la información. De esta forma, los dos puntos reservan el ancho de banda durante el tiempo que dura la conexión, aún si los puntos remotos no tienen datos que transmitir en ese instante.

ATM fue desarrollada inicialmente para operar como un estándar de ISDN de banda ancha (B-ISDN). Sus primeras instalaciones fueron en los circuitos troncales entre campus, interconectando conmutadores con concentradores equipados con puertos ATM.

ATM es una tecnología de multiplexaje, orientada a conexiones, en la cual la información es transmitida en celdas consistentes de 53 bytes. El ATM promete satisfacer instantáneamente las necesidades de comunicaciones del usuario al ofrecer, la transmisión de aplicaciones síncronas y asíncronas de voz, vídeo y datos, a diversas velocidades, en múltiples direcciones, con diferentes grados de calidad y de servicio. El ATM es superior a las técnicas tradicionales de multiplexaje (Time Division multiplexing; Multiplexaje por División de Tiempo), ya que puede manejar el ancho de banda de una forma flexible e inteligente concediéndolo a las aplicaciones sólo cuando éstas lo requieran.

El flujo de celdas se transfiere en forma continua, sin interrupciones, con una velocidad fija, y la demanda de ancho de banda es según el servicio. En ausencia de tráfico se transfieren celdas no asignadas (Unassigned Cells), y en presencia de tráfico se reemplazan celdas no asignadas (fig. 3.29).

Dentro de un flujo de celdas pueden viajar celdas pertenecientes a diferentes servicios, cada uno con un ancho de banda requerido. Si dos o más servicios requieren transferir celdas al mismo tiempo, tienen que "competir" para reemplazar las celdas no asignadas con su tráfico. Algunas tendrán que esperar en fila para entrar al flujo, de aquí el término asíncrono. Esto se realiza con tecnología de multiplexaje estadístico.

Celda de ATM

Bytes	Bits							
	8	7	6	5	4	3	2	1
1	GFC			VPI				
2	VPI			VPI				
3	VCI							
4	VCI			PT		CLP		
5	HEC							
6-53	carga útil							

Figura 3.29 Tráfico de celdas.

Mediante el ATM se pueden consolidar varias redes diferentes al simplificar el manejo y mantenimiento de las mismas, al igual que reduce la necesidad de usar múltiples enlaces. Aún cuando el ATM es independiente de la velocidad de transmisión, debido a la carga general en cada celda, los beneficios que esta ofrece se empiezan a apreciar a velocidades T1/E1 (T1 permite 24 canales DS0s de 64 Kbps cada una más 8 Kbps de señalización, para un total de 1.544 Mbps). E1 soporta 32 E0s, de 64 Kbps con anchos de banda totales de 2.048 Mbps, y son realmente notables cuando las velocidades de enlace troncal alcanzan o exceden los niveles T3 y E3 (T3 sirve para consolidar 28 T1s y contiene DS0s en 44.736 Mbps; en donde cada canal DS0 ó E0 se puede utilizar para transmitir información digital, se trate de voz, vídeo, datos.)

Una celda de ATM consiste de 53 bytes, los cinco primeros bytes son usados como encabezamiento de la celda, mientras que 48 bytes restantes contienen la información que sea requerida por la aplicación que use la celda, como la información de tipo de adaptación (AAL, por sus siglas en ingles) (fig. 3.30)

Encabezado 5 octetos	Campo de Información 48 octetos
-------------------------	------------------------------------

Figura 3.30 Estructura básica de una celda ATM.

MODELO DE LA RED DIGITAL DE SRVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA.

La arquitectura del modelo de la Red Digital de Servicios Integrados de banda Anplia (por sus siglas en inglés B-ISDN) consiste en tres planos y cuatro capas, como se muestra en la figura 3.31 los planos de este modelo son: plano de usuario, de control y de administración.

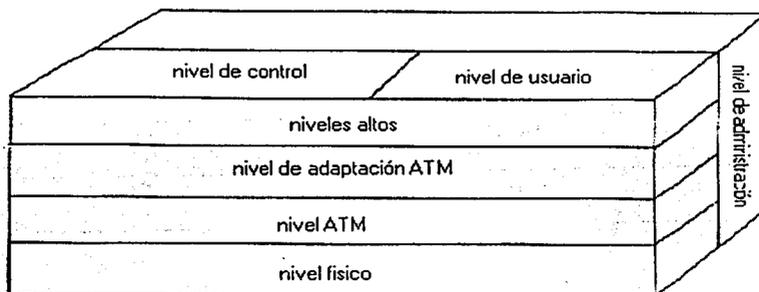


Figura 3.31 El modelo de referencia de ATM.

El plano del usuario provee la transferencia de información de usuario a usuario y da control para la transferencia de información, tal como control de flujo y control de recuperación de errores.

El plano de control provee la transferencia de información para el establecimiento de la conexión, señalización y supervisión de la conexión.

El plano de administración se divide en dos partes: la capa de administración y el plano de administración. Este último realiza las funciones relacionadas con la totalidad del sistema, esto significa coordinar funciones entre todos los planos, incluyendo la obtención de información del estado de cada plano, y la información a otros planos de ese estado. La capa de administración realiza funciones de administración relacionadas con el desempeño, operación y administración de recursos para cada uno de los planos del usuario.

CAPAS Y SUBCAPAS DE ATM

La figura 3.32 muestra las capas, subcapas y funciones del protocolo ATM

N I V E L D E A D M I N I S T R A C I O N	Funciones de nivel alto	Niveles altos	
		Convergencia	C S
	Segmentación y Unión	S A R	A A L
	Control de generación de flujo Celda de encabezado de segmentación/unión Celda de translación VPI/VCI Celda de multiplexaje y demultiplexaje		A T M
	Control de flujo HEC secuencia de generación/verificación Delineación de celda Adaptación de la transmisión Generación/recuperación de la transmisión	T C	N I V E L
	Bit de tiempo	P M	F I S I C O
	Medio físico		F I S I C O

Figura 3.32 Capas, subcapas y funciones ATM.

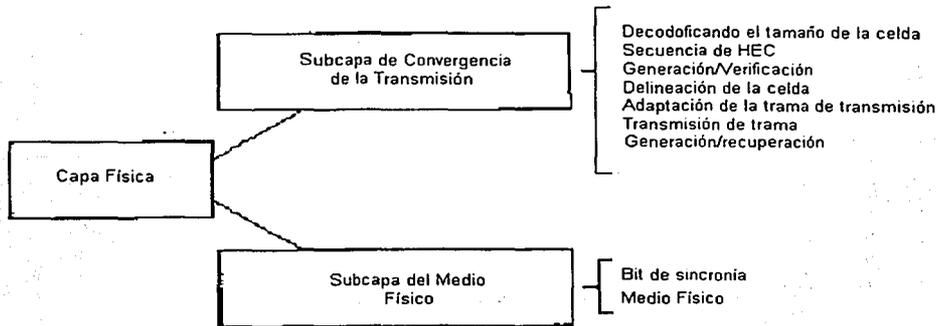
Funciones de la RDSI-BA en relación con RDSI-BA PRM

AAL Nivel de adaptación ATM
 ATM Modo de transferencia Asincrono
 CS Subnivel de convergencia
 HEC Control de error de encabezado
 PM Nivel Físico

SAR Segmentación y Unión
 TC Convergencia de transmisión
 VCI Identificador de Canal Virtual
 VPI Identificador de ruta virtual

Funciones de la capa física.-

Como se muestra en la figura 3.33 la capa física se divide en dos subcapas:



HEC Encabezado para el control de error

Figura 3.33 Estructura de la capa física.

Subcapa PM (Physical Medium), la subcapa del medio físico es la interface con el medio físico, pasa y recupera el flujo de bits hacia la subcapa TC. Esta subcapa provee la capacidad de transmisión de bits, incluyendo el alineamiento y codificación de bits, y si es necesario, la conversión eléctrico-óptico (no necesariamente el medio es óptico).

Subcapa TC (Transmission Convergence), la subcapa TC es la segunda subcapa de la capa física, esta subcapa TC realiza las cinco funciones siguientes:

- Generación y recuperación de tramas de transmisión: La función básica es generar y recuperar las tramas necesarias para "empacar y desempacar" celdas.
- Adaptación de la trama de transmisión: El proceso de generación y recuperación de la trama requiere reconocer la estructura de la trama empleada. Esta estructura de tramas debe ser adaptada para el transporte de celdas ATM.
- Delineación de la celda: La subcapa TC debe proveer un mecanismo para que el receptor detecte los límites de las celdas desde el flujo de bits que entran.
- Generación y verificación del HEC: El control de error de encabezado es empleado sólo en el encabezado de las celdas, el transmisor genera el HEC y el receptor lo chequea, si el valor recibido del HEC no concuerda, se trata de corregir el error, si esto no es posible se descarta la celda.
- Acoplamiento de la velocidad de las celdas: Celdas ociosas son insertadas durante la transmisión y son removidas durante la recepción. El propósito de este mecanismo es para acoplar la velocidad de las celdas ATM a la capacidad de transporte del sistema de transmisión. Sólo las celdas no ociosas pasan a la capa ATM.

El modelo de ATM incorpora dos tipos de nodos; nodos terminales (host, ruteadores, DSU, PBX, etc.) y nodos intermedios (conmutadores). En consecuencia en ATM existen

dos tipos principales de conexiones de usuario a red (interface usuario red; UNI por sus siglas en inglés) e interface de red a red (por sus siglas en inglés NNI) (fig. 3.34). La primera se encarga exclusivamente del establecimiento de circuitos virtuales para la transmisión de datos, mientras que la segunda incluye además intercambio de información como tablas de ruteo. Cuando se establece un circuito virtual, éste es mapeado entre las dos UNI's correspondientes indicando los nodos intermedios y terminales. Los nodos terminales también

informan a la red sobre las características del circuito deseado, tales como ancho de banda promedio, variación en el uso de ancho de banda, sensibilidad al retardo, etc., los cuales determinan la calidad del servicio. Las estructuras de las celdas de ambos servicios son idénticas, excepto por los cuatro bits de Control de Flujo Genérico (por sus siglas en inglés GFC Generic Flow Control) que se utilizan solamente por las conexiones UNI, de este modo existen hasta 16 bits de Identificador Virtual de Rutas (por sus siglas en inglés VPI Virtual Path Identifier) para las conexiones UNI. El resto de los bits son comunes para ambos tipos de conexiones, UNI y NNI, son: 12 bits de VCI (Virtual Channel Identifier; Identificador Virtual de Canal), 3 bits de PT (Payload Type; Tipo de carga útil), 1 bit CLP (Cell Loss Priority; prioridad de celda perdida), y 8 bits de Control de Error de Encabezamiento (HEC; por sus siglas en inglés).

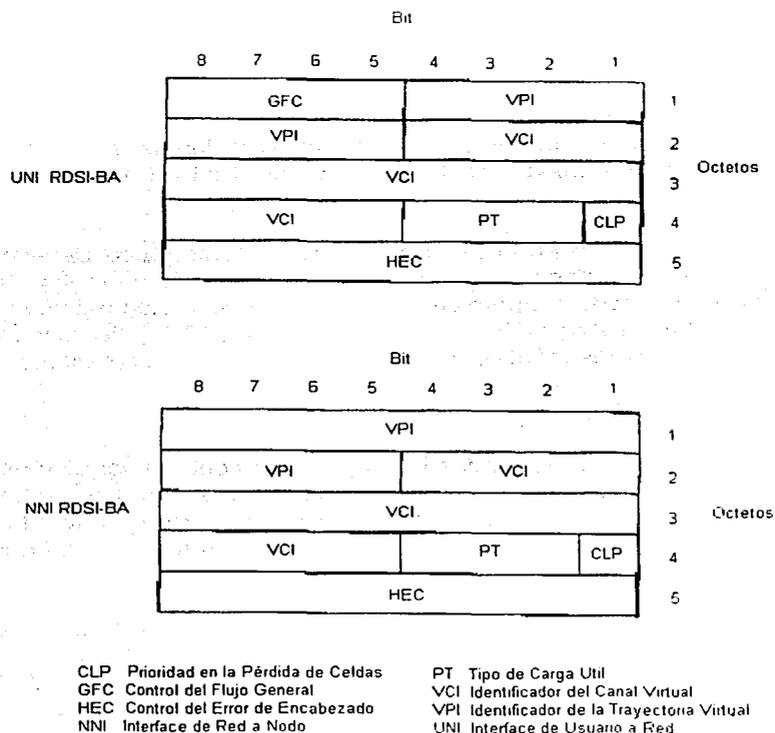


Figura 3.34 celda de encabezado para la interfaces UNI y NNI de RDSI.

El encabezado de la celda ATM consiste en un identificador de trayectoria virtual VPI (Virtual Path Identifier) y un Identificador de Canal Virtual VCI (Virtual Channel Identifier), los canales en conjunto sirven para identificar las conexiones. La combinación de VPI/VCI determina la dirección de la celda, el VCI tiene significado solamente a nivel local y puede ser combinado de conmutador a conmutador. El VPI identifica un grupo de VCI que comparte la misma conexión virtual, es decir, el par VPI/VCI identifica a una celda con un circuito virtual asociado a lo largo de la ruta. De esta forma las celdas son fácilmente ruteadas a su circuito correspondiente de cada conmutador, y como este proceso se realiza a nivel hardware, permite que los conmutadores ATM operen eficientemente. Debido a que ATM utiliza los identificadores de trayectoria y de canal para asociar una celda a un circuito, en lugar de asignarles ranuras de tiempo específicas, el ancho de banda es usado solo cuando los datos necesitan ser enviados. Cuando un circuito virtual no tiene datos que transmitir, su ancho de banda puede ser utilizado por otros circuitos virtuales. En términos físicos se podría pensar que los VCIs representan un grupo de conductores eléctricos que comparten la misma tubería o VPI, y que pueden cambiar de un lugar a otro al ser interconectados en puntos intermedios. El payload Type identifica el tipo de información contenida en la celda: de usuario o de control y manejo. El CLP (Cell Lost Priority) identifica la prioridad de la celda, si el CLP es igual a 1 la celda puede ser descartada en caso de que ocurran congestiones en la red.

Finalmente, el HEC (Header Error Control) permite la revisión de los 5 bytes del Encabezamiento y es capaz de corregir errores de 1 bit en el mismo. Algunos estudios han demostrado que aproximadamente el 99 % de los errores que se presentan en una conexión de fibra óptica son errores de 1 bit, el algoritmo de HEC puede corregir 84% de estos errores. Mejor aún, diferentes experimentos han demostrado que las posibilidades de que se descarte una celda, debido a errores de 1 bit en el encabezamiento son de $10E-12$.

El modelo de ATM basado en la B-ISDN (Broadband Integrated Services Network; Red digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) se muestra en la siguiente figura, en la cual se muestra que desde el punto de vista lógico, la operación del ATM está compuesta de cuatro capas: Aplicaciones (ULP), Adaptación (AAL), ATM, y la capa física. Las celdas ATM no tienen que atravesar todas las capas en todos los conmutadores de una conexión virtual.

El flujo de información atraviesa todas las capas solamente en los puntos extremos de la conexión, es decir, en los puntos de acceso de los usuarios. De hecho, en los puntos intermedios la celda sólo atraviesa las capas físicas y la de ATM, lo que ayuda a que el transporte y direccionamiento de celdas sea mucho más rápido. Una descripción de las tres capas inferiores se provee a continuación:

Capa Física.- La capa física es segmentada en dos subcapas: TC (Transmisión Convergence) y PMD (Physical Medium Dependent), esta estructura separa la transmisión ATM de la interface, permitiendo que las comunicaciones ATM soporten una variedad de interfaces y medios, entre los más comunes se encuentran:

DS3.- Interface estándar de redes públicas que opera a 45 Mbps.

OC3.- una interface estándar de SONET que opera a 155 Mbps sobre fibras ópticas monomodo.

TAXI.- (Transparent Asynchronous transmit/receive interface). Una interfase que opera a 100 Mbps y utiliza el código (4B15B) compatible con Interfase de fibra de datos distribuidos (por sus siglas en inglés FDDI). La capa física sirve para transportar las celdas entre los diferentes conmutadores y describe el modelo físico en el cual este transporte se realiza. es preferible que el medio de transporte se haga a través de conexiones SONET/SDH, aunque también son aceptables las ya mencionadas.

Capa de ATM.- El propósito de esta capa es direccionar el tráfico a través de los diferentes conmutadores que participan en la "conexión virtual". Dicha conexión es definida en el encabezamiento de la celda de ATM mediante el VCI y VPI.

Capa de Adaptación.- Está compuesta por dos servicios: el de convergencia (CS) y el de segmentación y reensamblaje (SAR). La SAR segmenta los mensajes recibidos antes de pasárselos a la capa de ATM, mientras que en la dirección contraria reensambla las celdas recibidas de la capa de ATM en la información original. La función de la CS es la de recibir o enviar información hacia la capa ULP en una forma consistente con la aplicación requeridas de VVD.

Capa Alta (aplicaciones) ULP	Señalización	Servicios orientados a conexiones (CO), acepta pequeños retrasos (X.25)	Servicios no orientados a conexiones, acepta variaciones mínimas de (LANs)	Servicios que requieren flujo constante de bits, sin retrasos, (vídeo, voz)
Capa de Adaptación AAL	Convergencia (CS) Segmentación y Reensamblaje	AAL VBR AAL SAR	AAL VBR AAL SAR	AAL CBR AAL SAR
Capa de ATM		ATM		
Capa Física	TC (Convergencia de Transmisión). PDM (Dependiente del Medio Físico) (SONET SDH)			

Tabla 3.9 Las Capas de ATM.

En la en la tabla 3.9 se muestran las cuatro clases de servicios definidas originalmente, existe una quinta clase (Clase X), que puede ser definida por el usuario. La figura muestra la relación de las diferentes clases con los requerimientos de tiempo, velocidad de transmisión y modo de conexión. Existe una relación casi de uno a uno entre las clases de servicio y los protocolos de Adaptación de ATM (AALs). Por ejemplo la clase A y la adaptación AAL-1 requieren de referencia basada en computadora CBR (Computer Based Reference), con relaciones de tiempo sincrónicas y orientadas a conexiones. La intención de esta clase de servicio es la de soportar la transmisión de voz, y la de emulación de circuitos (E1, T1, etc.). Al igual que los TDMs, una vez asignado el ancho de banda en esta clase, no puede ser usado en otra aplicación mientras que la conexión exista.

La clase B y la adaptación AAL-2 soportan rango de bit variable en VBR (Variable Bit Rate) y requiere de servicios sincronizados. La clase C, la adaptación AAL-3 soporta servicios no orientados a conexiones, con VBR, como las interconexiones de redes de área local.

El foro ATM ha definido dos tipos de adaptación: el AAL-3/4, el AAL-5, el AAL-3/4 combina las funciones de AAL-3 y el AAL-4. Mientras que el AAL-5 es parecido al AAL-3/4, excepto que contiene menos carga general. El AAL-5 soporta aplicaciones de VBR-RT (Variable Bit Rate-Real Time; Rango de bit variable en tiempo no real). El AAL-5 con VBR-RT puede ser utilizado para transmitir voz, por lo tanto se elimina la desventaja de ancho de banda dedicado que utiliza el AAL-1. EL AAL-5 VBR-RT se puede utilizar para la transmisión de datos.

Otras dos clases de servicios, que no han sido mencionadas, incluyen el ABR (Available Bit Rate; Rango de Bit Disponible) y el UBR (Unspecified Bit Rate; Rango de Bit no Especificado). Un conmutador de ATM, típicamente tratará de satisfacer primero los requerimientos CBR. Si todavía existe ancho de banda, le será otorgado a las aplicaciones que especifique ABR, y finalmente lo que sobre se le otorgará al UBR. El ABR y el UBR pueden ser utilizados por aplicaciones como correo electrónico, cuya entrega en un tiempo determinado no es crítica para el usuario.

Clases de servicios de ATM

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de sincronía entre la fuente y el destino	Síncrono y Requerido	Síncrono y Requerido	Asíncrono y no requerido	Asíncrono y no requerido
Velocidad de Transmisión	Constante (CBR)	Variable (VBR)		
Modo de Conexión	Orientado a conexiones			No orientado a conexiones
Aplicaciones	Voz, Vídeo, emulación de circuitos	Voz o Vídeo comprimidos	Tráfico Frame Relay o X.25	Tráfico SMDS y LAN

Tabla 3.10 Clases de servicios de ATM.

Existen cuatro tipos de capas de adaptación ATM (AAL) para optimizar la transmisión de estas cuatro clases de tráfico.

Clase A: AAL tipo 1

Clase B: AAL tipo 2

Clase C: AAL tipo $\frac{3}{4}$ y AAL tipo 5

Clase D: AAL tipo $\frac{3}{4}$ y AAL tipo 5.

ESTRUCTURA DE ATM

Concepto de Celda.- En ATM la información se transporta en unidades de datos de longitud fija (53 bytes), llamadas celdas. Cada una con 5 bytes de encabezado y 48 bytes para datos del usuario. Existen muchas razones para el uso de la celda como la unidad básica de datos en ATM. Estas razones se detallan a continuación:

- Nuestros anteriores sistemas de comunicaciones trataban con caudales de bits, ahora con sistemas basados en celdas tratamos con paquetes de un tamaño reducido y fijo. Aumentando la unidad fundamental, con lo que se logra aumento en el desempeño de conmutadores, terminales y dispositivos de comunicación.
- ATM busca ofrecer una amplia variedad de servicios (voz, datos, vídeo) con requerimientos diferentes sobre una plataforma única. La celda permite hacer esto. Segmentando el tráfico en celdas y multiplexando el tráfico de diferentes servicios. Controlando cuidadosamente la ubicación y la ruta de estas celdas en nuestra red, podemos agregar tráfico con diferentes retardos y requerimientos de ancho de banda en el mismo sistema.
- Las celdas también nos permiten ofrecer un ancho de banda considerablemente mayor, debido a que éstas controlan y conmutan más eficientemente, que las viejas tecnologías orientadas a caudales de bits.
- Cada celda tiene un tamaño fijo, lo cual permite implementar los sistemas de conmutación y manipulación de celdas directamente sobre el "hardware", lo que nos evita tener que manejarlas mediante programas.
- Cada celda también contiene información de direccionamiento y control, de manera que podemos colocar las funciones de conmutación directamente sobre el "hardware", incrementando el desempeño sobre los sistemas que requieren "software" y microprocesadores para examinar los caudales de datos y determinar la ruta que estos deberán tomar.
- Las celdas también nos permiten realizar sistemas de multiplexaje más eficientes. Debido a que el ancho de banda de un sistema basado en celdas puede ser otorgado en incrementos muy pequeños (celdas), podemos otorgar anchos de banda más cuidadosamente, permitiendo que las transmisiones de vídeo y datos, voraces en cuanto a ancho de banda, puedan coexistir con el tráfico de voz.
- La información de control incluida en cada celda permite extraer e insertar eficientemente información en enlaces de comunicación multiplexados. Utilizando el encabezado y el direccionamiento de la celda para multiplexar y demultiplexar el tráfico, es posible extraer solamente las partes de información que interesan en cada enlace, dejando pasar el resto (llamado multiplexaje de inserción/extracción o "Add/Drop").

La elección del tamaño de la celda tiene una importancia determinante para poder transmitir, recibir y procesar estas celdas. Una razón para preferir el tamaño pequeño de celdas es reducir el desperdicio. Cuando un transmisor coloca datos en las celdas, por lo regular, la última celda no está completamente llena, por lo tanto se desperdiciará muchas veces, casi en su totalidad está última celda.

Otra razón para preocuparse por el tamaño de las celdas, es el retardo, considerando que una de las metas de las redes ATM, es permitir que servicios de voz, vídeo y datos corran sobre la misma red.

El tamaño de 53 bytes para celdas ATM se definió en base a las necesidades de los diferentes tipos de servicios: Para transferencia de archivos (datos), es mejor tener celdas largas (no importa mucho el retardo), pero las aplicaciones de voz y vídeo, que son menos tolerantes al retardo introducido, requieren celdas cortas.

CONEXIONES ATM: VPI's Y VCI's

Cada encabezado de celda ATM contiene información que identifica la trayectoria que deberá seguir esta celda. Esta identificación tiene dos partes y ambas son usadas en la capa ATM, un identificador de ruta virtual (VPI) y un identificador de canal virtual (VCI).

Una ruta virtual es el paquete de enlaces de canales virtuales, todos teniendo el mismo punto final. Así, la ruta virtual es como un gran cable multipar telefónico, donde todos los circuitos terminan en una oficina central. El VPI es asignado o removido para originar o terminar un enlace de ruta virtual. Estos enlaces son concatenados en forma de una conexión de ruta virtual (VPC). Cada enlace de canal virtual de una conexión de ruta virtual mantiene la secuencia de transmisión de celdas, pero no asegura la integridad de una celda individual.

La recomendación ITU-T 311 define un canal virtual como "una capacidad de conexión unidireccional para el transporte de celdas ATM". Un VCI es asignado o removido, respectivamente, al originar o terminar un enlace de canal virtual. Enlaces de canales virtuales son concatenados para formar una conexión de canal virtual (VCC), una ruta para las celdas de fin a fin en la capa ATM.

La ruta de transmisión física (figura 3.35) contiene rutas virtuales y sus VPI's así como también, canales virtuales y sus VCI's.

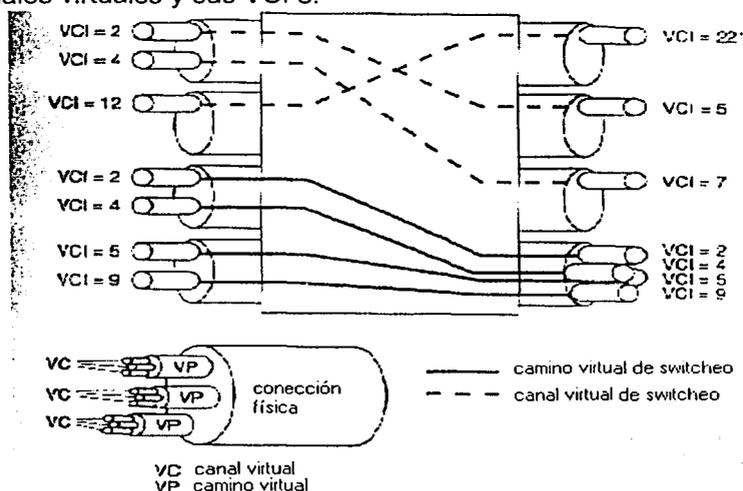


Figura 3.35 Relación entre VPI's y VCI's.

El enlace de canal virtual conecta a un equipo terminal (TE) con un nodo ATM (figura 3.36). La concatenación de dos o más enlaces de canales virtuales forman una conexión

de canal virtual (VCC). Similarmente VPC's transportan grupos de VCC's sobre una base de fin a fin.

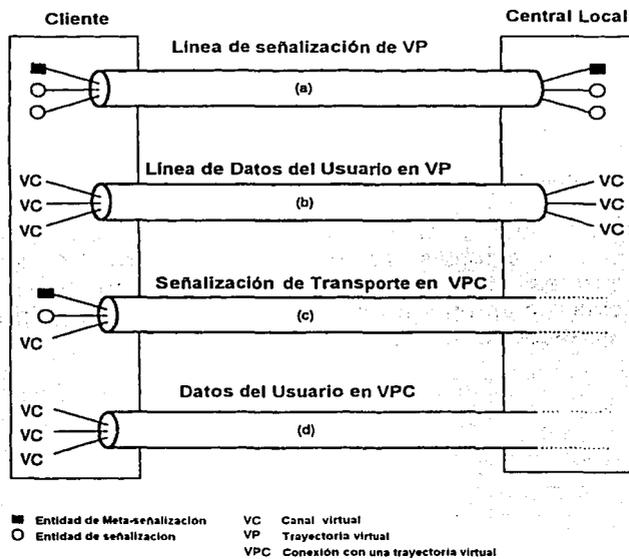


Figura 3.36 conexión y enlace de canales virtuales.

FORMATO DE CELDAS ATM.

Para un encabezado de la celda ATM, existen dos tipos de formatos: La interface de usuario a red (UNI), la cual es la interface entre el usuario y la red. Y la interface entre nodos de red (NNI), la cual es la interface, como su nombre lo dice, entre nodos de red.

Formato de Celdas UNI.

El formato de celdas UNI consiste de seis campos, como se muestra en la figura 3.37.

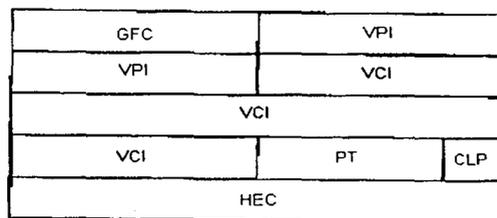


Figura 3.37 formato de la celda UNI.

GFC (Generic Flow Control): Este campo consiste de cuatro bits y provee funciones locales, tales como un sencillo control de flujo. Este campo tiene significancia local y no de fin a fin, y es sobrescrito por conmutadores ATM intermedios. Así, el campo GFC sólo está presente en celdas entre usuario y red (UNI).

VPI (Virtual Path Identifier): El campo VPI consiste de 8 bits y es usado para identificar una ruta virtual, con lo que se busca establecer una conexión de ruta virtual (VPC). El campo VPI permite simplificar el ruteo en la red. El campo VPI es usado en la fijación de conexiones de rutas virtuales de fin a fin o para múltiples segmentos de ruta virtual. Una ruta virtual contiene múltiples canales virtuales.

VCI (Virtual Channel Identifier): El campo VCI contiene 16 bits, es usado para establecer conexiones de canales virtuales. La especificación UNI 3.0 define algunos valores VPI/VCI para funciones específicas, tales como usar un canal para establecer la señalización y celdas con operaciones de administración y mantenimiento (OAM). Algunos ejemplos de estos valores son:

VPI	VCI	FUNCION
0	0	Celdas no asignadas o desocupadas
0	4	Flujo de datos de fin a fin
0	5	Señalización
0	15	SMDS

PT (Payload Type): El campo PT consta de 3 bits, los cuales identifican el tipo de información contenida en la celda. Este campo tiene definidos 8 valores.

PT	INTERPRETACION
000	Datos de usuario, no congestión, SDU (Service Data Unit) tipo 0
001	Datos de Usuario, no congestión, SDU tipo 1
010	Datos de Usuario, congestión, SDU tipo 0
011	Datos de Usuario, congestión, SDU tipo 1
100	Información OAM (Operacions Administartion and Maintenance
101	Información OAM de fin a fin
110	Reservado para futuro control de tráfico
111	Reservado para funciones futuras.

CLP (Cell Loss Priority): El campo CLP consta de un sólo bit que el usuario o la red usa para indicar, explícitamente, la prioridad de pérdida de celda. Una celda con el campo CLP=1 que entra a la red, indica que ésta puede ser descartada, bajo ciertas condiciones de tráfico en la red. Mientras CLP = 0 indica que esta celda no debe de ser descartada a menos que no haya otra alternativa.

HEC (Header Error Control): El campo HEC consta de 8 bits. El HEC realiza el calculo de CRC de los primeros 4 bytes del encabezado de la celda para detección y corrección de errores. La secuencia HEC es utilizada para reducir la pérdida de celdas. El HEC realiza control de errores sólo en el encabezado de la celda ATM y no para toda la celda.

Formato de celdas NNI

El encabezado de celdas NNI (figura 3.38) consta también de 5 bytes, con un formato que es idéntico al formato UNI, excepto por el primer octeto. El formato NNI, el cual provee grupos de VCI's entre conmutadores, define cuatro bits adicionales para el campo VPI. En otras palabras, el formato NNI usa 12 bits para el campo VPI y 16 bits para el campo VCI.

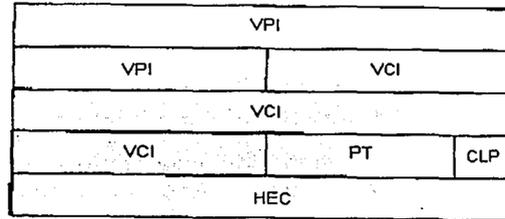


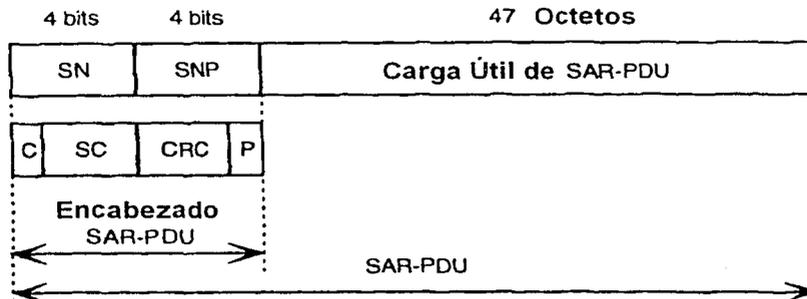
Figura 3.38 formato de celda de NNI.

CAPAS DE ADAPTACION ATM (AAL)

AAL 1

Esta capa de adaptación soporta tráfico clase A, el cual es enviado con una tasa de bits constante (CBR); orientado a conexión; y con relación de sincronía entre la fuente y el destino. Como ejemplos de este tráfico podemos incluir voz PCM o vídeo CBR.

La AAL consiste de dos subcapas: La subcapa de convergencia (CS) y la subcapa de segmentación y reensamblaje (SAR). Para AAL 1, la subcapa CS toma la información del usuario y la divide en PDU (Unit Data Protocol) o unidades de datos del protocolo, de 47 octetos, tal como se muestra en la figura 3.39. Estos paquetes de datos son conocidos como AAL1-CS-PDU, los cuales serán la carga de información de las unidades AAL1-SAR-PDU. Note que aún no se añade información de control de protocolo (PCI) al paquete AAL1-CSPDU.



C	Indicación de subcapa de Convergencia	SAR	Segmentación y reensamblado
CRC	Ciclo de revisión redundante	SC	Contador de secuencia
P	Verificación de bit de paridad	SN	Número de secuencia
PDU	Protocolo de la unidad de datos	SNP	Número de secuencia de protección

Figura 3.39 formato PDU AAL 1.

La subcapa SAR añade un encabezado con longitud de un octeto al paquete AAL1-CS-PDU, logrando con esto formar un paquete AAL1-SAR-PDU de 48 octetos de longitud. El encabezado del paquete AAL1-SAR-PDU consta de dos campos: SN (número de secuencia) y SNP (Protección del número de secuencia).

Campo SN: El campo SN consta de dos subcampos: CSI (indicador de subcapa de convergencia), el cual es sólo un bit y es usado para funciones específicas. Una función del bit CSI es pasar información de sincronía entre el transmisor y el receptor. En este método llamado SRTS (Synchronous Residual Time Stamp) el campo CSI transporta marcas de paquetes AAL1-SAR-PDU sucesivos. El segundo subcampo es el SC (contador de secuencia), el cual consta de 3 bits y se encarga de contar la secuencia de paquetes, por lo tanto su función principal es detectar celdas perdidas o no insertadas.

Campo SNP: El campo SNP contiene dos subcampos: El subcampo CRC, el cual contiene 3 bits de chequeo de redundancia cíclica. Y el subcampo Parity de un bit de paridad único. Estos dos subcampos dan un control de error para los subcampos CSI y CS.

AAL 2

Esta capa de adaptación soporta tráfico clase B, el cual es enviado a una velocidad de bits variable; orientado a conexión; y con relación de sincronía entre la fuente y el destino. Como ejemplos se tiene voz y vídeo con velocidad de bits variable (VBR).

La ITU-T aún está desarrollando el protocolo AAL 2. Esta estructura consiste de 3 campos el encabezado, la carga útil y el transporte.

El subcampo SN (Sequence Numbre), en el encabezado PDU, detecta las celdas perdidas o sin insertar. El subcampo IT (Information Type) indica el tipo de información que esta siendo trasladada, tal como BOM (comienzo del mensaje), COM (continuación del mensaje) o EOM (fin del mensaje). En el trailer PDU, el campo LI (Lengh Indicator) es usado para indicar el número de bytes que transporta el campo SAR-PDU payload. Por último el CRC protege al PDU contra errores.

AAL ¾

Esta capa de adaptación ATM soporta tráfico clase C o D, el cual es enviado a una velocidad de bits variable (VBR) y no requiere relación de sincronía entre la fuente y el destino. En un principio surgieron dos estándares: AAL 3, el cual soporta tráfico orientado a conexión, y AAL 4, el cual soporta tráfico sin conexión. Estos dos estándares emergieron como AAL ¾. Esta capa de adaptación es usada para tráfico de datos, el cual es sensitivo o la pérdida, pero no al retardo, tal como SMDS.

La subcapa de convergencia AAL ¾ está dividida en dos subcapas: SSCS (Service Specific Convergence Sublayer), la cual puede no estar presente (Null), soporta la capa de usuario, y CPCS (Common Part Convergence Sublayer), la cual transfiere bloques de longitud variable, mejor conocidos como AAL ¾.CPCS-SDU's, secuencialmente entre usuarios.

El proceso que realiza AAL 3/4 es inicializado cuando la información del usuario (AAL 3/4-CPCS-SDU) es pasada hacia la subcapa AAL3/4-CPCS (figura 3.40), esta subcapa añade un encabezado y un transporte, formando el paquete AAL3/4-CPCS-PDU.

Este paquete es entonces pasado a la subcapa SAR, la cual segmenta el paquete AAL3/4-CPCS-PDU a paquetes AAL3/4-SAR-PDU de 48 octetos para llegar a ser la carga útil de las celdas ATM.

