



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

TECNOLOGÍA DE REDES WAN

TESIS

que para obtener el título de
INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA, ÁREA
ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA

presenta

Julián Gómez Fabila

director

Ing. Octavio Herrera Ruiz



México, D.F., 2000

28/135



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos.

Esta es una oportunidad para dar gracias, no sólo a quienes contribuyeron con la realización de este trabajo; sino a todos los que de alguna forma han aportado algo a mi desarrollo, forma de ser y en sí, a lo que hoy en día soy.
Muchas gracias.

Antes que nada quiero dedicarle este trabajo a mis papás quienes han dado todo por mí; por lo que el amor, compromiso y agradecimiento que tengo hacia ellos son indescriptibles. A mi hermana de quien aprendí y sigo aprendiendo y admirando tanto.

Y esperando que nadie se escape de mis recuerdos a: E., A.E., A.F., J.S., P.M., I.G., A.B., I.N., N.C., M.G., E.M., E.A., J.B., V.G., L.C., J.V., H.P., I. U., C.G., E.R., D.B., M.D., M.C., C.A., R.O., R.A., G.C., J.R., C.A., R.E., J.V., C.C., A.A., A.C., M.L., A.F.†, A. A., A.L.†, M.M., E.R., J.L., X.S., R.A., R.L., X.X. y a toda mi familia.

Índice

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO II CONCEPTOS BÁSICOS.....	7
II.1. REDES DE AREA AMPLIA	7
II.2. TECNOLOGÍAS PUNTO-A-PUNTO	8
II.3. TECNOLOGÍAS DE NUBE.....	9
II.4. TECNOLOGÍA SWITCHEADA	9
II.4.1. Circuitos Switcheados	9
II.4.2. Paquetes Switcheados.....	10
II.4.3. Celdas Switcheadas.....	11
II.5. CIRCUITO VIRTUAL	11
II.6. REDES PÚBLICAS Y PRIVADAS	12
II.7. SERVICIOS DE TRANSMISIÓN ANALÓGICA.....	13
II.7.1. Módems	13
II.7.2. Servicios Analógicos	13
II.7.3. Líneas Dedicadas	14
II.8. SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DIGITAL	14
II.8.1. CSU/DTU (Channel Service Unit/Data Service Unit)	14
II.8.2. Jerarquía Digital.....	15
II.8.2.1. Jerarquía de Transmisión Digital de Norte América	15
II.8.2.2. Jerarquía de Transmisión Digital CEPT.....	15
II.8.2.2.1. Servicios E-1.....	16
II.8.2.3. Jerarquía de Transmisión Digital SDH.....	16
II.9. REDES INTEGRALES.....	17
CAPÍTULO III SERVICIOS DE TRANSPORTE.....	20
III.1. ESPECIFICACIONES GENERALES.....	23
III.2. ALESTRA.....	26
III.3. AVANTEL.....	26
III.4. TELMEX.....	27
CAPÍTULO IV OPCIONES TECNOLÓGICAS EN EL MERCADO	28
IV.1.DISEÑO JERARQUICO	28
IV.1.1. Clasificación de las localidades	29
IV.2. EQUIPAMIENTO.....	31
IV.2.1. Cisco.....	33
IV.2.2. FORE/ACT Networks.....	35
IV.2.3. Motorola.....	37
IV.2.4. Nortel.....	38

CAPÍTULO V TECNOLOGÍA FRAME RELAY	41
V.1. ANTECEDENTES	41
V.2. DEFINICIÓN	42
V.3. CARACTERÍSTICAS	42
V.4. ESTANDARIZACIÓN	42
V.5. DISPOSITIVOS	43
V.6. CIRCUITOS VIRTUALES	43
V.6.1. Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs)	44
V.6.2. Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)	44
V.7. IDENTIFICADOR DE ENLACE DE DATOS (DLCI)	45
V.8. MECANISMOS DE NOTIFICACIÓN DE CONGESTIÓN	45
V.8.1. Forward explicit congestion notification (FECN)	46
V.8.2. Backward explicit congestion notification (BECN)	46
V.9. FRAME RELAY DISCARD ELIGIBILITY (DE)	46
V.10. CHEQUEO DE ERROR	46
V.11. LOCAL MANAGEMENT INTERFACE (LMI)	47
V.11.1. Direccionamiento Global	47
V.11.2. Mensajes del Estatus de los Circuitos Virtuales	47
V.11.3. Multicasting	48
V.12. FORMATO DEL FRAME DE FRAME RELAY	48
V.13. FORMATO DEL FRAME LMI DE FRAME RELAY	49
 CAPÍTULO VI CONCLUSIONES	 51
 ANEXO.- DETALLADO DE FRAME RELAY	 54
A.1. DEFINICIÓN	54
A.2. FRAME RELAY Y EL MODELO OSI	55
A.3. OPERACIÓN BÁSICA DE FRAME RELAY	56
A.4. FORMATO DEL FRAME	56
A.5. LOCAL MANAGEMENT INTERFACE	59
A.6. REGLAS DE OPERACIÓN	61
A.7. VELOCIDAD DE OPERACIÓN	63
A.8. CONEXIÓN CUALQUIERA CON CUALQUIERA	64
A.9. ANCHO DE BANDA BAJO DEMANDA	65
A.10. FRAME RELAY COMO SERVICIO DE TRANSPORTE	66
A.10.1. SNA sobre Frame Relay	66
A.10.2. Voz sobre Frame Relay	66
A.10.3. Operación Multicast de Frame Relay	66
A.10.4. Conexiones ATM/Frame Relay	66
A.11. BENEFICIOS DE FRAME RELAY	67
A.12. LIMITACIONES DE FRAME RELAY	68
 BIBLIOGRAFÍA	 69

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.

Este trabajo tiene como objetivo presentar una guía para el diseño de una red de área amplia de servicios integrados en nuestro país.

Actualmente no existe un trabajo de investigación formal en México que permita a los administradores de las redes contar con una base teórica - práctica para el diseño de las redes, trayendo consigo, en un alto porcentaje, una mala selección de tecnologías y dispositivos que repercuten en dobles inversiones y deficiencia en el uso de los recursos con que se cuentan en las infraestructuras actuales de red.