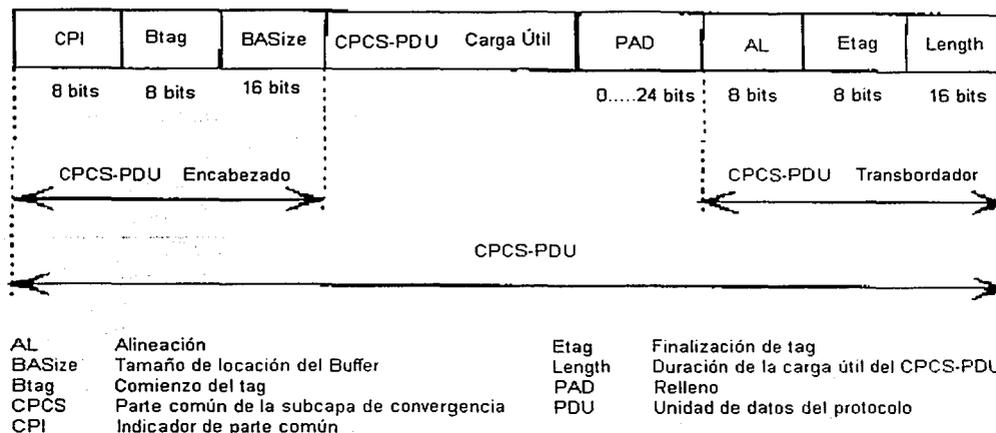


Figura 3.40 formato PDU AAL 3/4.

El encabezado del paquete AAL3/4-CPCS-PDU contiene 3 campos: CPI (Common Part Indicator), Btag (Begin Tag) y Basize (Buffer Allocation Size)

CPI : El campo CPI (1 octeto) identifica el tipo de mensaje y las unidades de conteo para los campos BTag y Basize. Este campo es actualmente codificado como 00h, lo cual indica que la unidad de conteo es el octeto.

Btag: El campo Btag (1 octeto) es usado conjuntamente con el campo Etag (End Tag) en el trailer, y sirven para asociar el comienzo y el final de la unidad AAL3/4-CPCS-PDU. El mismo valor es puesto en los campos Btag y Etag, y es incrementado para paquetes sucesivos AAL3/4-CPCS-PDU.

Basize: El campo Basize (2 octetos) le indica al proceso de recepción AAL3/4 el tamaño máximo del buffer que este debe reservar para reensamblar las unidades AAL3/4-CPCS-PDU que entran.

La carga útil de la unidad AAL3/4-CPCS-PDU es donde se deposita la información del usuario y está limitado al valor máximo del campo Basize que es (65,535) veces el valor contenido en el campo CPI (típicamente octetos).

Otro aspecto importante de ATM es el manejo de tráfico. El cual envuelve el diseño e ingeniería de la red para que funcione eficientemente. Una vez implantada la red, cada vez que llegue una llamada, el conmutador verificará los recursos disponibles para

comprobar que la clase de servicio (QoS) requerida pueda ser soportada. Si existen suficientes recursos la llamada es admitida, de otra forma el acceso es negado. Si la llamada es aceptada, entra en funcionamiento un mecanismo de Control de Parámetro de Uso (UPC; por sus siglas en inglés), el cual verifica que el usuario está cumpliendo con un contrato. Si el usuario está excediendo las especificaciones de su contrato, el conmutador marca el bit CLP de las celdas entrantes, para indicar que dichas celdas pueden ser descartadas en caso de que se presente congestión en la red. Sin embargo, el conmutador de ATM debe hacer todo lo posible para evitar descartar celdas, lo que se logra mediante el uso de depósitos de memorias (buffers), el moldeamiento de llamadas (Traffic Shaping), y un mecanismo de emisión de celdas que se ajuste a los requerimientos, estos deben especificar la importancia y urgencia de las aplicaciones para que el conmutador pueda tomar las acciones adecuadas en caso de congestiones persistentes. Las especificaciones incluyen los parámetros máximos de transferencia de celdas, de exactitud en las entregas de las mismas, y de retraso.

Criterios del Manejo de Tráfico

Ingeniería de la Red	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de Topología - Dimensionamiento de enlaces
Enrutamiento y Control	<ul style="list-style-type: none"> - Control de Administración de Llamadas (CAC) - Selección de vías y enrutamiento
Control de Congestionamientos	<ul style="list-style-type: none"> - Control de parámetros de uso (UPC) - Moldeamiento de llamadas (Traffic Shaping). - Servidor de emisión - Selección y descarte de celdas

Tabla 3.11 Criterio del manejo de tráfico.

La velocidad a la que las celdas pueden ser transmitidas a través de la red depende de la capa física de la red usada para el transporte de las celdas. La velocidad de la interface presentada en el usuario puede variar entre una velocidad mínima y una velocidad máxima. Este máximo puede, por periodos de tiempo, ser más grande que la razón en bruto (total) del mecanismo de transporte físico. Esto es posible por los toques (buffers) de las celdas ATM en la interface del usuario, transmitiendo estos buffers durante períodos de inactividad del usuario. Este método asegura mucho más la utilización eficiente del ancho de banda disponible, para el usuario final. Por consiguiente la adopción de ATM como el modo de transferencia en B-ISDN. Es la más adecuada.

ATM EN LA RED PUBLICA

En las redes de los prestadores de servicio, se desplegará el ATM en la oficina central (CO) y en las instalaciones del cliente. Se empleará la tecnología ATM y la red óptica sincrónica/jerarquía digital sincrónica (SONET/SDH) combinadas a fin de conformar el sistema principal de la red que brindará posibilidades genéricas de servicios de alto rendimiento y alta capacidad como respaldo de un amplio espectro de aplicaciones para el usuario final. Asimismo se utilizará el ATM en la periferia, o límite de la red para la concentración del ATM, acceso y soporte de aplicaciones presentes y futuras del servicio portador para usuarios finales.

Se aplicará la tecnología ATM para las oportunidades emergentes del mercado de aplicaciones multimedia, pero lo que es más importante aún, se utilizará para expandir el alcance y la flexibilidad de los servicios que se prestan actualmente. Los prestadores de servicios necesitan que la tecnología ATM sea de utilidad en el mercado actual y que paralelamente les permita contar con soluciones ATM de banda ancha que generen ingresos inmediatos y estimulen el futuro crecimiento. Esto impone los principales requerimientos a los proveedores de equipos de ATM. Los proveedores deben estar en condiciones de brindar productos flexibles, adaptables y confiables así como también estrategias de productos evolutivos para los servicios emergentes o futuros.

REQUERIMIENTOS PARA LAS REDES PUBLICAS ATM

Los ensayos realizados últimamente en el mercado y las aplicaciones iniciales de la tecnología ATM han puesto de relieve una serie de factores críticos al considerar la tecnología ATM en la red pública. Al igual que con Frame Relay y otros servicios de datos, se utiliza actualmente el ATM como reemplazo a las líneas rentadas para aplicaciones de datos e imágenes. Para estas aplicaciones, los servicios basados en la tecnología ATM deben brindar ingresos, rendimiento y control superiores en comparación con las tecnologías de las que se dispone en la actualidad. Los criterios de selección de proveedores deben incluir capacidades tales como cumplimiento de normas de proveedores múltiples y servicios de punta a punta, los SVC ATM, capacidades de gestión de tráfico, integración de SONET/SDH, solidez de la plataforma, gestión de servicios y la red (incluyendo opciones de facturación).

DIRECCIONES ARQUITECTONICAS

El análisis de clientes y la investigación de mercado identifica los siguientes requerimientos arquitectónicos para la aplicación de redes ATM basadas en prestadores de servicios públicos:

- Red ATM de alto rendimiento, alta capacidad e independiente del servicio que brinde integración de ATM y SONET/SDH para el transporte veloz con multiplexión estadística y gestión de ancho de banda.
- Acceso y concentración de la red ATM que extiendan el alcance y valor de la red principal ATM de una manera efectiva en cuanto a costos se refiere.
- Adaptación para distintos tipos de tráficos, ofreciendo las capacidades de acceso e interoperación que extiendan la red pública ATM e incluyan soluciones integrales para los usuarios.
- Portafolio de soluciones basadas en normas que permitan a los prestadores brindar servicios sin limitaciones arquitectónicas ni de proveedores y mantener paralelamente una gestión y señalización de la red compatibles.

INTEGRACION DE LA INTERFASE DE FIBRA DE DATOS DISTRIBUIDOS EN ATM

El interés en la interconexión de redes LAN, a través de redes de alta velocidad, se ha incrementado enormemente debido a que nuevas aplicaciones con fuertes exigencias, en cuanto a ancho de banda, han surgido.

Una de las tendencias en telecomunicaciones la constituye el surgimiento de redes de banda ancha que brindan un ancho de banda mas allá de las velocidades T1/E1. El crecimiento explosivo de las interconexiones entre redes locales, es en este momento causa de cuellos de botella en la tradicional infraestructura de las redes WAN. El crecimiento de las aplicaciones de banda ancha y de multimedia y el deseo de integrar voz, datos y vídeo en una infraestructura común de comunicaciones, contribuye a su vez a estos cuellos de botella. Se ha elegido la tecnología ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) como la técnica de multiplexado y conmutación para usarse en redes WAN. Se ha elegido ATM por su flexibilidad a la hora de transmitir servicios de comunicaciones con diferentes características de transferencia. Puede llevar servicios de velocidades constantes o variables, servicios isócronos (voz y vídeo) o asincronos (datos), así como soportar servicios orientados a las conexiones. El entorno de conmutación ATM es dependiente de la velocidad de datos y admite la conmutación tanto de redes públicas como de redes de área local a velocidades ultra altas que superan 1 Gbps.

A continuación se presenta el análisis de la interconexión de 2 redes LAN FDDI a través de una red ATM, esto es ilustrado en la figura 3.41

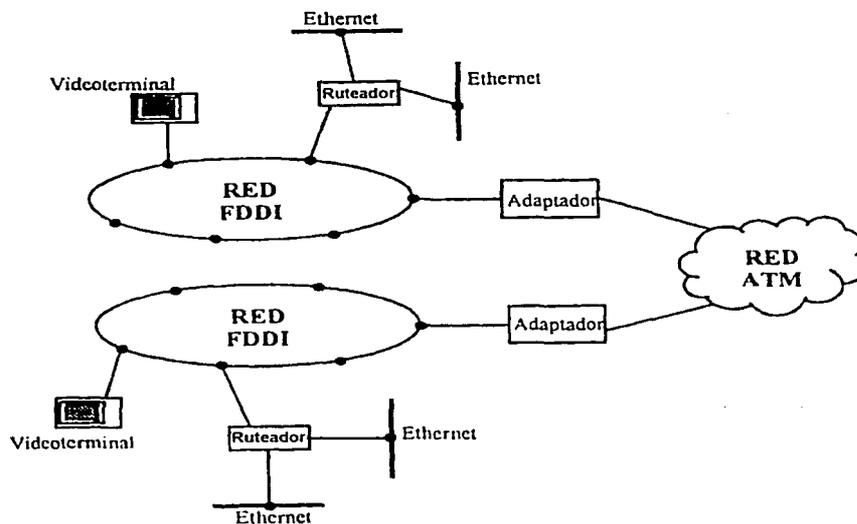


Figura 3.41 Dos redes FDDI enlazadas por una red ATM.

Los elementos que forman este análisis son descritos a continuación:

Redes de área local FDDI.

FDDI es actualmente la tecnología para redes locales de alta velocidad, esto debido al alto desempeño de la fibra óptica.

Ambas redes FDDI soportan 35 estaciones, uniformemente situadas a lo largo del anillo, en tal forma que la distancia entre 2 estaciones FDDI vecinas es de 200 metros. En estos anillos hay 2 tipos de estaciones, caracterizados por el tipo de tráfico que manejan.

Tráfico Asíncrono : Este tráfico consiste de un paquete de datos provenientes de un ruteador, el cual enlaza muchas redes LAN Ethernet. Todas estas comunicaciones usan la serie de protocolos TCP/IP.

Tráfico Síncrono: Este tipo de tráfico corresponde a secuencias de vídeo. La razón para empacar tráfico de vídeo en tramas IP permite que estas sean transmitidas sobre cualquier tipo de red, siempre y cuando el ancho de banda y el desempeño, en cuanto a retardo, de esta red satisfaga los requerimientos de los equipos terminales.

Red ATM

Esta red esta basada en canales virtuales, y este desempeño corresponde a las primeras características de RDSI-BA, donde la velocidad pico se acuerda antes de otorgar el enlace y no cambia durante el enlace. Esto lleva a las siguientes consecuencias :

- Los usuarios son responsables de no exceder la velocidad pico contratada.
- La tecnología que da soporte a esta red (Fibra óptica) asegura una velocidad de bits errados muy bajo.
- Las celdas perdidas y las variaciones de retardo dentro de la red son muy bajas, debido a las condiciones estrictas de acceso, lo cual limita la velocidad pico de las ráfagas ATM.
- El servicio sin conexión es ofrecido sobre rutas y canales semipermanentes.

Adaptador FDDI-ATM

Este adaptador se comporta como un ruteador, pues transforma paquetes IP provenientes del anillo FDDI en una secuencia de celdas ATM y reconstruye paquetes IP de un flujo de celdas que provienen de la red ATM, tal como se muestra en la figura 3.42

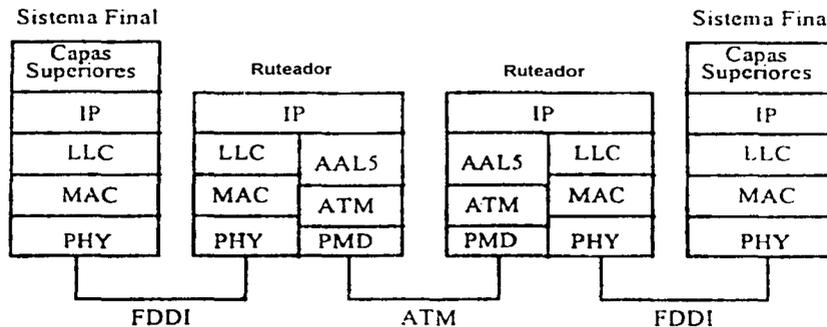


Figura 3.42 Adaptador FDDI-ATM.

Mientras que el uso de puentes MAC remotos es una estrategia apropiada para proveer comunicación dentro de una organización única. La facilidad del direccionamiento jerárquico de ruteo permite la comunicación entre LAN's de diferentes organizaciones, la cual puede usar diferentes protocolos de capa MAC. Entonces este adaptador no intenta extender las redes FDDI, pero sin incorporar éstas dentro de la comunidad internet sobre una red ATM, así el uso de un ruteador es completamente justificado.

ESTRUCTURA FUNCIONAL DEL ADAPTADOR FDDI-ATM

El nivel de adaptación ATM provee muchos puntos de acceso, los cuales son apropiados para diferentes tipos de servicio, AAL1 para emulación de circuitos, AAL2 para conexiones con velocidad variable, AAL 3/4 para realizar transferencia de datos y AAL5 para una comunicación de datos simple y eficiente.

Para el tráfico de redes LAN ambas capas de adaptación AAL 3/4 y AAL5 son aplicables. Pero se ha escogido AAL5 porque AAL 3/4 usa muchos campos de encabezado, los cuales no tienen una aplicación clara en este ambiente, mientras que AAL5 revisa satisfactoriamente los requerimientos necesarios.

FDDI incluye una capa LLC/SNAP porque esta tecnología esta basada sobre un ambiente de medio compartido. Mientras que ATM no incluye tal capa debido a que cada servicio le es asignado un canal virtual exclusivo. La estructura funcional del adaptador FDDI-ATM se muestra en la figura 3.43 y se explican sus componentes a continuación.

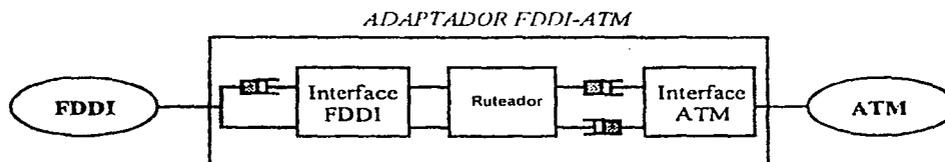


Figura 3.43 Estructura funcional del adaptador FDDI-ATM.

Interface FDDI : Este modulo selecciona tramas FDDI direccionadas hacia el adaptador y les quita los encabezados MAC.

Ruteador : Este modulo quita los encabezados LLC/SNAP para obtener la UDPIP (Unidad de datos de protocolo), este modulo también busca por cual canal virtual será transmitido el paquete IP, esto se hace buscando en una tabla indexada por el campo de dirección de destino.

Interface ATM : Este modulo añade el transportador AAL5 al UDP IP y genera el flujo de celdas sobre el canal virtual correspondiente a la velocidad acordada.

La interface entre el ruteador y la interface ATM consiste de una área de memoria, donde el ruteador almacena paquetes. El ruteador indica para cada paquete la interface de este, en la interface de memoria y el canal virtual sobre el cual debe ocurrir la transmisión ATM. El modulo ATM segmenta el paquete en un flujo de celdas; la velocidad pico es contratada por el usuario. Los adaptadores accesan a la red ATM a través de un enlace físico de 150 Mbps, el cual es equivalente a 354k celdas por seg. ($354000 \times 53 \times 8 \approx 150$ Mbps).

ENCAPSULADO DE TRAMAS DE INTERFASE DE FIBRA DE DATOS DISTRIBUIDOS (FDDI) EN CELDAS ATM

Debería ser fácil entender como un AAL5 puede usarse para encapsular un datagrama IP, y así, transferirlo a través de la red ATM. En la forma más sencilla, un emisor establece un circuito virtual permanente o conmutado a través de la red ATM hacia una computadora destino y especifica que el circuito utiliza AAL5. Entonces el emisor puede pasar un datagrama IP completo hacia AAL5 para entregarlo a través del circuito. El AAL5 genera un remolque, divide el datagrama en celdas y transfiere las celdas a través de la red. En el lado del receptor, el AAL5 reensambla el datagrama, utiliza la información en el remolque para verificar que los bits no hayan sido alterados o se hayan perdido y transfiere el resultado hacia el IP, ver figura 3.44

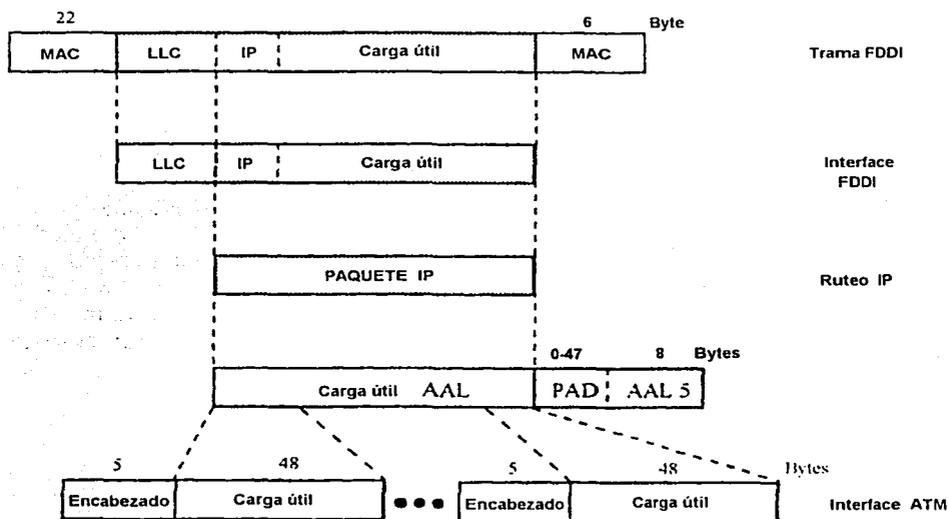


Figura 3.44 Encapsulamiento de tramas FDDI en celdas ATM.

Un AAL5 utiliza un campo de longitud de 16 bits, lo que hace posible enviar 64 K de octetos en un solo paquete. A pesar de la capacidad de AAL5 TCP/IP restringe el tamaño de los datagramas que pueden enviarse en una red ATM.

El estándar impone un límite de 9180 octetos por datagrama (El tamaño de 9180 se seleccionó para hacer compatible a ATM con una tecnología anterior llamada Servicio de Datos Conmutados a Multimegabits o por sus siglas en inglés SMDS). Esto es, el IP impone una MTU2 de 9180 en las redes ATM (Unidad de Transferencia Máxima que es la mayor cantidad de datos que se puede transferir por unidad a través de una red física dada; el MTU lo determina el hardware de la red). Como en el caso de cualquier interfaz de red, cuando un datagrama es mayor que el MTU de la red, el IP fragmenta el datagrama y transfiere cada fragmento hacia el AAL5. Así, el AAL5 acepta, transfiere y entrega datagramas de 9180 octetos o menos.

CLASES DE SERVICIO PARA REDES ATM.

Los servicios que puede ofrecer una red basada en ATM, se pueden clasificar en función de sus características de ancho de banda y retardo, teniéndose:

- 1.- Servicio CBR.- Proporciona un circuito virtual con un ancho de banda fijo, adecuado para aplicaciones que requieren un ancho de banda constante y son sensibles al retardo.
- 2.- Servicio VBR.- Adecuado para tráfico tipo ráfaga, las aplicaciones pueden enviar altas velocidades por pequeños periodos de tiempo.
- 3.- Servicio UBR.- Utiliza solo ancho de banda disponible por lo que es adecuado para aplicaciones de datos no en tiempo real y no se garantiza cuando o si los datos arribarán a su destino.
- 4.- Servicio ABR.- Utiliza solo ancho de banda disponible proporcionando al menos un mínimo para mantener las aplicaciones funcionando y es adecuado para aplicaciones de datos que no sean en tiempo real.

CALIDAD DE SERVICIOS REQUERIDOS POR ALGUNAS APLICACIONES.

La tecnología ATM considera en su diseño el proporcionar servicios de diferente naturaleza como son por ejemplo los servicios de comunicaciones para puntos de venta interactivos, los cuales presentan características de retardo, perdida de datos, comportamiento del tráfico y ancho de banda diferentes a las mismas características del tráfico de vídeo, lo anterior se puede observar en la tabla 3.12 :

	RETARDO	PERDIDA DE DATOS	COMPORTAMIENTO DEL TRAFICO	REQUERIMIENTO DE ANCHO DE BANDA
Transferencia de archivos	Tolerante a variaciones (P.E. 100 mseg.)	Cualquier pérdida de datos resulta en retransmisiones y baja el rendimiento. Es tolerante a muy bajas pérdidas de datos	Ráfagas sostenidas, con grandes periodos de silencio entre transferencias	alto
Punto de venta interactivo	Sensible al retardo (menor a 100 mseg.)	Tolerante	Baja velocidad de transferencia, poca información transmitida	Bajo
Vídeo	Muy sensible a variaciones de retardo y a retardo de extremo a extremo	Tolerante	Velocidad de transferencia sostenida, no hay ráfagas ni silencios	Alto
Intercambio de imagen interactiva	Sensibles al retardo (menor a 100 mseg.)	Cualquier pérdida de datos resulta en retransmisiones	Ráfagas intermitentes de alta velocidad de transferencia con grandes periodos de silencio	Alto
Voz	Sensible a ambas variaciones de retardo y al retardo extremo a extremo	Tolerante	Ráfagas cortas, patrón de silencios impredecible	bajo

Tabla 3.12 Calidad de servicios requeridos por algunas aplicaciones.

III.4 TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE DE DATOS

Los sistemas tradicionales de conmutación son una tecnología de mediados de los años 60's para solucionar los problemas de interconexión de esa época, donde el ancho de banda era escaso y el objetivo de las redes fue maximizar la eficiencia en el transporte. Con el uso de cable de fibra óptica, cuya capacidad de transmisión ha sido duplicada cada dos o tres años, la necesidad de maximizar la eficiencia a expensas del retardo en la transmisión y la complejidad de los nodos de conmutación dejó de ser un imperativo.

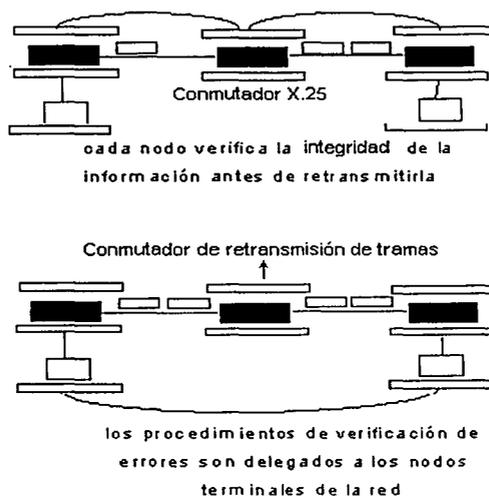


Figura 3.45 Comparación entre X.25 y Retransmisión de Tramas.

Retransmisión de Tramas (Frame Relay), es otra de las tecnologías que ofrecen servicios de datos de alta velocidad, desarrollada por la creciente demanda de ancho de banda. La tecnología de Retransmisión de Tramas es un revolucionario adelanto sobre el tradicional X.25 que ha sido bien aceptado en los servicios de interconexión de redes LAN's y en aquellas aplicaciones que exigen transacciones intensivas de datos. Las redes basadas en Retransmisión de Tramas ofrecen un ancho de banda sobre demanda y múltiples sesiones de datos pueden transmitirse sobre una sola líneas de comunicación.

La Retransmisión de Tramas fue definida originalmente por el CCITT como una red de servicio dentro de la estructura de ISDN, la cual requería una tecnología que fuera capaz de utilizar el primer rango de ancho de banda de 1.92 Mbps y que ofreciera un tipo de mecanismo de entrega de datos a bajo precio.

La Retransmisión de Tramas surge como protocolo hasta 1989, antes era parte de los estándares de la "Red Digital de Servicios Integrados" (ISDN). Sin embargo, la realidad es que el uso de Retransmisión de Tramas esta muy ligado a las aplicaciones de la infraestructura de "Networking". La ISDN (a veces llamada de banda angosta) que estipula una sola interfase de red de un usuario con la capacidad de conexión de varios tipos de servicios de red como: circuitos de conmutación de datos, servicio de

conmutación de voz, acceso de conmutación de paquetes y acceso a los servicios de Retransmisión de Tramas.

La retransmisión de tramas se introdujo en el mercado en 1990, ofreciendo una multiplexación de datos que permitía la conexión entre equipos de usuario (ruteadores y procesadores de comunicaciones) y entre equipos de usuario y los portadores de retransmisión de tramas. Permite la transmisión de datos utilizando tramas con una longitud variable a través de circuitos virtuales. Al igual que X.25, la retransmisión de tramas especifica la interfase entre el equipo de usuario y la red que proporciona el servicio.

La interfase de retransmisión de tramas soporta accesos a velocidades de 56 Kbps, n x 64 Kbps y 1.544 Mbps (2.048 Mbps en la norma europea). Algunos proveedores ofrecen equipos que operan hasta 45 Mbps utilizando algunas adecuaciones propietarias.

En Europa el único servicio ofrecido con retransmisión de tramas durante 1992, fue British Telecomm (BT) con extensiones de su servicio global de red (GMS), administrado por el servicio de red de conmutación de paquetes de datos. Muchos otros servicios prestados en Europa están esperando ofrecer retransmisión de tramas, aunque lo limitado de su demanda inicial limita a su vez sus planes a los principales centros de negocios en Europa. Esta situación permanecerá hasta que las compañías europeas creen firmemente que la retransmisión de tramas ofrece grandes ventajas sobre X.25.

En los años 60's el BER (Bit Error Rate o Tasa de bits erróneos) que ofrecían las líneas telefónicas estaba lejos de ser lo deseado, actualmente las fibras ofrecen BER de $10 \text{ exp. } -8$ ó $10 \text{ exp. } -9$, en consecuencia los circuitos telefónicos que se utilizaban requerían de un complejo sistema de verificación de errores y procedimientos de recuperación en cada nodo de la red, por esta razón utilizaban protocolos de la familia HDLC que ofrecen este tipo de control.

En la retransmisión de tramas, las funciones de conexión de errores y control de flujo son delegados a los nodos terminales de la red (generalmente el equipo de usuario).

La retransmisión de tramas acelera el proceso de ruteo de paquetes a través de una serie de conmutadores que no requieren verificar la integración de cada paquete antes de retransmitirlo al siguiente nodo, esto incrementa el desempeño de la red y reduce los requerimientos de ancho de banda, trayendo como consecuencia una reducción en el costo de las líneas de comunicación y en los números de paquetes que un dispositivo requiere poner en la red para transmitir una determinada cantidad de información.

La tecnología de retransmisión de tramas se utiliza principalmente para la interconexión de redes LAN (ver figura 3.46), en algunos casos es posible conectar directamente terminales asíncronas o terminales síncronas del tipo SNA realizando adecuaciones en la interfase del usuario.

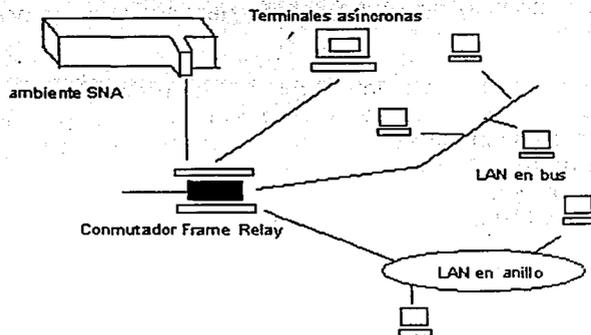


Figura 3.46 Interconexión de redes LAN.

Existe una serie de estándares desarrollados por el Instituto Americano Nacional de Estándares (por sus siglas en inglés ANSI) que definen al protocolo de retransmisión de tramas. Los principales son T1.606, T1.617 y T1.618, fueron publicados en 1990. ANSI T1.606 especifica la composición de la trama para esta tecnología, actualmente tanto la retransmisión de tramas como X.25 han adoptado éste estándar. ANSI T1.617 especifica las funciones de administración críticas. ANSI T1.618 especifica las necesidades de un protocolo para soportar la retransmisión de tramas.

La retransmisión de tramas opera en la capa inferior del nivel de enlace de datos (nivel 2 del modelo OSI). Permite múltiples protocolos de usuario final operando simultáneamente en un mismo canal físico. Este protocolo ofrece transferencia transparente de datos de usuario y no restringe el contenido del mismo, su formato, código o interpretación de la estructura.

La trama dentro de la retransmisión de tramas se observa en la figura 3.47 tiene la siguiente estructura:

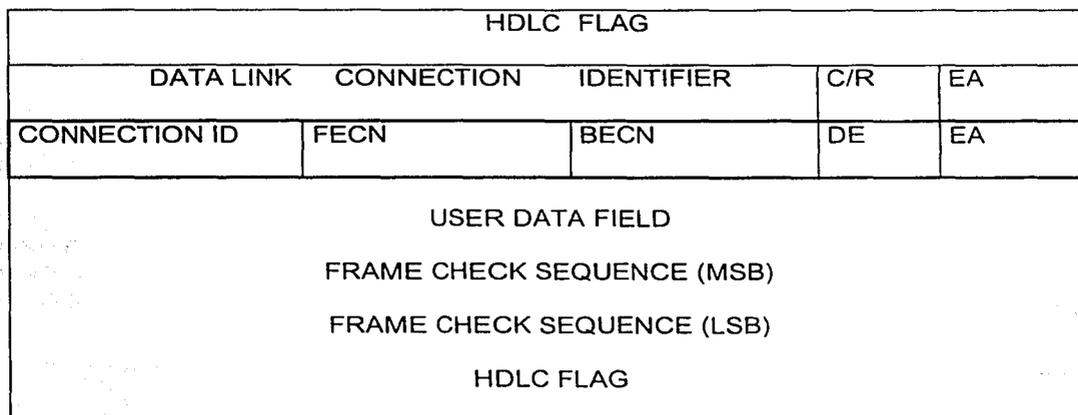


Figura 3.47 Estructura de la trama dentro de la Retransmisión de Tramas.

INDICADOR DE SECUENCIA (FLAG SEQUENCE). Son los delimitadores iniciales de la trama, consiste de un "0" seguido por seis "1" continuos y un "0" al final. Existe un delimitador similar al final de la trama. Sirven para indicar el inicio y el final de la misma.

CAMPO DE DIRECCION (ADDRESS FIELD). Consiste cuando menos de dos octetos (puede extenderse hasta 4), identifica a la estación transmisora y a la receptora.

CAMPO DE INFORMACION DE LA RETRANSMISIÓN DE TRAMAS (FRAME RELAY INFORMATION FIELD). Contiene los datos de usuario, consiste de un número entero de octetos. La red puede operar una longitud en el campo de información de hasta 8, 189 octetos. Este tamaño de trama tan grande fue previsto para eliminar la necesidad de fragmentación y ensamble de paquetes en el equipo de usuario.

SECUENCIA DE CHEQUEO DE TRAMA (FRAME CHECKING SEQUENCE FCS). Es una secuencia de 16 bits que permite la detección de errores por el equipo del usuario por medio del método conocido como código de redundancia cíclica, consistente en la evaluación de un polinomio utilizando los bits de información. Esta evaluación permite detectar errores de hasta 16 bits en la trama.

TRANSPARENCIA (TRANSPARENCY). Es el encargado de examinar por medio del nivel de enlace el contenido de la trama, además debe insertar un "0" después de cualquier secuencia de cinco "1" consecutivos (incluyendo los bits del FCS), para asegurar que esta secuencia no sea confundida por las señales de bandera inicial o final. En consecuencia el equipo receptor se sujeta a examinar la información contenida entre las dos banderas.

La secuencia de transmisión dentro de la trama es la siguiente: Los octetos son transmitidos en forma ascendente. Dentro de un octeto. El bit número 1 es el primero a ser transmitido.

Una trama se considera inválida por alguna de las siguientes causas:

- Que no se encuentre apropiadamente ordenado dentro de las dos banderas.
- Si tiene menos de cinco octetos de longitud entre las dos banderas, por ejemplo cuando no existe el campo de información de usuario.
- Si no está formado de un número entero octetos antes y después de insertar o extraer el "0" de secuencia.

Si la red recibe del equipo de usuario una trama demasiado larga que no pueda soportar, la red desechará la trama, enviará solo una parte de ella al usuario final, o la enviará en una trama con el FCS adecuado.

La decisión que tomará el equipo depende de las características de diseño y no se encuentra estandarizado actualmente.

Una configuración que ha despertado bastante interés por el alto rendimiento que ofrece a los usuarios finales para la transmisión de datos es el uso de conmutadores de retransmisión de tramas que conectan las redes internas y el circuito troncal (backbone) de ATM (figura 3.48). Los conmutadores ATM deberán de entregar una interfase adecuada para los equipos de retransmisión de tramas, y dado que estas dos interfases no son compatibles deberán además proveer el servicio de intercambio de protocolos.

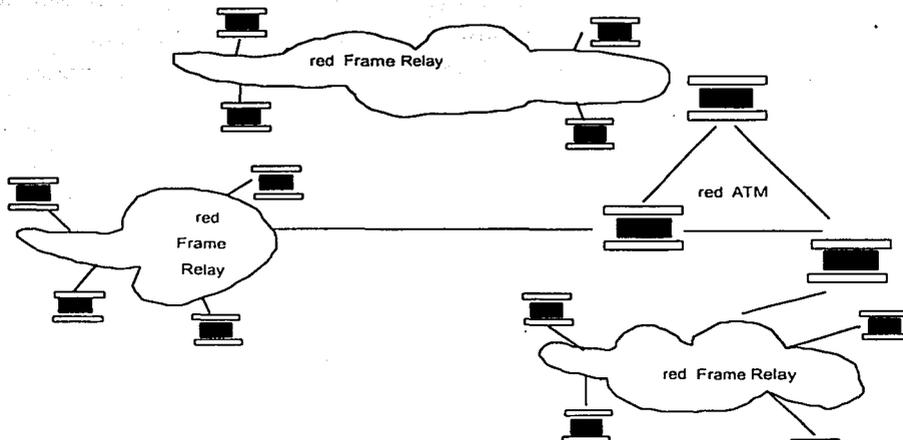


Figura 3.48 Backbone ATM.

Con la finalidad de establecer alianzas de cooperación, difusión y estandarización, los distintos fabricantes de equipo para Retransmisión de Tramas han formado el denominado Foro de Retransmisión de Tramas, que inició sus operaciones en julio de 1991. En ese entonces estaba formado por 52 compañías. Esta organización esta totalmente abierta a cualquier institución que desee participar.

Esta constituido por tres grupos de trabajo:

- 1.- Grupo de desarrollo de mercado y educación.
- 2.- Grupo técnico
- 3.- Grupo de interoperabilidad y prueba.

Muy probablemente esta sea una de las tecnologías que mejor se acepten en el mercado para su migración posterior a ATM.

III.4.1 RETRANSMISIÓN DE TRAMAS (FRAME RELAY)

La retransmisión de tramas surge como protocolo hasta 1989, antes era parte de los estándares de la "Red Digital de Servicios Integrados" (RDSI). Desde entonces ha habido mucho debate, desaciertos y controversia sobre los beneficios de este nuevo protocolo de comunicaciones. Sin embargo la realidad es, que el uso de retransmisión de tramas esta muy ligado a las aplicaciones de la infraestructura de operación de red. La RDSI (a veces llamada de banda angosta) estipula una sola interfase de red de un usuario con la capacidad de conexión de varios tipos de servicios de red como: circuitos de conmutación de datos, servicio de conmutación de voz, acceso a conmutación de paquetes y acceso a los servicios de retransmisión de tramas.

La retransmisión de tramas dentro de RDSI fue diseñado para conmutación de datos semejante a un paquete, de gran velocidad causando la interconexión de dispositivos que requieren una gran capacidad de comunicación para corta duración (como las redes LAN). RDSI ha sido tomada muy lentamente como tecnología en muchos países, pero los principios de la retransmisión de tramas tienen aplicaciones de RDSI, por lo que el protocolo fue creado para usarse en un ambiente estándar. La retransmisión de tramas se basa en los principios de "conmutación de paquetes" que es más adecuada para las aplicaciones de transmisión de datos, los cuales se dividen en tramas de longitud variada, que es lo más avanzado dentro de la red de retransmisión de tramas, la cual intenta integrarlos al destino requerido. Esta filosofía, hasta aquí es idéntica a la de "conmutación de paquetes", siendo la principal diferencia entre retransmisión de tramas y conmutación de paquetes, la implementación del protocolo en sí. La conmutación de paquetes opera en el nivel 3 del modelo OSI, mientras la retransmisión de tramas implementa todas las funciones requeridas por el protocolo dentro del nivel 2 del modelo OSI.

Las operaciones de la red pública no han ofrecido gran calidad, ni alta velocidad en los servicios por conmutación de paquetes (excepto en Francia). Por lo tanto el mercado para datos de redes privadas, está basado en X.25 (conmutación de paquetes) y en velocidades más bajas en las líneas. El uso de redes privadas de conmutación de paquetes no ha sido privilegio sólo de las grandes corporaciones, muchas compañías medianas y pequeñas también se han beneficiado de esta posibilidad de instalar y operar redes privadas.

El primer servicio público de retransmisión de tramas apareció en Norte América durante 1992 de compañías tales como AT&T, US Sprint, British Telecomm North América, Wiltol and Compuserve. Estas compañías instalaron nodos de retransmisión de tramas en la mayoría de las ciudades a través de Estados Unidos y permitieron el acceso a estos nodos a través de la compra de un acceso local en la compañía local de telecomunicaciones (ver figura 3.49). Para los clientes este servicio es viable dado que el costo por el acceso a la línea es relativamente pequeño. Sin embargo, para los clientes que deseaban acceder a servicio público de retransmisión de tramas y que no están en las principales ciudades, el costo de acceso a la línea excluye de sus consideraciones el servicio de retransmisión de tramas.

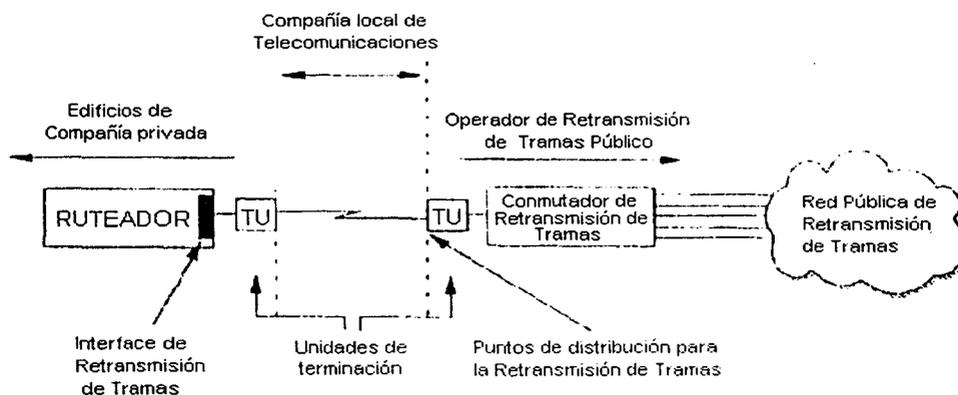


Figura 3.49 Método de acceso para la retransmisión de tramas en Norte América

La limitada demanda de retransmisión de tramas a los principales centros de negocios en Europa permanecerá hasta que las compañías europeas creen firmemente que la retransmisión de tramas ofrece grandes ventajas sobre X.25. Los costos a considerar sobre el servicio público son:

- ¿Cómo se cobra el servicio?
- ¿Cómo es la interfase física de velocidad y TIPS que se ofrecen?
- ¿Hay alguna garantía en la entrega?

La tarifa del servicio público de retransmisión de tramas puede basarse en las siguientes consideraciones:

1) TIP tasas de información permitidas (TIP o por sus siglas en inglés CIR, committed information rates).- Este es el nivel básico para establecer una tarifa común para todos los servicios públicos y está definido por los estándares internacionales de la ANSI y la CCITT. Sin embargo, la tarifa y disponibilidad de puede ser diferente entre los servicios de las redes.

2) DISTANCIA.- Algunos servicios públicos son cobrados según la distancia así como por TIP que es ocupado. Aunque esto es inusual, no es inconveniente y permite ofrecer un precio más bajo en el TIP, y compartir el costo de todos los servicios sobre varios parámetros.

3) RANGOS A VELOCIDADES "RÁFAGA".- La dificultad con las "redes ráfaga" es que no hay posibilidad para que el proveedor del servicio entregue los datos que exceden al TIP, cobrar por un servicio que no esta obligado a entregar ningún dato no es una buena manera de acercarse al usuario. Ha sido lanzado un servicio que cobra de acuerdo con el ancho de banda reservado (de 0 a 100%) y la red garantizará la entrega de tráfico dentro de tal suscripción pero no necesariamente sobre de ella.

4) DURACIÓN.- La primera implantación de retransmisión de tramas se basará en circuitos permanentes, cuando los conmutadores de circuitos sean realidad, la duración de la llamada será un parámetro importante.

Las tarifas iniciales para el primer servicio público de retransmisión de tramas indicaban que las ventajas del costo de la retransmisión de tramas sobre líneas en renta eran menores. El costo dependería totalmente de la distancia necesaria. En velocidades sobre 128 Kbps la diferencia sería estable. La diferencia entre los dos se incrementaría al aumentar la velocidad. Hay tendencia general a reducir las tarifas a medida que haya más proveedores del servicio público y la competencia sea mayor.

No es verdad que el único parámetro digno de consideración dentro del servicio público de retransmisión de tramas sea el TIP. También es muy importante la línea física de velocidad en la interfase dentro de la red pública de retransmisión de tramas.

III.4.1.1 ESTANDARES DE RDSI PARA LA RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

Los prestadores de servicio de retransmisión de tramas fueron definidos dentro de las especificaciones I.122 de CCITT para RDSI y fueron originalmente aceptados para trabajar a velocidades sobre 2.048 Mbps, I.122 definió 4 paquetes específicos de servicios :

Retransmisión de tramas 1; retransmisión de tramas 2, conmutación de tramas y X.25 - basándose en el modo paquete, dejando de lado los procedimientos de X.25, I.122 especifica 3 diferentes servicios de "modos de trama" todos basados en las recomendaciones para los procedimientos de control de unión de datos de I.441; I.441 es una extensión del protocolo de LAPD. Dentro de I.441 están 4 funciones que complementan al protocolo de I.441, las cuatro funciones medulares principales incluyen.

- Limitaciones y alineamientos de trama.
- "Los bits de relleno", es una técnica que garantiza que los límites tengan lugar en los puntos finales de la trama y no dentro de la trama.
- Multiplexor/demultiplexor de tramas usando el campo señalado.
- Inspección de trama para asegurar que no sea ni demasiado corta, ni demasiado larga.
- Detección de errores de transmisión.

Nótese que no hay funciones para control de flujo, temporizadores, verificación de secuencia o recuperación de errores dentro de los procedimientos más importantes. Éstas son consideradas funciones de niveles más altos. El principio en el manejo de retransmisión de tramas es que si un error es detectado, las estaciones siguientes aceptarán la trama, dejando que los protocolos de niveles mas altos descubran y corrijan

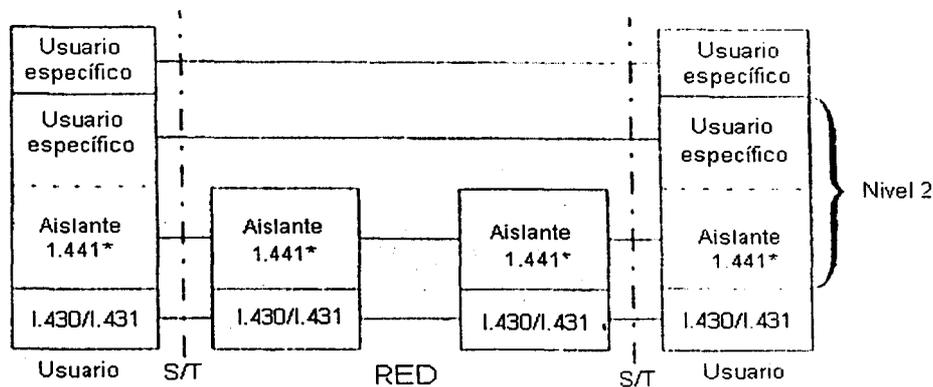


Figura 3.50 Conmutación de Tramas tipo 1.

el error. El servicio de retransmisión de tramas consta de 2 modos posibles: Tipo 1 y tipo 2, el tipo 1 esta detallado en la figura 3.50, sus procedimientos principales son usados como base para la parte más baja del protocolo del nivel 2. El usuario puede determinar los niveles más altos (incluyendo el resto del nivel 2) a su propia elección, los procedimientos del tipo 2 se detallan en la figura 3.51. Aquí las funciones principales provistas por la red tienen los niveles más altos de los procedimientos de I.441, como el

protocolo del nivel 2; pero operando terminal-terminal entre usuarios. El nivel mas alto del protocolo consistirá en el control de flujo, sincronización, verificación de secuencia y de los componentes de recuperación de error.

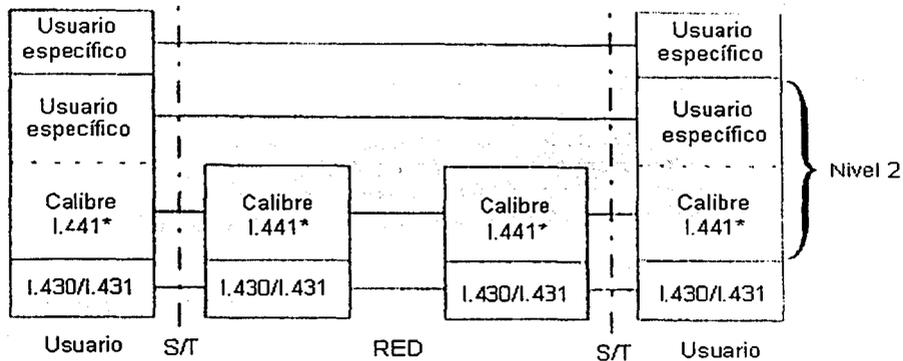


Figura 3.51 Conmutación de tramas tipo 2.

Modo de conmutación de tramas (fig. 3.52). Aquí el usuario implanta los procedimientos completos de la unión de datos 1.441 en bases locales, y proporciona control completo del flujo, detección y corrección de errores para todas las otras funciones del nivel 2 del protocolo, en el punto de acceso de la red. El nivel 3 del protocolo y otros niveles mas altos son proporcionados por los propios protocolos del usuario. Las funciones de retransmisión de tramas en la terminal del usuario interactúan con el servicio de RDSI a través de la utilización de los niveles más altos del protocolo para formatear los datos y enviar los mensajes al estado de la red. Este prepara un mensaje de "estableciendo llamada" usando los procedimientos del señalizador Q.931 sobre el canal D. Este mensaje es enviado por el RDSI a las terminales distantes para indicar la conexión a la terminal remota, una vez que la conexión se ha establecido, los datos del usuario son transferidos a través de los niveles físicos de unión de datos al punto de acceso dentro de la RDSI. Aquí es enviado como trama, de una terminal de la red a otra, utilizando como base la técnica de brinco a brinco, usando las indicaciones de información de trama en el mecanismo indicador de la misma.

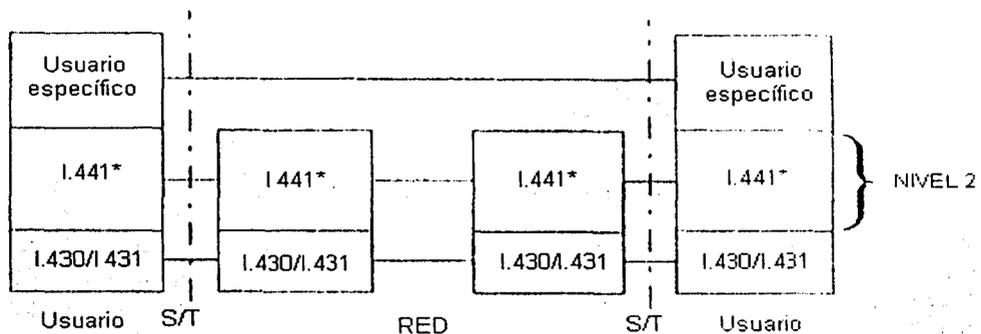


Figura 3.52 Conmutación de Tramas.

Los procedimientos arriba detallados se han extendido dentro de ciertas especificaciones nuevas para la retransmisión de tramas.

I.233 son servicios portadores del modo de trama: Esta recomendación se divide en 2 partes, la parte 1 detalla la retransmisión de tramas, la parte 2 detalla la conmutación de tramas.

Q.922 Es una especificación de señalamiento en los servicios RDSI para los cortes en los enlaces de trama: En esta se establece la estructura de la trama, formatos de los campos y los procedimientos de unión de datos.

Q.933 Es una especificación de señalamiento RDSI para un servicio portador del modo de trama : define los mecanismos para colocar las conexiones de retransmisión de tramas así como los procedimientos de los circuitos virtuales permanentes, basados en Q.931.

I.370 Administración de congestión de retransmisión de tramas para una RDSI poseedora de servicios: detalla como usuarios y red pueden cooperar para entrar y recobrar la congestión causada por la falta de control de flujo dentro del servicio de "retransmisión de trama".

I.372 Requerimientos de interfase red a red con servicios poseedores de modo de trama: especifica como dos redes de "retransmisión de tramas" pueden comunicarse con otra a través del principal rango de conexión RDSI.

I.555 Interoperabilidad para un modo de trama poseedor de servicio : define las líneas para la interoperabilidad entre la retransmisión de trama, conmutación de tramas, X.25, conmutación de circuitos para una RDSI así como la interconexión de LANs.

Todos los estándares nuevos de retransmisión de tramas han sido preparados en coordinación con los estándares más relevantes de ANSI para lograr la compatibilidad entre los 2 organismos.

III.4.1.2 OPERACIÓN DE LA RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

Para entender las ventajas de la retransmisión de tramas sobre la conmutación de paquetes es importante apreciar como la conmutación de paquetes opera y analizar como un mecanismo simple de transporte puede crearse haciendo diferentes suposiciones de la red. La conmutación de paquetes funciona recibiendo un paquete de información del dispositivo de acceso del usuario. La forma en como está estructurado este paquete se observa en fig.3.53. El paquete contiene cinco componentes principales:

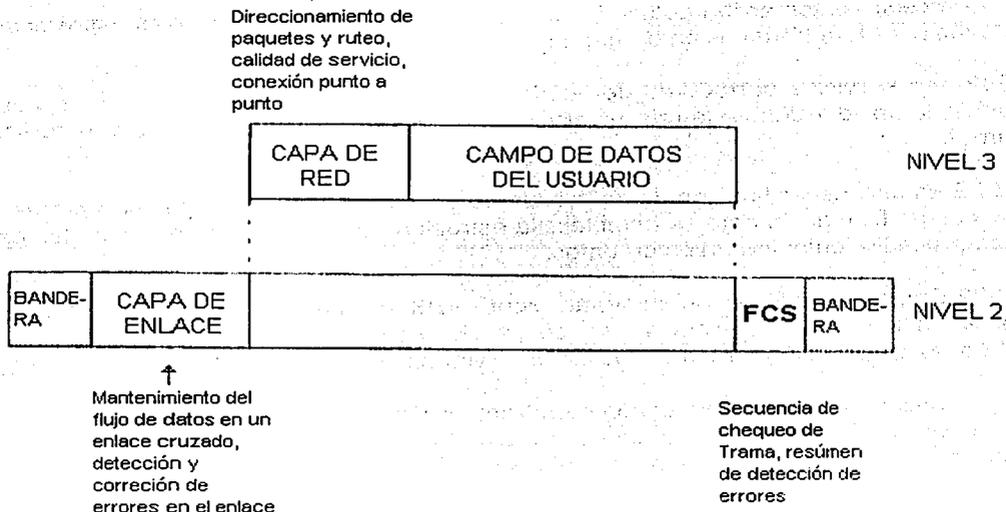


Figura 3.53 Formato a nivel Paquete.

Banderas: Hay una secuencia de 8 bits que sirven para delinear el paquete, cuando esta secuencia es "encontrada o detectada" el paquete empieza o termina.

Trama de control de secuencia: Es un campo calculado de 2 octetos que determinan si han ocurrido alteraciones dentro del paquete como resultado de ruido en el circuito.

Componente de enlace más elástico: es responsable de la transmisión correcta de paquetes a tramas de un solo canal de comunicación. Si ocurre un error dentro del paquete el protocolo "de enlace más elástico" lo detectara e intentara recobrarlo, otra función importante es el control de flujo, este control es responsable de controlar el rango que el dispositivo original utiliza. Dado que la conmutación de paquetes es una técnica que opera sobre las bases de un contenedor, es importante que el contenedor (buffer) dentro del paquete no se desborde. El segundo nivel del protocolo controla esto, no permitiendo que paquetes adicionales pasen hasta que existan suficientes contenedores para ellos. Este procedimiento previene el congestionamiento dentro del paquete alcanzado un nivel en donde una operación normal sería imposible.

Componente del nivel de red: contiene las indicaciones de la información que define el destino requerido del paquete y asegura que una conexión terminal-terminal sea posible. Este protocolo es responsable de establecer una red de conexiones pasando los datos usados y aclarando las conexiones. También es responsable de proveer diferentes grados de servicio al usuario y cuenta con procedimientos de control de flujo.

Campo de los datos del usuario: contiene los datos transmitidos pudiendo aplicar el usuario información orientada a un protocolo de mensajes más elevado. en general, no más de 4096 bytes son permitidos por paquete. La conmutación de paquetes esta definida aquí, solo usando los estándares internacionales de X.25 definiendo una interfase para la red de conmutación de paquetes y no el funcionamiento interno de la red en sí. El nivel del paquete procesador dentro de X.25 asegura que los paquetes enviados lleguen a

su destino sin errores y con las secuencias corregidas, con la ventaja de una transmisión muy clara. Dado que las posibilidades de pérdidas por errores de paquetes son muy bajas. El control de mayor flujo pondrá también restricciones y límites efectivos a través de la red. Se requieren nuevas soluciones para posibilitar el paso de datos a través de una red WAN a velocidades muy altas, el desarrollo de los sistemas de transmisión finales significa que: - El rango de bit será de 1 por 10 exp. 6 a menos de 1 por 10 exp. 10 .

- Las aplicaciones dentro del sistema usuario serán lo suficientemente capaces de detectar cualquier error que pudiera ocurrir dentro de la red y de corregirlo apropiadamente. La retransmisión de tramas es una de las tecnologías que se han desarrollado para resolver el problema de la alta velocidad de los datos a través de conmutación de paquetes. La retransmisión de tramas opera en base a 2 principios:

- 1.- Si hay problemas con una Trama (errores, congestión, etc.) ésta debe ser descartada y no tratar de corregirla.
- 2.- El sistema de usuario final es responsable de las correcciones o errores circunstanciales. La mayor diferencia entre la retransmisión de tramas y otras formas de conmutación de paquetes es que la retransmisión de tramas implementa todas las funciones requeridas por el protocolo dentro del nivel 2 del modelo OSI, aunque aquí no se implementan todas las funciones tradicionalmente asociadas a la conmutación de paquetes (fig. 3.54). Lo que se implemente del nivel 2 es conocido como funciones principales. Hay tres funciones principales que son conducidas dentro de un conmutador de retransmisión de tramas.

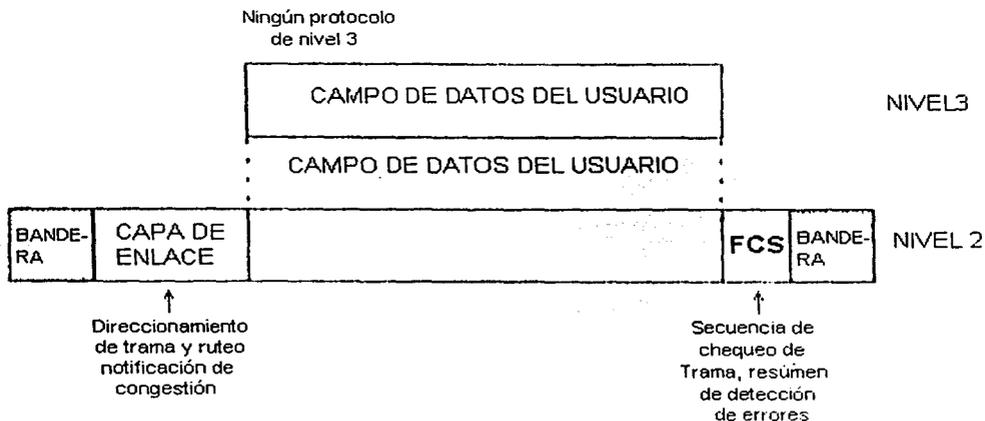


Figura 3.54 Formato de la Retransmisión de Tramas.

- 1).- Asegurar que no haya errores de bits dentro de una trama examinando la secuencia, si hay errores, descartar la trama.
- 2).- Leer la información añadida a la trama y dirigir la entrada de la trama a una salida apropiada.
- 3).- Asegurar que el conmutador de retransmisión de tramas no este congestionado, si es así, colocar los bits que notifiquen la congestión ; o descartar la trama.

A diferencia de X.25, la retransmisión de tramas no tiene protocolo de nivel 3, y solo tiene que examinar el nivel 2 de información. Además la cantidad de procesos que ocurren en el nivel 2 de retransmisión de tramas es menor que la requerida en una interfase X.25. La (fig. 3.55) muestra un diagrama de flujo simplificado de la diferencia entre la retransmisión de tramas y el protocolo procesador de X.25. El diagrama representa las funciones que el software necesita verificar y accionar en ambos casos. Cabe señalar que algunos de los puntos del diagrama requieren más información detallada, particularmente en el caso de detección de errores en la operación del protocolo. Esta significativa reducción en las necesidades del protocolo resulta en el mejoramiento del desempeño del conmutador. La figura 3.56 también muestra las diferencias entre la conmutación de paquetes y la retransmisión de tramas en cuanto a lo que se relaciona con la capacidad del sistema para manejar datos. Una parte del protocolo X.25 es el mecanismo llamado control de flujo. Este es el procedimiento que controla el rango y origina la emisión de paquetes de dispositivos dentro del conmutador, el cuál es controlado en los niveles 2 y 3. Si al conmutador receptor le es imposible aceptar cualquier paquete del dispositivo original por razones de congestión o por falta de espacio en el contenedor entonces no reconocerá el contenido de los paquetes y emitirá un mensaje diciendo "No enviar mas paquetes". Cuando la congestión disminuya mandara un mensaje diciendo "listo para mandar otra vez". Esto garantiza que el conmutador receptor nunca tendrá que descartar ningún dato por falta de capacidad en el contenedor.

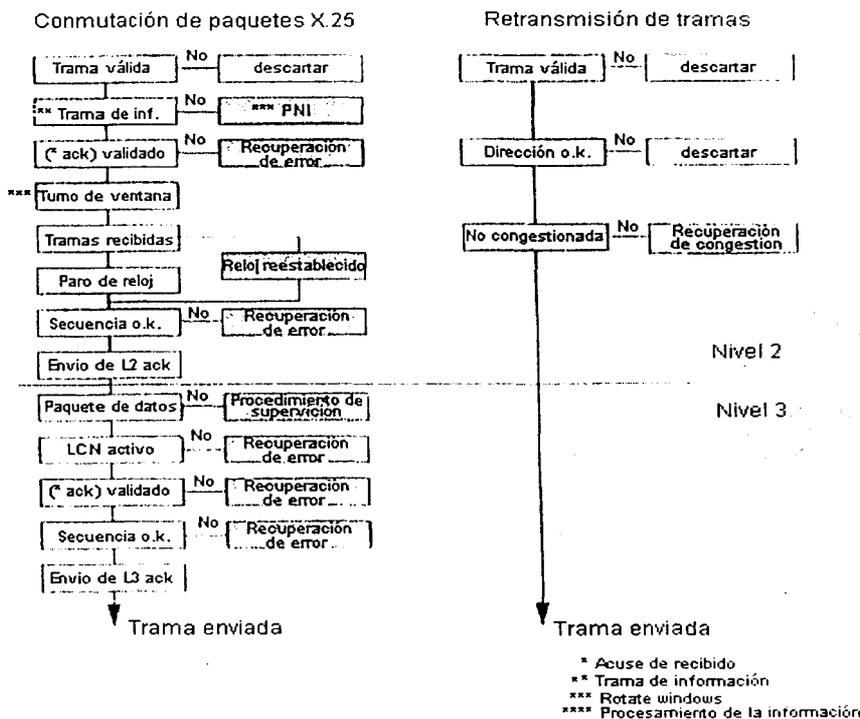


Figura 3.55 Diferencia entre Retransmisión de Tramas y X.25.

La retransmisión de tramas no tiene un proceso equivalente. Es posible para la retransmisión de tramas tener un dispositivo de acceso para continuar enviando "tramas" dentro del conmutador receptor, aun cuando haya insuficiencia de espacio en el contenedor. Si esto ocurre el conmutador receptor tiene la posibilidad de descartar cualquier otra "trama" recibida sin notificación, dejando al dispositivo original la recuperación de los datos perdidos.

III.4.1.3 CONEXION DE CIRCUITOS

Otro aspecto importante de la retransmisión de tramas es el tipo de conexiones que apoya la retransmisión de tramas, fue diseñado como un protocolo simple y sus implementos iniciales carecían de campos de mensajes llamados de "establecimiento" y "desconexión". Esta información en la retransmisión de tramas es sólo de importancia local. La retransmisión de tramas fue definida inicialmente como una conexión permanente de un protocolo "orientado", una conexión entre dos usuarios es establecida permanentemente y no puede ser limpiada a cada momento. Este modo de operación se conoce como circuitos virtuales permanentes (PVC's) el cual esta razonablemente restringido porque a los usuarios no les es posible tener conexiones de retransmisión de tramas con otros usuarios. La conexión se realizará (a través de un "director" de red) cuando la red funcione y será posible la conexión permanente hasta que la red se "apague". Hay formas de pedir y crear los servicios de retransmisión de tramas (conocido como circuitos virtuales conmutados ó SVC's).

Una de las mayores ventajas de los servicios de la red con retransmisión de tramas se relaciona con la cantidad de datos que puede manejar el usuario, como no hay un control de flujo local el usuario puede enviar tanta información como requiera en cualquier momento. No hay forma de que la retransmisión de tramas impida al usuario la transmisión de datos, aunque estos rebasen la capacidad de la red. Sin embargo hay un mecanismo para notificarle al usuario que puede haber problemas dentro de la red si continua enviando información y la recomendación de la red será suspender el envío por un momento. Esto es una especie de mensaje amable, pero no un mandato que el usuario debe obedecer y los datos pueden seguir siendo enviados aumentando el riesgo de congestión. Para impedir tal situación en la cual un usuario continua enviando información en estas condiciones, ha sido desarrollado el principio de tasas de información permitidas (TIP o por sus siglas en inglés CIR, committed information rates). Un TIP es el tipo de datos que el usuario espera que pasen a la red a todo momento por los cuales la red podrá operar sin problemas. Nótese que el TIP esta relacionado con el tipo de velocidad actual de bit de las conexiones físicas. Un usuario puede tener una conexión fija operando a 2 Mbps pero un TIP pasa a través de esta conexión a sólo 64 Kbps. Esto significa que el usuario tiene un promedio de velocidad de datos de 64 Kbps, pero esto puede aumentarse a 2.048 Mbps. El diseñador planeará el respaldo para acomodar 64 Kbps del usuario, no 2 Mbps. Pero que sucede si el usuario quiere exceder el TIP? Una de las ventajas de la retransmisión de tramas es que es perfectamente posible para el usuario exceder el número de datos planeado por un TIP y la red los aceptara sí el ancho de banda esta disponible. Sin embargo hay restricciones con este procedimiento. Uno de los criterios básicos de la retransmisión de tramas es que si hay problemas con alguna descripción, la red tiene el derecho de descartar la "trama". No es sorprendente descubrir que si a la red le es imposible entregar datos al usuario por razones de congestión de la red, los datos sean descartados, pero ¿Como distingue la red entre datos que han sido encomendados vía TIP y datos que exceden ese TIP? Cada retransmisión de tramas contiene un indicador llamado "descartador de elegibilidad"

(discard eligibility). El cual puede ser colocado dentro de las "tramas" que deben ser descartadas por el descartador de elegibilidad (en el caso de problemas). Afortunadamente la eliminación de estos datos por medio del "descartador elegible" aliviarán los problemas de congestión que puede haber en la red. El método exacto de cuales "tramas" será marcadas con el "descartador de elegibilidad" dependerá del proveedor del equipo, pero un posible mecanismo puede basarse sobre TIP y un periodo de tiempo. La figura 3.56 muestra una posibilidad sobre un periodo t , éste se establece como la cantidad de datos que el usuario puede enviar a la red. Cuando estos datos excedan el TIP del usuario, la red coloca el descartador de elegibilidad en las "tramas" siguientes hasta que el periodo de tiempo t se termine.

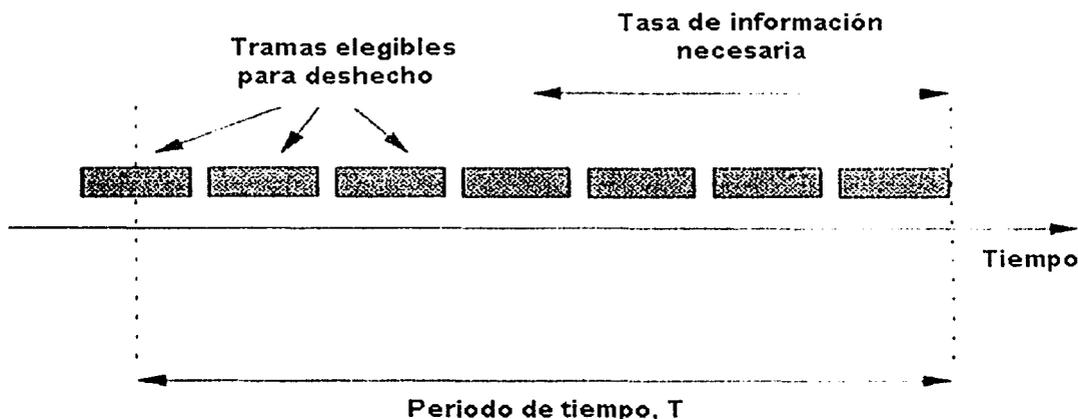


Figura 3.56 Una posibilidad sobre un periodo t .

Este método es justo, puesto que no distingue entre datos importantes y no importantes para el usuario, además de que asume que es el usuario quien elige el descartador de elegibilidad de ciertas "tramas", entonces esas "tramas" no serán incluidas dentro del conteo de TIP.

Un servicio público puede ofrecer TIP's a diferentes tarifas, pero provee a todos los usuarios una conexión física de 2 Mbps. El servicio público podrá entonces ofrecer una garantía del número de datos entregados dentro del TIP, con la posibilidad para que el usuario exceda ese TIP, conociendo el riesgo de ello.

III.4.1.4 MANEJO LOCAL DE LA INTERFASE

Puesto que el protocolo de retransmisión de tramas ha sido definido como un protocolo muy simple con pocas características agregadas, hay varias omisiones de las especificaciones básicas que son consideradas importantes para otros protocolos de conmutación. Varias de estas características (como el control de flujo de datos) pueden ser omitidas sin afectar las funciones generales de la red, pero algunas son esenciales para el funcionamiento correcto de la red. Estas son las características esenciales contenidas en el manejo local de la interfase (MLI o LMI por sus siglas en inglés), el cual se usa para controlar la conexión entre el usuario y la red, y es el responsable de :

- Asegurar que la unión entre usuario y red esté activa.
- Notificar la adición o suspensión de PVC's .
- Guarda los mensajes recordando la disponibilidad de los circuitos.

Dado que a la retransmisión de tramas le es imposible el manejo de este tipo de datos, un circuito virtual separado es establecido entre el usuario y la red por el cual pasa esta información, esto es también conocido como "señalización fuera de la banda".

El LMI opera como un protocolo de "sondeo" (polling) entre el usuario y la red. Un sondeo y un mensaje "de reconocimiento" son intercambiados a intervalos regulares. Frecuentemente un mensaje "de estado 2" es intercambiado, proporcionando una vista completa del estado exacto de PVC's, ya sea que esté activo, inactivo, nuevo o retrasado. Este protocolo básico de sondeo es restrictivo, entonces una extensión opcional pone al día el mensaje retrasado. Este mensaje asíncrono puesto al día pasa la información acerca del estado de cada PVC en donde sea originado un cambio en su nivel . Esta extensión permite que la interfase de retransmisión de tramas sea más responsable de cualquier cambio en las condiciones de la red.

III.4.1.5 NICHOS EN DONDE LA RETRANSMISION DE TRAMAS ES AMPLIAMENTE RECOMENDADA

La retransmisión de tramas ha sido diseñada para proporcionar un desempeño muy alto, la retransmisión de tramas está diseñada como un protocolo para una WAN, pudiendo tener éxito como una extensión de red LAN sobre una área muy amplia. La conexión de una red LAN hacia una red WAN puede realizarse por varios métodos. Incluyendo reorientación y "puenteo". Tradicionalmente este "puenteo" o ruteo se realizaban a través de una red WAN mediante 1 o 2 métodos: "conmutación de paquetes" o multiplexaje por división de tiempo, ambos presentan diferentes problemas en el ambiente de una red LAN. La tabla 2.1 detalla varios atributos de una red LAN, y los relaciona con las características de transporte de una red WAN. La tabla muestra claramente que los atributos de una red LAN son duplicados exactamente por una red de retransmisión de tramas, pero en menor grado que el multiplexaje por división de tiempo o la red de conmutación de paquetes.

Características LAN	Conmutación por división de tiempo	Conmutación de paquetes	Retransmisión de tramas
Interconexión rápida	Posiblemente verdadero	Posiblemente verdadero	Verdadero
Retardo de transito lento	Verdadero	Posiblemente verdadero	Verdadero
Recuperación de error	Verdadero	Falso	verdadero
Dependencia en protocolos para usuario final para su distribución.	Verdadero	Falso	Verdadero
Demanda en ancho de banda	Falso	Verdadero	verdadero

Tabla 3.13 Características LAN contra métodos de transporte WAN.

En general un multiplexor por división de tiempo ofrece la potencia de capacidad requerida para la interconexión LAN. Sin embargo, ésta capacidad tiene que ser definida por quien maneje la red y tiene que ser revisada constantemente. Cualquier ancho de banda configurado dentro de un multiplexor por división de tiempo es asignado permanentemente, pero si la aplicación no se usa por algún tiempo este ancho de banda se desperdicia. Así, mientras el multiplexor por división de tiempo proporciona un alto desempeño para las aplicaciones de LAN, es a su vez estrictamente desgastante para aplicaciones de tipo "ráfaga".

Por lo tanto una mejor aproximación sería una red con multiplexaje estadístico, como es la conmutación de paquetes, si se establece una conexión entre dos redes LAN a través de la conmutación de paquetes, se recibirá el ancho de banda completo, donde quiera que se necesite, el inconveniente de algunas redes de "conmutación de paquetes" es que fácilmente pueden caer en retrasos de tránsito y no es recomendable para aplicaciones de alto desempeño.

La retransmisión de tramas ofrece un rápido transporte de datos junto con los elementos de ancho de banda requeridos. Lo mejor de la red de retransmisión de tramas cuando trabaja para el usuario de una red LAN, es cuando la retransmisión de tramas es usada como un servicio público. Un servicio público ofrecerá al usuario de una red LAN, la posibilidad de suscribirse a un TIP. Este TIP será cobrado a cierto nivel, pero el usuario de LAN sabe que si el tráfico excede momentáneamente este TIP, el servicio público de retransmisión de tramas se encargará de entregar los datos, asumiendo que la red no está congestionada. Esto es particularmente importante para el entorno de una red LAN debido al potencial de ráfagas que maneja datos.

III.4.1.6 NICHOS EN DONDE ES ADECUADA

Se requieren productos que tomen la entrega de datos, involucrando a la retransmisión de tramas y más allá de su destino a través de la red de retransmisión de tramas (fig. 3.57) Estos productos son conocidos como ensambladores y desensambladores de retransmisión de tramas (FRADS), son diferentes entre sí, por lo que no pueden ser una característica común de la retransmisión de tramas, por tanto, no es una tecnología aceptada generalmente. Porque no usar retransmisión de tramas para el transporte de datos de protocolos no LAN, porque X.25 ha sido un método común para lograr esto en los últimos 15 años. De hecho no hay métodos estándares que involucren a los datos dentro de un paquete X.25 y los lleven a través de una red de conmutación de paquetes. La red con X.25 introduce retraso de tránsito, pero nada de gran importancia para el tránsito de datos en una red bien diseñada. Además el desempeño de la red disponible para X.25 sería incrementado a través del tiempo. X.25 también contiene buenos mecanismos de recuperación de datos, asegurando que los datos que entran en la red sean transportados sin pérdida o errores antes de partir al punto de destino apropiado. El paso a seguir para usar la retransmisión de tramas como una infraestructura de red común, en vez de X.25 depende de uno de los elementos más importantes "el costo" los gerentes de redes siempre están buscando la manera de reducir los costos involucrados en poner un servicio a los usuarios. Generalmente los costos más significativos son los asociados a la infraestructura de la red, la retransmisión de tramas es la alternativa más barata para líneas rentadas. Con la posibilidad de enviar una gran cantidad de datos por menos del precio equivalente a la renta de una línea de 6 Kbps. El director de red preferirá utilizar una red pública de retransmisión de tramas para transportar datos, en vez de una línea privada. Para poder hacer esto, necesita convertir todos los dispositivos a

retransmisión de tramas o emplear un dispositivo que haga la conversión a retransmisión de tramas (un FRAD).