Por este motivo decidí realizar este trabajo donde se intenta hacer una aproximación a una guía de diseño; es importante hacer mención que la implementación de una red integral de área amplia no es tarea sencilla ya que se deben satisfacer los requerimientos de cada uno de los servicios que esta soporta y de ser posible excederlos.

El reto de integrar varios servicios es que se debe dar soporte a la diversidad de tecnologías que hace uso cada uno de ellos, además de otras variantes propias de la integración de una red de área amplia: la disponibilidad de diferentes medios de transmisión, el manejo de diferentes velocidades de conexión, etc.

En toda red se debe tener especial atención hacia la *confiabilidad* del servicio; tanto usuarios individuales como organizaciones empresariales dependen del acceso constante y confiable a los recursos de la red.

La *administración* de la red debe proporcionar un soporte centralizado o distribuido, según sea conveniente, además de capacidades de corrección remota de fallas. Para que ésta funcione adecuadamente, se deben considerar funcionalidades tales como la configuración de dispositivos, la seguridad, el análisis de desempeño, entre otros.

Por último la *flexibilidad* es necesaria para la expansión de la red y la implementación de nuevas aplicaciones y servicios.

Como podemos observar, son muchas las consideraciones a tomar para el diseño, implementación y puesta a punto de una red de servicios integrados y es muy poca la información con que se cuenta hoy en día en México para poder tomar una correcta decisión respecto al tipo de servicio que se debe elegir. Por este motivo se decidió desarrollar un estudio sobre los elementos necesarios para la implementación de una red de área amplia en México.

Este documento permitirá conocer los elementos necesarios para integrar una solución de red de área amplia, basada en las soluciones tecnológicas y de servicios disponibles en México.

La estructura y desarrollo de este documento se basa en el estudio de cada uno de los elementos que son necesarios para la construcción de una red de datos de área amplia:

- Las aplicaciones a implementar.
- Los medios de comunicación.
- El equipo activo.

Cada uno de estos factores se revisarán lo largo de los diferentes capítulos. La estructura de cada uno de los capítulos así como su secuencia fue establecido de acuerdo a la oferta que presenta el mercado en México, es decir, se inicia con un estudio de los Proveedores de Servicio y de los Equipos para conexión, para después terminar con la selección de la tecnología que más se ajusta a los requerimientos y a la oferta que hoy en día existe en nuestro país; ya que en muchas ocasiones se cuenta con el diseño ideal para una red, pero cuya implementación no es posible por no contar con una infraestructura en el mercado.

En el capítulo II se revisarán los conceptos básicos necesarios que nos permitirán entender los elementos y herramientas que se requieren para el diseño de una red.

En el capítulo III se estudiará a los proveedores de servicio de transporte que actualmente operan en México y se comentarán cuales son los criterios que se deben de tomar en cuenta para selección, tanto del tipo de servicio, como del proveedor de servicio que más se ajuste a nuestras necesidades, finalmente se hará un comparativo de cada uno de ellos con la información que estos nos permitieron obtener.

En el capítulo IV se presenta una investigación de las diferentes opciones tecnológicas en el mercado. Se hace una clasificación de los dispositivos que operan en una red de acuerdo a su ubicación, para después presentar un comparativo de las diferentes marcas y sus opciones comerciales. Es importante señalar que en este capítulo se presenta una guía de los criterios que se deben considerar para definir la elección entre un equipo y otro.

En el capítulo V se revisan las tecnologías que permiten la transmisión de información en una red de área amplia. Analizado el mercado en México. Se presentarán las tecnologías y sus principales aplicaciones. Cabe señalar que una vez definida la tecnología que, a nuestro criterio, se aproxima más a las necesidades que en México se demandan, se hará un breve estudio de ésta.

Ya que el fin de este trabajo no es crear expertos en una tecnología, solo se darán los elementos básicos.

En el capítulo VI se toman todos los elementos estudiados en los capítulos anteriores y se presentan las conclusiones a las que este proyecto nos permitió llegar.

Anexo a este documento me permití agregar un estudio más profundo de la tecnología Frame Relay para aquellos que estén interesados en entender el funcionamiento de dicha tecnología con más detalle.

CAPÍTULO II CONCEPTOS BÁSICOS.

A principio de los 80's se tuvo un empuje muy importante en lo que a la comunicación de datos se refiere. Conforme fue creciendo el mercado de las computadoras personales (PC) dentro de las empresas, se hizo necesario el compartir recursos e información entre los usuarios, lo que obligó al desarrollo de las redes de área local (LAN).

Al inicio del desarrollo de las tecnologías para transmisión de datos, el compartir recursos entre diferentes usuarios no era tan crítico como lo es actualmente en nuestra sociedad. La razón principal de esta explosión en las tecnologías de comunicación responde a la necesidad de contar con la información lo más rápido y seguro que sea posible para la toma de decisiones, la investigación, etcétera.

Hoy en día la transmisión, no sólo de datos, sino de voz, video e imágenes por un mismo canal es un tópico prioritario que se busca en toda implantación de una red, aprovechando de esta forma, todos los recursos con que actualmente cuentan las tecnologías. Todo esto a dado pie a una nueva cultura informática que busca dar una *Solución Integral de Comunicación*.

II.1. REDES DE AREA AMPLIA

El intercambio de información entre redes de área local (LAN) puede darse en una misma localidad o a grandes distancias. Cuando las redes LAN están separadas geográficamente, se interconectan a través de redes de área amplia (WAN). Es importante señalar que normalmente la velocidad de transferencia de información en una WAN es mucho menor a las que se manejan dentro de una LAN.

Una red WAN es una red de comunicación de datos que tiene una cobertura geográfica relativamente grande y suele utilizar las instalaciones de transmisión que ofrecen compañías portadoras de servicios como las telefónicas.

Hoy en día las redes WAN permiten enlaces por medio de líneas telefónicas públicas (módems) o líneas dedicadas (DS0, nxE0, E1, E3) usando protocolos de comunicación tales como X.25, Frame Relay, ISDN, SMDS y ATM. Las tecnologías para redes WAN pueden clasificarse en dos tipos: punto-a-punto y tecnologías de nube.

Cabe señalar que en algunas de estas tecnologías se han desarrollado aplicaciones para la transmisión de voz y video sobre el mismo canal con un rendimiento máximo del ancho de banda.