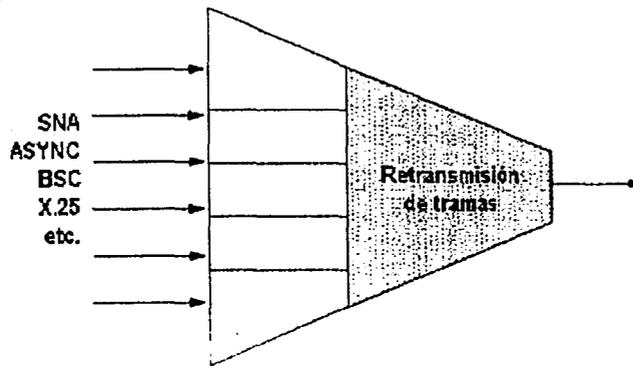


Figura 3.57 Ensamblador/Desensamblador de Retransmisión de Tramas.

El uso de retransmisión de tramas para paso de tráfico de datos por una red no LAN, no es la solución técnica ideal para la mayoría de los problemas de las redes de área amplia, esto por varias razones:

- Las tramas pueden perderse o ser descartadas dentro de la red, forzando a los dispositivos del usuario a emplear estrategias de recuperación. Una conmutación de paquetes X.25 puede evitar esta pérdida
- No hay acuerdo seguro en la definición de como el protocolo de datos es envuelto dentro de la retransmisión de tramas, por lo tanto no hay garantía de compatibilidad entre los diferentes proveedores de FRADS.
- Las ventajas del desempeño de retransmisión de tramas se perderían como resultado de la adición de los procesos requeridos por FRAD para encapsular los datos dentro de las tramas.

Mezclar una red LAN y el tráfico de datos convencionales a través de una retransmisión de tramas común, requiere cuidado en el diseño, en la administración y monitoreo de la red para asegurar que un desempeño adecuado sea recibido por el usuario. Los mensajes de una red LAN son tradicionalmente muy largos y pueden causar "colas" en la misma y retrasos para otro tipo de tráficos. Sin embargo el factor costo no debe ser tratado a la ligera.

III.4.1.7 NICHOS EN DONDE NO ES RECOMENDABLE SU USO

La retransmisión de tramas es un sistema de transporte de datos relativamente veloz, aunque tiene características en común con las redes de conmutación de paquetes. Una de ellas son los retrasos en que puede incurrir cualquier tipo de paquete de red. Considerando el caso de 2 dispositivos, ambos aportan datos dentro del conmutador de retransmisión de tramas (fig. 3.58). Uno de los dispositivos aporta mensajes largos (1000 bytes), el otro mensaje es mucho más corto. Dentro del conmutador de retransmisión de tramas, cada trama individual es colocada en fila para esperar la transmisión hacia su destino. La trama mayor toma un tiempo finito para dejar la fila hacia el nodo de salida apropiado. Mientras más grande (larga) sea la trama, mayor será el tiempo para salir. Si una trama corta esta esperando la transmisión, esta trama tendrá que esperar hasta que el más largo haya salido exitosamente del conmutador. Esto puede derivar en retrasos significativos dentro del conmutador para las tramas cortas, teniendo en cuenta que hay una mezcla de todo tipo de datos. Por supuesto si todos los tipos de datos son tramas largas. Los retrasos en la fila para las tramas individuales pueden ser muy largos dentro del conmutador. Las especificaciones permitidas para la retransmisión de tramas son de un tamaño máximo de 4096 bytes. Sin embargo, en la práctica una extensión de 1600 bytes es lo que puede esperarse.

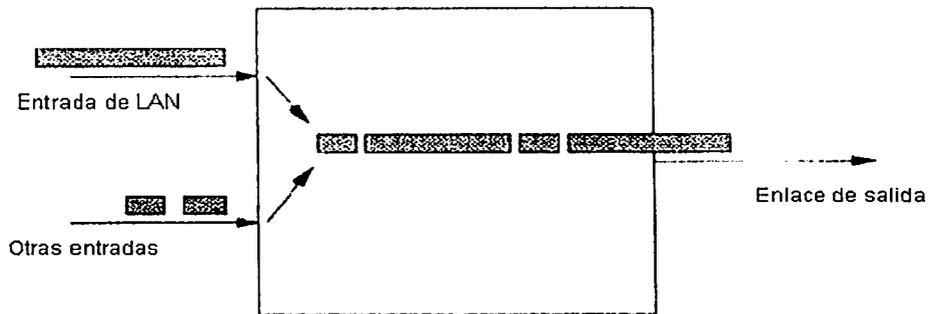


Figura 3.58 Conmutador de tramas.

Una solución a este problema sería crear prioridades para todos los diferentes tipos de tráfico dentro de una red y permitir a las tramas más pequeñas tener prioridad sobre las más largas, y permitir que salgan primero de la fila, mientras esto alivia el problema, no lo resuelve. Algoritmos más apropiados no interrumpirán los datos en el proceso de salida (aunque potencialmente la retransmisión de tramas puede abortar la salida y discriminar la trama). La fila resultará en retrasos variables de trama dentro de la red. Este retraso significa que la retransmisión de tramas no es compatible para aplicaciones que son susceptibles de causar retraso. Actualmente esto cubre 2 áreas de red, transmisión de voz y "conferencias" en video, ya que ninguna de estas aplicaciones es tolerante a los retrasos. En el tráfico de voz cuando hay retrasos se crea un patrón de dialogo que es extremadamente difícil de entender. El tráfico de video que opera mandando cambios en la película presentará una imagen desigual de muy poca calidad. Por ésta razón la voz y el video son transmitidos punto a punto o mediante un multiplexor por división de tiempo, en donde el único retraso real es un valor constante muy pequeño, siendo una solución potencial para el problema de retrasos en la red. Esto involucra la segmentación de tramas en otras más pequeñas para transferirlas a través de una red WAN. Lo anterior

puede realizarse a través del conmutador de acceso a la red por medio de un FRAD. Esta técnica se emplea en algunos de los métodos por conmutación de paquetes más exitosos para X.25.

La regla 3 del protocolo X.25 contiene números en secuencia que pueden ser empleados en la fragmentación y recombinación del proceso. La retransmisión de tramas por otro lado no contiene suficientes esquemas de numeración, por lo tanto no hay manera de asegurar que los datos fragmentados son reensamblados en el orden correcto. Dado que a la red le es posible descartar las tramas, es muy posible llevar las tramas a su destino en forma sucesiva aunque no necesariamente continua. Una solución sería crear un protocolo sobre retransmisión de tramas que pudiera manejar los fragmentos de trama, así como la numeración. Como este concepto está muy cerca de conmutación de paquetes esto no daría ventajas significativas para la retransmisión de tramas y probablemente el usuario preferiría instalar conmutación de paquetes desde el principio. Los institutos estandarizadores y los proveedores están considerando el problema y sugiriendo formas para que la voz (en particular) pueda ser manejada a través de la red de retransmisión de tramas. Sin embargo sigue existiendo una gran división de opiniones y parece que las aplicaciones de "sensores de retraso" serán manejadas por otra amplia área de tecnología de red, "retransmisión de celdas".

IMPLANTACIONES DE RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

Es necesario conocer las diferentes formas de implantación de retransmisión de tramas. Hay varias opciones disponibles para la compra de retransmisión de tramas. Para una red eficiente la elección debe reflejar las necesidades del usuario y no necesariamente las características del vendedor.

III.4.1.8 SERVICIO PUBLICO.

La primera compañía en operar redes de retransmisión de tramas, fue una red pública. Estas compañías veían a la retransmisión de tramas como un nuevo mercado para llenarlo de sus servicios de datos. Estos servicios de datos tradicionalmente incluían conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, RDSI y renta de servicios de línea.

La retransmisión de tramas ofrece características diferentes a las existentes en el servicio. La tabla 3.14 muestra las principales diferencias y similitudes entre las redes de servicio público. La retransmisión de tramas ofrece un servicio que es cobrado de acuerdo con el ancho de banda requerido y con los retrasos de red que son pequeños. En algunos casos es previsto como un cruce entre una línea rentada y un conmutador de paquetes, por lo bajo de sus retrasos y tráfico independiente de una línea de renta. Los operadores de redes públicas aseguran que la retransmisión de tramas cambiará el modo en que las redes WAN's son implementadas.

Características	Retransmisión de tramas	Línea rentada	Conmutación de paquetes	Conmutación de circuitos	ISDN
Entrega de datos	Responsabilidad de usuario	Responsabilidad de usuario	Garantizado	Responsabilidad de usuario	Responsabilidad de usuario
Disponibilidad de ancho de banda	Flexible en demanda	Asegurado	Flexible en demanda	Flexible en demanda	Flexible en demanda
Estructura de la tarifa	Ancho de banda	Distancia en ancho de banda	Duración y tráfico	Duración	Duración y distancia
Realización	Retraso lento	sin retrasos en la red	Retrasos medios	Sin retrasos	Depende en servicio
Valor incluido en servicios	No	No	Si	No	si

Tabla 3.14 Comparación entre servicios de red pública de datos.

Esto es algo que el servicio público de conmutación de paquetes ya había declarado pero que no se volvió realidad. Por su desempeño, calidad y estructura de la gráfica de este servicio. La tarifa del servicio público de retransmisión de tramas será el factor de mayor influencia en su éxito, los indicadores principales muestran a estas tarifas muy dinámicas y de costo efectivo. Las tablas 3.15 y 3.16 muestran una comparación típica entre rangos de líneas de renta y los servicios de retransmisión de tramas en los Estados Unidos. Estas tablas muestran que para distancias cortas la retransmisión de tramas es sólo una propuesta viable comparada con las líneas rentadas con rangos de información relativamente bajos. Para distancias medias y largas la retransmisión de tramas es siempre la opción de costo más eficiente. Sin embargo, algo que no se muestra en la tabla es el acceso físico actual al servicio de retransmisión de tramas aún cuando puede ser utilizado un TIP de 64 kbps puede ser posible utilizar una línea de acceso de mayor velocidad dentro de la red, reduciendo el retraso del tránsito. Esto es razón suficiente para justificar el uso del servicio público de retransmisión de tramas sobre las líneas privadas rentadas.

Distancia	64 kbps	128 kbps	512 kbps	768 kbps	1.544 Mbps
200	1200	700	1300	3500	3700
750	2200	1100	2200	5600	8000
2500	4700	2300	4700	13000	24000

Tabla 3.15 precio mensual de línea rentada dedicada (\$US).

Las tarifas iniciales para el primer servicio público de retransmisión de tramas indicaban que las ventajas del costo de retransmisión de tramas en líneas rentadas eran menores. El costo dependería totalmente de la distancia necesitada. En velocidades sobre 128 kbps la diferencia sería estable. La diferencia entre los 2 se incrementaría al aumentar la velocidad. Hay tendencia general a reducir las tarifas a medida que hay más proveedores del servicio público y la competencia sea mayor. No es verdad que el único parámetro digno de consideración dentro del servicio público de retransmisión de tramas sea el TIP. También es muy importante la velocidad de la línea física en la interfase dentro de la red pública de retransmisión de tramas.

Distancia	64 kbps	128 kbps	512 kbps
200	700	1500	5500
750	700	1500	5500
2500	700	1500	5500

Tabla 3.16 Precio de servicio de retransmisión de tramas (TIP) (\$ US).

La razón es que los principales beneficios de la retransmisión de tramas son: incremento en el número de datos y un mejoramiento en el tránsito de la red. Es muy probable que dentro de la retransmisión de tramas público el servicio operador preste uniones "entre troncales" a una velocidad de 2 Mbps y más. Sin embargo, si la velocidad de la línea física del usuario está restringida a 56/64 kbps, los retrasos inherentes en la transferencia de información a través de la interfase aparecerán. Es mejor para el operador del servicio público de retransmisión de tramas, ya que ofrece una interfase física de gran velocidad al usuario y forza al TIP al rango en el cual se ha suscrito. Esto tiene el efecto de proporcionar una interfase de gran velocidad sobre la cuál el usuario puede acceder al servicio de retransmisión de tramas, con un rango de datos actual igual al de TIP. Además la suscripción al TIP estaría permitida sobre las bases de los circuitos lógicos y no por las conexiones físicas de los circuitos. Por ejemplo, una conexión física puede contener arriba de 992 diferentes usos de circuitos, idealmente a cada uno le sería posible tener un TIP diferente en cada dirección del flujo de datos. El usuario podrá enviar también dentro de la red ráfagas de corta duración y cualquier rango de datos sobre la velocidad de la línea física. El usuario debe entender por ráfaga de datos como una fila que transfiere datos repentinamente entre locaciones, en un tiempo menor a 3 seg. Un servicio público define a una ráfaga a la que dura sólo décimas de milisegundos (tiempo suficiente para transmitir una trama simple de una red LAN dentro de una red WAN). El servicio público será diseñado óptimamente para manejar el uso de los TIP's, y asegurar que los datos enviados dentro de estos límites alcanzarán su destino. Pero, no se darán suficientes garantías para las ráfagas de datos, los datos serán marcados como susceptibles de ser descartados si hay problemas dentro de la red. El usuario debe asegurarse que los puntos finales del sistema estén en armonía para estas ráfagas hasta donde sea posible. Esto puede llevarse a cabo por el uso de mecanismos de control de flujo dentro de los puntos finales del software. El protocolo terminal-terminal también puede usarse para evitar estas condiciones y asegurar que los datos en la red no se pierdan, en vez de sólo recuperar datos cuando ocurren pérdidas. Se debe recordar que las líneas privadas Orientadas (el principal competidor de servicio de la retransmisión de tramas), no ofrecen ninguna capacidad de ráfaga en sus tasas de transmisión de líneas estándares, por lo tanto la retransmisión de tramas ofrece una clara ventaja al respecto. La figura 3.59 muestra la relación entre el TIP (CIR por sus siglas en inglés), la tasa de ráfaga y la velocidad física.

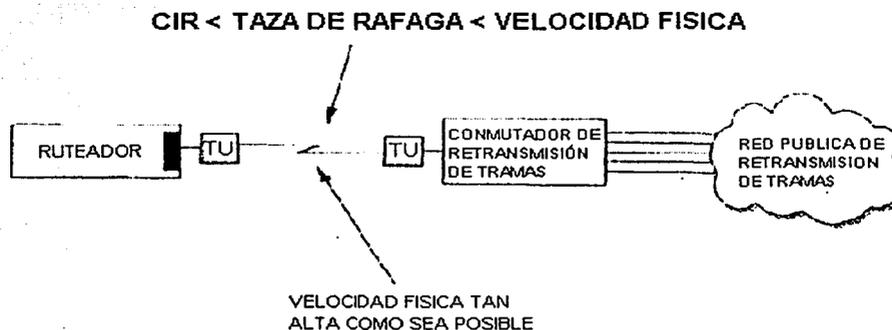


Figura 3.59 Relación entre el CIR y la velocidad de interface física.

El equipo que utilizan los proveedores de este servicio para construir su red tiene límites en el ancho de banda, la línea no es suficiente para soportar múltiples circuitos físicos de alta velocidad, ya que algunos equipos de retransmisión de tramas tienen una estructura para demandas muy altas, previendo la mayor disponibilidad de velocidad en las líneas (un servicio público particular en Estados Unidos podía inicialmente ofrecer un acceso máximo de sólo 1024 kbps en vez de 1.544 Kbps) entonces la advertencia para el acceso a la retransmisión de tramas pública, es tener cuidado con el contraste entre la velocidad de la línea física y el rango más alto posible.

El servicio público está obligado a entregar todos los datos administrados a la red que vienen dentro del TIP del usuario cuando la red esta operando normalmente, es así imposible determinar si habrá problemas dentro de la red dado que un problema no se define sólo como un error dentro de la trama, también están las congestiones en los nodos, o un usuario mandando datos fuera de su asignación a un TIP (una ráfaga de datos). Esto implica que la red pública este diseñada para tomar en cuenta todos los TIP de los dispositivos de acceso y que la disponibilidad del ancho de banda sea siempre más grande que el acceso de los dispositivos de TIP. Una de las fallas de retransmisión de tramas es que no hay garantía en la entrega de datos, es probable que los proveedores de servicios tengan pocas propuestas para esta entrega; algunos ofrecen una garantía completa dentro de un periodo TIP, otros ofrecen sólo una probabilidad de garantía de entrega.

III.4.1.9 RED PRIVADA DE RETRANSMISIÓN DE TRAMAS.

La red privada representa una inversión de gran nivel como para ser remplazada sólo por una nueva tecnología. La retransmisión de tramas juega un papel importante dentro de las grandes corporaciones sólo como un protocolo que necesita ser integrado a una estructura de red ya existente. Las características para una red privada de retransmisión de tramas son las mismas que para cualquier otra forma de red privada:

- La posibilidad que tienen las compañías de poseer un servicio en sus manos, en lugar de depender del servicio público.

- Las redes privadas son más seguras que las públicas y pueden ser hechas a prueba de posibles intervenciones.
- El desempeño de la red puede ser más fácil garantizando cierta carga, a diferencia del servicio público que se desempeña de acuerdo a la carga proporcionada por varios clientes.

Esto es importante para las compañías pues les permite mantener su nivel competitivo, pues siempre se necesita mezclar la nueva tecnología con la infraestructura ya existente. Si una compañía ya tiene una red privada lo primero a considerar es examinar la existencia de la estructura, para determinar si el equipo ya instalado puede soportar la infraestructura de la retransmisión de tramas, y si es así, que tan eficientemente lo puede hacer. Otro aspecto más importante es una apreciación de los aspectos del diseño de la red y los beneficios que una retransmisión de tramas privada puede ofrecer sobre el servicio público, considerándose como los principales beneficios los siguientes puntos:

Control sobre el TIP y las condiciones de ráfaga. En un ambiente privado las situaciones de ráfaga necesitan acoplar a ciertos usuarios de ráfagas por varios segundos, en vez de que las ráfagas de milisegundos sean soportadas por el servicio público. Esto puede ser manejado por la red privada a través del uso de reconfiguraciones temporales o circuitos prioritarios. Un TIP dinámico también se hará llamando al centro de control del área y pidiendo incremento en el ancho de banda para periodos cortos.

Control sobre el diseño de la red. Dado que la red privada esta siendo diseñada para compañías que operan con negocios, puede ser construida a la medida y de acuerdo a las características de flujo de datos dentro del negocio.

Integración del tráfico que no utiliza la retransmisión de tramas.- La retransmisión de tramas es insustituible para todos los tipos de tráfico, pero es concebible que una red pueda construirse con servicio de transporte para el servicio de diferentes datos. Esto trae un doble beneficio, ahorra dinero y crea una arquitectura de red flexible.

Por otro lado, la red necesita ser diseñada no sólo para soportar el TIP apropiado sino para conocer las posibilidades de problemas de congestión que pudieran ocurrir dentro de la red de retransmisión de tramas. Las redes de retransmisión de tramas son más difíciles de diseñar que las redes de conmutación de paquetes. Esto se debe a que no se pueden implementar restricciones en el uso de las entradas de tráfico de la red. El diseñador necesita permitir un cierto nivel de ráfagas de datos, pero no tan extenso que la red este "sobrediseñada", esto requerirá consideraciones muy cuidadosas y un nivel significativo de dispositivos y planeación.

Otro aspecto importante a considerar para una red privada de retransmisión de tramas es el conocimiento de los circuitos en renta que son proporcionados por los proveedores de servicio público. ¿Es posible que el tráfico pase sobre líneas de fibra óptica?, ¿Qué nivel de error se espera?, ¿Cuál es la disponibilidad de la línea en renta?. Todas estas preguntas han sido ignoradas anteriormente, dado que la conmutación de paquetes puede manejar interrupciones del servicio apropiadamente. Pero ahora son cuestiones importantes, porque la retransmisión de tramas es un protocolo en donde no puede haber errores dentro de la red. El conocimiento de esta infraestructura es fácil de definir en algunos países, pero no en otros.

Hay tres métodos básicos para implementar una red privada de retransmisión de tramas:

- Una red privada de retransmisión de tramas sin ningún otro protocolo.
- Una red de retransmisión de tramas parcial, que utilice la existencia de la infraestructura de red (fig. 3.60)



Figura 3.60 Retransmisión de tramas dentro de una infraestructura de red existente.

- Un circuito troncal o "back bone", de retransmisión de tramas dentro de la red existente, de tal forma que la retransmisión de tramas es utilizada para pasar todo el tráfico de la red (fig. 3.61).

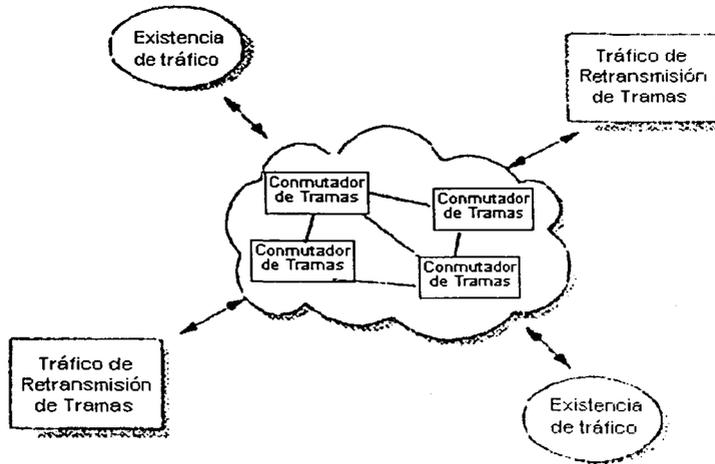


Figura 3.61 La retransmisión de Tramas como infraestructura de red.

Estos dos últimos métodos reflejan dos posibles formas de implementar la retransmisión de tramas mezclada con otros servicios de red. El primero de estos, es para usar el "circuito troncal" existente de la infraestructura de red y pasar la retransmisión de tramas dentro de él, este es el mismo modo en que muchos protocolos son pasados. Entonces la retransmisión de tramas sería transportada a través de la red exactamente del mismo modo como se manejan otros protocolos. Esto probablemente disminuiría la eficiencia de la retransmisión de tramas así como su velocidad, por otro lado tiene ventajas pues puede proporcionar una excelente solución provisional al problema de como introducir la retransmisión de tramas dentro de las redes existentes. La eficiencia de la retransmisión de tramas dependerá de la eficiencia de la red en sí, otra ventaja es la existencia de muchas redes (particularmente redes de conmutación de paquetes) que proporcionan la integración de datos a través de la red. El uso de la retransmisión de tramas ofrece al usuario la habilidad de tener acceso al servicio de retransmisión de tramas con una garantía potencial de entrega de datos. Sin embargo, para que cada red ofrezca esto, se requiere de un mecanismo de control de tráfico excelente, el cual aplique presión a la etapa de acceso de retransmisión de tramas. Esta presión dará como resultado que la retransmisión de tramas garantice la entrega de los datos una vez que la "trama" haya sido aceptada dentro de la red de circuito troncal.

EL segundo método es usar la retransmisión de tramas como base de la estructura de red y pasar el tráfico existente de la red sobre ella. Aunque el protocolo actual de retransmisión de tramas ha sido diseñado como un protocolo de circuito troncal, siendo esta una de sus ventajas más significativa, pues proporciona el nivel de desempeño esperado. La desventaja es que los demás protocolos de comunicación necesitarán un nivel significativo de inteligencia de modo que puedan recobrar cualquier pérdida que haya ocurrido dentro del circuito troncal de retransmisión de tramas.

La mayor diferencia entre la retransmisión de tramas como remodelación de la red y la retransmisión de tramas como un circuito troncal de la red, es el manejo de congestión y de la descartación. Las diferencias hasta donde el usuario de retransmisión de tramas esta involucrado, son académicas (sí hay problemas de congestión serán afrontadas por ambas redes, con la etapa de acceso o con el "circuito troncal").

Las adaptaciones de la retransmisión de tramas tendrán que aceptar los protocolos tradicionales, envolverlos dentro del protocolo de retransmisión de tramas y pasarlo a la red como si fuera una retransmisión de tramas real. Sin embargo, la etapa de adaptación necesita proveer un protocolo de nivel superior de tal forma que cualquiera que este envuelto dentro de la retransmisión de tramas le sea posible recobrar cualquier trama descartado dentro de la red. Esto dará como resultado un nivel de protocolos que han sido determinados como FRAD's (por sus siglas en español DART), (fig. 3.62). Desgraciadamente no hay estándares exactos que definan la manera en que estos protocolos tradicionalmente son envueltos dentro de las tramas de retransmisión de tramas entonces algunos vendedores originaron FRAD sólo para comunicarse con una terminal FRAD del mismo vendedor. Los comités estandarizadores están examinando esta situación. Por tanto, la implantación de la retransmisión de tramas depende de varios aspectos:

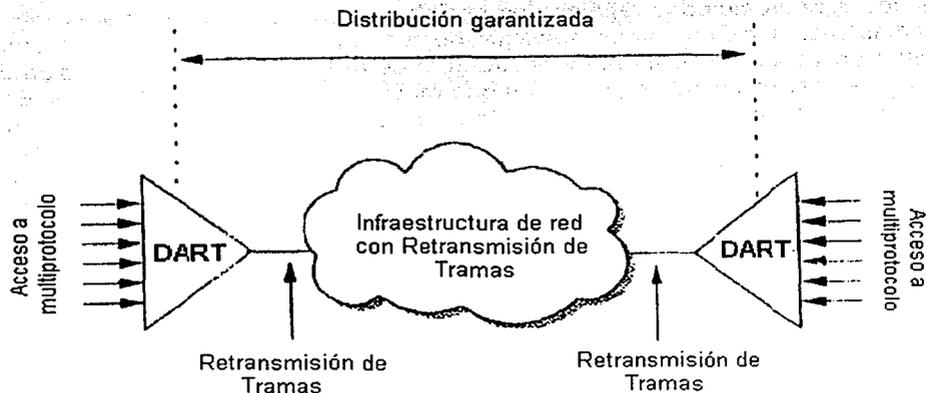


Figura 3.62 Funciones de ensamble/desensamble de Retransmisión de Tramas.

- ¿Es el protocolo dominante para la red de retransmisión de tramas?
- ¿Puede el proveedor suministrar FRADS que puedan ser integrados dentro del ambiente del manejo de la red?
- ¿Ofrece la red existente un nivel suficiente sobre el cual puedan pasar los datos por retransmisión de tramas?

La retransmisión de tramas es una nueva tecnología que ofrecerá nuevos retos para cualquier administrador de red. Es importante que una compañía privada pueda obtener algunos consejos para asegurar la calidad de la red.

III.4.1.10 APLICACIÓN EN CONMUTACION DE CIRCUITOS

El problema de implantar la retransmisión de tramas para un fabricante de conmutación de circuitos es casi totalmente opuesto al de un distribuidor de conmutación de paquetes. La conmutación de circuitos no contiene protocolos para la transferencia o uso de datos y no proporcionará ninguna garantía de entrega de datos. Los errores de bits serán transferidos a la red tal y como ocurran y el sistema de usuario final será enteramente responsable de la integridad de los datos.

El principio detrás de conmutación de circuitos es pasar los datos a través de la red sin retrasos sin involucrar a los datos con la conmutación en sí. El concepto de examinar las tramas "administradores" y actuar sobre protocolos de información es prioritario para el diseño completo de la "conmutación de circuitos". En consecuencia, la conmutación de circuitos no puede sostener la retransmisión de tramas de manera inteligente sin la adición de un nuevo hardware, el cuál pasará la información a datos de retransmisión de tramas a través de la red de un punto a otro. El principal problema es que esto es desgastante para el ancho de banda de la red.

Típicamente la conmutación de circuitos opera sobre el canal físico básico, mapeando datos físicos digitales de un punto a otro en tiempo real. El concepto de canales lógicos dentro de canales físicos es aplicable sólo a la conmutación de circuitos dentro de una

perspectiva de tramas de circuitos. Esto puede ser visto también como un canal físico separado, dado que todos ellos ocupan el mismo espacio. Para que la conmutación de circuitos proporcione una implantación eficiente de retransmisión de tramas se requieren los siguientes mecanismos (que generalmente no se encuentran en este tipo de producto).

- Algún método para identificar el inicio y el final de una trama
- Contención de la retransmisión de tramas hasta que este el espacio disponible sobre una unión de salida para la transmisión.
- Procedimientos para manejar la congestión de la conmutación.
- Mecanismos para orientar diferentes tipos de trama de una conexión física sola.
- Trama basada en una colección de mecanismos estáticos y "contadores" para propósitos del manejo de la red.
- Compartir el ancho de banda de la red entre diferentes conexiones lógicas.

Todos estos atributos son generalmente asociados a la conmutación de paquetes no a la conmutación de circuitos y su inclusión dentro de la arquitectura de conmutación de circuitos requiere de un trabajo significativo por parte de los fabricantes de equipo de conmutación de circuitos ¿Porque implementar la retransmisión de tramas dentro de conmutación de circuitos cuando la conmutación por paquetes puede manejarla bien? La respuesta se relaciona con la posibilidad de integrar diferentes servicios. La tecnología actual demanda que la conmutación por paquetes es sólo una tecnología de datos, pero la conmutación de circuitos puede ser usado para cualquier transmisión digital. Dado que la retransmisión de tramas esta muy asociada a la conmutación de paquetes y los retardos dentro de un sistema de retransmisión de tramas no son necesariamente apropiados para una red con servicio de voz, no es posible proporcionar una verdadera red de integración de voz y datos a través de los conmutadores de tramas. Entonces asumiendo que el usuario desea implementar un verdadero servicio múltiple, manejando voz, video, datos tradicionales y servicios de retransmisión de tramas ¿Cómo se hará dentro de conmutación de circuitos/multiplexor?

Los multiplexores llevan a cabo dos operaciones, el lado de acceso de troncal que consiste en un número de líneas de red de alta velocidad que esta dividida en "periodos de tiempo" por el multiplexor. Y el lado de acceso de interfase que puede ser capaz de acceder de forma segura a los periodos dentro del lado de cambio de la troncal a través de la configuración puesta dentro de las funciones del dispositivo (figura 3.63)

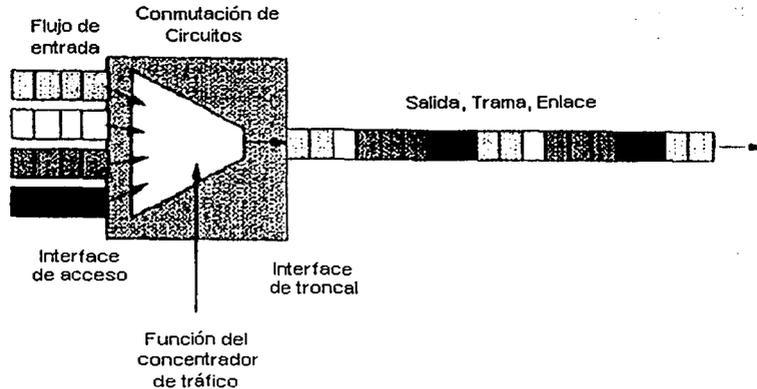


Figura 3.63 Acción típica de multiplexaje.

El mecanismo estándar para multiplexores de proveedores que implantan la retransmisión de tramas dentro de sus sistemas es dividir el "enlace troncal" en dos funciones lógicas separadas, la conmutación de circuitos convencional y la retransmisión de tramas, a las dos funciones se les puede asignar diferentes mecanismos de proceso dentro del conmutador. La figura 3.64 detalla una nueva vista del ancho de banda de la troncal y la adición del hardware necesario dentro del multiplexor para manejar los datos.

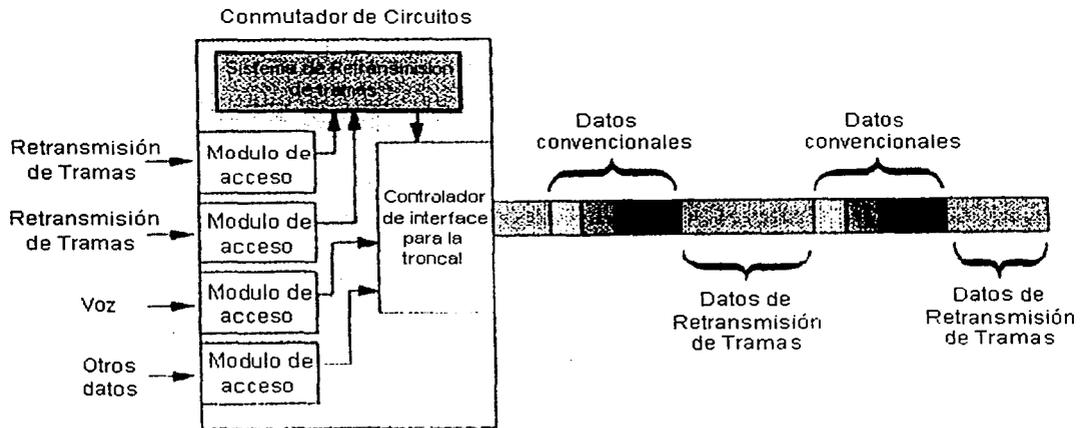


Figura 3.64 Retransmisión dentro de un multiplexor.

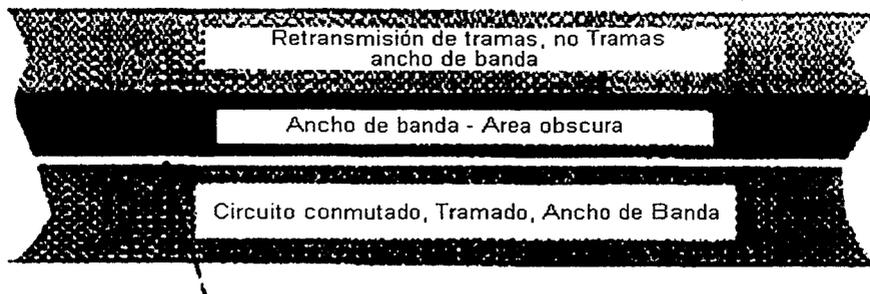
El tiempo de acceso maneja las líneas de entrada como de costumbre, sin embargo, en lugar de localizar la información digital de forma automática dentro de un periodo de la troncal de unión, la decisión se toma según a donde se deban enviar los datos. Los datos de la retransmisión de tramas no serán enviados en un sistema que maneje retransmisión de tramas, sino dentro de un sistema que maneje conmutación de circuitos. Efectivamente esto será un conmutador de tramas dentro de un conmutador de circuitos que sirve para orientar, amortiguar, priorizar y hacer filas. Sin embargo, en este caso las uniones de

salida no están separadas de las conexiones unidas al conmutador de tramas, pero sí de los canales dentro de las tramas de conmutación de circuitos. Los canales dentro de la troncal se localizarán de acuerdo a un estándar internacional de trama o por medio de un mecanismo de trama del propietario. Ellos ofrecen el equivalente de un circuito rentado de capacidad finita, entre las funciones de conmutación de tramas en cada terminal de la troncal de enlace, y todos los intentos y propósitos que sean considerados como enlaces separados.

Hay dos ventajas en esta propuesta que pueden hacer aún más flexible el manejo de datos en la retransmisión de tramas: compartir el ancho de banda entre el circuito y la troncal segmentada en tramas y acceso de diferentes protocolos al sistema de retransmisión de tramas.

La principal desventaja de poner una conmutación de circuitos en el modo segmentado es que el ancho de banda de la troncal localizada entre las funciones de conmutación de trama y las de conmutación de circuitos, es fijado por el operador de la red. En otras palabras, el diseñador de la red ha decidido que cierta porción del ancho de banda este disponible para las funciones de retransmisión de tramas y la porción complementaria para las funciones de conmutación de circuitos, entonces habrá periodos cuando el ancho de banda no se necesite, si el ancho de banda es asignado al tráfico de conmutación de circuitos permanentemente, no servirá para ninguna "ráfaga" de datos que pudiera ocurrir en la retransmisión de tramas. Una solución inteligente a este problema es dividir el ancho de banda en tres porciones: una porción de retransmisión de tramas, una de conmutación de circuitos y una sección compartida (fig. 3.65). Esta última sección puede ser asignada ya sea a la retransmisión de tramas o a la conmutación de circuitos, según se requiera la forma de asignar esta porción se necesitará de alguna señal inteligente entre las dos terminales de la "troncal de enlace" y requerirá procedimientos de sincronización sobre el manejo del canal. Este canal de señalización será usado para cambiar información con los conmutadores de circuitos adyacentes según el estado y requerimiento del usuario. Los mensajes de señalización podrían ser usados para sincronizar o alterar la configuración de las tres porciones de ancho de banda. Hay varias medidas que pueden ser consideradas en la asignación del ancho de banda reunido, entre las localizaciones de la retransmisión de tramas y la conmutación de circuitos.

- **Utilización del ancho de banda:** el disparador para cada conmutador tratando de obtener un gran ancho de banda será de utilización precisa. En el lado de la retransmisión de tramas esto equivale a medir la utilización sobre el tiempo (no incluye ráfagas de corto término). En el lado de la conmutación de circuitos; se pueden requerir más canales de acceso para la "troncal", por supuesto, disparadores con dirección contraria podrían también ser necesarios, para habilitar a los conmutadores en el manejo del ancho de banda en reversa hacia el "contenedor".



Canal de administración
 Figura 3.65. Distribución del Ancho de Banda en la Retransmisión de Tramas.

- **Prioridad.**- Tratando de obtener ancho de banda adicional, será necesario implementar un esquema prioritario para evitar el bloqueo de los dos conmutadores requeridos para la banda adicional al mismo tiempo. A todos los diferentes canales de conmutación de circuitos se les pueden asignar prioridades individuales, pero el ancho de banda de la retransmisión de tramas será colocado con una sola prioridad para todos los datos.
- **Búsqueda de ancho de banda**.- Si todo el contenedor central está ocupado y uno de los usuarios con gran prioridad, requiere más ancho de banda, será necesario implementar un mecanismo de pre-vaciado. Aquí las necesidades de prioridad alta son más importantes que las necesidades de prioridad baja y automáticamente regresan a tomar un ancho de banda ya asignado. El otro beneficio de integrar la retransmisión de tramas/conmutación de circuitos es para el dispositivo que maneja otros protocolos de datos de la misma forma que lo hace la retransmisión de tramas y aporta el ancho de banda sobre la demanda de todos los protocolos de datos a través de las conexiones de retransmisión de tramas. Esto puede lograrse añadiendo otras funciones a los componentes del sistema de retransmisión de tramas (un FRAD). De esta forma, los otros protocolos de datos transitarán primero a través de este FRAD, antes de ser enviados al sistema de retransmisión de tramas, y por tanto a la línea de salida.

El resultado de añadir un FRAD a la conmutación de circuitos es que el ancho de banda localizado en los datos de retransmisión de tramas será probablemente mucho más grande que el localizado en voz y vídeo. En consecuencia todo el sistema será más parecido a la conmutación de paquetes. La consecuencia lógica de esta filosofía es manejar los datos de voz y vídeo de la misma forma que los datos convencionales.

Una conmutación de circuitos no puede manejar muy bien el tráfico de retransmisión de tramas como conmutación de paquetes, debido a la relativa inflexibilidad de los mecanismos de asignación de ancho de banda. El esfuerzo para convertir una conmutación de circuitos en una combinación de conmutación de circuitos y de retransmisión de tramas es significativo, y resulta en una arquitectura que está muy cerca de la aproximación de conmutación de paquetes para la retransmisión de tramas.

III.4.1.11 "RETRANSMISIÓN DE TRAMAS" SOBRE "RETRANSMISION DE CELDAS"

Las generaciones futuras de redes con medios de transmisión de diferentes tipos emplearán una arquitectura de red "de circuito troncal" basada en los principios de la retransmisión de celdas. En la retransmisión de celdas la red de circuito troncal se caracteriza por la transmisión de celdas de longitud fija, cada una de las cuales contiene información sobre su origen y destino. El principio de retransmisión de celdas está alineado tanto a la conmutación de paquetes como a conmutación de circuitos cada "enlace troncal" está lógicamente dividido en periodos de longitud igual. Estos periodos pueden ser usados por los conmutadores de las celdas para la transmisión de las celdas a través de la troncal (este es un principio de conmutación de circuitos) sin embargo, a diferencia de la conmutación de circuitos, el periodo puede ser usado sobre la demanda por una celda disponible, creando un estilo de conmutación de paquetes llamado principio "ancho de banda por demanda" que requiere estrategias de formación de filas dentro de los conmutadores de la celda.

La ventaja de los conmutadores de la retransmisión de celdas es que pueden llevar todo tipo de tráfico (aún información, como la voz), dado que celdas de longitud fija permiten una ruta determinada y un retardo predecible basado en la arquitectura construida. La desventaja de la retransmisión de celdas es que es un protocolo muy largo. Por ejemplo la solución ATM basada en los estándares contienen por lo menos 5 octetos de encabezado para todos los 48 octetos de datos (casi 10 % de encabezado). Una de las soluciones propias de un distribuidor usa 5 octetos para 24 octetos de datos (17 % de encabezado).

Las implantaciones típicas de la retransmisión de celdas operan sobre líneas con un rango de velocidad de 2.048 Mbps y más. Estas líneas son muy caras (particularmente en Europa). Cuando sólo el 83% de una línea está disponible para datos (1.69 Mbps) la línea en renta no está siendo implementada al costo más eficiente.

La solución de retransmisión de tramas a retransmisión de celdas requiere que exista un método para pasar las tramas de retransmisión de tramas a los conmutadores de retransmisión de celdas y asegurar que dejan las celdas con un formato apropiado (ver fig. 3.66). Además de esto, la competencia en los procedimientos de manejo de congestión y la calidad en los servicios requeridos tanto en la retransmisión de tramas como en la retransmisión de celdas, es requerido por la función de compuerta, esta compuerta es conocida como una etapa de adaptación de capas a ATM (AAL). Funciones similares a ALL para otro tipo de tráfico diferentes a la retransmisión de tramas. La especificación de las funciones de retransmisión de tramas a ATM es probablemente la primera de todas las ALL's con las que se está completamente de acuerdo. El foro de retransmisión de tramas está trabajando muy parecido al foro de ATM para acordar las implantaciones de estos mecanismos.

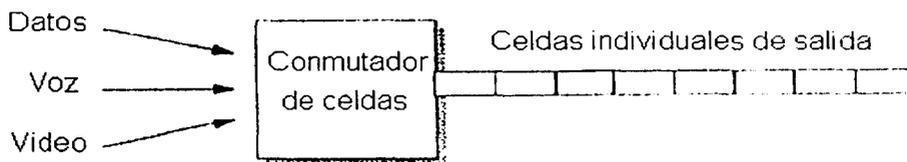


Figura 3.66 Red de retransmisión de celdas manejando diferentes tipos de tráfico.

En el lado de retransmisión de tramas los vendedores de retransmisión de celdas soportarán la interfase usuario a red ANSI/CCITT mapeando esto dentro de las necesidades del formato de la celda. Hasta donde el usuario esta implicado, la red de retransmisión de celdas puede ser considerada como un poco más que un circuito rentado. Dado que los procedimientos de adaptación entre los formatos de celda y trama deben ser transparentes, sin que se requieran cambios en los protocolos o procedimientos.

CARACTERISTICAS DE UN CIRCUITO TRONCAL PARA RETRANSMISION DE TRAMAS

A pesar de todo, si un conmutador de tramas/paquete o un conmutador de circuitos, es usado para implementar un acceso con retransmisión de tramas y una red de circuitos troncales, algunas consideraciones deben ser hechas en las funciones del software dentro de la red de circuitos troncales. La retransmisión de tramas es un protocolo con insuficientes procedimientos para manejar algunas características esenciales de la red, tales como control de flujo y control de congestión. Por lo que deben tomarse ciertas consideraciones para el software de la red y la fabricación de conmutadores. Todos los protocolos internos de la red para manejar la retransmisión de tramas serán propiedad del distribuidor, pero todos deben ser diseñados teniendo en mente las características siguientes:

- Deben ser muy eficientes y no basarse sólo en los procedimientos LMI, El, LMI será restringido en el ambiente de la red debido al número limitado de circuitos que pueden soportar.

- Deben de ser capaces de compartir el tráfico a través de la red de manera justa. La localización del ancho de banda a través de la red debe lograrse en proporción a los suscritos en TIPS puede ser excesivo para los suscriptores que están localizados en un TIP bajo, alcanzar un ancho de banda semejante al que tiene un TIP alto. Además el usuario del TIP más alto no debe monopolizar el ancho de banda de la red en detrimento del servicio prestado a los suscriptores con TIP más bajo. La desigualdad es de vital importancia, pero hay algunas negligencias por parte de las implantaciones en la retransmisión de tramas dado que no hay recomendaciones para compartir exitosamente el ancho de banda.

- Deben dar un "encabezado" mínimo dentro de la red para que el ancho de banda disponible sea provisto al usuario de tráfico TIP y no para el control de tráfico de la red. Es posible que el control de información que pasa alrededor de la red tome una porción significativa del ancho de banda disponible, particularmente si las implantaciones proporcionan una actualización de los mensajes a través de las conexiones.

Deben ser capaces de establecer lo más pronto posible los reestablecimientos de circuitos en caso de fallas de la red. Cualquier falla en el nodo o tronco tendrá gran impacto sobre los suscriptores de la red. La función del protocolo de la red es minimizar este impacto lo mejor que pueda. Hay una forma de lograrlo, esto es que la red restablezca los circuitos "dañados" automáticamente a través de rutas alternativas. La conmutación de paquetes es una técnica muy usada en la industria y es generalmente proporcionada con una garantía de "no perdida de datos". Sin embargo, para la retransmisión de tramas el factor importante es continuar el servicio y no necesariamente proporcionar la garantía de datos.

Debe permitir variantes a los circuitos de retransmisión de tramas, así como variantes de TIP's. Un TIP no es una forma de seleccionar a los usuarios de acuerdo a sus planes de uso de la red. Así es igualmente importante permitir un método de selección de los circuitos para que el usuario con mayor prioridad puedan obtener un nivel más alto de servicios a pesar de su TIP.

- Debe tener un mecanismo de "ruteo" flexible sin dejar que la red maneje total y automáticamente las rutas, permitiendo que el operador de la red también intervenga manualmente y proporcione rutas específicas para ciertos usuarios. Esto permite al operador de la red tener la elección de si deja a la red decidir la mejor ruta para el usuario o si algún suscriptor puede decidirla a través de un patrón garantizado por la red.

Este sistema de ruteo debe ser lo suficientemente flexible para reconocer la existencia de trayectorias alternativas para lograr la conexión. Idealmente esto debe ser sin que el operador tenga que configurar tablas de rutas únicas y largas dentro de cada nodo del circuito troncal. Existen algunos métodos para que los nodos pasen información entre ellos mismos, estos les permiten actualizar sus propios tableros de ruta internos.

Deben tener un sistema de manejo de congestión, que sea acorde a los principios de los estándares internacionales para los mecanismos de control de congestión. Esto mecanismos son proporcionados para un TIP, para niveles ráfaga comprometidos, niveles de ráfaga excesivos y estrategias de descartación.

Un protocolo de circuitos troncales el cual distribuye estos usos puede verificar estas diferencias, entre la retransmisión de tramas y una implantación escasamente adecuada. Esto es importante dado que la retransmisión de tramas como un protocolo simple no puede ser usado sólo dentro de circuitos troncales de la red sin que impacte los mejoramientos de calidad del servicio para suscriptor. Como todos los protocolos de acceso, algunos niveles hechos a la medida dentro de circuitos troncales son esenciales para la retransmisión de tramas, por lo que implementar sólo los protocolos estándares no será suficiente.

III.4.2 ANTECEDENTES DE FAST ETHERNET

La tecnología más popular para redes de Área local en uso actualmente es Ethernet a 10 Mbps. Este tipo de red es flexible, económica y razonablemente rápida para la mayor parte de las aplicaciones. Actualmente, el tiempo solo es parte de una buena selección especialmente para aplicaciones tales como la vídeo conferencia o un número muy grande de usuarios.

CONEXIONES

Ethernet tiene muchas variantes, cada una con sus propias reglas, las cuales se mencionan a continuación:

- Tecnología de Cable de calibre grueso (10 base 5)
- Tecnología de cable de calibre delgado (10 base 2)
- Tecnología 10 base T (Ethernet sobre UTP)
- Tecnología 10 base FL (Ethernet sobre fibra óptica)

III.4.3 FAST ETHERNET

Fast Ethernet es un término genérico para un cierto tipo de red de área local de velocidad alta corriendo a 100 Mb sobre cualquier cable UTP o fibra óptica. Estas redes usan el mismo protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y con detección de colisión.(CSMA/CD) que es normal en una Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra Óptica (por sus siglas en inglés FDI). El Fast Ethernet soporta a todos los tipos de tramas Ethernet y conserva el software de todas las máquinas actualizadas, no necesitando de una reconfiguración larga para que puedan trabajarse después. Normalmente, para que una PC sea actualizada a Fast Ethernet, basta solo reemplazar la tarjeta de interfase de red con una nueva tarjeta de Fast Ethernet y cargar los controladores para la nueva tarjeta.

En el mundo real, sin embargo esto no es siempre tan fácil como se podría suponer. Por ejemplo. Muchas redes anteriores fueron construidas con cable coaxial. Fast Ethernet no funciona con este tipo de cable, por lo que tiene que ser reemplazado también, Fast Ethernet tiene algunas limitaciones en distancias cortas , por lo que necesita ser contemplado esta limitación o este punto.

OPERACIÓN BÁSICA

En la etapa de Control de Acceso Medio (o por sus siglas en inglés .MAC), en la cual se controla la transmisión de datos de red y cuando esto puede ser realizado, el Fast Ethernet utiliza el mismo protocolo CSMA/CD que utiliza el Ethernet a 10 Mb/s. La forma en que trabaja este protocolo es que cualquier dispositivo que necesite de transmitir datos en la red primero debe de esperar y escuchar para ver si cualquier otro esta transmitiendo. Si la red esta desocupada entonces el dispositivo puede transmitir un paquete sobre la red. Por otro lado, si la red esta ocupada, entonces el dispositivo que necesita transmitir debe esperar hasta que la transmisión en progreso termine para después inicializar el envío de sus datos.

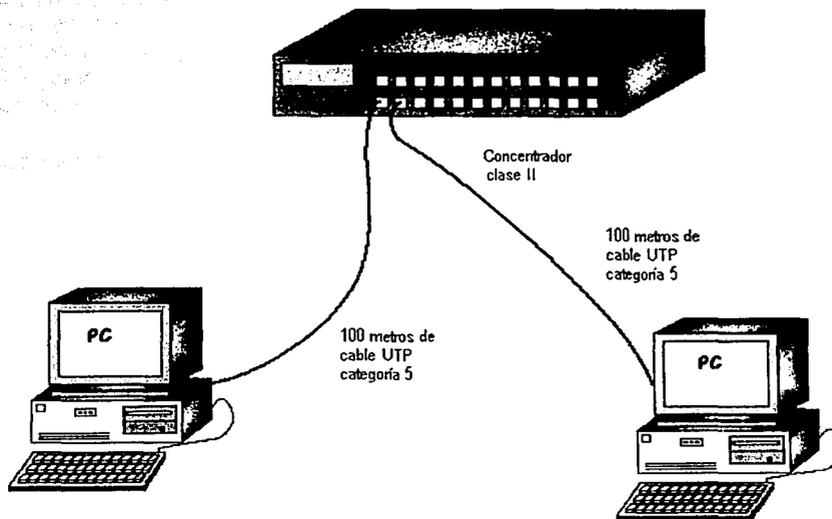


Figura 3.68 Ejemplo de una red 100 base TX.

La figura 3.68 es un ejemplo básico de una red de transmisión base 100. Esta consiste de dos Equipos (Terminales de Datos) transmisores de base 100, dos cables tendidos de 100 metros categoría 5 y un concentrador clase 2 base 100. A continuación se determina el retardo de propagación de la red y veremos si este es menor a 512 tiempo bits:

Paso 1: determinación del retardo en cada una de las partes.

- Dos transmisores de base 100 - 100 tiempo bits
- 100 metros de cable tendido categoría 5 - 111.2 tiempo bits.
- 100 metros de cable tendido categoría 5 - 111.2 tiempo bits.
- Repetidor clase II (todos los transmisores) - 92 tiempo bits.

Paso 2 : Suma de retardos de todas las partes.

$$100 + 111.2 + 111.2 + 92 = 414.4$$

Paso 3: Se sustrae el resultado desde los 512 tiempo bits:

$$512 - 414.4 = 97.6$$

Paso 4: Resultado

Si el resultado del paso 3 es un número positivo, la red es válida y puede trabajarse sin ningún problema.

Las redes Fast Ethernet proporcionan una muy buena conmutación, sin embargo ellas necesitan ser planeadas con mucho cuidado para asegurar su óptimo funcionamiento. La

Es posible que en este protocolo haya dos dispositivos esperando transmitir, al mismo tiempo, al saber que la red esta desocupada, ambos intentarán transmitir. Naturalmente, este proceso será truncado, esto es conocido como una colisión. Todas las versiones de Ethernet fueron diseñadas para detectar cuando esto ocurre, parando la transmisión de ambos, esperando una cantidad aleatoria de tiempo para volver a intentarlo. Como el retardo es variable, es casi imposible que ambos dispositivos intenten transmitir al mismo tiempo (uno tendrá que esperar más que el otro).

Con objeto de que el protocolo CSMA/CD trabaje apropiadamente, se debe asegurar que el peor caso de retardo de señal entre dos puntos de la red no sea mayor al tiempo de transmisión del dispositivo, para que este pueda detectar cualquier colisión que pueda ocurrir durante la transmisión. Hay un pequeño retardo en el cableado, en los concentradores (hub) y en las tarjetas de red, el cual tiene que ser considerado fuera del caso extremo, este retardo es llamado retardo de propagación y si no es tomado así, puede causar una falla total del protocolo CSMA/CD. Resultando una red inestable.

Los estándares especificados para las unidades de transmisión cortas permiten 512 bits en una red Ethernet. Por lo tanto , el retraso introducido en la red debe de ser menor del tiempo requerido para transmitir 512 bits. En una red tradicional Ethernet de 10 Mbps, este tiempo es equitativamente largo para los estándares de la computadora, y usualmente puede ser discontinuada . Cuando tenemos la red a 100 Mbps, no obstante, este tiempo es solo el 10 % de lo que es en una red a 10 Mbps, volviéndose mas importante en el diseño de la red.

DETERMINACIÓN DEL RETARDO DE PROPAGACIÓN

Por tanto el retardo de propagación es de vital importancia en la planificación de instalación de una red Fast-Ethernet. El primer paso es aplicado entre los dos nodos mas distantes de la red. Una vez que esto es conocido, el siguiente paso es determinar donde se encuentra localizado el concentrador o concentradores de la red.

Todo dispositivo o cable usado por la señal en Fast Ethernet que pasa a través de los dos nodos más distantes tiene un retardo de propagación asociado a este. Esta es una medida para detectar tanto en cables como en los dispositivos, el retardo de la señal.

El retardo de propagación de normalmente medido con una unidad, llamada tiempo bit. Un tiempo bit esta definido como la duración de un bit dato en la red, en este caso 1/100,000,000 de segundos. Por tanto el protocolo CSMA/CD requiere que el primer bit de cualquier transmisión busque la distancia más grande en la red, antes de que el último bit de transmisión sea enviado, por lo tanto la transmisión más corta permitida será de 512 bits, nosotros debemos diseñar la red de tal forma que el peor caso de retardo sea menor a 512 tiempo bit.

Otro punto importante que debe ser tomado en cuenta en el diseño de una red Fast-Ethernet es la potencia de la señal. Debido a las altas frecuencias involucradas en las comunicaciones a 100 Mbps, la distancia máxima de cualquier cable de categoría 5 esta limitada a 100 mts., o 200 mts. Para fibra multimodo. Estas distancias son el máximo permitido bajo condiciones ideales. Esto es muy conveniente en lo que se refiere al retardo de propagación limitando estas distancias considerablemente.

Ya que todos pueden determinar cual es la distancia entre los dos nodos mas distantes de la red, se observa el retardo de propagación para cada dispositivo y cable existentes, sumando todos, se vera si el total es menor a los 512 bit tiempo. Si esto ocurre, y no hay cables del tipo 5 excediendo los 100 mts., o fibra que exceda los 200 mts. entonces la red esta disponible para trabajar. Si el retardo total de propagación es superior a los 512 bit tiempo, se necesita un segmento de red adicional con un puente local o conmutador Fast-Ethernet.

La siguiente tabla lista los tipos más comunes de cables y dispositivos para Fast-Ethernet y el retardo de propagación asociado a cada uno:

Retardo de Propagación de un error (en bit tiempo)		
Dispositivo	Retardo por metro	Retardo Máximo
dos DTE's TX/FX	Ninguno	100
dos DTE's T4	ninguno	38
Un DTE T4 y un DTE TX/FX	Ninguno	127
Segmento de cable de categoría 3	1.14	114 (100 metros)
Segmento de cable de categoría 4	1.14	114 (100 metros)
Segmento de Cable de categoría 5	1.112	111.2 (100 metros)
Par trenzado blindado (IBM tipo 1)	1.112	111.2 (100 metros)
Cable de fibra óptica	1.00	412(412 metros)
Repetidor clase 1	Ninguno	140
Repetidor clase 2-todos los puertos son TX/FX	Ninguno	92
Repetidor clase 2 con algún puerto T4	Ninguno	67

Tabla 3.17. Retardos de propagación.

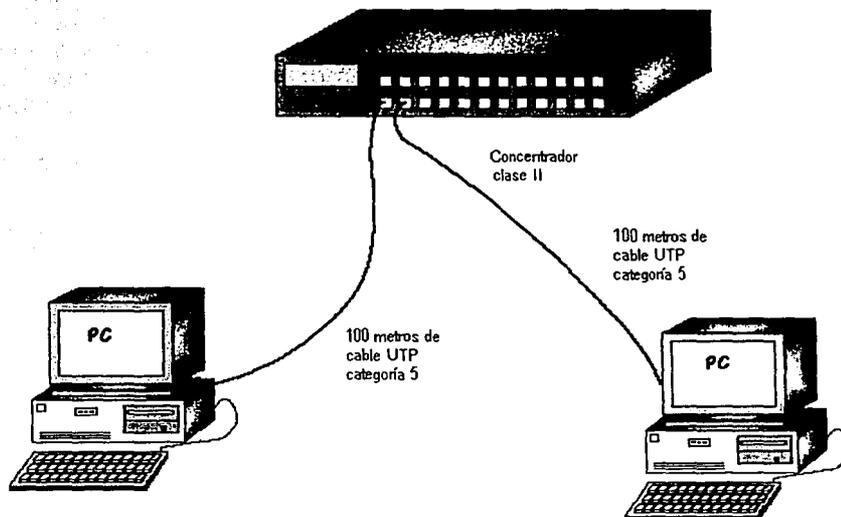


Figura 3.68 Ejemplo de una red 100 base TX.

La figura 3.68 es un ejemplo básico de una red de transmisión base 100. Esta consiste de dos Equipos (Terminales de Datos) transmisores de base 100, dos cables tendidos de 100 metros categoría 5 y un concentrador clase 2 base 100. A continuación se determina el retardo de propagación de la red y veremos si este es menor a 512 tiempo bits:

Paso 1: determinación del retardo en cada una de las partes.

- Dos transmisores de base 100 - 100 tiempo bits
- 100 metros de cable tendido categoría 5 - 111.2 tiempo bits.
- 100 metros de cable tendido categoría 5 - 111.2 tiempo bits.
- Repetidor clase II (todos los transmisores) - 92 tiempo bits.

Paso 2 : Suma de retardos de todas las partes.

$$100 + 111.2 + 111.2 + 92 = 414.4$$

Paso 3: Se sustrae el resultado desde los 512 tiempo bits:

$$512 - 414.4 = 97.6$$

Paso 4: Resultado

Si el resultado del paso 3 es un número positivo, la red es válida y puede trabajarse sin ningún problema.

Las redes Fast Ethernet proporcionan una muy buena conmutación, sin embargo ellas necesitan ser planeadas con mucho cuidado para asegurar su óptimo funcionamiento. La

red debe tener no más de 512 tiempo bits en su peor caso de retardo entre los dos nodos más distantes, en caso de que el retardo sea mayor, la red no funcionara. Si la configuración de una red falla en el examen de 512 bits/tiempo, entonces la red necesita ser dividida mediante puentes locales o conmutadores Fast Ethernet. Cada segmento debe ser calculado independientemente para asegurar que en cada uno de estos no haya un retardo mayor a 512 tiempo bits.

III.5.2) APLICACIONES Y VENTAJAS

APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA RETRANSMISIÓN DE TRAMAS

- ✓ Interconexión de redes LAN
- ✓ Transporte de tráfico SNA
- ✓ Transporte de tráfico multiprotocolo
- ✓ Voz sobre retransmisión de tramas
- ✓ Redes satelitales de datos
- ✓ Protocolo de acceso a ATM

La retransmisión de tramas fue desarrollada en principio para interconectar redes LAN en ambientes WAN, sin embargo, En los últimos dos años diferentes organizaciones han estado trabajando en otras aplicaciones igualmente importantes como la interconexión de LAN, como por ejemplo, el integrar antiguos sistemas de teleprocesos basados en la arquitectura SNA con tráfico multiprotocolo de redes LAN.

Antes de la retransmisión de tramas, la interconexión de redes LAN se hacia (se sigue haciendo frecuentemente) rentando circuitos privados de una red pública de conmutación de circuitos (como lo son las redes telefónicas). Esta solución resulta más costosa (comparada con utilizar una red de retransmisión de tramas), ya que además de que se paga el servicio en función de la renta mensual y de las distancias, presenta el inconveniente de que por cada conexión remota se requiere un enlace punto a punto, más un puerto del equipo del usuario (enrutador) en cada extremo del mismo.

Al utilizar servicios de una red de retransmisión de tramas en la interconexión de redes LAN, se obtiene el máximo beneficio económico cuando se trata de interconectar un gran número de localidades, ya que además de que este servicio se paga (en teoría) en función del tráfico cursado (mas un cargo fijo por cada acceso a la red), por cada localidad solo se requiere un acceso a la red y un solo puerto de enrutador.

La retransmisión de tramas ofrece hoy en día a la comunidad de redes IBM una alternativa de bajo costo y alto rendimiento para el transporte de tráfico SNA en ambientes WAN, sustituyendo los tradicionales enlaces multipunto basados en líneas dedicadas con enlaces compartidos basados en tecnología de conmutación de paquetes.

Existen varios métodos para transportar tráfico SNA a través de redes de retransmisión de tramas, Teniéndose tres opciones estándar: Conmutación de línea de datos (CLD o por sus siglas en ingles DLSW) y RFC 1490.

Al utilizar la tecnología de retransmisión de tramas, se tiene la posibilidad de integrar tráfico SNA con tráfico multiprotocolo (IP, IPX, etc.) de redes LAN en un solo acceso, con el consiguiente beneficio económico. Esta integración se puede lograr ya sea mediante el estándar DLSW y pudiéndose llevar todo el tráfico entre dos destinos por un solo PVC o asignar un PVC para tráfico SNA y otro u otros para tráfico de redes LAN.

La retransmisión de tramas puede resultar una buena alternativa para transmitir datos a través de enlaces satelitales, sustituyendo a protocolos del tipo petición automática, ARQ (como SDLC, HDLC o X.25), los cuales no son tan eficientes en el manejo del ancho de banda de enlace satelital, debido precisamente al manejo de la técnica de retransmisiones para la corrección de errores.

Los principales beneficios que se obtienen al utilizar la retransmisión de tramas en enlaces satelitales son, además de la eficiencia en el uso del ancho de banda satelital y por consiguiente el beneficio económico, el hecho de que es una tecnología que esta siendo aplicada en gran medida con el protocolo de transporte de datos multiprotocolo, tanto en redes públicas como privadas, por lo que existiría compatibilidad de protocolos entre redes terrestres y redes satelitales de datos.

El crecimiento de la retransmisión de tramas en los últimos dos años ha superado todas las expectativas, ofreciendo esta tecnología nuevas aplicaciones, como lo es la retransmisión de voz a través de redes de retransmisión de tramas.

El mayor beneficio de utilizar la retransmisión de tramas para transmitir tráfico de voz viene de su aplicación en redes corporativas, donde oficinas remotas requieren de algunas líneas telefónicas para propósitos de comunicación de voz interna dentro de la corporación, con el consiguiente ahorro económico si se utilizara otra tecnología de integración tráfico, como por ejemplo multiplexores.

La voz sobre retransmisión de tramas se aplica actualmente en redes privadas. En ambientes de redes públicas los prestadores de servicio están siendo cautelosos en cuanto a promover este servicio, debido principalmente a la preocupación de si tiene la habilidad y calidad del servicio adecuado.

El principal problema a resolver para poder transmitir voz sobre retransmisión de tramas es el retardo en la red. Para una aceptable calidad de voz, se requiere que el retardo de "ida y vuelta" sea menor a 400 mseg. Para resolver esto se utilizan varias técnicas, las cuales pueden aplicadas en forma individual o combinadas, dependiendo del fabricante del equipo: administrar la congestión, fragmentar las trama muy grandes, priorización de servicios (voz primero que datos) y manejo de silencios.

A la fecha, el foro de retransmisión de tramas se encuentra trabajando en el "acuerdo de implantación" correspondiente, con lo que hasta entonces equipos de diferentes fabricantes podrán interoperar.

BENEFICIOS QUE PROPORCIONA UNA RED BASADA EN ATM

Los beneficios que se obtendrían al utilizar una red basada en la tecnología ATM son:

- ✓ Una sola red que es utilizada con interfaces estandarizadas para soportar diferentes servicios, ya sean actuales o futuros (voz, datos, video, multimedia, etc.)
- ✓ Ganancia en rendimiento.
- ✓ Eficiencia del uso del ancho de banda, es decir, el tráfico no útil es removido (por ejemplo silencios en voz y banderas en datos).

- ✓ Disponibilidad del servicio, donde el tráfico es enrutado completamente en caso de falla del enlace.
- ✓ Calidad del servicio adaptable, es decir, el ancho de banda y el retardo pueden ser asignados de acuerdo a requerimientos de la aplicación.

SERVICIOS PARA USUARIOS DE REDES ATM

La técnica de conmutación ATM, por sus características técnicas de ofrecer un retardo controlado, ancho de banda flexible y altas velocidades, tiene la capacidad de poder ofrecer transporte de un gran número de servicios tales como: transporte de voz, transporte de vídeo, transporte de datos "orientados a conexión", transporte de datos "orientados a no conexión", emulación de circuito privado, transporte de tramas "Frame Relay", transporte de celdas ATM, señalización, Red de área local ATM; bajo el procedimiento de emulación de los mismos, es decir, por ejemplo, para el caso del transporte de voz, una red basada en ATM deberá emular un servicio de conmutación de circuitos.

III.5.5 CIRCUITOS TRONCALES

Dentro del ámbito de las redes de datos, existe un concepto con una importancia particular, éste es el circuito troncal.

Un circuito troncal se define como una trayectoria principal (generalmente de alta velocidad) encargado de transportar el tráfico proveniente de distintas fuentes (redes de menor capacidad).

Un circuito troncal para interconectar redes LAN, por ejemplo, puede ser el cable vertical de un edificio o "riser" que conecta a los distintos pisos entre sí, un anillo alrededor de un piso que conecta a los distintos dispositivos existentes en él, o un enlace punto a punto entre dos edificios, etc.

Durante el tiempo en que las redes se conectaban utilizando líneas privadas o servicios de la red público, estos servicios impusieron serias limitaciones con respecto a las velocidades de las redes LAN. Estas limitaciones fueron superadas con el uso de los circuitos troncales, propiedad de los interesados en donde la fibra óptica juega un papel muy importante. Las topologías mas comunes en este tipo de aplicación son la de bus, la de anillo, la de estrella y cualquier combinación de ellas.

Las principales ventajas que ofrece un circuito troncal de fibra óptica con respecto a otras tecnologías son las siguientes:

- **Ancho de Banda :** Los cables de fibra óptica ofrecen un ancho de banda mayor que el par de cobre, los enlaces de microondas o satélites. Potencialmente ofrece velocidades de transmisión de cientos de Gbps. La utilización de dispositivos laser o diodos emisores de luz (led) y las características de los fotodetectores son los que determinan principalmente la capacidad de transmisión efectiva. Así, los correspondientes al estándar FDDI soportan velocidades de 100 Mbps, los componentes asociados a SONET permiten transmisiones de 51.84 Mbps hasta 2.488 Gbps, y eventualmente podrá extenderse hasta 13.271 Gbps.
- **Atenuación de la Señal :** A pesar de que las fibras ópticas son menos susceptibles a la atenuación que los conductores metálicos ocurren algunas pérdidas debido a la absorción, reflexiones, cambio de índices de refracción, conectores, etc.
- **Integridad de la Información :** Esta característica se refiere a la medición del desempeño del sistema basado en el número de errores que se producen con respecto al total de la información.

La fibra óptica es capaz de operar con solo un error por cada 10 000 millones de datos, en consecuencia, no requiere del uso extensivo de protocolos de control y detección de errores. Esto ofrece dos beneficios: en primer lugar permite eliminar gran parte del encabezado que causan estos protocolos, incrementando la velocidad efectiva de transferencia de la información y en segundo lugar, se reduce el número de retransmisiones, mejorando el desempeño de la red.

- **Inmunidad a la Interferencia** : la fibras ópticas son totalmente inmunes a la interferencia electromagnética y de radio, la causa principal de errores en los conductores metálicos. Esta inmunidad permite su instalación en elevadores, cerca de equipo generadores, lámparas fluorescentes, y cualquier fuente potencial de interferencia, y trae como consecuencia que su instalación sea más económica, debido a que no necesita conductos especiales de blindaje, y debido a que no genera ningún tipo de radiación , es posible instalar varias fibras ópticas juntas, simplificando su instalación.
- **Seguridad** : Debido a que la fibra óptica no genera radiación , es un medio de transmisión más seguro que los conductores metálicos, microondas o satélite, los cuales radian señales que pueden ser "robadas" de diversas formas.

Sabemos que la señal óptica viaja por el núcleo de la fibra, en consecuencia cualquier intento de introducir en ella un dispositivo de acoplamiento que pudiera derivar la información, suspendería momentáneamente la transmisión. Si se pretendiera doblar la fibra óptica para permitir que parte de los rayos luminosos se escaparan de la fibra, el número de errores en la transmisión se incrementaría notablemente, lo que hace más fácil su detección.

- **Durabilidad** : Un cable de fibra óptica en condiciones normales es mas resistente a la corrosión que los cables de cobre consecuentemente tienen mayor tiempo de vida útil. En condiciones extremas, la fibra óptica puede protegerse con unas fundas especiales hechas con material resistente a la oxidación, ozono o al fuego.

La fibra óptica ofrece una serie de ventajas adicionales sobre los cables de cobre. Especialmente en condiciones extremas, por ejemplo, dado que la fibra óptica actúa como un aislador en lugar que como un conductor, no presenta problemas de corto circuito ni conexiones a tierra, lo que permite su uso en instalaciones como refineries o plantas químicas. Además no requiere de un sistema de tierra común (como lo utilizan los conductores metálicos).

INTERFASE DE DATOS DISTRIBUIDA POR FIBRA (por sus siglas en inglés FDDI)

Es un estándar desarrollado por el Instituto de estándares Internacional Americano (por sus siglas en inglés ANSI). Se refiere a una red de fibra óptica del tipo Token Ring con alto rendimiento, opera a 100 Mbps y cubre distancias de hasta 200 kms., soportando hasta 1000 estaciones conectadas. Puede utilizarse de la misma manera que cualquiera de las redes 802 tipo LAN, pero tomando en cuenta su gran ancho de banda, su uso común es en el circuito troncal de la red, para interconectar redes locales de distintas tecnologías.

La FDDI utiliza fibras multimodo, dado que los costos adicionales de la fibra monomodo no son necesarios, para el caso de redes que funcionan a velocidades de solo 100 Mbps. Esta fibra, también, utiliza diodo emisor de luz, en lugar del laser. Los diodos emisores de luz son demasiado débiles para causar algún daño en el ojo, pero son lo suficientemente fuertes como para realizar una buena transmisión de los datos a velocidades de 100 Mbps. La especificación de diseño de la FDDI no exige mas de un error en 2.5×10^{-10} bits. Muchos desarrollos diferentes logran un funcionamiento mejor.

El cableado de la FDDI esta constituido por dos anillos de fibras, uno transmitiendo en el sentido de las manecillas del reloj, y el otro en sentido contrario. Si alguno de los dos se llega a desactivar, el otro puede emplearse como respaldo; si los dos se desactivaran en el mismo punto, por ejemplo, como consecuencia de un accidente en el conducto del cable, los dos anillos podrán unirse para formar un solo anillo que tendrá una longitud casi del doble, como se muestra en la figura. En cada estación hay relevadores que pueden emplearse para unir los dos anillos o puentear una estación, en el momento en que ocurre un problema en cualquiera de ellos.

El estándar FDDI define dos clases o tipos de estaciones: clase A, la cual se conecta directamente a los anillos duales o clase B, que se conecta a un dispositivo llamado concentrador. Técnicamente un anillo físico FDDI puede estar compuesto de estaciones clase A, puesto que ambos anillos deben estar soportados.

Un concentrador es una estación especializada que se conecta al anillo y tiene varios puertos que permiten la conexión de otros dispositivos en una configuración similar a una estrella. Un segundo tipo de concentrador, es un concentrador de anillo dual, provee conexiones físicas adicionales a estaciones FDDI que tengan tan solo una conexión FDDI y no se puedan conectar a un anillo dual. Los concentradores pueden conectarse en cascada, por ejemplo una conexión simple de un concentrador puede conectarse a otro concentrador. El resultado final es un anillo lógico FDDI formado por todas las estaciones conectadas.

Los protocolos FDDI básicos han sido modelados sobre la base de los protocolos 802.5. Para que una estación transmita datos primero deberá capturar el Token; después transmite una trama y la quita cuando regresa de nuevo. Una de las diferencias entre FDDI y el 802.5, es que la estación en el 802.5 no puede generar un Token nuevo, sino hasta después de que su trama haya recorrido por completo la trayectoria y regresado de nuevo al lugar inicial. En la FDDI, que potencialmente cuenta con 1000 estaciones y 200 Kms. De fibra, la cantidad de tiempo perdido, para esperar que la trama recorra el anillo, podría ser bastante significativa. Por esta razón se decidió permitir que una estación inserte un Token nuevo en el anillo, tan pronto como esta termine de transmitir sus tramas. En un anillo muy grande, varias tramas podrían encontrarse al mismo tiempo dentro del anillo.

Las capas FDDI se ajustan a las dos capas inferiores de las siete capas del modelo OSI. El estándar FDDI esta dividido en cuatro componentes básicos. La capa física se divide en capa física del protocolo, y capa física dependiente del medio. La capa de enlace de datos se subdivide en subcapa lógica de enlace y subcapa del control del medio de acceso. La unión básica de fibra óptica consiste de un transmisor óptico, receptor óptico y conectores ópticos.