II.2. TECNOLOGÍAS PUNTO-A-PUNTO

Como su nombre lo indica, estas tecnologías sólo permiten la comunicación entre dos puntos específicos, cada uno con su red o nodo. Un enlace punto a punto proporciona una sola trayectoria de comunicación WAN preestablecida desde las instalaciones del cliente, a través de una red de transporte como una compañía telefónica, hasta una red remota. A los enlaces punto a punto también se les conoce como líneas privadas.

Las líneas punto-a-punto proveen generalmente un ancho de banda establecido, por lo que trabajan a velocidades fijas. Las tarifas de las líneas dedicadas dependen, tanto del ancho de banda que proveen, como de la distancia que existen entre las localidades.

Existe una gran variedad de velocidades que los proveedores de servicios ofrecen para los enlaces, desde las denominadas líneas de baja velocidad (2.4, 4.8, 9.6, 24, 48, 56 y 64 Kbps), hasta las líneas de alta velocidad como sería un E-1 de 2.048 Mbps o un E-3 de 34 Mbps.

Estos enlaces proporcionan dos tipos de transmisiones: transmisiones de datagramas, que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual y transmisiones de ráfagas de datos, que están compuestas de una ráfaga de datos para la que la verificación de direcciones se presenta sólo una vez.

Un inconveniente de esta tecnología se da en el caso de redes muy grandes donde existe un gran número de localidades y se requiere una comunicación de todos contra todos. Se presenta el problema de adquirir un enlace entre cada par de localidades, creando una malla para la comunicación entre todos los puntos, como se muestra en la siguiente figura 1; incrementando así el costo de la red por nodo, la renta de los enlaces, el equipamiento y la complejidad de la red.

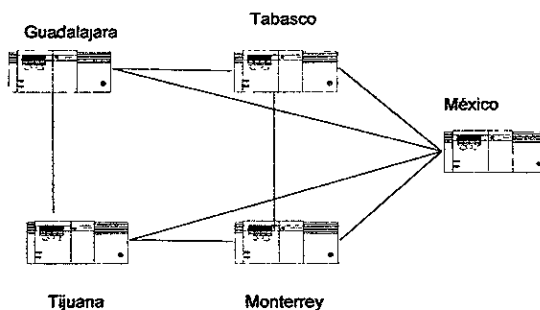


Figura 1. Enlaces Punto a Punto

II.3. TECNOLOGÍAS DE NUBE

Mientras en la tecnología punto-a-punto el medio sólo permite la comunicación entre dos localidades determinadas, la tecnología de nube permite la conexión de una forma menos dedicada o rígida. En la figura 2 se puede observar una nube que permite el enlace entre las cuatro localidades de forma transparente para el usuario, siendo necesario sólo contar con una línea física para cada nodo. Todas las tecnologías de nube emplean algún tipo de switcheo para lograr la comunicación entre sus nodos.

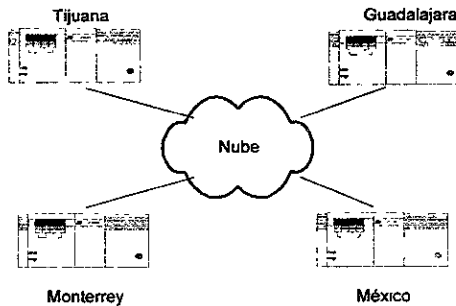


Figura 2. Enlaces de Tecnología de Nube

Algunas de las ventajas que presentan estas tecnologías son:

- El administrador de la red sólo necesita instalar un solo enlace por cada nodo
- El costo de los enlaces sobre una nube disminuye con relación al número de enlaces que se necesitarían para el caso de la tecnología punto-a-punto.
- El ancho de banda de la nube se comparte entre los usuarios que lo demandan.

II.4. TECNOLOGÍA SWITCHEADA

Existen tres tipos de técnicas de switcheo que se aplican a la tecnología de nube:

- Circuitos switcheados
- Paquetes switcheados
- Celdas switheadas.

II.4.1. Circuitos Switcheados

Los circuitos switcheados requieren que se establezca una conexión física entre las estaciones durante la transmisión; un ejemplo de esta transmisión son los circuitos telefónicos.

La transmisión a través de un enlace físico de ancho de banda reservado asegura el intercambio de la información sobre una misma ruta y a una tasa constante, evitando así los retardos; críticos para el caso de en la transmisión de voz y video.

Una vez establecido el enlace, se asegura que no existirá congestión en el canal, ya que el acceso se vuelve punto a punto al momento de transmitir la información.

El uso del enlace puede ser óptimo ya que éste sólo existe mientras se envíe o reciba información; al terminar la transferencia el enlace se cierra y los recursos que se estaban utilizando pueden ser aprovechados por cualquier otro enlace.

Los circuitos switcheados presentan algunos inconvenientes para los servicios de comunicación LAN a LAN. Los anchos de banda fijos de los circuitos switcheados no garantizan un balance entre el costo del ancho de banda y el tráfico entre las redes, ya que por su naturaleza, el tráfico normalmente se presenta en ráfagas.

Los circuitos switcheados manejan dos tipos de transmisiones: transmisiones de datagramas, que están compuestas de tramas direccionadas de manera individual, y transmisiones en ráfagas de datos, que están compuestas de una ráfaga de datos para la que la verificación de direcciones sólo se presenta una vez.

II.4.2. Paquetes Switcheados

Para cubrir las limitaciones de los circuitos switcheados para aplicaciones LAN, la mayoría de las tecnologías de nube utilizan el switcheo de paquetes. Esta tecnología consiste en la división de los datos transmitidos en varias unidades pequeñas denominadas paquetes. A cada paquete se le agrega información que la red utiliza para transmitirlo a su destino. La estación fuente construye el paquete y lo envía a través de la red.

A diferencia de los circuitos switcheados, los circuitos físicos no son dedicados. Los recursos de la red son compartidos por todos los paquetes; por lo que éstos son enviados a diferentes destinos utilizando los mismos circuitos físicos.