La capa física del protocolo de FDDI es la parte independiente del medio de la capa física definiendo la codificación y comunicación de datos entre las capa física del protocolo y la subcapa del control del medio de acceso. La porción de capa física dependiente del medio de la capa física proporciona la comunicación digital punto a punto entre las estaciones de una red FDDI. La capa física dependiente del medio provee todos los servicios para transportar un flujo de bits codificados de estación, y especificar el conector de interfase al medio.

La capa física dependiente del medio establece el uso de una longitud de onda de 1,300 nanómetros y una frecuencia de 125 Mhz., permitiendo el uso de cables 62.5 /125. En la región de 13000 nanómetros de longitud de onda la dispersión de los cables multimodo es mínima. La capa física del protocolo FDDI define el esquema de codificación de 4 o 5 bits usado para representar datos y señales de control en la red.. Este esquema le permite a FDDI alcanzar velocidades de 100 Mbps a partir de una señal de 125 Mhz. En contraste, Ethernet y Token Ring utilizan el sistema manchester de codificación, el cual requiere una señal al doble de la velocidad de transmisión (20 Mhz. para 10 Mbps de Ethernet y 32 Mhz. para 16 Mbps de Token Ring). Cada elemento del flujo de información es tratado como un valor binario y codificado utilizando una técnica conocida como no retorno a cero invertido (NRZ). En este código el uno binario se representa por una transición en un haz de luz al principio de bit, y un cero se representa por la ausencia de la transición al inicio del intervalo del bit. Por ejemplo, el símbolo tres esta codificado como 10101 y representa el valor hexadecimal de 3, el nueve se codifica como 111000. Además el carácter con valor 30 hexadecimal (el ASCII 0) se envía como 1010111110. Un ejemplo de carácter de control FDDI es el símbolo T, el cual es usado para terminar datos; este se codifica como 01101.

La ventaja de esta codificación es que ahorra ancho de banda, pero su desventaja es la pérdida de la autosincronización presente en la codificación manchester. Para compensar esta pérdida, se utiliza un largo preámbulo con objeto de sincronizar el receptor con un reloj del transmisor. Además, se requiere que todos los relojes sean estables, por lo menos en un 0.005 %. Con esta estabilidad, se pueden enviar tramas de hasta 4,500 octetos sin peligro que el reloj del receptor pierda la sincronía con respecto al flujo de datos.

FDDI II

El grupo que desarrollo el estándar FDDI fue el encargado de desarrollar un nuevo estándar compatible con el anterior y capaz de soportar transmisiones de voz y video. Se desarrollo para utilizarse en redes tipo LAN, pero rápidamente oriento su uso en redes MAN.

Con frecuencia se representa FDDI II como un estándar mas rápido que FDDI, pero esto es un grave error. FDDI II opera a la misma velocidad que FDDI y tiene las mismas especificaciones y limitaciones físicas. FDDI II puede considerarse como una versión mejorada de FDDI, la principal diferencia consiste en la incorporación de un protocolo conocido como Hybrid Ring Control (HRC), capaz de reducir el tiempo de latencia de cada estación y estimar el retardo de la red, lo que le permite soportar transmisiones de voz y video.

El protocolo anteriormente mencionado trabaja entre la capa física del protocolo y la subcapa de control del medio de acceso. Esta formado por un multiplexor híbrido y un control de acceso al medio isócrono. Un multiplexor híbrido integra paquetes y datos isocronos en ciclos que se transmiten y reciben utilizando los servicios del nivel físico. El subnivel de control de acceso al medio isocrono separa en canales independientes los datos del usuario del tipo isocrono.

FDDI II soporta los servicios de datos isócronos en un formato especial conocido como ciclo. HRC ajusta la duración de los ciclos a un múltiplo entero de 125 mseg. (compatible con el reloj de las redes públicas de 8 KHz). Una estación conocida como estación maestra genera un nuevo ciclo cada 125 milisegundos. El ciclo es dividido en cuatro partes: preámbulo, encabezado, paquete de grupo y canales de banda ancha. El preámbulo y el encabezado contiene información de control del protocolo, las partes restantes contienen información, datos isócronos y paquetes. El ancho de banda de los canales de banda ancha es de 98.304 Mbps. Cada cual puede alojar dinámicamente datos isócronos o paquetes.

IV) RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA AMPLIA EN EL MERCADO MEXICANO A FUTURO

IV.1 SITUACIÓN ACTUAL

La necesidad de comprometerse en una nueva cultura sobre las telecomunicaciones con una nueva responsabilidad social sobre la comunicación, pues la modernización exige enfrentar estos desafíos, requiere de poner en marcha mecanismos institucionales encaminados a promover ritmos de inversión que permitan sostener un crecimiento programado de las telecomunicaciones, siempre adelantándose al conjunto de la economía.

El desarrollo tecnológico en telecomunicaciones ha abierto la posibilidad de ofrecer una diversidad de servicios. La introducción de la tecnología digital, el uso de los satélites y la fibra óptica ofrecen hoy en día una gran facilidad para conducir señales de voz, datos e imagen, lo cual hace factible la prestación de una amplia variedad de nuevos servicios a través de las diferentes redes de telecomunicaciones públicas y privadas, propiciando una mayor liberación y apertura a la competencia.

Los avances logrados en los últimos años por el sector de las comunicaciones en nuestro país, indican que el modelo económico adoptado garantiza la expansión, crecimiento y modernización de la infraestructura en telecomunicaciones que demanda el desarrollo económico de la nación.

Las telecomunicaciones juegan un papel fundamental en el proyecto que ha emprendido el país en favor de la productividad y la recuperación económica, pues sin servicios eficientes ni productivos y sin tarifas competitivas, difícilmente se estará en condiciones de trasladar los resultados macroeconómicos a condiciones favorables para las empresas e industrias, y mejores índices de bienestar social. Este sector se está transformando aceleradamente para satisfacer las necesidades propiciadas por la globalización y la competencia internacional.

Las estrategias de privatización han servido para estimular el desarrollo económico y responder a las exigencias de la sociedad, creando con ello un clima propicio a la inversión en los diferentes sectores de la economía, donde la eficiencia y la competitividad mundial en el sector son una condición fundamental.

El cambio tecnológico obliga a una renovación constante y acelerada de las telecomunicaciones para apoyar el desarrollo, la eficiencia y productividad de las empresas y mejorar los servicios a los que accede la población en general.

Estas innovaciones tienen un alto costo que los gobiernos no podrían realizar por si solos, de ahí que la participación del sector privado en el sector sea fundamental para complementar los esfuerzos que realiza el Estado Mexicano para elevar el nivel de bienestar de los mexicanos.

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE PARA VOZ

La utilización de la infraestructura de retransmisión de tramas para voz, naturalmente concierne a solo algunos equipos en la situación de cada cliente. El tipo más común es llamado "DART de voz", el cual se muestra en la figura 4.1.

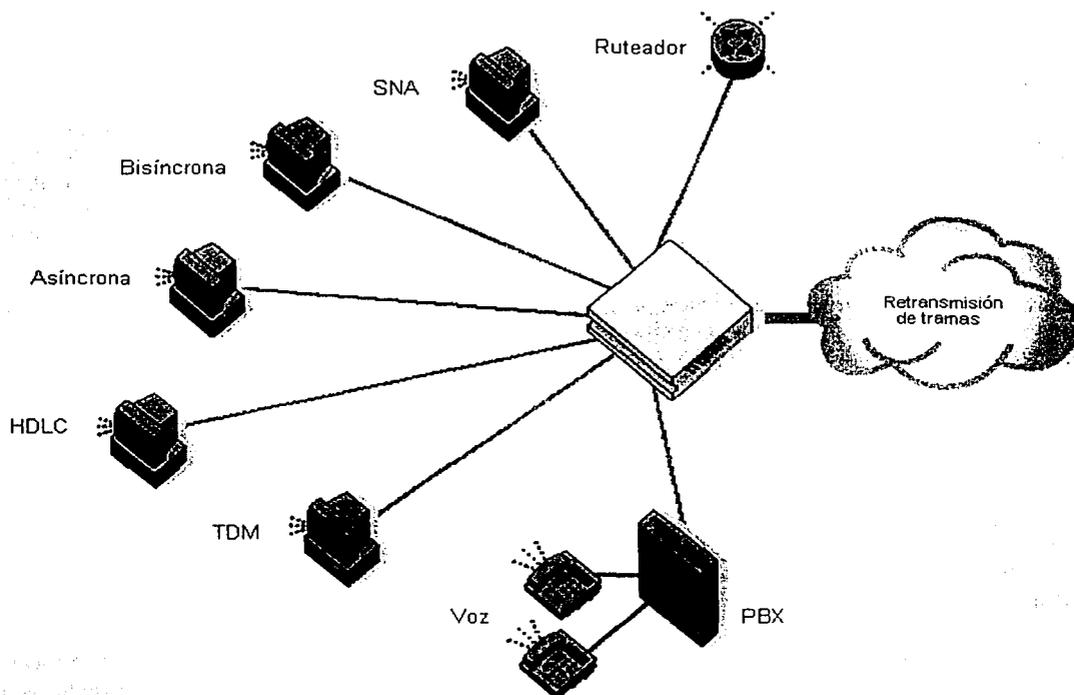


Figura 4.1. Implantación típica de voz en retransmisión de tramas.

Un dispositivo de acceso a la retransmisión de tramas (DART o por sus siglas en inglés FRAD) de voz realiza un proceso de paquetización y compresión similar al de un DART normal. Por lo que incluye algunas características usuales del DART, como es soporte de SNA y posiblemente algunos otros protocolos consecutivos. El soporte del ruteador es proporcionado de ambas formas, integralmente o vía ruteadores externos.

Los DART de voz son típicamente punto a punto para dispositivos con una interface de retransmisión de tramas simple. Sin embargo, cuando es usado en el entorno de la red, esta interface simple puede soportar múltiples conexiones lógicas para un cierto número de sitios en una red con retransmisión de tramas con llamadas completas de voz sobre diferentes circuitos virtuales. El DART de voz puede también soportar como mínimo una interface adicional de retransmisión de tramas. Esto es especialmente importante para la utilización de los ruteadores existentes en conjunto con el DART de voz, permitiendo que

el DART de voz realice conmutación de tramas. Esta interface adicional podría también permitir una conexión para el DART de voz a una red con retransmisión de tramas, vía dos circuitos separados y puntos de acceso con seguridad adicional.

Las conexiones de datos para ruteadores existentes y otros dispositivos de retransmisión de tramas también pueden ser soportadas, aceptando acoplamientos directos. Si estas capacidades son externas o integrales, el DART de voz debe usar prioridad y algoritmos de imparcialidad para asegurar que el acceso apropiado a la red esté disponible para todo tipo de tráfico.

El DART de voz típicamente soportará una variedad de interfaces de voz. La más común es una interface analógica, en este caso hay una conversión directa dentro del DART, de voz analógica a voz digital comprimida, esta voz comprimida es transportada a través de la retransmisión de tramas. En este caso, las troncales de voz de un PBX local son acopladas directamente al DART de voz. El DART de voz, entonces, deberá soportar la mayor parte de las funciones comunes de la voz analógica, incluyendo soporte para una amplia variedad de interfaces de 2 y 4 hilos. Si un teléfono está acoplado directamente, el FRAD de voz deberá suplir las funciones de batería y timbre.

Un DART de voz podría soportar también tramas digitales E1/T1 para oficinas y sitios regionales que requieran de una densidad superior para las conexiones de voz. Estas tramas, típicamente a un PBX o la Red Pública Conmutada, montan conversaciones múltiples en una trama E1/T1. Esto tiene 2 efectos, simplificación en las conexiones múltiples y reducción en el número requerido de cables físicos. Es importante saber cuantas conversaciones pueden ser soportadas por el DART de voz, una trama de transmisión T1/E1 soporta 24/30 conversaciones.

COMPARACION ENTRE RETRANSMISION DE TRAMAS Y LINEAS RENTADAS

Hay circunstancias donde el uso de las líneas rentadas es la mejor solución. Esto es particularmente apropiado en el caso en que el requisito de la velocidad de transporte de datos esté entre el rango de 512 Kbps y un canal T1. En estos casos, el equipo utilizado para soportar voz dentro de la retransmisión de tramas trabaja sin esfuerzos. Este es un caso especial de la retransmisión de tramas, ya que el enlace es punto a punto (sin la red de retransmisión de tramas como intermediario).

Por otro lado, donde la retransmisión de tramas esta disponible (la disponibilidad en los E. U. es casi universal), el precio es probablemente el golpe más grande para la cotización de las líneas rentadas de alta velocidad. Esto es especialmente importante cuando la topología de la red involucra cualquiera de las dos formas de conexión, estrella o malla, entre un número de sitios. Incluso en el peor de los casos de cotización para la retransmisión de tramas (para un circuito sencillo punto a punto de 64 Kb o cuando la necesidad de los datos es acceder a un T1), el uso de la retransmisión de tramas puede ser bastante bueno y apropiado para largas distancias, por lo tanto los precios de la retransmisión de tramas no son afectados por la distancia, mientras que las líneas rentadas son generalmente cotizadas por línea.

Por lo que se refiere al rango de velocidad, el rango para la retransmisión de tramas es desde 56/64 Kbps hasta un T1/E1. Asumiendo una relación de compresión de 8 a 1, se pueden manejar ocho conversaciones por un simple DS0(64 Kbps). Conforme la velocidad se incrementa hasta un T1, se podrían manejar hasta 192 llamadas simultáneas. Claramente este número podrá soportar la mayor parte de las aplicaciones actuales. Y aunque la mayor parte de los usuarios no podría necesitar 200 líneas conectadas, hay ciertamente un ancho de banda total suficiente en este caso para manejar de manera adecuada el reparto del número de canales para voz y datos.

COMPARACION ENTRE RETRANSMISION DE TRAMAS Y MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO (MTA o por sus siglas en inglés ATM)

ATM es otra opción para transportar voz comprimida y empaquetada. Como una tecnología cercana a la retransmisión de tramas, con la que solamente se diferencia cuando se establece el rango de la variable que especifica el tamaño de los paquetes utilizados. Las razones por las que se utiliza la retransmisión de tramas para los paquetes de voz son también aplicables para ATM.

La mayor desventaja actualmente para ATM es la disponibilidad. Mientras que los servicios para ATM van surgiendo, la disponibilidad continuará en incremento para los siguientes años, en la actualidad hay pocos servicios de ATM disponibles para velocidades T1/E1. Otra, es que aún no es claro que ATM pueda ser viable comercialmente a velocidades de 56/64 Kbps y/o fracciones de un T1/E1.

Otra desventaja de ATM es la ineficiencia del ancho de banda. ATM inherentemente tiene un encabezado de un 10%, basándose en la siguiente relación, 5 octetos de encabezado por los 48 octetos de carga útil. Para la compresión de voz, sin embargo, es una desventaja significativa.

Por supuesto, este encabezado solo importa a velocidades bajas (cuando el costo de bit por segundo es bajo). Pero estos puntos son el tercer problema de ATM, ya que ATM es una tecnología que ha sido desarrollada para velocidades de T3/E3 o cercanos. La celda de encabezado y otros numerosos encabezados ubican a ATM como el más apropiado, cuando las velocidades son entre un T3 y un OC3 (45 Mbps hasta 155 Mbps). Pero el mínimo de compresión proporcionado de 8 a 1 por los algoritmos avanzados (actualmente la recomendación de Predicción Lineal de Código Exitado (por sus siglas en inglés CELP) permite la compresión de voz hasta 5.6 Kbps) de voz hace que el número de canales soportados a estas velocidades sea superior a cualquiera de las necesidades de un superusuario. Por ejemplo, un T3 normalmente transporta 672 DS0, por lo que podría transportar fácilmente cerca de 5000 llamadas con una compresión de 8 a 1. En contraste un T1 soporta alrededor de 200 llamadas simultáneas (una cantidad más razonable en la mayor parte de las compañías).

Las ventajas obtenidas para ATM basado en celdas son que la tecnología está fácilmente disponible para transportar voz en paquetes y en un futuro próximo será uno de los medios de transporte más viables.

REQUERIMIENTOS TECNICOS

Los cambios en el transporte de voz sobre la tecnología de retransmisión de tramas, se sitúan actualmente dentro de tres categorías: cambios reales, cambios percibidos y cambios para voz altamente comprimida. Consecuentemente, el consumidor prudente deberá preguntar la perspectiva de desarrollo a su proveedor para adquirir la mejor opción.

Históricamente la retransmisión de tramas había sido desarrollada y vendida como una solución en el servicio del transporte de datos. Esto porque fue vista como una técnica de monopolio de comercio (no como una limitación técnica), como se mostrará posteriormente, ya que todos los cambios técnicos para utilizar la retransmisión de tramas en el transporte de voz pueden ser hechos.

Hay varios factores que tienen que ser considerados. Primero, algunas compañías de comunicaciones tienen una infraestructura más grande para voz como protección a un posible decremento o falla en la retransmisión de tramas.

Algunas compañías de comunicaciones pueden estar mejor diseñadas para soportar voz sobre retransmisión de tramas en comparación con otras basadas en las capacidades de cada uno de los sistemas de conmutación que proveen los tipos de soporte técnico necesitados para la voz en retransmisión de tramas. Después de todo, las especificaciones para la retransmisión de tramas están contenidas en una sola especificación llamada UNI (interface de red para el usuario).

De este modo, varias arquitecturas de conmutadores e implantaciones de red, pueden proveer diferentes niveles de soporte para voz sobre retransmisión de tramas. Algunos podrán dar un excelente soporte, mientras que para otros el soporte será el adecuado, pero no el óptimo.

Algunas de las portadoras también pueden ser etiquetadas con el parámetro "catch 22", para clasificarlas con respecto a voz sobre retransmisión de tramas. La retransmisión de tramas ha sido vista como una opción muy cara en muchos casos porque ha sido ubicada en el mercado de datos con un rápido crecimiento en los nuevos negocios. En este caso el límite disminuye con objeto de capturar los nuevos servicios. Ahora, con el advenimiento de la voz sobre la retransmisión de tramas, la base de los negocios de voz se ha visto amenazada y reducida solamente a servicio de voz en algunos casos. Esencialmente la única opción disponible para las compañías de comunicaciones será en aquellos negocios, en los que la captura de clientes sea necesaria.

En contraste con la poca regularidad de las compañías de comunicaciones oficialmente establecidas, el transporte de voz sobre una red de retransmisión de tramas privada, es intrínsecamente más fácil porque la infraestructura de la red está bajo el control directo del usuario. En este caso, es el usuario el que asegura que varias de las características de la arquitectura de la red sean suficientes para proveer el nivel deseado de soporte en voz.

VOZ SOBRE IP: PRESENTE Y FUTURO DE INTEGRACIÓN DE REDES DE VOZ SOBRE IP

No hace demasiado tiempo, meses, ATM era visto por todos los operadores de telecomunicaciones como la única tecnología integradora de todo tipo de tráfico: datos, vídeo y por supuesto del tráfico de voz. Sin embargo, ATM ha visto como su desarrollo e implantación han ido más lentos de lo esperado y su extensión sobre todo al entorno LAN está en duda. A la vez, el protocolo de internet (por sus siglas en inglés IP) surgido como un protocolo de LAN de transmisión de datos, ha ido extendiéndose hacia la MAN y la WAN de un modo imparable debido en parte a su sencillez, debido en parte a su bajo costo tanto en equipos como en transporte tanto a través de redes IP como de Internet.

TRANSMISION DE VOZ SOBRE IP

IP ha tenido su origen en transmisión de datos y no está demasiado adaptado a la transmisión de datos e imágenes. La tecnología de transmisión de paquetes, en la que está basada IP, ofrece tamaño de celdas variable, que en comparación con tecnologías de tamaño de celda fija como ATM, introduce ineficiencias y necesidad de proceso extra. Además IP es un protocolo que solamente ofrece un tipo de calidad e servicio (QoS) basado en proporcionar el mejor rendimiento posible en el enlace disponible.

Actualmente la voz sobre IP tiene dos modos de ser transportado:

- A través de líneas privadas y dedicadas que proporcionan una calidad de servicio aceptable
- A través de redes públicas como Internet o redes públicas IP con una calidad de servicio inferior

Cuando se habla de tecnologías "IP" se hace referencia en general a un conjunto de protocolos que conforman lo que actualmente se llama redes IP. Los más comúnmente usados son los TCP: que se ocupan de proporcionar conexiones garantizadas para paquetes de datos sobre IP y UDP: que proporciona un servicio de entrega no garantizado; sin embargo, ninguno de estos protocolos puede proporcionar el soporte de aplicaciones en tiempo real como la voz.

Existen una serie de protocolos que intentan proporcionar servicios en tiempo real sobre IP como son RTP (Real time Transport Protocol), RTCP (Real time Control Protocol), RSVP (Resource Reservation Protocol) y RTSP (Real time Streaming Protocol), sin embargo es H.323 el protocolo internacional para conferencia sobre redes de paquetes que ha sido aprobado por la UIT en 1996. De esta manera es posible que un único estándar permita:

- Interoperabilidad de aplicaciones con diferente hardware y software distintos sobre IP
- Interoperabilidad con RDSI y RTB

H.323 se define como el estándar que permite que tráfico multimedia, en tiempo real sea intercambiado sobre una red de paquetes, tal y como es una red IP, añadiendo también la capacidad de flujos multimedia (retransmisiones de audio o vídeo). H.323 define una serie de entidades en una red H.323 con una serie de funcionalidades:

- Gatekeepers: Dentro de su zona LAN actúa de monitor de la red, proporcionando los servicios de resolución de direcciones (por ejemplo, asignación de la dirección IP a su alias, ya sea número telefónico o nombre) y de conceder permisos de llamadas
- MCU's (Multipoint Control Unit): es el sistema encargado del control de las conferencias múltiples, proporciona todos los servicios para establecer comunicaciones multipunto
- Terminales: son los dispositivos que se pueden conectar directamente a IP y soportan H.323
- Gateways: son los sistemas encargados de permitir que los equipos H.323 puedan operar con otras redes, H.323 predefine un número de dispositivos, los actualmente definidos son H.320 (interconexión con terminales de videoconferencia RDSI), H.324 (terminales de videoconferencia sobre telefonía) y dispositivos RTB
- Proxies: son los sistemas que actúan como intermediarios entre diversas entidades, tal y como lo hacen los proxies en las redes IP (conexión entre la Intranet e Internet, por ejemplo)

El establecimiento y el mantenimiento de conexiones H.323 realiza un uso tanto de tráfico sobre TCP como de UDP:

- Q.931 sobre TCP que se realiza a través del puerto bien conocido 1720 para negociar el puerto de conexión del H.245.
- H.245 sobre TCP para realizar las negociaciones de los parámetros (codificadores entre otros) y realiza las conexiones UDP para RTP y RTCP
- RTP y RTCP sobre UDP en que se usan conexiones UDP para mantener los flujos asociados con el tráfico H.323

El estándar H.323 define un método de permitir tráfico multimedia sobre una red IP, pero y como no puede ser de otra forma, no asegura que la comunicación pueda tener lugar. En el caso de transmisión de voz es necesario asegurar unos parámetros mínimos para que una conversación pueda tener lugar. Los parámetros más influyentes en el comportamiento de una transmisión de voz son los siguientes:

- Retardos de los paquetes: una red IP, y sobre todo Internet, no asegura el retardo de un paquete. Actualmente, solamente a través del control y gestión global extremo a extremo, y la disponibilidad de suficiente ancho de banda así como la tecnología de switching-routing necesaria, es posible asegurar unos niveles de retardo máximos. Por ello y en el estado de congestión actual y previsible, Internet no puede asegurar unos niveles máximos.
- Jitter: es muy dependiente del retardo de los paquetes, y consiste en el tiempo de variación en la llegada de paquetes. Este parámetro tiene los mismos problemas y dificultades que el retardo, por lo que las soluciones van en la misma línea. Si cabe, en este caso es más importante las tecnologías de enrutamiento de los paquetes IP.
- Pérdida de paquetes: al estar basados, sobre todo UDP, en una transmisión no fiable las pérdidas de paquetes si existe congestión o problemas en la transmisión pueden llegar a ser importantes.

El estado de la red tiene un impacto diferente sobre la transmisión de fax (protocolos T.4 y T.30) sobre IP que sobre la transmisión de voz. El oído humano es mucho más sensible a la pérdida de datos, que puede hacer la conversación ininteligible, que al retardo. La UIT ha desarrollado una recomendación para ayudar a definir los efectos de los retardos

dando un valor máximo. La recomendación G.114 definida en 1996 recomienda que el límite en un canal unidireccional de voz sea de 400 ms. Sin embargo tenemos que considerar que la apreciación de la calidad de una comunicación de voz tiene una buena parte subjetiva, dependiendo también de valor calidad/precio que se le dé a esa comunicación. Puede que retardos de 400 ms resulten inadmisibles para una buena parte de los usuarios para conversaciones de negocios, y que retardos de 600 ms resulten admisibles por usuarios privados si el costo así se lo justifica.

La pérdida de paquetes también afecta a la calidad de la voz; pero el tanto por ciento admisible depende tanto de los algoritmos de compresión usados, algunos son capaces de recuperar errores, como de la percepción subjetiva de los usuarios. El límite generalmente aceptado como máximo se sitúa alrededor del 8-10%.

La realidad es que el asegurar estos parámetros, esta calidad de servicio, a lo largo de una red IP con los niveles de calidad habituales en una red de voz, sólo es posible, y con limitaciones, cuando se realiza dentro de una red IP privada con los equipos y el ancho de banda necesarios, y siendo gestionada centralizadamente. Habitualmente un canal de voz necesita un ancho de banda garantizado de 12-15 Kb/s por lo que proporcionar o asegurar en una red como Internet ese ancho de banda no es posible en general. La utilización de las nuevas redes IP por los operadores puede hacer posible la disponibilidad, dentro de esas redes IP, de ancho de banda garantizado; pero sin duda, con el costo asociado de reserva de ese ancho de banda. La compartición de las conexiones tanto para datos como voz sobre IP reducirá los costos globales, pero no se puede suponer que si se desea obtener una calidad comparable a la que la red de voz tiene, los costos se reduzcan muy significativamente. La tendencia a la reducción del precio del ancho de banda, así como la integración de servicios reducirán los costos de las conexiones, pero el aseguramiento de calidades de servicio tendrá su costo, aunque menor.

REDES DE VOZ CORPORATIVAS SOBRE IP

Las actuales grandes redes de voz corporativas están basadas en PBX, bien sean Ericsson, Alcatel, Siemens, Nortel, Lucent, Philips, Matra, etc. con sistemas con miles de extensiones con conexiones y servicios comunes. Todos estos sistemas a través de protocolos propietarios o comunes como Q.SIG se unen con enlaces de 2 Mb/s punto a punto, ya sean medios privados o medios públicos. Con objeto de poder proporcionar distribuidamente las facilidades de las PABX estas uniones dialogan en protocolos como DPNSS, CORNET o un estándar Q.SIG que necesitan unos parámetros de retardos y anchos de banda para mantener la señalización y los enlaces.

Tradicionalmente el costo de los medios de transmisión punto a punto ha sido alto, por lo que el costo de la unión de las PABX remotas ha sido siempre muy alto, por lo que cuando el tráfico no es muy intenso, no se ha justificado la unión a 2 Mb/s, y las llamadas se han realizado sobre la Red Pública

La compartición de medios para la reducción de costos siempre ha sido un objetivo en las grandes redes. La Red de Datos y la Red de Voz tradicionalmente han estado completamente separados por lo que la evolución tanto de los protocolos de unión como de los medios de unión han sido diferentes, así tanto las tecnologías para interconexión como gestión están separadas en la actualidad con sus costos asociados. Observar figura 4.2.

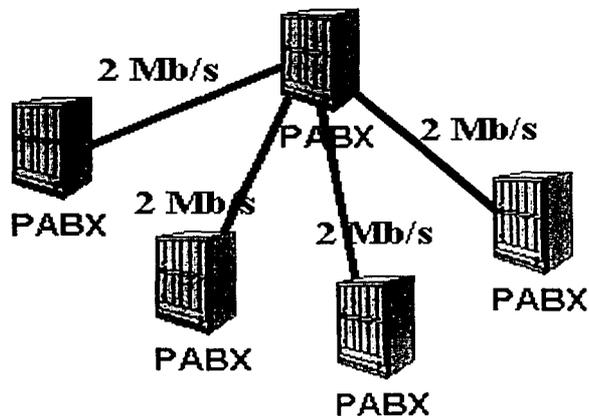


Figura 4.2. Red de PABX's.

ATM puede ser la primera tecnología ampliamente implementada que fue diseñada pensando en la integración de servicios de voz, datos y vídeo sobre la misma red. ATM es un protocolo complejo y los diversos estándares se siguen aprobando e implementando en la actualidad. ATM ha implementado la interconexión de PABX en dos modos:

- Emulación de circuitos (CBR Constant Bit Rate), a través de las cualidades de ATM de proporcionar calidad de servicio, emula transparentemente un circuito de 2 Mb/s. Sobre una red básicamente de paquetes, ATM, emula un circuito en base a un uso intensivo de recursos reservados. Este método ha sido el primero implementado por los fabricantes de ATM, y desde luego el más sencillo.
- VTOA (Voz sobre ATM), estándar aprobado con posterioridad y que conservando las funcionalidades de interconexión de PABX realiza una adaptación con la reserva de la calidad de servicio, a través de ATM con la compartición de ancho de banda y utilizando compresión.

El uso de IP para realizar las mismas funciones presenta una serie de problemas (con la versión actual de Ipv4) de muy difícil solución, o de imposibilidad de asegurar la misma calidad, ya que IP carece de las características inherentes de ATM de reserva de recursos. La emulación en la misma manera de los servicios anteriores hace necesario la reserva en exclusiva de recursos de ancho de banda perdiendo las ventajas de la transmisión de datos en paquetes.

La sustitución completa de los enlaces privados de 2 Mb/s o de los enlaces instalados sobre ATM por conexiones puras IP no parece posible en la actualidad pero lo que sin duda es posible es la implantación de entornos mixtos sobre Intranets unidas mediante redes públicas IP (dificilmente sobre la Internet actual) no sólo con el objetivo de reducción de costos sino como nueva aplicación de la unión e interconexión de dispositivos multimedia H.323. La evolución hacia IP no se dirige únicamente a la sustitución de las actuales redes de voz y datos, sino que durante un largo tiempo (la definición de "largo" en el mundo de las comunicaciones parece difícil) convivirán varias redes que se interconectarán y se comunicarán entre ellas, haciendo una migración

paulatina del volumen de tráfico desde la voz estándar o los datos tipo Host hacia el tráfico multimedia basado principalmente sobre IP. En estos momentos la interconexión de voz sobre IP puede cubrir dos necesidades:

- Reducción de costos de las comunicaciones de larga distancia de voz a través de la utilización de la infraestructura de datos, pero a cambio de una posible falta de aseguramiento de calidad.
- Nuevas aplicaciones de interconexión de dispositivos multimedia con las redes actuales de voz

El escenario que se puede obtener se basa ya en una multitud de productos de voz sobre IP que permite una mezcla de las redes de voz y datos actuales y la telefonía sobre IP. Todos estos productos utilizan siempre como tanto enlaces RTB como IP para la interconexión, enrutando las llamadas cuando la conexión sobre IP no es posible o no da la calidad requerida en ese momento. Son de destacar los equipos de Lucent y de Nortel que proporcionan unas posibilidades reales de implantación (Ericsson, Siemens, Microsoft, PictureTel, 8x8, Radvision, Videoserver, Vocaltec, British Telecom, Teles, First Virtual, ... soportan H.323 también). Ver figura 4.3.

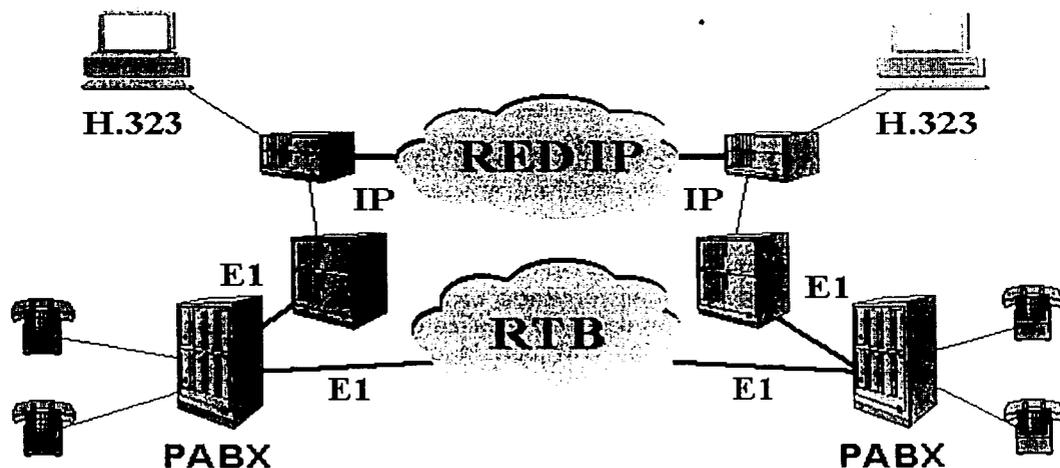


Figura 4.3. Red integrando IP y RTB.

Como conclusión se puede asegurar que la voz sobre IP ya es posible, que la evolución de su uso vendrá con la evolución tanto de la infraestructura de transporte como del protocolo y que en la actualidad las diversas implantaciones tienen como objeto tanto el ahorro de costos como el proporcionar nuevos servicios tanto en lugar como en funcionalidad.

ECONOMIA EN LA TRANSMISION DE VOZ SOBRE RETRANSMISION DE TRAMAS

Definición de las Aplicaciones y Pretensiones

La voz sobre retransmisión de tramas tiene mas sentido actualmente en los ambientes donde todo debe de estar controlado. Por lo tanto esta es una razón que justifica la incorporación de las comunicaciones entre varios sitios para crear una red que tenga las mismas facilidades que se puedan incorporar o conformar una infraestructura de datos. Similarmente, puede ser justificado el uso de una portadora que necesite proveer servicios de voz a los usuarios que se estén conectando a una red interna.

Algún día la voz en paquetes (Internet, retransmisión de tramas o ATM) puede también ser una alternativa para cualquier conexión uno a uno, ya sea que estén utilizando ambas partes el servicio de paquetes o no (proporcionando esencialmente las mismas funciones del servicio telefónico). Actualmente, sin embargo la voz sobre la retransmisión de tramas es aplicable inmediatamente para la infraestructura que incorpora los usos de interoperabilidad a la conectividad creada anteriormente.

Así, las primeras aplicaciones de voz sobre retransmisión de tramas son las mismas que las que se han venido utilizando en una red de voz pero sobre multiplexores T1: proporcionando líneas virtualmente unidas entre los diferentes PBX conectados a la red en este caso, las capacidades de voz pueden ser usadas para comunicaciones tanto en sitios que tengan una red establecida como sitios remotos que estén fuera de ella.

En el caso anterior, la red es usada para conectar un sitio a un lugar remoto. Entonces para el lugar remoto, un segundo tono de llamado es proporcionado por el PBX remoto para habilitar a este como una llamada local, en comparación con la utilización de la red pública anterior. Por ejemplo, una persona con una red corporativa en Nueva York podría tener un tono de llamada local a San Francisco, Londres o Tokio. En algunos casos, la retransmisión de tonos con voz podría tomar ciertos cuidados al tomar una actividad de llamada local para un lugar remoto, si el que esta llamando nunca ha escuchado el segundo tono de la llamada.

El uso de la voz sobre retransmisión de tramas involucra el uso de algunas suposiciones fundamentales. Primera, la retransmisión de tramas con voz podría estar usando un algoritmo avanzado de compresión tal como CELP (Predicción Lineal por Código excitado). Con los algoritmos avanzados se hace posible un proceso extremadamente alto de compresión a un precio razonable, con calidad, o por mínimo la calidad que requiere la voz que es de 8 a 16 Kbps, en comparación con los 64 Kb requeridos por un PCM (Modulación por código de pulsos).

Con el VAD (Detección de Actividad de Voz), hay una ventaja en el factor en el cual una conversación normal es transmitida. Esto es, la transmisión es hecha en una sola dirección a un tiempo, con silencio en la otra dirección. Así que no es mala la suposición de que en el 50% del tiempo hay silencio en la línea. En realidad, es más usual el silencio, especialmente cuando uno considera las pausas entre las palabras y los párrafos. Sin embargo el proceso de paquetización, agrega un pequeño encabezado por lo que un silencio superior al 50% no es aceptado y es disminuido con encabezados adicionales. Consecuentemente la combinación de estos factores representa una relación de compresión en el rango de 8 a 1 comparado con el de voz tradicional. Esto es calculado por la suposición del uso de 16 Kb para la voz, con una relación de compresión de 4 a 1.

Sin embargo, usando el VAD con una compresión adicional de 2 a 1 se duplica (por lo tanto, la relación de compresión llega a ser por lo menos de 8 a 1).

Esta estimación no es utilizada en su totalidad actualmente. En realidad, la voz podría iniciar con 8 Kbps, que es un valor con una relación de compresión de 8 a 1. Se podría entonces añadir por mucho un encabezado del 25% para la paquetización, reduciendo la relación de compresión efectiva 6 a 1. Usando el VAD aproximadamente se doblaría la transmisión aunque a veces por otro control de tráfico se nivele, este podría asumir una utilización efectiva acerca de 6 Kbps por canal (mejor que una relación de compresión de 10 a 1). La relación de 8 a 1 se conserva cuando es necesario hacer consideraciones de evaluación financiera.