Los principales beneficios que se tienen con el uso de los paquetes switcheados, se refleja en las conexiones LAN a LAN:

- Las redes pueden ofrecer ancho de banda sobre demanda.
- La eficiencia de la red es mayor ya que los circuitos físicos se establecen todos los nodos.
- Los dispositivos en cada punto de la red pueden trabajar a diferentes velocidades ya que la transmisión de los datos se puede realizar a una velocidad y la recepción a una velocidad menor.

- Las redes públicas pueden ofrecer una amplia cobertura a un menor precio que en el caso de los enlaces punto-a-punto. Lo que significa que cualquier dispositivo en una red pública puede comunicarse con otro dispositivo conectado a la misma red, sin necesidad de establecer enlaces permanentes entre cada dispositivo.
- El uso de las líneas de transmisión en el switcheo de paquetes puede ser más económico que en el de circuitos ya que se pueden intercalar paquetes de diferentes flujos de acuerdo a la demanda hasta alcanzar la capacidad del canal. Esta economía compensa el gasto hecho en los encabezados del paquete y en las diferentes clases de paquetes de control.

Frame Relay, SMDS (Servicios de Datos Conmutados, a Multimegabits) y X.25, son ejemplos de tecnologías WAN de conmutación de paquetes.

II.4.3. Celdas Switcheadas

En esta tecnología no se usan paquetes de longitud variable como la unidad básica de transferencia; las redes de celdas switcheadas utilizan una longitud fija de las celdas. Una celda es un pequeño paquete cuya longitud varía entre los 16 y los 256 octetos. Actualmente el tamaño de las celdas es determinado con un valor fijo dependiendo de la tecnología de celdas switchheada. Las redes de celdas switcheadas están diseñadas para operar en rangos desde un T1 (1.56 Mbps) hasta varios Gbps.

El principal objetivo de la tecnología del switcheo de celdas es la transmisión de diferentes tipos de información (datos, voz, imagen y video) a través de una misma infraestructura, además de garantizar la escalabilidad de los anchos de banda.

El uso de celdas de tamaño fijo permite el switcheo a partir de procesadores y circuitos de silicio; minimizando el tiempo de procesamiento de cada celda, así como el costo del mismo.

Por otro lado, con celdas de tamaño fijo los retardos pueden ser determinados con precisión, pudiendo garantizar que permanecerán dentro de rangos aceptables para las aplicaciones de voz y video.

II.5. CIRCUITO VIRTUAL

Un circuito virtual es un circuito lógico creado para asegurar una conmutación confiable entre dos dispositivos de red.

El circuito virtual conserva las ventajas de la conmutación de paquetes con relación al cambio de velocidad y al intercalado de paquetes, con la característica de un circuito real en cuanto a la conservación de la secuencia de la información.

Los circuitos virtuales permiten una comunicación bidireccional entre los dispositivos terminales sobre la misma ruta.

Un circuito virtual puede atravesar un número indefinido de equipos de comunicación localizados dentro de una nube. De la misma forma varios circuitos virtuales pueden ser multiplexados dentro de un solo circuito físico dentro de la red.

Los circuitos virtuales pueden clasificarse en:

- Circuito Virtual Switchheadado o Conmutado (Switched virtual circuit, SVC)
- Circuito Virtual Permanente (Permanent virtual circuit, PVC)

Los SVC son circuitos virtuales que se establecen dinámicamente por demanda y se terminan al finalizar la transmisión. La comunicación a través de un SVC tiene tres fases: el establecimiento del circuito, la transferencia de datos y la terminación del circuito. La fase de establecimiento implica la creación de un circuito virtual entre los dispositivos origen y destino. La transferencia de datos implica la transmisión de datos entre los dispositivos a través del circuito virtual, y la fase de terminación del circuito implica la desconexión del circuito virtual entre los dispositivos de origen y destino. Los SVC se utilizan en situaciones donde la transmisión de datos es esporádica, en gran medida porque con los SVC se incrementa el ancho de banda utilizado, debido a las fases de establecimiento y terminación del circuito, pero disminuyen los costos asociados con la disponibilidad constante del circuito virtual.

Un PVC es un circuito virtual que se establece de manera permanente y consta de un solo modo: transferencia de datos. Los PVC se utilizan en situaciones donde la transferencia de datos entre los dispositivos es constante. Con los PVC disminuye el uso del ancho de banda asociado con el establecimiento y terminación de circuitos virtuales, pero se incrementan los costos debido a la constante disponibilidad del circuito virtual.

II.6. REDES PÚBLICAS Y PRIVADAS

Las redes de tecnología de nube pueden ser implementadas sobre líneas públicas o privadas. Las redes privadas son totalmente propietarias, administradas y mantenidas por las propias empresas, aunque los medios de transmisión, en la mayoría de las veces, son provistos por otras empresas.

Las redes públicas son creadas, administradas y tarifadas por los proveedores de servicio, los cuales ofertan los servicios de red al público en general. En México, algunas de las empresas que ofrecen estos servicios son: Alestra, Avantel y Telmex. Más adelante haremos un comparativo entre las soluciones que ofrecen cada una de ellas.

II.7. SERVICIOS DE TRANSMISIÓN ANALÓGICA

En las comunicaciones de datos existen dos tipos de transmisiones: analógicas y digitales. Las señales analógicas son continuamente variables. Los cambios en frecuencia o amplitud pueden representar un infinito número de valores dentro del rango de un dispositivo. La transmisión analógica de una señal continua sobre un medio, hace uso de amplificadores para sobreponer la atenuación o pérdida de señal. Cuando las señales analógicas se amplifican también lo hace el ruido provocando con esto distorsión.

II.7.1 Módems

Un módem (modulador/demodulador) es un dispositivo que utiliza varias técnicas de modulación para convertir señales analógicas a digitales y viceversa. La modulación consiste en transformar las cadenas de bits en señales analógicas con un rango de frecuencia capaz de ser enviada en un canal de voz (4 kHz). La demodulación realiza el proceso inverso.

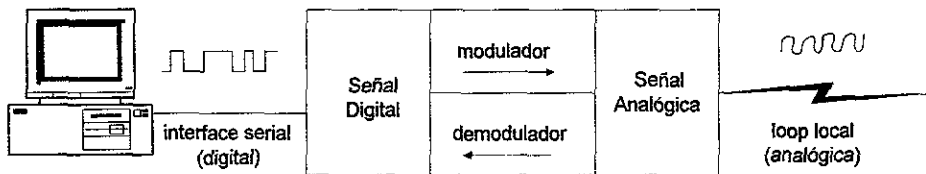


Figura 3. Módem (DCE)

Los servicios analógicos de "marcaje" (Dial-up) son un servicio de los circuitos switcheados que establecen un canal dedicado entre dos nodos. Esta clase de servicio es el método más simple para establecer las comunicaciones.

II.7.2. Servicios Analógicos

Los servicios analógicos de "marcaje" corren sobre las líneas telefónicas que se utilizan comúnmente para la transmisión de voz. Los servicios de marcaje son realizados por los equipos de cómputo (DTE) mediante módems (DCE) a través de números telefónicos. Después de realizar una llamada, el módem receptor realiza una secuencia de chequeo con el módem transmisor para garantizar la compatibilidad entre los equipos; una vez terminada esta secuencia, la transmisión de datos se lleva a cabo. El módem se encarga de hacer la conversión de la señal digital transmitida por el DTE antes de enviar la información por la línea telefónica;

una vez enviada ésta es recibida por otro módem que demodula la información analógica a digital y se la entrega a su DTE.

Las aplicaciones donde se utiliza este tipo de enlaces analógicos LAN-WAN son:

- Puntos de venta.
- Conexión de oficinas remotas por cortos lapsos de tiempo.
- Respaldo de enlaces dedicados en caso de alguna falla.
- Acceso a servidores para obtener información remotamente.

II.7.3. Líneas Dedicadas

Una de las desventajas que se presentan en los enlaces analógicos, es su baja seguridad en el ancho de banda disponible ya que depende de la calidad de las líneas telefónicas, mismas que pueden verse afectadas por diversos factores, alterando directamente la tasa de transmisión.

Una forma de garantizar la calidad de las líneas telefónicas es contar con líneas analógicas dedicadas, lo que permite una mayor tasa de transmisión con un menor número de errores. En estas líneas se cuenta con módems en cada extremo, pero estos no requieren del marcaje ya que se tiene un enlace dedicado.

II.8. SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DIGITAL

Los servicios de telecomunicaciones surgieron en forma analógica pero en la actualidad todos tienden a la digitalización ya que esta permite una mayor flexibilidad y compatibilidad en el manejo de diferentes tipos de información. En la transmisión digital, la señal transmitida tiene estados discretos y utiliza un repetidor para regenerar la señal. Solo la señal es repetida y regenerada, no así el ruido. La transmisión digital provee alta velocidad e inmunidad al ruido.

Para la transmisión digital de datos a través de las líneas dedicadas se requiere de dispositivos especiales denominados CSU/DTU

II.8.1. CSU/DTU (Channel Service Unit/Data Service Unit)

A diferencia de la transmisión analógica, los servicios digitales no requieren el uso de un módem; pero si se necesita de un dispositivo que manipule la señal digital recibida del DTE para ponerla en un formato compatible y permita la transmisión digitalmente. Dos equipos proveen la interface para la red digital: la unidad de servicios de datos (DSU, Data Service Unit) y la unidad de servicios del canal (CSU, Channel Service Unit) que en conjunto se denominan NTU.

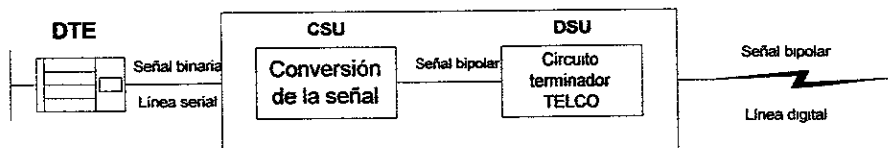


Figura 4. CSU/DSU

La unidad de servicio de datos (DSU) fragmenta y canaliza los datos de los usuarios para su transmisión a través de la red digital; después de que los datos son fragmentados, el DSU convierte los datos binarios recibidos por el DTE al formato de transmisión a través de la red digital.

La unidad de servicios de canal (CSU) conecta el DTE a la línea digital del proveedor de servicios. El CSU termina con el circuito digital y protege a la línea digital de sobrevoltajes que pueden provenir de las terminales de los usuarios.

Existen diferentes estándares o jerarquías en los canales de transmisión digital.

II.8.2. Jerarquía Digital

Define el valor de la tasa de transmisión digital usando diferentes facilidades de transmisión. Dependiendo del medio de transmisión, ya sea cable conductor o fibra óptica, se tienen diferentes tecnologías de jerarquía digital, mismas que se explican a continuación:

- La jerarquía de transmisión digital de Norte América
- La jerarquía de transmisión digital CEPT
- La jerarquía de transmisión digital SDH

II.8.2.1 Jerarquía de Transmisión Digital de Norte América

En la jerarquía digital de Norte América, a un solo canal de voz se le da el nombre de señal digital cero o DS-0. En la siguiente tabla se muestran los valores jerárquicos usados en Norte América. Cada nivel de las señales digitales tiene su propio formato de paquete y soporta un diferente número de circuitos.

Nivel de la señal	Tasa digital de bits	Total de circuitos de voz	Carrier system
DS-0	64 Kbps	1	Ninguno
DS-1	1.544 Mbps	24	T-1
DS-1C	3.152 Mbps	48 (ó 2 DS-1s)	T-1C
DS-2	6.312 Mbps	96 (ó 4 DS-1s)	T-2
DS-3	44.736 Mbps	672 (ó 28 DS-1s)	T-3
DS-4	274.760 Mbps	4032 (ó 168 DS-1s)	T-4

II.8.2.2. Jerarquía de Transmisión Digital CEPT

La CEPT (Conference on European Posts and Telecommunications) ha definido las jerarquías de transmisión digital para Europa. Para esta jerarquía, un canal es conocido como E-0.

La siguiente tabla muestra los valores dispuestos por la CEPT.

Nivel de la señal	Tasa digital de bits	Total de circuitos de voz	Carrier system
0	64 Kbps	1	Ninguno
1	2.048 Mbps	30	E-1
2	8.448 Mbps	120 (ó 4 E-1)	E-2
3	34.368 Mbps	480 (ó 16 E-1)	E-3
4	139.264 Mbps	1920 (ó 64 E-1)	E-4

En México, al igual que en Europa, Australia y Asia se utiliza la jerarquía digital CEPT, aunque sólo se proveen comercialmente hasta servicios de E-1 y E-3.