COMPARANDO CON LOS COSTOS DE UNA LLAMADA DE VOZ

La voz sobre la retransmisión de tramas es bien aceptada económicamente cuando es usada en aplicaciones internacionales. En las llamadas internacionales son de aproximadamente de 1 dls. El reembolso por utilizar voz sobre retransmisión de tramas es semejante al de una tasa de transmisión grande, con retransmisión de tramas. Por ejemplo, si se asume que se va utilizar una hora por día en una oficina con ocho líneas y con un costo por llamada de 1 dls. por minuto, el costo mensual sería aproximadamente de 10,000 dls. Si el costo inicial de llamadas por mes es de este tipo, la voz sobre retransmisión de tramas se justifica de inmediato.

Pero la justificación económica es mucho más notoria en una red doméstica, donde la competencia ha puesto el costo de transmisión de voz dentro del rango de 5 a 10 centavos de dólar por minuto (en Estados Unidos). Estos cálculos son sorprendentemente exactos, y el resultado es más notable. Actualmente hay dos métodos para realizar esta comparación y ambas utilizan como base los costos por minuto y costos fijos. Se iniciará con la comparación por costos fijos.

En un principio, si se asume que se utilizan 3 horas en cada 8 líneas a 5 centavos por minuto, por 20 días al mes, el costo es de 1140 dls. mensuales por las 8 líneas (este costo es significativamente menor para la facturación de una llamada internacional).

En comparación si se considera la compra de un servicio con retransmisión de tramas en un mes, sobre un CIR básico. Para la mayor parte de portadoras, hay varias opciones disponibles. En este caso, el costo fijo mensual debe ser comparado con el costo base por minuto. Esto es usualmente hecho para comparar el costo fijo con el costo por minuto asumiendo un cierto nivel de uso.

Si se inicia asumiendo el peor de los casos para la retransmisión de tramas (un PVC sencillo de 64 Kbps entre dos puntos, con un puerto simple de 64 Kbps en cada terminal). Suponiendo que se tiene un radio de compresión de 8 a 1. Este podría soportar hasta 8 canales de voz (sin límite en su uso). Esto se asume cuando hay un ancho de banda adicional para uso exclusivo de voz, Eso es totalmente diferente con la economía encontrada usualmente con la combinación de aplicaciones de voz y las aplicaciones de datos para la retransmisión de tramas. Por esta situación, los costos que nos son tomados en cuenta (excluyendo el acceso a líneas) va desde 550 hasta 650 dls. por mes. (La mayor parte de los cargos por servicio en base al costo por acceso, por puerto, y el CIR por PVC (circuito virtual permanente). En este análisis se ignora el costo de acceso, por lo

tanto, a grandes rasgos se puede utilizar indistintamente retransmisión de tramas o un servicio dedicado para la transmisión si se toma fraccionalmente un T1).

EVOLUCION DEL CONCEPTO DE SERVICIO

Se ha mencionado cómo la voz como soporte del transporte de información es muy limitado y de como la evolución de las comunicaciones del futuro va hacia el multimedia, que permitirá una comunicación mucho más rica y completa. Paralelamente, se observa también que el usuario común de estos servicios está cada vez requiriendo una mayor autonomía en cuanto a su ubicación de trabajo. El hecho de estar atado a la posición física de la computadora es un factor limitativo para su operación eficiente. Hace falta entonces romper la vinculación de la computadora a una conexión fija y permitir al usuario tener el acceso a todas las posibilidades de comunicación multimedia por RDSI independientemente de su localización. La consecuencia de esta tendencia serán las comunicaciones móviles multimedia, en cuyo sentido habrá que pensar estratégicamente para adaptarse al cambio. Según un estudio realizado en Estados Unidos, el 60 % de los trabajadores norteamericanos desempeña actividades vinculadas a la creación, manipulación y/o transferencia de información. De este 60 %, el 20 % está obligado a desplazarse diariamente a la oficina para realizar su trabajo. El resto podría trabajar perfectamente desde su hogar en una configuración típica de teletrabajo, o bien adaptarse a una forma mixta. Este perfil no es exclusivo de la sociedad norteamericana sino semejante al de cualquier sociedad desarrollada, donde la fuerza laboral tiende a situarse cada vez mas hacia el sector servicios.

Esto con respecto a los usuarios que utilicen estas tecnologías específicamente como herramienta de trabajo. Las tendencias indican que los requerimientos de los servicios del futuro avanzan en la dirección de:

- Mejores servicios de atención al usuario.
- Mas soluciones, pero integradas.
- Aplicaciones con mejores interfaces hombre/máquina.
- Desarrollo de nuevos servicios más rápidos y a menores costos.
- Sistemas de tarifación sencillos y flexibles.
- Información detallada de uso.
- Mayor calidad de servicio en red.
- Evolución a aplicaciones portátiles y móviles.
- Oferta de servicios por múltiples accesos (TMA, RDSI, GSM, etc.).

Los servicios multimedia están en el comienzo de su ciclo de innovación, nuevas aplicaciones e innovaciones irán llegando casi diariamente, en los que la capacidad de interoperación con todos los sistemas y redes será esencial. Por ejemplo, así como antes se comerciaba con la venta de pequeños dibujos hechos a mano para su uso en viñetas, se ha pasado a su comercialización en la forma que conocemos por "Clip-art", posible de ser distribuido en discos, CD-ROM e incluso por RDSI. Una siguiente evolución de este mismo servicio será sin duda la distribución de "video-Clip-art" también en librerías CD-ROM por RDSI, para aplicarlas posteriormente en documentos multimedia, etc. estos nuevos usuarios, es posible que tengan necesidades diferentes que los anteriores y también será diferente la forma en que se tenga que prestar este nuevo servicio.

Por todo esto, debe de evolucionar el concepto de servicio, haciéndose necesaria una reflexión continua que se vaya adaptando al cambio. Un ejercicio posible, es realizar una revisión de los elementos más importantes en un servicio. Así, se deberán observar los cambios que vayan produciéndose en la definición del paquete de servicios básicos (servicio fundamental, bienes facilitadores, servicios de soporte y los complementarios); la definición de una oferta de servicios mejorada, la gestión de la imagen y la comunicación de la oferta de servicios. De la misma manera desde el punto de vista interno, en el concepto de servicio deberá vigilarse la comunicación y formación a los empleados que lo operan de modo que éstos también puedan evolucionar y ayudar a su vez a los usuarios a entender o asimilar el cambio. Estos aspectos se verán de una forma patente en futuros servicios muy avanzados, como los que utilizan la Realidad Virtual, un caso en el que se deberá trabajar mucho el concepto de servicio y su evolución.

En esa dirección por ejemplo, IBM, Pacific Bell y Northern Telecom están trabajando con usuarios con necesidades de comunicación multimedia entre diversas localidades remotas. El objetivo es describir una visión completa sobre lo que éstos usuarios quieren trabajando en una red multimedia y cuánto están dispuestos a pagar por ello, así en como tendrán que ofrecer esto los vendedores de redes y servicios.

EVOLUCION DE LA DEMANDA

Se trata de un mercado grande y de rápida expansión, difícil de predecir especialmente en aplicaciones puntuales. Este mercado estará segmentado durante un buen tiempo a los sectores de negocios y educación, tardando mas en llegar a nivel del usuario personal en el hogar, un mercado que si más tardío, también será mucho más grande (solo en el sector de los videojuegos, se halla ante un mercado de 10 mil millones de dólares en el ámbito mundial, con 50 millones de vídeo consolas vendidas sólo en los Estados Unidos, una por cada 5 habitantes). Los retardos principales para este gran sector son de momento: la falta de infraestructura de comunicaciones de adecuado ancho de banda, y la falta de aplicaciones útiles, atractivas y de costo razonable.

Si bien ya existen aplicaciones genuinas disponibles para su uso en servicios multimedia por RDSI, aún hay mucho por hacer para lograr una mayor generalización. Para un mayor alcance de estas tecnologías entre los usuarios, se deben intensificar las acciones de venta y mercadeo en la dirección de ofrecer aplicaciones listas para usar. Paralelamente, también es necesario desarrollar un importante esfuerzo de promoción y de educación de los serán los usuarios finales más importantes, tales como en los sectores de la educación, la empresa y la medicina. Por su parte, las compañías telefónicas deberán mostrar un claro compromiso con la RDSI en soporte, infraestructura, prestaciones y tarifas para un mercado que para mediados de esta década dispondrá de acceso básico RDSI generalizado, utilizando la infraestructura existente de cableado que llega a los hogares. La tecnología RDSI está ya dirigida por presiones de un mercado como este, para reducir el costo de sus comunicaciones de voz y datos. Como en esta aventura están implicados toda una cantidad de fabricantes y desarrolladores desde las aplicaciones hasta las facilidades de conmutación, sólo se podrá conseguir un acceso flexible en la medida que se impongan las normativas y el sentido común en la comercialización.

INDICADORES DE LA EVOLUCION DE LA DEMANDA

La demanda de aplicaciones que requerirán la completa utilización de las ventajas que permite la RDSI crecerá rápidamente. El objetivo a corto plazo será llenar las demandas de aplicaciones que hagan más fácil la vida del hombre de negocios y a mas largo plazo, el universo restante. Algunos indicadores muestran la tendencia:

- Las computadoras se están acercando entre sí en vez de trabajar en solitario.- Se estima que un 30 % de las computadoras actuales que poseen posibilidades de comunicación; a diferencia "del gran servidor corporativo" de antaño ahora las empresas se llenan de una mezcla de grandes, minis y pequeñas computadoras que compartan recursos valiosos como impresoras, archivos e intercambio de mensajes multimedia.
- Las comunicaciones móviles están extendiéndose.- coches particulares, taxis, camiones, barcos, se están convirtiendo en estaciones de trabajo. La gente ya no solo puede hablar andando por la calle, también es posible transmitir datos desde un ordenador portátil, siendo la próxima generación de "asistentes personales" (PDA), la primera aplicación integrada móvil que revolucionará las aplicaciones multimedia personales. Por otra parte, las comunicaciones móviles digitales en formato GSM siguen la evolución digital de las redes.
- El volumen y riqueza de información está creciendo dramáticamente.- Las nuevas generaciones de ordenadores requieren cada vez mas de manejo de grandes cantidades de datos, especialmente en el tratamiento de imágenes. Esto deriva en necesidades de transferencias cada vez más voluminosas de datos, aún con técnicas de compresión.
- El reconocimiento de voz y el procesamiento del lenguaje natural incrementarán la inteligencia de sistemas y redes.- Estas han sido dos de las aplicaciones más difíciles de desarrollar, pero están emergiendo gradualmente desde los laboratorios de inteligencia artificial. El reconocimiento de voz es la habilidad de reconocer las palabras habladas. El procesamiento del lenguaje natural es la habilidad de extraer el significado de palabras y oraciones. A medida que estas aplicaciones evolucionen, el acceso a bancos de información y bases de datos será cada vez más fácil y la demanda tenderá a dispararse. El acceso será tan simple (o complejo) como entenderse con un funcionario u operador humano.
- Las aplicaciones gubernamentales y administrativas pueden tornarse más eficientes.- La administración pública es el mayor productor y usuario de información en nuestra sociedad. La RDSI proveerá de herramientas más potentes para la descentralización y optimización de tareas y funciones.
- Actividades de empresa a nivel nacional y global serán más fáciles de promover.- Compañías de todo tipo están dependiendo cada día mas de las telecomunicaciones para sus actividades de negocios. Entrada remota de datos, correo electrónico, fax, soporte a las decisiones, son algunas de las operaciones que dependen de las comunicaciones. La bolsa, banca y finanzas dependen hoy y mas en el futuro de estos recursos. Las compañías multinacionales dependen de un rápido intercambio de información cotidiana. Las comunicaciones son absolutamente esenciales para una continua globalización del comercio y la industria, representado un sector que la comisión europea estima en 10 millones de "PYMES" las que podrían estar interesadas directamente (en Europa) en disponer del acceso RDSI.
- Edificios Inteligentes.- Estos edificios contienen una red interna por la que se conducen continuamente voz, datos, control ambiental, seguridad, etc. Muchos de estos servicios requieren de la comunicación externa.

- Teletrabajo.- Cada vez más fácil al poder comunicarse remotamente de forma audiovisual casi sin restricciones y a bajo costo.
- Evolución de la fibra óptica.- En los países desarrollados, la fibra óptica está reemplazando las comunicaciones por microondas, coaxial o aún por satélite. Esta gran capacidad de conducción de comunicaciones posibilita el salto a aplicaciones multimedia cada vez mas avanzadas, utilizando tanto redes públicas como privadas.

IV.2 APERTURA DEL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES

Los procesos de liberación en el mundo de las telecomunicaciones tienen profundas consecuencias para las empresas suministradoras. Antes de la década de los 80s el mercado esencial para los equipos y sistemas de telecomunicación estaba constituido en todos los países por operadores nacionales de redes telefónicas en régimen de monopolio, que en la mayor parte de los casos se extendía también a la propiedad de las terminales alquiladas a los usuarios. Los operadores establecían relaciones privilegiadas y estables con un número reducido de suministradores para las distintas líneas de equipamiento. En los países más industrializados estos suministradores eran industrias nacionales, mientras que en el resto se escogían empresas multinacionales a las que, en países en proceso de industrialización como España, se condicionaba para instalar plantas locales de fabricación.

Como es sabido, en los últimos años este panorama se encuentra en transformación en casi todos los países hacia formas más completas de competencia, caracterizadas por distintas fases de separación entre los operadores y los poderes públicos, privatización, ruptura de los antiguos monopolios con criterios geográficos (Estados Unidos), funcionales (competencia entre varios operadores de larga distancia, o en nuevos servicios como los de valor agregado, la transmisión de datos o las comunicaciones móviles o multimedia), o generales, como la apertura a la competencia de la telefonía vocal propuesta en la unión Europea en 1998. Paralelamente a esta evolución en las entidades operadoras, los proveedores de equipo han visto transformarse las relaciones de monopolio de demanda para sus productos, pasando a suministrar a un mercado diversificado integrado por operadores, los anteriores y los otros, proveedores de nuevos servicios y por los usuarios finales de terminales y sistemas de comunicaciones privadas.

Las formas y los ritmos de estos cambios están siendo muy diversos según los países, ya sea prevaleciendo una rápida apertura a la competencia en beneficio de los grandes usuarios financieros y corporativos, pero en perjuicio de las posibilidades de adaptación de la industria suministradora propia, como en el Reino Unido o más bien al contrario, en beneficio de las políticas industriales, como en Francia o Alemania.

La demanda aumenta su importancia como motor de la innovación. Puede decirse que, configurando un proceso que sea realmente la liberación de las Telecomunicaciones es a la vez causa y consecuencia de presiones de los usuarios, principalmente de los más grandes por satisfacer sus necesidades específicas. Dentro de esta dinámica, la innovación tecnológica en la industria responde de manera creciente a estas demandas y menos a un impulso autónomo de la I+D. Esta última actuaba más en la etapa anterior, cuando en el marco de los monopolios públicos el fomento a la I+D podría considerarse como una política lógica de las entidades monopolistas ofrecida a la sociedad en compensación por su situación privilegiada.

La consecuencia más general de este cambio es que la investigación tecnológica más básica queda relegada frente a la aplicada para satisfacer demandas a más corto plazo. Si clasificamos las innovaciones dentro de una pirámide con las tecnologías fundamentales como base sobre las que se apoyan sucesivamente el desarrollo de componentes, equipos, sistemas, redes y en la cúspide, las aplicaciones y servicios, el peso se desplaza así hacia arriba, aumentando de paso la importancia del software que permite adaptar el uso de los equipos a las aplicaciones completas.

Todo este fenómeno presenta sin duda, el aspecto positivo de contribuir con mayor rapidez a difundir en la economía de las sociedades, las ventajas competitivas del uso de las telecomunicaciones avanzadas. Los operadores de redes y proveedores de servicios escogen ahora más libremente entre toda la variedad de suministradores potenciales, que pueden ofrecer en sus productos una amplia gama de tecnologías, cuyas raíces provienen en buena medida de la I+D acumulada durante la etapa anterior. La innovación realizada por los operadores queda así desligada, en relación con la situación anterior, de la de los suministradores de equipamientos, lo que supone, como aspecto negativo, un riesgo par el desarrollo futuro de nuevas generaciones de tecnologías básicas, como pueden ser las relacionadas con la optoelectrónica y la fotónica. Por ejemplo, la política de fomento de la I+D fundamental bajo la anterior situación monopolística dio resultado de tan alto impacto a largo plazo como el transmisor a finales de los años 40 o el sistema operativo UNIX en los 60, desarrollados ambos en los laboratorios Bell de AT&T en un ambiente, hoy desaparecido, de integración vertical entre producción industrial y operación de las Telecomunicaciones, y de la relativa independencia entre la investigación y los intereses más inmediatos de la empresa.

Todos los factores de cambio anteriores implican y se ven implicados, a su vez, por las políticas públicas de promoción tecnológica. La progresiva desaparición de los monopolios públicos de telecomunicaciones corta, o debilita esencialmente las posibilidades de acción directa de los gobiernos a través de las entidades operativas. Sin embargo, el gran volumen de las inversiones necesarias para muchos nuevos desarrollos, y la incertidumbre muchas veces de los retornos económicos dependientes de las respuestas del mercado, siguen motivando la necesidad de replantear un mercado de acción pública, teniendo en cuenta la importancia reconocida de los gobiernos de la utilización de las telecomunicaciones avanzadas como palanca para el progreso económico y social.

El recurso a los incentivos económicos directos (subvenciones, créditos y ayudas fiscales), aparece hoy generalmente limitado por consideraciones de defensa de la competencia, aunque suele mantenerse para promover la I+D básica y la innovación en fases precompetitivas. Esto último requiere siempre de una buena selección de los casos. Un reciente estudio de FUNDESCO sobre la innovación en la industria española de las tecnologías de la información indicaba que un 40% de los proyectos apoyados por ayudas públicas se hubieran abordado igualmente sin ellas, lo que no invalida globalmente su utilidad si, al menos estas ayudas incentivan prácticas positivas de cooperación entre empresas y con universidades y centros de la I+D. Otra vía importante de acción política es la de facilitar marcos estables a medio y largo plazo para la innovación en terrenos donde las demandas públicas pueden ser determinantes, como ocurre en defensa, educación, sanidad, y equipamiento y servicios para la propia administración.

En cualquier caso los gobiernos mantienen una poderosa capacidad como focos de concentración, fomentando la confianza de las empresas privadas en el futuro de grandes líneas de innovación a largo plazo. Ejemplo de este tipo de políticas, son hoy las propuestas del libro blanco de Delors y del informe Bangemann en la unión europea, y la iniciativa nacional de infraestructuras de Al Gore en los Estados Unidos.

Marco Institucional de las Telecomunicaciones en México.

Organismo Regulador. Comisión Federal de Telecomunicaciones

Operadores y Servicios

- TELMEX (local y larga distancia nacional e internacional).
- El 1º de enero de 1997, entre otros, entraron en el mercado de larga distancia:
 - AVANTEL
 - ALESTRA
 - BELL SOUTH/grupo domos.
 - MOTOROLA/GRUPO PROTEXA.
 - IUSATEL (IUSACELL (44% BELL ATLANTIC)).
 - NEXTEL
 - IONICA/PULSAT(EMPRESAS MEXICANAS).
 - MARCATEL(RADIO BIP, WESTELL Y TELEGLOBE).
 - MIDITEL.
 - TELINOR.
 - BESTEL.
 - AXTEL

Principales Accionistas de TELMEX

- Privatización en 1990.
- Grupo Carso, Southwestern Bell(SBC) y France Cable et Radio.

Regulación.

- Monopolio en larga distancia hasta el 11 de agosto de 1996.
- El 1º de Enero de 1997 liberalización total del mercado y comenzaron a operar las nuevas licencias de larga distancia nacional e internacional.

Operadores de Servicios Móviles

- TELCEL (TELMEX).
- BAJA CELULAR MEXICANA (MOTOROLA, TECELMEX).
- MOVITEL. (McCaw, COMTEL Y MOTOROLA).
- CELULAR DEL NORTE (MOTOROLA Y CENTEL).
- CELULAR DE TELEFONIA (MILLICOM, PROTEXA Y CONVIK).
- COMCEL, PORTACEL, TELECOM, (IUSACELL).
- PEGASO.
- UNEFON.

La competencia en este ramo si existe, en el ámbito regional e inclusive a nivel nacional, ya que AMICEL, que es la asociación de operadores de banda A, coordina la interacción entre las diferentes regiones para proporcionar cobertura nacional.
Operadores de Servicios de Datos/SV

- TELMEX/RED UNO.
- TELECOM MEXICO (estatal).
- INTERSYS
- AVANTEL.
- INVESTCOM.
- ALESTRA.
- MARCATEL.
- VANS INTERNACIONALES.
- MEGACABLE (MCM).
- METRORED.
- METRONET.
- MAXCOM

La competencia en este ramo de servicios si existe.

Operadores de Servicios CATV.

- TELEVISA, CABLEVISION (TELMEX 49%).
- MULTIVISION.
- GRUPO AZTECA.

También en este ramo hay competencia (pueden ofrecer telefonía).

OPERACIONES DE PRIVATIZACION PREVISTAS EN MEXICO

Marco Legal

- En 1989 se genera el plan de desarrollo nacional.
- En 1990 se tiene un reglamento telefónico:
 - Inicio del proceso de privatización de TELMEX manteniendo derechos exclusivos.
 - Reestructuración fiscal y de tarifas para financiar las inversiones de TELMEX
- Ley de Telecomunicaciones de 1995:
 - Diseño de un mercado abierto y competitivo, donde las licencias se concederán de manera gratuita.
 - Se permitirá la reventa de servicios y que las redes de CATV ofrezcan telefonía.
 - Se promoverá el uso de las tecnologías radioeléctricas para impulsar la competencia en la telefonía local.
 - Se establecerán mecanismos para promover la competencia libre y eficiente
 - Regulación del mercado de satélites.

La función de la SCT es solo reguladora:

- Desarrollar tareas de homologación y estandarización.

Funciones de COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones).

- Conceder licencias, concesiones y permisos para entrar en el mercado.
- Controlar y asignar el espectro de frecuencias.
- Aprobar las tarifas de TELMEX y las inversiones. Supervisar su comportamiento y asegurar que cumple las obligaciones del servicio sin recurrir a subvenciones cruzadas o prácticas anticompetitivas.

Tras la ley de 1995 se reorganizó al modo de la FCC de estados Unidos.

Características de Sector

- En 1990 TELMEX se privatiza, manteniendo los derechos exclusivos sobre la telefonía local y larga distancia hasta 1996, con ciertas obligaciones de servicio hasta 1994: crecimiento anual de 12%, dotar al menos con un teléfono público a los pueblos con más de 500 hab. , reducir la lista de espera.
- En 1990 se abren a la competencia ciertas áreas como las móviles, venta de terminales, datos.
- En 1996 se empezó a repartir el espectro radioeléctrico para introducir la competencia en la telefonía local.
- En 1997 el mercado está totalmente liberalizado abriéndose a la competencia de larga distancia nacional e internacional.
- Los grupos licenciados tendrán un 49% como máximo de participación extranjera, estando el resto participado por grupos locales.
- Diseño de un sistema de carrier contratado.
- En 1998 se abre el mercado local

Otros mercados se abrieron a la competencia en 1997: comunicaciones rurales y telefonía pública.

Regulación de Precios.

En 1990 se adopta un sistema de captura de precios para las tarifas de TELMEX:

- Indexación en torno al IPC, que permita eliminar las subvenciones cruzadas antes de 1996.
- El sistema permitirá a TELMEX reducir los precios de la cesta de servicios regulados un 3% en términos reales a partir de 1997.
- Servicios cuyos precios no están regulados: SVA, Circuitos alquilados y directorios entre otros.

CARACTERISTICAS DEL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES EN HISPANOAMERICA

VENTAJAS:

- Alta calificación y experiencia de parte de los recursos humanos.
- Posibilidad de aplicar directamente tecnologías avanzadas.
- Mejor conocimiento de la propia realidad de la región.
- Existencia de valores sociales, culturales y económicos comunes.
- Existencia de un idioma común.
- Crecimiento elevado del mercado y de la demanda de nuevos servicios.
- Numerosos procesos de liberación y progresiva desregularización.
- Existencia de inversores internacionales deseosos de invertir en el sector.
- Adecuación de la implantación de servicios avanzados y del desarrollo social.
- Aparición de mercados comerciales globalizados.
- Crecimiento económico de la región para insertarse en el comercio mundial.

DESVENTAJAS:

- Insuficiencia y desigual distribución de los recursos humanos.
- Disponibilidad de un bajo nivel de recursos económicos para la inversión.
- Existencia de marcos legales imprecisos y restrictivos para la inversión.
- Dependencia tecnológica del exterior.
- Falta de una cobertura suficiente de los servicios básicos.
- Falta de actividades internas de investigación y desarrollo.
- Frecuentes cambios políticos en la región.
- Existencia de diferentes políticas de tarifación e interconexión.
- Ausencia de criterios globales de estandarización y unificación tecnológica.
- Ausencia de una estrategia global de comunicaciones en la región.
- Elevada magnitud de las tarifas de los servicios.
- Existencia de un alto porcentaje de equipos obsoletos tecnológicamente.
- Desequilibrios en muchos aspectos entre países y operadores.
- Excesiva presencia en el sector de las grandes multinacionales.
- Imposición externa de tecnologías que no siempre son las más adecuadas.
- Dualización de la sociedad que ensancha la separación entre niveles sociales.
- Desarrollo de productos y servicios más rápido que el de la normalización.
- Demora en los procesos de privatización y de definición del marco legal.
- Dominio externo de los sistemas de transmisión intercontinentales.
- Mantenimiento de la espiral inflacionaria que impide el autofinanciamiento.
- Crecimiento de los abusos derivados de la competencia desleal.
- Inestabilidad económica y política

IV.III PERSPECTIVAS DE LA RDSI EN MEXICO.

CAMBIOS DE LOS AÑOS 90'S.

- La transmisión de señales no telefónicas sobrepasará a la transmisión de señales telefónicas.
- Las redes deberían cumplir con criterios más estrictos de calidad de servicio (los nuevos servicios tienen como premisa una mejor calidad de las redes de transporte).
- La planta troncal se hace más flexible (la introducción de la SDH la posibilita).
- Los servicios cada vez más, se integran a la red (RDSI de banda estrecha y hacia finales de los años 90 RDSI de banda ancha).
- El Modo de transferencia Asíncrono (ATM).
 - Fusiona funciones de transmisión y conmutación.
 - Utiliza trayectos de la red SDH entre sus nodos.
 - Emplea el principio de multiplexación asíncrono:
 - La capacidad de la red de transporte es compartida dinámicamente por los usuarios que efectivamente están transmitiendo en cada momento.
 - Permite el transporte de señales isócronas (voz, vídeo) y anisócronas (datos).
- El ATM es la base de nuevos servicios (MAN y GAN: SMDS, CMDS, Retransmisión de Tramas).
- El ATM es la base de la RDSI de banda ancha.

TENDENCIAS

- Los datos van a adelantar la voz como usuario principal de las redes con circuitos troncales. Observar figura 4.4.

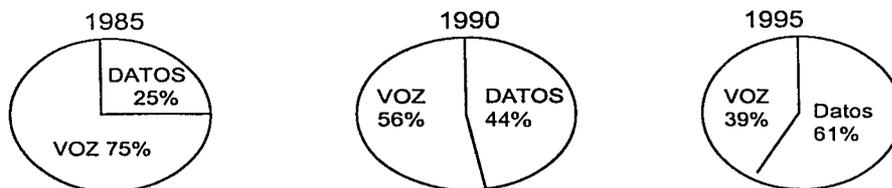


Figura 4.4. Tendencias de las redes con circuitos troncales.

- Protocolos nuevos tendrán participación creciente (pero SNA deberá seguir predominando).
- Las nuevas aplicaciones, arquitecturas de igual para igual (peer to peer).
- Las empresas proveedoras lucharán conjuntamente por las redes de circuito troncal corporativas.
- Los sistemas de transmisión y conmutación serán instalados con sus propios sistemas de gestión.

- Es necesario integrar los sistemas ya existentes en una metodología semejante de gestión.
- Es más que nunca necesario definir procedimientos para las pruebas de puesta en servicio.
- Difusión de la cultura sobre los criterios claros de calidad que deben cumplir los sistemas.
- Probar al máximo por ocasión de la instalación, no solo por comprobar el correcto funcionamiento, sino por caracterizar el equipo y verificar el cumplimiento de características típicas de cada equipo(eliminando potenciales fuentes de problemas para nuevos servicios a futuro).

ESTRATEGIA ACTUAL

- Anteriormente, se hacían pruebas específicas para cada determinado tipo de servicio.
- Para ser más económica la gestión de la explotación, los servicios de valor añadido deben poderse integrar sin mayores consideraciones.
- Para tal, es necesario que las redes cumplan de forma general con los criterios de calidad actuales(independientemente de los servicios que cursarán eventualmente por las redes).
- Las recomendaciones aplicables son muchas; las principales son:
 - G.821.-Calidad de servicio mínima asegurada.
 - G.822.- Cantidad máxima de deslizamientos.
 - G.823.- jitter.
 - G.826.- calidad de servicio (errores en bloques), mínima asegurada.
 - M.2100, M.2110 y M.2120.- Puesta en servicio y mantenimiento

PROBLEMAS CON LA SITUACION ACTUAL

- Hay muchos sistemas (administrativos, de prueba y control) especializados.
- Esos sistemas generan gran cantidad de información que hace falta correlacionar.
- El mantenimiento tradicional da mayor énfasis a los servicios tradicionales.
- La localización de los problemas es más difícil.
- Hay varios criterios de calidad según el servicio que utiliza las redes.
- Los sistemas especializados de gestión no presentan una visión global de los sistemas.
- La cultura de mantenimiento presenta dificultades para la visualización de los problemas de ciertos tipos de servicio.

PANORAMA MUNDIAL

	ESTADOS UNIDOS	EUROPA
Líneas dedicadas		
actualmente-----	T1/T3 -----	64Kbps/2Mbps
1993/1994-----	-----	8/34Mbps
a partir de 1995-----	SONET -----	SDH
servicios de larga distancia (WAN) Privados		
actualmente-----	Retransmisión de Tramas-----	Retransmisión de Tramas
a partir de 1993-----	Retransmisión de Celdas-----	Retransmisión de Celdas
Públicos		
actualmente-----	RDSI con PRI-----	X.25, RDSI con PRI
	Retransmisión de Tramas (I.122)	Retransmisión de tramas (I:22)
a partir de 1993-----	SMDS(802.6)-----	DQDB(802.6)
a partir de 1995-----	RDSI-banda ancha(ATM)-----	RDSI-banda ancha(ATM)

A continuación se da un perfil de lo que está instalado y lo que se pretende instalar por parte de los proveedores de servicios de red.

AT&T

La construcción de la red de Alestra comprende dos fases. En la primera, que está próxima a concluir, se instalará una red de fibra óptica de alta capacidad *hasta 20 gigabits por segundo (Gb/s)*con más de 4,300 kilómetros de extensión para la transmisión de voz, datos y vídeo, a través de 24 puntos de presencia localizados en las principales ciudades de la República, más 36 puntos de interconexión con la red pública de Teléfonos de México. En la segunda fase, que concluirá en el año 2000, la red tendrá una extensión aproximada de 8,600 kilómetros. Entre las innovaciones tecnológicas que Alestra incorporará en su red (ver figura 4.5 y 4.6) destacan las siguientes:

- **Fibra óptica TrueWave®:** Con un ancho de banda instalado de 20 Gb/s, esta fibra es capaz de transportar ocho veces más información que otras redes que se instalan en México, cuya capacidad es de 2.5 Gb/s. La mayor capacidad de TrueWave® permitirá a Alestra expandir el ancho de banda de su red conforme las necesidades de comunicación del mercado mexicano lo exijan.
- **Conmutador Digital 5ESS®:** Considerado el más confiable por la Comisión Federal de Comunicaciones estadounidense (FCC), el 5ESS® es la central telefónica más poderosa, flexible y con el menor tiempo de caída en el mundo. Los niveles de redundancia de los circuitos contenidos en este sistema aseguran una confiabilidad varias veces superior a la de otros equipos.

- **Localización por satélite:** La construcción de la red incluye la localización precisa de las líneas subterráneas de fibra óptica mediante el Sistema Global de Posicionamiento (GPS), el cual complementa las referencias topográficas con información proveniente de una extensa red de satélites. Ello garantiza el restablecimiento inmediato del servicio, en la eventualidad de un desastre natural.



Figura 4.5. Red Alestra.

Infraestructura Alestra	
Tecnología de transmisión	Fibra óptica TrueWave® con ancho de banda de hasta 20 Gb/s; repetidores ópticos de señal
Tecnología de conmutación	Conmutadores digitales 5ESS® con capacidad ISDN multifuncional.
Arquitectura	Tres anillos superpuestos con centrales de conmutación en México, Guadalajara y Monterrey
Instalación	Fibra óptica instalada con estándares de profundidad aprobados por AT&T y la FCC
Capacidad aproximada	Hasta 250,000 llamadas telefónicas simultáneas a máxima capacidad por cada fibra
Diseño y construcción	Lucent Technologies

Descripción del Servicio

Los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales utilizan la red inteligente de fibra óptica de Alestra basada en tecnología SDH (también conocida como SONET) con un sistema único de sincronización basado en relojes STRATO 1 y un avanzado sistema automático de restauración de fallas en nuestros anillos de fibra óptica

AT&T Líneas Privadas Digitales de Alestra son servicios punto a punto para establecer circuitos dedicados entre dos o más oficinas de un cliente localizadas en México, Norte América o el resto del Mundo. El servicio es ofrecido punto a punto en las localidades cubiertas por la red de fibra óptica de Alestra utilizando la infraestructura de acceso de la compañía o servicios de acceso de Telmex para conectar la oficina del cliente a los POPs en las zonas no cubiertas por nuestra red de acceso.

Ventajas y Diferenciadores de AT&T

1. Los Servicios AT&T Líneas Privadas Digitales cuentan con el respaldo de AT&T Líder mundial en servicios de telecomunicaciones en el mundo que ha sido el líder en el mercado Mexicano de Líneas Privadas Internacionales por lo que Alestra cuenta con la experiencia de AT&T sirviendo por varios años al mercado Mexicano.
2. Los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales cuentan con el soporte y garantía de procesos establecidos, probados y certificados en el ámbito internacional para brindar servicios bajo los más estrictos estándares de calidad y disponibilidad en el mercado mexicano.
3. Los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales están soportados por la avanzada red de fibra óptica SDH de Alestra que cuenta con el mejor sistema de sincronización basado en relojes STRATO1 y un avanzado sistema de restauración en el poco probable caso de fallas.
4. Los procesos del servicio AT&T Líneas Privadas Digitales están apoyados en una avanzada plataforma de sistemas que permite un perfecto control de los servicios así como garantizar la exactitud de nuestras facturas.
5. Alestra ofrece los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales "extremo a extremo" o "end to end" aún al utilizar infraestructura de terceros para el acceso de última milla entre el POP de Alestra y la oficina del cliente.
6. Adicionalmente ofrecemos opciones de acceso a través de nuestra propia infraestructura para el servicio AT&T Líneas Privadas Digitales que nos permiten comprometernos a los mayores niveles de calidad y disponibilidad de servicios en el mercado mexicano.
7. Alestra es la única compañía mexicana que puede ofrecer servicios AT&T Líneas Privadas Digitales con AT&T en forma transparente gracias a nuestros acuerdos de One Stop Shopping y Single Point of Contact y el desarrollo de una plataforma tecnológica común que permite ver nuestras redes como una sola gran red norteamericana.
8. Alestra es la única empresa en México que puede ofrecer servicios internacionales AT&T World Source Private Lines bajo la filosofía de OSS y SPOC de World Partners,

la asociación de servicios globales más importante y reconocida como de máxima calidad en el mundo.

9. Los servicios AT&T Líneas Privadas Digitales son exhaustivamente probados bajo un estricto protocolo de pruebas antes de ser liberados al cliente. Además el cliente cuenta con 48 horas después de estas pruebas para reportar improbables anomalías.

Cobertura

En la primera fase del servicio Alestra ofrece el servicio AT&T Líneas Privadas Digitales "punto a punto" en las 20 ciudades que integran la red de fibra óptica de Alestra, las cuales se listan a continuación:

1. México	2. Monterrey	3. Guadalajara	4. Nvo. Laredo	5. Reynosa
6. Matamoros	7. Cd. Victoria	8. San Luis Potosí	9. Aguascalientes	10. Zacatecas
11. Torreón	12. Saltillo	13. León	14. Celaya	15. Querétaro
16. Morelia	17. Pachuca	18. Toluca	19. Cuernavaca	20. Puebla

En esta misma fase se incorporarán servicios de cruce fronterizo internacional en las ciudades de Tijuana y Cd. Juárez.

AT&T Servicio de Retransmisión de Tramas.

Es un servicio público de transporte de información multimedia a alta velocidad con grandes ventajas económicas para la comunicación de redes locales LAN y equipos de cómputo que requieran transmitir volúmenes grandes de información en ráfagas. Es el sustituto ideal de las líneas privadas de datos por su economía y grandes ventajas, que incluyen garantía total de administración de red por parte de Alestra, ahorros significativos en equipos y personal dedicados a la comunicación de datos, implantación fácil y económica de enlaces entre computadoras, máximo desempeño y excelente relación costo-beneficio. Frame Relay es una solución integral que incluye diseño, transporte y equipo de telecomunicaciones.

El servicio puede ser utilizado por aquellas compañías que necesiten ampliar su capacidad de transmisión de datos o que busquen establecer enlaces de datos entre sus oficinas distribuidas geográficamente.