II.8.2.2.1. Servicios E-1

Un E-1 es una línea digital dedicada punto a punto que trabaja a 2.048 Mbps full-duplex en modo de multiplexaje por división de tiempo. Un E-1 es el equivalente a 30 canales E-0 de 64 Kbps.

El multiplexaje por división de tiempo (TDM) permite definir canales lógicos dentro de una cadena serial de bits del E-1. La cadena de bit de un E-1 puede ser canalizada de diferentes formas:

- Como un solo canal digital de 2.048 Mbps.
- 30 canales independientes con un ancho de banda de 64 Kbps cada uno.
- Cualquier combinación de canales de 64 Kbps.

Cada canal lógico es transmitido y switchado independientemente, además, como el multiplexaje no interviene con los bits, se puede transmitir la combinación de voz, video y datos sobre una misma línea E-1.

En México y otros países se trabaja de acuerdo al estándar de la CCITT, por lo que se cuenta con líneas E-1 equivalentes a las líneas T-1 de Estados Unidos.

II.8.2.3. Jerarquía de Transmisión Digital SDH

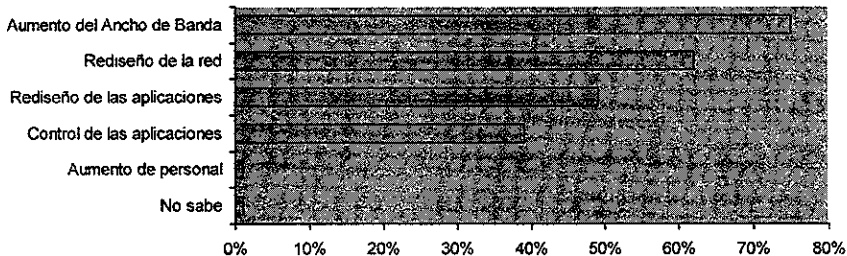
La red óptica síncrona (SONET, Synchronous Optical NETWORK) es un estándar internacional de transmisión y multiplexaje a alta velocidad. Fue desarrollado para proveer rangos de transmisión óptica mayores a los niveles de un DS-3 (44.736 Mbps). El formato de SONET es parte de la Jerarquía Síncrona Digital (SDH, Synchronous Digital Hierarchy). En Norte América se maneja el estándar SONET, mientras que en otros países se maneja SDH.

La siguiente tabla muestra las jerarquías de los rangos de transmisión tanto de SONET como de SDH:

Niveles de Señal		Rangos de datos	Carga de usuarios
SONET	SDH		
STS-1/OC-1		51.840 Mbps	50.112 Mbps
STS-3/OC-3	STM-1	155.520 Mbps	150.336 Mbps
STS-9/OC-9	STM-3	466.560 Mbps	451.008 Mbps
STS-12/OC-12	STM-4	622.080 Mbps	601.344 Mbps
STS-18/OC-18	STM-6	933.120 Mbps	902.016 Mbps
STS-24/OC-24	STM-8	1 244.160 Mbps	1 202.688 Mbps
STS-36/OC-36		1 866.204 Mbps	1 804.032 Mbps
STS-48/OC-48	STM-16	2 488.320 Mbps	2 405.376 Mbps

II.9. REDES INTEGRALES

Tradicionalmente se ha hecho uso de redes independientes para soportar diferentes servicios como son la voz, el video y los datos; hoy en día la tendencia es la de unir estos mundos y crear redes integrales, también llamadas convergentes, donde a través de una sola infraestructura se pueda trabajar con la voz, el video y los datos, reduciendo costos y facilitando el desarrollo de nuevas funcionalidades y servicios.



Gráfica 1. Mecanismos comunes para incrementar el desempeño

En la gráfica anterior se puede observar las medidas que un grupo de administradores de redes considera necesarias para incrementar el rendimiento de sus redes¹. Anteriormente sólo era necesario preocuparse por el incremento del ancho de banda, pero desafortunadamente hoy día ésta no es una solución garantizada y hay que considerar nuevos factores como el re-diseño de la red o el de las aplicaciones.

¹ <http://www.fore.com/products/wp/iipaper/iipape>

Las redes convergentes comprenden varios aspectos:

Convergencia de la carga. Diferentes tipos de datos son transportados en el mismo formato de comunicación. Esto es, en un principio el tráfico de voz y video era transportado sobre circuitos switcheados como cadenas de bits de capa 1 y el tráfico de datos era transportado sobre paquetes switcheados en datagramas de capa 3. Ahora se busca llevar el transporte de todo el tráfico (video, voz y datos) a través de un mismo formato: datagramas de capa 3 o bien celdas de capa 2.

Convergencia de protocolos. La convergencia de las tecnologías nos esta llevando a dejar atrás el uso de varios protocolos y manejar todo a través de un solo protocolo, el IP.

Convergencia física. Esta se da cuando toda la carga viaja sobre el mismo medio de transmisión.

Convergencia de dispositivos. Describe la tendencia en la arquitectura de los dispositivos de la red a soportar diferentes tecnologías en un solo sistema. Esto es, un switch debe soportar el manejo de paquetes Ethernet, el ruteo de IP y el switcheo de ATM por un lado, además de manejar tráfico de voz y video en paralelo.

Convergencia de aplicaciones. Son las aplicaciones que integran funciones y servicios independientes sobre una misma plataforma. Por ejemplo, las páginas de Web permiten el manejo de diferentes aplicaciones de multimedia como video, gráficas de alta resolución, gráficas de realidad virtual y voz interactiva bajo un mismo formato.

Convergencia de tecnología. Es el cambio hacia tecnologías que cumplan con los requerimientos tanto de las redes LAN como de las WAN.

Convergencia organizacional. Esta implica la centralización de las redes, las telecomunicaciones y los servicios de cómputo en una sola autoridad que sea capaz de administrarlos y desarrollarlos de una manera integral.

Todas estas tendencias de integración son las que permitirán el manejo de los servicios de voz, datos y video en las redes del futuro.