Algunas aplicaciones del servicio AT&T Frame Relay son:

- Conexión de redes de área local y centros de computo (servidor a servidor)
- Aplicaciones en línea tipo cliente/servidor
- Transmisión de imágenes y gráficas
- Respaldo periódico de grandes volúmenes de información
- Manejo de bases de datos distribuidas

AT&T Frame Relay se brinda en México con los mismos estándares de calidad y disponibilidad que en Estados Unidos y bajo la misma exitosa plataforma de atención a clientes (Customer Care) que ha caracterizado y diferenciado a AT&T del resto de sus competidores. Además AT&T Frame Relay ofrece a los clientes una variedad de capacidades y especificaciones de valor agregado como son:

- Diseño de red

- Ubicuidad de servicio
- Soporte dedicado a operaciones con puntos únicos de contacto
- Restauración automática
- Conversión de protocolo
- Acceso de marcación
- Servicios de administración de red del cliente
- PVCs inter - corporativas
- Pruebas de desempeño de aplicaciones del cliente
- Facturación distribuida (subcuentas)

AT&T Servicio de Conmutación de Paquetes X.25

Servicios de transporte de datos de velocidad baja y media para aplicaciones de volúmenes reducidos de información transaccional, pero que requieren la máxima seguridad e integridad en la información transmitida. El servicio ofrece corrección de errores y garantía en la entrega de la información y permite la conexión de cualquier dispositivo o terminal. X.25 ofrece la transición natural a servicios de alta velocidad como Frame Relay.

Beneficios

La calidad e integridad de la información está garantizada. Ofrecemos soluciones completas incluyendo integración de otras tecnologías como Frame Relay, Líneas Privadas, etc. El monitoreo y la administración del servicio es responsabilidad de Alestra.

Mercado Objetivo

Los Servicios X.25 de Alestra están orientados al mercado de comunicaciones de baja velocidad como negociaciones financieras, comerciales, etc. y al mercado de equipos de computo basados en plataformas centralizadas (Mainframes) como sistemas IBM SNA/SDLC, etc.

El servicio se ofrecerá principalmente a:

- Compañías pequeñas y medianas que inicien su desarrollo en comunicaciones de datos y que no puedan realizar grandes inversiones en infraestructura
- Proveedores de servicios de valor agregado como EDI, Email, etc. para ampliar su cobertura a niveles nacionales
- Sector Financiero para aplicaciones de Home Banking, cajeros automáticos y autorización de tarjetas de crédito.

AVANTEL

La red de Avantel proporciona una gama completa de servicios de voz, datos y de valor agregado desde y hacia cada teléfono en México.

Avantel realizará en total una inversión de \$1,800 millones de dólares en la construcción de su red en un total de cinco etapas. En la primera fase, Avantel invirtió \$600 millones de dólares para construir una red que conforma un "Triángulo de Cristal", con más de 5,400 km. de fibra Óptica, que enlazan a México, D.F., Guadalajara y Monterrey con 30 ciudades. Esta fase opera desde agosto de 1996.

Avantel proporciona sus servicios a través de su red de mas de 5,300 Km. de cableado de fibra Óptica. La red de Avantel consta de un sistema de tres anillos bidireccionales con tecnología SDH que permite la rápida restauración de la red en caso de fallas. Avantel instalará 15,000 kms. adicionales en los próximos años. (Ver figura 4.7).



Figura 4.7. Red Avantel.

AVANTEL Línea Plus

Este servicio esta enfocado a solucionar sus necesidades de comunicación de voz, datos e imágenes, por una cuota mensual fija, sin importar el volumen de consumo de dicha línea.

AVANTEL Línea Plus ofrece servicios de comunicación dedicados punto a punto y punto multi punto de alta velocidad de 64 Kbps (E-0/Fibra y DS-0/Cobre) y 2.048 Mbps (E-1/Fibra) a nivel Nacional y en Estados Unidos.

Avantel cuenta con puntos de presencia instalados en las 33 principales ciudades de la República Mexicana como se puede notar en la figura 4.8.

AVANTEL Frame Relay

Frame Relay es la tecnología preferida en todo el mundo para servicios de telecomunicaciones de datos, los clientes obtienen un servicio de alto desempeño y logran ahorros directos comparando con soluciones similares basadas en líneas privadas.

El servicio ofrece a los negocios conexiones de alto rendimiento y con la flexibilidad para soportar redes de PCs, Intranets y aplicaciones de cómputo centralizado.

Características del cliente:

AVANTEL Frame Relay es la mejor solución de comunicación a clientes que deseen interconectar las redes de dos o más localidades distantes en aplicaciones como:

- Intranets
- Correo electrónico
- Groupware
- Cliente-servidor
- Computo distribuido

AVANTEL Frame Relay utiliza tecnología de conmutación de paquetes que opera el nivel 2 del modelo de OSI, lo que permite la integración de cualquier protocolo de red o transporte, garantizando interoperabilidad en ambientes multiprotocolo. Además ofrece características de asignación dinámica de ancho de banda, que ofrecen el mas alto desempeño para aplicaciones demandantes como la interconexión de LANs y las Intranets. Ver figura 4.9.



Figura 4.9. Red Avantel de Frame Relay.

AVANTEL Frame Relay es un servicio ofrecido a través de la red de fibra óptica de Avantel, la cual cuenta con tecnología de punta para una transmisión confiable y libre de errores así como capacidades para recuperación automática en caso de fallas.

La red AVANTEL Frame Relay es la más flexible en cuanto a opciones de velocidades para puertos y circuitos virtuales, ofrece las mejores garantías para la correcta transmisión de la información así como diversos esquemas de tarificación.

AVANTEL Acceso Local

Acceso Local es la comunicación entre el sitio del cliente y la red de Avantel. Esto puede conseguirse de dos maneras: mediante la solución Bypass de AVANTEL que es un radio de microondas (suministrado por Avantel) ó, Acceso Local por Cable de cobre o fibra óptica suministrado por el proveedor de acceso local.

Bypass es la opción más sencilla, recomendable, confiable y provechosa para clientes que soliciten uno o más circuitos E1 dedicados, sin necesidad de arrendarlos al proveedor de acceso local.

Bypass es un servicio ofrecido con el propósito de transmitir cualquier producto dedicado que corra en la red de telecomunicaciones de Avantel. Como solución estándar se ofrecen: antenas de capacidad de 4xE1 no redundantes y un soporte para la planeación y desarrollo de sus obras civiles.

El servicio será utilizado por clientes que requieran el uso de nuestra red para transmisiones de voz o datos a distancias largas.

TELECOMM DE MÉXICO

La necesidad de realizar intercambios de grandes volúmenes de información, ha demandado en la actualidad una constante evolución de la tecnología para satisfacer las comunicaciones empresariales. TELECOMM como proveedor de este tipo de servicios, se ha preocupado por estar a la vanguardia, sin descuidar la estructura implementada con tecnologías anteriores, a fin de contar con la solución ideal para cada necesidad.

El servicio x.25 esta orientado como solución primaria para aquellas empresas cuyas necesidades sean las de transferir pequeños volúmenes de información, de manera confiable y económica.

Las empresas que requieran transferir grandes volúmenes de información a través de un servicio rápido, confiable y eficiente, frame relay es la solución adecuada.

Aunado a lo anterior, hoy día es de primordial importancia poder acceder a la información que se necesita, sin limitantes geográficos o de horarios. Esta es la ventaja que ha hecho de Internet, el servicio más popular de la actualidad.

El éxito de las organizaciones se basa principalmente en contar con información útil y oportuna tanto interna como del ambiente externo. Telecomm, en su preocupación por impulsar el desarrollo de las empresas mexicanas de cualquier magnitud pone a su disposición este servicio, enfocado a las organizaciones cuya necesidad es transmitir medianos o pequeños volúmenes de información o aquellas que requieren contar con medios de respaldo para mantener comunicación permanente.

Si su empresa necesita comunicación constante entre sus sucursales o con otras empresas en cualquier parte de México o el mundo, el servicio x.25 de Telecomm es justo lo que usted necesita.

Sectores como el automotriz, bancario, petrolero, minero, agencias de viajes, telefonía, agencias de noticias, laboratorios farmacéuticos, son algunos ejemplos de los muchos sectores que se han apoyado en este servicio para lograr el desarrollo de sus empresas. Estas ventajas se hacen extensivas a cualquier sector comercial, industrial y de servicios, desde el negocio más pequeño hasta grandes organizaciones.

Este servicio permite la interconexión de sistemas informáticos heterogéneos mediante la técnica de conmutación de paquetes a través de varios protocolos (principalmente x25), ofreciendo un servicio confiable, de alta calidad y bajo costo.

Cobertura

Una de las grandes ventajas de la red x.25 de Telecomm, es una amplia cobertura, en toda la república mexicana que abarca 65 ciudades, así como sus enlaces internacionales a 52 países. Ver figura 4.10 y 4.11.

Este servicio ofrece dos modalidades de conexión para adecuarse a las necesidades individuales de cada uno de los clientes. El acceso dedicado sincrónico es la opción adecuada para la transmisión constante de medianos volúmenes de información, ya que

este modo mantiene un enlace de comunicacion permante hacia la red y puede hacer uso de las velocidades mayores que permite la tecnologia x.25.

Si se requiere transmitir pequeños volumenes de informacion y contar con un enlace permanente, se puede utilizar la modalidad de acceso dedicado asincrono.

Otro modo de conexion que se ofrece es a traves del servicio telefonico conmutado de manera asincrona, para quien la necesidad de transmision es pequena y esporadica, este modo abate los costos al utilizar eficientemente la conexion del usuario hacia la red.

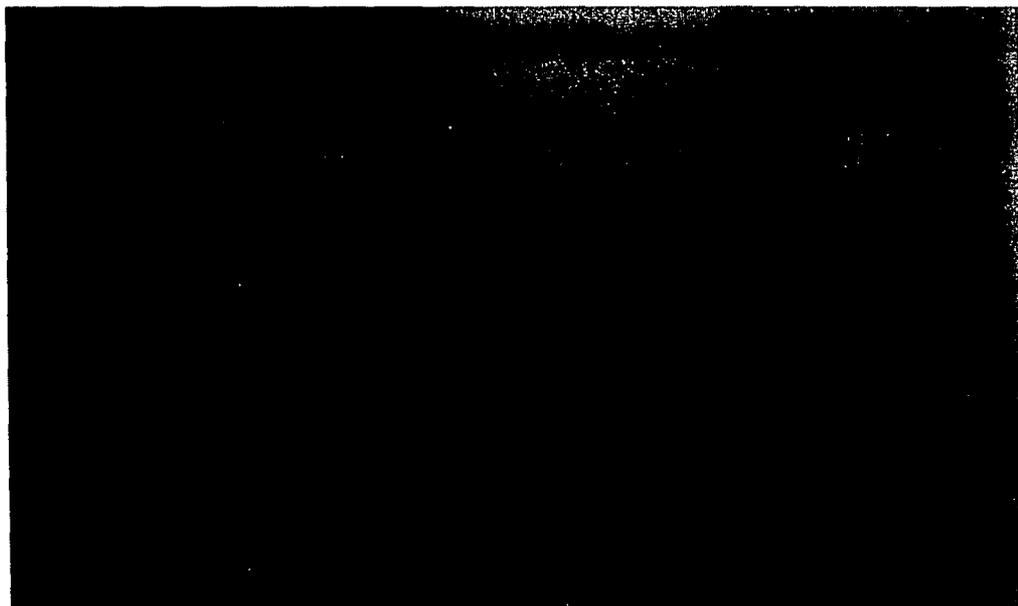


Figura 4.10. Cobertura Nacional.

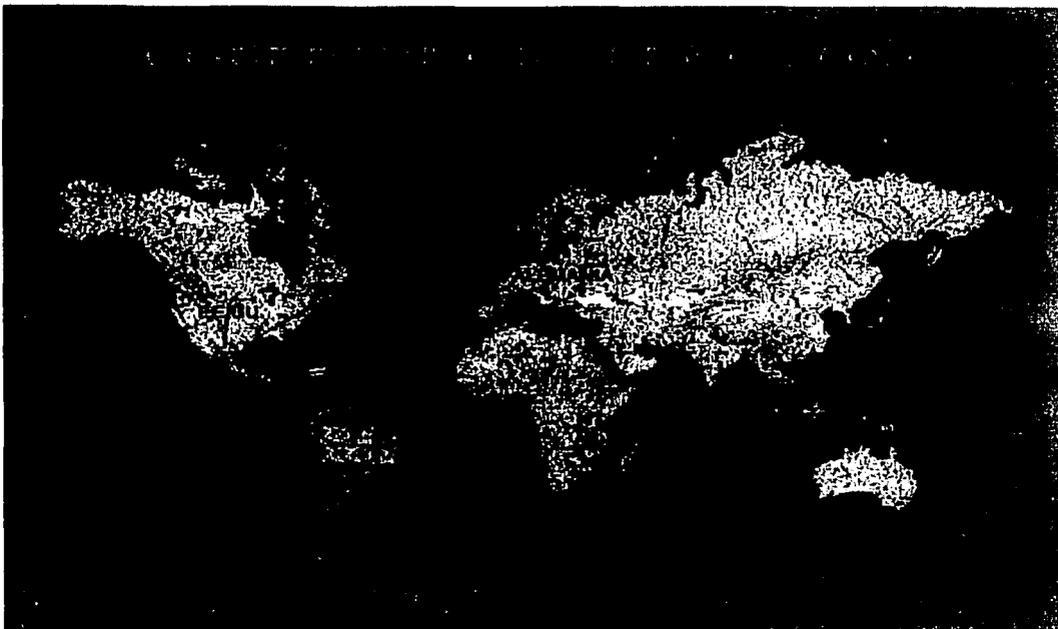


Figura 4.11. Cobertura Internacional.

Soporte Técnico.

TELECOMM cuenta con personal técnico especializado para la asesoría y la atención constante a los clientes de manera telefónica y/o por correo electrónico, en el momento que lo requieran, en todo el país.

De igual forma, el comportamiento de la red se analiza continuamente para mantener la eficiencia en cada uno de sus componentes y ofrecer de manera permanente un servicio de excelencia.

IV.IV REDES CORPORATIVAS EN MEXICO

METRONET

Información Corporativa

Metronet es una empresa mexicana que se constituye teniendo como principal objetivo: crear, desarrollar, mantener y operar la infraestructura necesaria para proveer de facilidades de interconexión, servicios y enlaces públicos de telecomunicaciones en áreas tales como telefonía, transmisión de datos, servicios de valor agregado, entre otros; para

lo cual se está instalando una red pública de telecomunicaciones de carácter local en la zona metropolitana.

Generalidades

Metronet obtuvo, el pasado 18 de julio de 1997, por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes una concesión que permite instalar, operar y explotar una red pública local de telecomunicaciones; convirtiéndose así en el primer Carrier de Carriers de México.

Metronet es una empresa constituida conforme a las leyes mexicanas siguiendo las más altas normas internacionales que rigen los servicios de esta naturaleza. Integrada por profesionales del ramo de las telecomunicaciones, su personal directivo, técnico y operativo cuenta con alta experiencia en la consultoría, asesoría, diseño, desarrollo, y operación de redes de telecomunicaciones.

¿Qué es un Carrier de Carriers?

Aquel que ofrece una red local de telecomunicaciones de gran capacidad y a gran escala para interconectar a los Carriers con sus clientes finales, reduciendo los costos de arranque y el tiempo para el inicio de las operaciones, mejorando así su competitividad.

Arquitectura de la red

- Red con Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
- Anillos Primarios y secundarios redundantes de fibra óptica
- Con número de fibra que garantice servicio a cualquier usuario
- Fibra Monomodo en la ventana de operación 1310 a 1550 nm con las características recomendadas por la UIT
- Anillos primarios para manejo de alto tráfico cubriendo el área cercana de las principales centrales de los concesionarios
- Equipo multiplex en STM con las diferentes variantes de capacidad para satisfacer las necesidades de tráfico de los usuarios
- Arquitectura totalmente abierta para cualquier tipo de servicio de voz, datos, vídeo, y redes LAN/WAN

Descripción de los servicios

- Servicio de interconexión entre sus centrales o la de los otros Carriers
- Oferta de ancho de banda a través de canales de libre disposición (Clear Channel)

- Monitoreo de los canales para entregar una disponibilidad de los servicios del orden de 99.99%
- Servicios de transmisión de voz, datos vídeo analógico y digital (videoconferencia)
- Servicios de enlaces digitales con tecnología de conmutación de paquetes (X.25, Frame Relay, ATM)
- Enlaces digitales para el establecimiento de redes de área local (LAN), metropolitana (MAN) y amplia (WAN)
- Transporte de señales para los Carriers y empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones - canales E1, múltiplos y submúltiplos de capacidad equivalente a 2 Mbps (30 canales PCM)
- Reporte mensual de fallas, de la calidad del servicio entregado y del flujo de tráfico sobre los canales.

Metronet modifica su proyecto

METRONET, empresa que en 1997 obtuviera una concesión para operar una red pública de telecomunicaciones en la ciudad de México, anunció en días pasados que hará cambios en la estructura y el alcance de su red. Por una parte incrementará el alcance de la infraestructura periférica que está construyendo, pues los 12 anillos alimentadores de su red medirán 50 kilómetros más de lo previsto; por la otra, su línea principal (backbone) se reducirá de 90 a 64 kilómetros.

A decir de la firma, la construcción de dichos cambios tendrá lugar en octubre, una vez que se hayan terminado los trabajos referentes al anillo principal. La primera etapa del proyecto contempla el tendido de 115 kilómetros de fibra óptica, y lleva dos meses de retraso.

Metronet operará en la modalidad conocida como carrier de carriers; es decir, contará con la infraestructura necesaria para proveer ancho de banda a otros operadores. De ahí la importancia de contar con anillos metropolitanos, pues ello le permitirá acercarse a los clientes de dichos operadores para recoger, transportar y entregar tráfico.

El encargado de construir la red es Ericsson, y ahora, para la nueva etapa, Metronet firmó un contrato de abastecimiento de fibras ópticas con la finlandesa NK Cables, conocida anteriormente como Nokia Cables.

Distribución de anillos de Metronet en la CD. México. Ver figura 4.12.

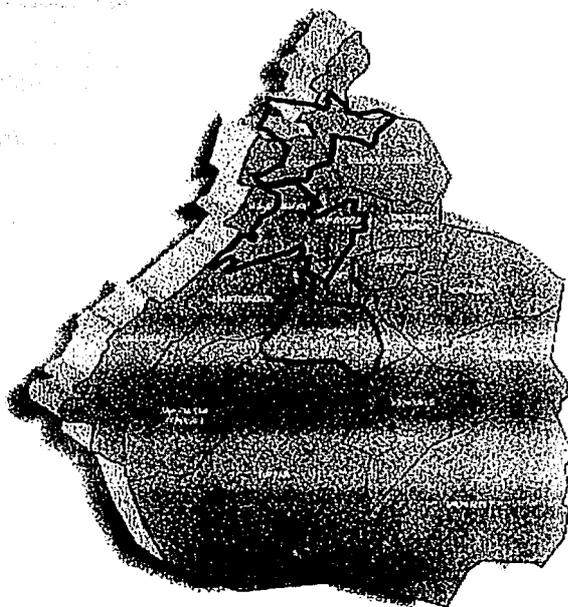


Figura 4.12. Red del Distrito Federal.

MetroRED

Es una empresa de telecomunicaciones dedicada a la transmisión de voz, datos y video con servicios de valor agregado.

La voz, los datos y el video de su empresa viajan sobre una red de fibra óptica basada en tecnología SDH, que permite alcanzar altos niveles de confiabilidad y seguridad. La red cuenta también con redundancia en sus equipos de transmisión y acceso; opcionalmente redundancia civil en el acceso al edificio del cliente

La tecnología de MetroRED

Con el objetivo de dotar servicios de una altísima calidad y confiabilidad, MetroRED implanto una red de transmisión basada en la utilización del sistema SDH (Jerarquía

Digital Sincrónica) que permite la implantación de redes muy flexibles y económicas para los usuarios y operadores de telecomunicaciones.

SDH es una Norma Internacional aplicable a redes de características sincrónicas de telecomunicaciones de alta velocidad, susceptible de utilizarse en sistemas de enlace por Fibra Óptica.

Gracias a la implantación de la tecnología SDH sobre Fibra Óptica, esta red brinda servicios de comunicaciones flexibles y económicos. Además, posibilita la incorporación de señales de control y mantenimiento de red, y brinda una capacidad flexible para el transporte de señales – tanto existentes como futuras – permitiendo infraestructura de redes integradas. Adicionalmente, la tecnología SDH brinda la posibilidad de contar con un sistema de gestión que permite el monitoreo constante de la red para la toma de acciones preventivas y correctivas.

Anteriormente la tecnología SDH estaba reservada para redes de transmisión entre nodos de carriers y hoy los clientes de MetroRED pueden obtener los beneficios de esta tecnología en sus oficinas y formar parte de la más moderna y flexible red. El SDH marca una diferencia fundamental con los sistemas actualmente en uso, de Jerarquía Digital Sincrónica (PDH), concebidos para enlaces punto a punto que limitan la flexibilidad y la redundancia en las redes existentes. Dada la demanda de velocidades menores a los 2 Mbps, MetroRED, implementó una red PDH con diferencias sustanciales respecto del marco existente: transporte sobre SDH, topología en anillo y última milla en fibra óptica. Esto confiere a los servicios de baja y media velocidad de MetroRED características únicas en el mercado

El transporte de la información se realiza mediante sistema de Fibra Optica en todo su recorrido, lo que garantiza óptima calidad y posibilita altas capacidades de tráfico.

En los servicios SDH (Jerarquía Digital Síncrona) el equipamiento utilizado es Siemens, con capacidad de alimentación redundante, conmutador redundante y configuración redundante en anillo.

La Fibra Optica instalada es Pirelli y Siemens, en disposición de anillos múltiples y combinados, lo que asegura una perfecta redundancia en el sistema. Esto significa que ante cualquier corte eventual de la fibra en su recorrido, el servicio de red no se ve afectado debido a que el tráfico sé enruta siempre en ambas direcciones y de manera simultánea a través de los anillos.

Con esta infraestructura, se puede disfrutar de los beneficios de una red de Fibra Óptica de principio a fin, ya que se ofrece un ancho de banda virtualmente ilimitado. Pudiendo decir adiós a las interferencias, interrupciones y "cuellos de botella" de los servicios de las redes antiguas.

Servicios de MetroRED

Metrolink

Es un servicio diseñado para ofrecer enlaces digitales punto a punto y punto a multipunto de mediana y baja capacidad sobre fibra óptica. Se ilustra en la figura 4.13.

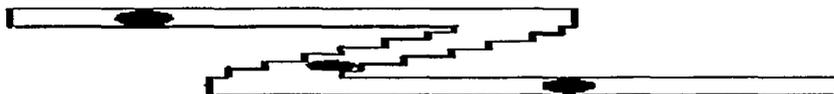


Figura 4.13. Metrolink.

Las modalidades en que se ofrece este servicio son:

- ◆ 64 Kbps.
- ◆ N x 64 Kbps.
- ◆ E1 (2.048 Mbps).
- ◆ N x E1.
- ◆ E3 (34 Mbps).

Gracias a su amplio rango de velocidades, Metrolink ofrece una gran flexibilidad para el manejo de servicios de voz, datos y video.

MetroSDHlink

Este servicio tiene el propósito de entregar enlaces digitales de alta capacidad sobre fibra óptica. Enfocado principalmente a Carriers y empresas que requieren transportar gran cantidad de información, MetroSDHlink brinda una alta capacidad de ancho de banda con tecnología SDH. Se ilustra en la figura 4.14.

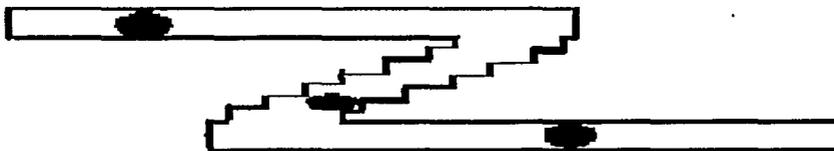


Figura 4.14. MetroSDHlink.

Este servicio se ofrece en velocidades como:

- ◆ 155 Mbps.
- ◆ 622 Mbps.

El objetivo fundamental del sistema SDH es el de permitir la implantación de redes muy flexibles, seguras y económicas tanto para los usuarios como para los operadores de telecomunicaciones, con amplias facilidades para su operación y gestión.

MetroLANlink

Es una familia de servicios que provee conectividad tipo campus a través de circuitos digitales dedicados interconectando LANs a velocidades nativas. Se ilustra en la figura 4.15.

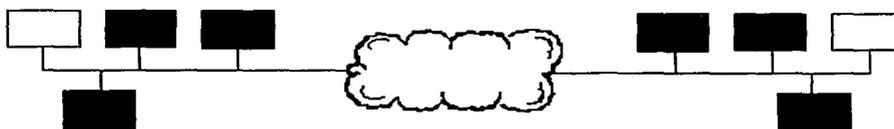


Figura 4.15. MetroLANlink.

Cubre todos los tipos de LAN:

- ◆ Ethernet 10 Mbps.
- ◆ Fast Ethernet 100 Mbps.
- ◆ TokenRing 4/16 Mbps.
- ◆ FDDI 100 Mbps.

MetroLANlink es una perfecta solución para empresas que con una o varias localidades (oficinas, almacenes, plantas) requieren compartir información de manera rápida, confiable y segura.

MetroVideolink

Ofrece enlaces de video digital punto a punto y punto a multipunto de alta calidad y con conectividad transparente sobre fibra óptica. Se ilustra en la figura 4.16.

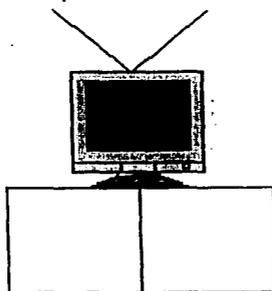


Figura 4.16. MetroVideolink.

Velocidades:

- ◆ 34 Mbps
- ◆ 140 Mbps.

MetroVideolink es un producto ideal para empresas que transmiten y reciben aplicaciones de video tales como enlaces de videoconferencia o televisión comercial.

MetroATMlink

Es un servicio que permite interconectar varios sitios del cliente con todas las ventajas que da la tecnología ATM para la transmisión de voz, datos y video. Se ilustra en la figura 4.17.

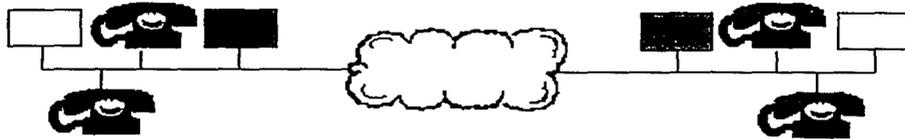


Figura 4.17. MetroATMlink.

Velocidad:

- ◆ 155 Mbps

Diseñado para aquellos clientes que requieren la integración de servicios con calidad de servicio (QoS).

MetroVozlink

Permite tener una cartera de productos de voz de alta calidad. Dicho portafolio está compuesto por: Servicios básicos, ISDN, "Red Digital Inteligente" (con números 800 y 900), Hot-lines, troncales analógicas y digitales, traslación de números y conexión entre PBXs. Se ilustra en la figura 4.18.

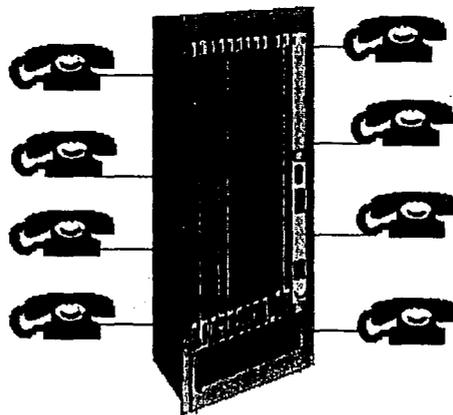


Figura 4.18. MetroVozlink.

V. CONCLUSIONES

El objetivo para desarrollar el tema de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha es **Analizar las ventajas y desventajas que presenta el uso de ésta con respecto a la Red Digital de Servicios que actualmente está operando en México, con el propósito de poder evaluar el factor costo beneficio de una con respecto a la otra, mostrando así la expectativa que actualmente se presenta en nuestro país, en lo referente a estos medios de transmisión**, por lo que considerando la flexibilidad, dependencia del servicio y utilización de los recursos, es muy importante que sólo exista un tipo de red y que esté sea independiente del servicio que preste.

Algunos de los servicios que puede brindar la RDSI-BA, los que tienen mayor relevancia son:

- 1) Servicios de videocomunicación, incorporan vídeo de alta calidad en las comunicaciones conversacionales.
- 2) Servicios de transmisión de datos de alta velocidad para aumentar la capacidad de este tipo de comunicación y reducir los tiempos de las transferencias.
- 3) Servicios de distribución de vídeo y programas musicales de alta fidelidad (HI-FI), para integrar en esta red servicios hasta ahora soportados mediante otros medios.

La Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha para lograr lo antes mencionado necesita tecnologías de transmisión como SDH/SONET, ATM e IP montadas sobre infraestructura de fibra óptica.

Basados en nuestro análisis, la mejor opción tecnológica es ATM, ya que fue diseñada pensando en la integración de servicios y debido a la similitud que hay entre esta tecnología de transmisión con SDH/SONET e IP las empresas pueden proteger su inversión en infraestructura, sin embargo, dada la popularidad del internet, la tendencia actual se está inclinando mas bien a la utilización de medios de transmisión nativos en IP montados directamente sobre fibra óptica.

La realización de redes completas de esta tipo, va a llevar todavía un tiempo, porque la tecnología de IP a alta velocidad para el manejo de multimedia y calidad de servicio no esta totalmente aceptada ya que la mayoría de los Carriers han hecho una gran inversión en redes ATM que no están dispuestos a "Echar a la basura" sin antes haber recuperado dicha inversión.

La infraestructura de fibra óptica vista como medio de transmisión es un punto también muy importante, ya que ésta debe ser capaz de soportar el ancho de banda exigido por los servicios de banda ancha y el nivel de fluidez de tráfico esperado.

Por lo tanto la RDSI-BA es una red que proporciona las características idóneas para la transmisión de multimedios (voz, vídeo, datos, videoconferencia, imágenes, etc.), ya que integra las redes existentes (vos, datos, etc.) y a las emergentes creando una red integral.

Así la RDSI-BA aprovecha las características de las técnicas de transmisión síncrona (SDH/SONET) utilizándolas para conformar una red de tránsito en el enlace de nodos, dada su capacidad de transparencia para el transporte de información. Así mismo, de ATM se aprovechará que el servicio se negocia entre el usuario y la red en la fase del establecimiento de la llamada, que es posible modificar la forma de uso y distribución de los recursos asignados a la llamada y que puede seleccionar la calidad de la comunicación de la red. Además de que por la similitud que hay con una red de retransmisión de tramas (Frame Relay) los empresarios protegen su inversión.

Otra parte importante a destacar en el desarrollo de una tecnología es al usuario, en la actualidad el usuario requiere de mayor capacidad y calidad en sus medios de comunicación, pero lo importante es que esta tecnología no le cause complicaciones, es decir, que no resulte una opción en la cual pierda tiempo en capacitarse en cómo configurar el equipo para enviar la información, sino solo en enviar la información. El impulso que dió la RDSI a estas tecnologías fue considerable ya que se preveía un futuro prominente a la RDSI pero la interfase con el usuario final no se contempló del todo, ya que la introducción de la RDSI fue en un principio orientada a las grandes empresas, en las cuales existía un experto en comunicaciones, al cual no le representa ningún problema al relacionar los términos que la RDSI le daba para el uso adecuado de su equipo o en su defecto para la adaptación de la RDSI a su red.

Con base a lo anterior nos queda claro que RDSI-BA es una tecnología en un principio idónea para el manejo de multimedia pero debido a que la sociedad actual es una sociedad sujeta a un mundo de superficialidad en la toma de decisiones, existe la necesidad de responder ágilmente a una cantidad muy grande de estímulos; no resulta raro encontrar hoy en día en cualquier lugar referencia a direcciones URL de las diversas empresas e instituciones que tienen algo que difundir en el WWW; el hombre tiene que aprender a reaccionar rápida y adecuadamente ante esos estímulos. Dentro de esta línea de pensamiento, se encuentran dos características que definen la vida moderna; en primer lugar, la cultura de GRATIFICACION INSTANTANEA, que se asoma en todo momento en el deseo de contar con resultados inmediatos, más que con procesos que lleven tiempo, otra característica es el acceso a la información usando multiservicios por medios distintos que se identifican como MULTIMEDIA. Hoy en día nuestra cultura maneja vídeo, imágenes, sonido ambiental, gráficas por lo que Internet es una herramienta que se adecua al tiempo que vivimos, la cual debe de ser usada en forma extensiva para la educación. Así se pueden mencionar a cuatro de ellos en el siglo XXI como el teléfono, el cine, la radio y la televisión como transformadores de la sociedad, donde la lectura de libro como único medio de transmisión de

conocimientos ha sido puesto en duda. El fin de siglo propone una ampliación a estas tecnologías al integrarse todas ellas a lo que se denomina como REDES INFORMATICAS, específicamente INTERNET.

Todo lo relacionado con INTERNET (Salvo quizá los precios de las acciones) anda por las nubes. Y lo mismo puede decirse del almacenamiento de datos en redes IP (IP por sus siglas en inglés). Un número creciente de empresas está considerando almacenar datos en sus redes IP corporativas existentes, en lugar de guardarlos en redes de área de almacenamiento (SAN) aparte, cuyo uso es más común pero puede implicar mayores gastos.

Por la familiaridad. Las compañías se sienten cómodas con el almacenamiento en IP porque ya saben como manejar y supervisar sus redes empresariales actuales basadas en IP y Ethernet. Las SAN son redes aparte y requieren administración adicional. Algo más importante: con la llegada del gigabit Ethernet, la velocidad de transmisión ha rebasado los 100 Mbit/s que ofrecen las SAN. Además, la interoperabilidad deja de ser el problema que a veces tienen las SAN, las cuales suelen funcionar mejor si todos los componentes del sistema provienen del mismo fabricante.

A medida que crece el ancho de banda IP, se vuelve cada vez más factible, desde el punto de vista técnico y operativo, ofrecer respaldo remoto por IP. También cabe esperar que las velocidades de ethernet aumenten a 10 veces las actuales en menos de un año, para ofrecer un conducto de transmisión aún con más capacidad, sin tener que cambiar las infraestructuras de red existente. Naturalmente, los clientes empresariales que ya invirtieron sumas importantes en SAN no van a tirar a la basura esa inversión y cambiar al almacenamiento IP. No obstante, el almacenamiento IP se podría usar para transferir datos a alta velocidad entre clústers de SAN en ambos extremos de la línea.

La red con IP de alguna forma se ha convertido en el medio de comunicación de mayor crecimiento en la historia de la humanidad. En menos de 4 años, el número de páginas se ha incrementado: de ser unas mil en total ha llegado a más de 100 millones con un número de servidores que rebasa los 10 millones; La transmisión de mensajes es dirigida a audiencias muy diversas, tanto en forma abierta como individualizada, con el beneficio de una interactividad total.

Considerando el punto anterior y sumándolo a la existencia de una interfase universal a nivel usuario en la actualidad, la red que está marcando la pauta en comunicación es la red basada en el protocolo de internet (IP por sus siglas en inglés), ya que ésta es la de mayor difusión a nivel usuario por no requerir más que la solicitud de servicio y de forma casi inmediata podrá tener acceso a la red de una forma transparente para él. Lo anterior es resultado de la adecuación de la tecnología a los requerimientos del usuario. La RDSI contribuyó al desarrollo de las tecnologías que actualmente están sirviendo como redes de transporte de toda la información que maneja el usuario final.

Finalmente, después de haber analizado en este trabajo la evolución de las redes, la interconexión entre ellas y la tecnología de las mismas, se ha comprendido como convergen a redes de transporte de gran capacidad de ancho de banda (ATM, SDH, DWDM, etc.) con una red a nivel usuario que maneja el protocolo de Internet (IP). Cabe puntualizar que la parte que comprende el análisis y desarrollo del costo-beneficio para la implantación o migración en México de una RDSI-BA es considerado como estratégico por las empresas de comunicaciones y por consiguiente confidencial.

Bibliografía.

Stallings, William. ISDN and Broadband ISDN.

Ed. Mac Millan Publishing Company. Second Edition, 1992, EU.

Hayden, Matt. Aprendiendo Redes en 24 Horas.

Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., Primera Edición, 1999, México.

Smith, Philip. Frame Relay, Principles and Applications.

Ed. Addison-Wesley Publishing Company, 1994, Great Britain.

Kiefer, Roland. Test Solutions for Digital Networks, Basic Principles and Measurement Techniques for PDH, SDH, ISDN and ATM.

Ed. Hüthig Verlag Heidelberg, 1998.

Davidson, Robert. Broadband Networks, A Manager's Guide.

Ed. Wiley Computer Publishing, 1996, EU.

Händel, Rainer. ATM Networks, Concepts, Protocols, Applications.

Ed. Addison-Wesley, Second Edition, 1994, Great Britain.

RELACION DE PAGINAS ELECTRONICAS CONSULTADAS

- <http://www.ncm.com.mx>
- <http://www.eicon.com>
- <http://www.tele.com.mx>
- <http://www.ttimax.com.mx>
- <http://www.astic.es>
- <http://redsat.com.mx>
- <http://www.dsi.com.mx>
- <http://www.avantel.com.mx>
- <http://www.metronet.com.mx>
- <http://www.cft.gob.mx/mapnav.html>
- <http://www.metrored.com.mx>
- <http://www.telmex.com>
- <http://www.alestra.com.mx/cgi-bin/inetcgi.cgi/attcom/index.jsp>