Los principales motivos que han impulsado el desarrollo de las redes convergentes son:

- La reducción de costos.
- La aparición de sofisticadas aplicaciones con crecientes requerimientos de red.
- Una mayor flexibilidad y funcionalidad de la red.
- La aparición de estándares dentro de la industria.

La convergencia de los servicios sólo se dará si se percibe un ahorro sustancial en los costos/beneficios de una red de telecomunicaciones. Tanto de la inversión inicial como en la operación diaria de los servicios en comparación con la operación actual donde la telefonía, el video y los datos se manejan de forma independiente. Cabe señalar que las redes integrales deben de contar con las características que hoy en día ofrecen cada una de las redes que en ella convergen como la robustez, facilidad de manejo, disponibilidad, etcétera.

Con la convergencia se busca reducir o eliminar, de ser posible, la infraestructura innecesaria que en ocasiones se duplica. Existen costos injustificados asociados a la adquisición de equipo y mantenimiento que suelen ser redundantes para la voz, el video y los datos, la administración de estos servicios así como del personal para la operación de los equipos o el doble gasto que se hace para el caso del cableado para poder ofrecer los servicios de red a los usuarios.

Es importante hacer mención que para que esta convergencia se dé es necesario contar con estándares que aseguren la interoperabilidad y permanencia de las tecnologías en todo el mundo.

Las redes convergentes que cubren grandes distancia, están formadas por una red WAN en el centro y redes LAN a su alrededor. Generalmente estas redes LAN están basadas en diferentes tecnologías, mientras que en la WAN se maneja una sola tecnología. Alternativamente, la red WAN puede estar conformada por múltiples redes paralelas; algunas orientadas a conexión y otras con tecnología de switcheo de paquetes.

Comúnmente las redes convergentes hacen uso de las redes paralelas sobre la WAN dependiendo de los requerimientos del tráfico enrutado hacia ellas. Las redes LAN pueden transportar voz, datos y video sobre una misma estructura de red en donde se encuentran disponibles altos anchos de banda a un costo moderado; para el caso del tráfico localizado en la frontera entre la LAN y la WAN, este debe ser clasificado y enrutado sobre la red WAN que más convenga, ya que el ancho de banda es limitado y su costo es elevado. Por ejemplo, en el caso del tráfico aleatorio no crítico, éste puede ser enrutado sobre una red WAN de switcheo de paquetes, mientras que el tráfico del tipo multimedia debe ser enrutado sobre redes orientadas a conexión, como sería el caso de ATM o Frame Relay, que son capaces de brindar calidades o tipos de servicio.

Una vez estudiados los conceptos básicos para entender el funcionamiento de las redes WAN, analizaremos cada uno de los elementos que, como vimos en la introducción, se requieren para la construcción de una red WAN.

Es importante hacer mención que antes de poder definir cada uno de estos elementos, debemos hacer un estudio con base a criterios de evaluación y su disponibilidad en el mercado de México, como es nuestro caso. Iniciaremos revisando los servicios de transporte que ofrecen actualmente las empresas de telefonía en nuestro país.

CAPÍTULO III SERVICIOS DE TRANSPORTE

Los medios de comunicación son esenciales en la creación de una red WAN; éstos deben de ser flexibles, seguros y rentables ya que para muchas empresas la necesidad de ofrecer accesos de alta velocidad es uno de los detonantes de sus planes de conectividad remota. Por otro lado, es importante considerar el tipo de aplicaciones que se van a correr sobre estos medios de comunicación y los niveles de seguridad con los que se desea trabajar.

Es importante hacer notar que los costos por enlace no son solo los relacionados con los equipos y la renta de los enlaces, sino también existen otro tipo de costos que es imperativo tomar en cuenta par la toma de decisiones. A continuación se muestra un listado de éstos:

Costos relacionados con los equipos.

- Precio de compra del software y del hardware.
- Trabajo de instalación, actualización y configuración del equipo y el software.
- Adiestramiento final del administrador de la red.
- Tiempo del personal de red para dar servicio y administración a los equipos propios de la empresa.

Costos relacionados con la conexión.

- Costo de conexión al servicio.
- Gastos de instalación de las líneas de acceso.
- Costo de los equipos especiales necesarios para conectarse al servicio.
- Gasto mensual del servicio.
- Tarifa de uso del servicio.

En las redes de área amplia donde el medio y el equipo de transmisión no dependen directamente de nosotros al ser estos provistos por quien nos ofrece los servicios de comunicación, nosotros solo somos responsables del pago de una renta por dichos servicios y el uso de una determinado ancho de banda. Para las redes integrales o convergentes es de vital importancia utilizar una tecnología que haga uso del ancho de banda de una manera flexible, eficiente e inteligente. El ancho de banda debe ser asignado conforme se requiera para evitar los tiempos muertos, gastos innecesarios y satisfacer las necesidades de varias aplicaciones.

Al implementar una red WAN en México se debe tomar la decisión acerca de los servicios de interconexión que se desea hacer, si se trata de una red privada o por medio de redes públicas. Claro está que se pueden tener implementaciones híbridas, pero aquellas localidades que hagan uso de servicios de interconexión diferentes a los del resto de las localidades no dejarán de ser la excepción y deberán estar bien justificadas por sus circunstancias.

Algunas de las características por las que se destacan cada una de las soluciones anteriores son:

Redes Públicas

- Menores costos por concepto de renta mensual del servicio.
- La operación recae en el proveedor.
- No se invierte en equipo de transporte.

Redes privadas

- Son más seguras
- La operación se hace en conjunto con el proveedor del servicio de transporte.
- Se tiene un control total sobre la Clase de Servicio (Class of service, CoS) y la Calidad de servicio (Quality of service, QoS).

También se podría hablar de la flexibilidad y redundancia de cada una de estas redes, pero estas características dependen en mucho de los esquemas de conectividad que tenga el proveedor en su red (tanto pública como privada) y con el cliente.

Los factores que pueden ser determinantes para la selección de uno u otro tipo de servicio de interconexión, además de la disponibilidad del servicio, son la seguridad o privacidad de la información y los costos. Dependerá de cada organización definir cual de estos dos factores es más importante para ella o bien que soluciones alternativas se tienen para satisfacer sus necesidades. Así por ejemplo se puede hacer uso de Redes Públicas Virtuales (VPNs) o esquemas de encriptado para garantizar la seguridad en una red pública, así como también se puede hacer uso de una red privada de tal forma que la relación costo beneficio de integrar los servicios de esta forma sea aceptable.

Los proveedores de servicios en México ofrecen hoy en día las siguientes opciones de interconexión:

Redes Públicas

- Frame Relay (FR)
- X.25
- IP
- ISDN

Redes Privadas

- Enlaces punto a punto: DS0, E0, nxE0 y E1
- Enlaces punto multipunto: E1s

Para cualquiera de las soluciones de interconexión mencionadas anteriormente se deberán de considerar diversos factores para seleccionar el empleo de una u otra.

Entre estos factores podemos mencionar:

- a) **Puntos de Presencia.** Es importante considerar la ubicación, tanto de nuestro nodo central, como de nuestros sitios remotos ya que el enlace de estos puntos se hará a través de los carriers y es necesario que nuestro proveedor cuente, en primer término, con POPs (Point Of Presence) en estas áreas, y por otra parte, con la capacidad de dar una respuesta inmediata en nuestros centros de trabajo en caso de falla de los enlaces.
- b) **Planes de mantenimiento y servicio.** Este es un factor que diferencia principalmente a los proveedores de servicio entre sí. Cada proveedor estructura planes de mantenimiento y servicio, los cuales son vitales para asegurar su buen funcionamiento las 24 horas del día durante los 365 días del año. Ideal para empresas con aplicaciones críticas.
- c) **Costo de los enlaces.** Hay que considerar que la renta del servicio no es el único costo asociado en la integración de un enlace, también se tiene el cargo por instalación, la compra de equipamiento para recibirlo y la adecuación del local entre otros, mismos que pueden variar dependiendo de la tecnología utilizada.
- d) **Flexibilidad en el ancho de banda.** En una red WAN normalmente tendrán que convivir localidades con diferentes requerimientos de interconexión en ancho de banda, éstos deberán de ser planteados claramente antes de seleccionar una solución, evitando a toda costa que nuestros anchos de banda de interconexión estén limitados o definidos por la tecnología utilizada. El desarrollo de nuevas aplicaciones o bien el crecimiento de los servicios ya existentes en algunas ocasiones escapan a toda planificación, sin embargo, es necesario contemplar posibles crecimientos en los anchos de banda de interconexión de las diferentes localidades con la tecnología seleccionada.
- e) **Permanencia de la solución.** La solución planteada debe de planificarse al menos para los próximos cinco años, con modificaciones o extensiones seguramente, pero debe tenerse especial cuidado en no hacer uso de productos o servicios cuya permanencia o evolución en el mercado no estén garantizados.
- f) **Integración con otras soluciones.** Conforme se incrementa el tamaño de una red WAN se reduce la probabilidad de que una sola tecnología sea capaz de satisfacer todos los requerimientos de interconexión de sus localidades. Esta problemática puede agravarse por problemas de conectividad e interoperabilidad de equipos tanto en la interface con la WAN como al interior de las localidades, ya que el desarrollo de las redes de voz, datos y video al interior de cada localidad puede ser muy dispar y no siempre asociado a las características de su conexión WAN.

g) CoS/QoS. En las redes integrales es fundamental contar con algún esquema para cumplir con los requerimientos de cada tipo de servicio, ya que de otra forma las aplicaciones o servicios de misión crítica verán afectado su desempeño por la competencia con otro tipo de aplicaciones.

Por lo que respecta a las redes públicas, tomando en cuenta la permanencia de la solución y la posibilidad de implementar esquemas de Clase y Calidad de Servicio (CoS/QoS) las redes X.25 no son adecuadas para la creación de redes WAN integrales. Por lo que respecta a IP, ISDN y Frame Relay, la última es una tecnología más flexible y cuya permanencia/escalabilidad está garantizada por los amplios trabajos que se han efectuado para lograr la interoperabilidad de Frame Relay con ATM. Por otra parte, la infraestructura con que actualmente se cuenta en México, es mucho más poderosa para el caso de Frame Relay que el de ISDN.

Las opciones que se tienen para crear una red privada en ancho de banda también se tienen en Frame Relay y el único factor técnico que podría determinar su selección es si el proveedor de servicios de Frame Relay es capaz de garantizar un nivel de servicio de tal forma que se asegure que el tráfico crítico llegará siempre a su destino.

Tomando esto en cuenta, la mejor solución para la implementación de una red WAN integral en México es, en primera instancia, Frame Relay, a reserva que su integración con algunos enlaces privados IP bien podría llegar a ser necesario o conveniente en algunas localidades. Pero aún en ese caso, sería posible implementar los servicios de transporte en Frame Relay de punta a punta sin mayores complicaciones.

Teniendo como precedente el hecho de que en México existe una amplia red pública para Frame Relay, a continuación presentamos los criterios de evaluación y los parámetros a considerar para la selección de uno u otro proveedor de este servicio de interconexión.

III.1. ESPECIFICACIONES GENERALES

Actualmente existen tres importantes Proveedores de Servicios en México que ofrecen los servicios de Frame Relay:

- Alestra
- Avantel
- Telmex

Los servicios que ofrecen una u otra compañía no difieren mucho entre sí ya que se trata de un protocolo estándar cuyas características de velocidad, CIR, etcétera no varían dependiendo del carrier. Sin embargo, existen factores que diferencian entre sí a estas empresas; entre estos factores podemos considerar: los puntos de presencia en los que se ofrece el servicio, las tarifas, el mantenimiento y el servicio al cliente.

En este capítulo no buscamos hacer publicidad de los diferentes proveedores de servicios que actualmente operan en México, de hecho, aquí solo se presenta una muestra de las ofertas con que se cuenta en el mercado; por otro lado, no se obtuvo toda la información deseada por parte de los carriers por políticas de las empresas. Un factor que no se mencionó anteriormente para la elección de nuestro proveedor de servicio es el CIR, el cual está muy ligado al tipo de tecnología que aquí estamos tratando, Frame Relay:

CIR. Este es un factor que determina el ancho de banda con que vamos a poder trabajar en nuestros enlaces, por lo que es recomendable que el proveedor maneje y garantice los rangos de CIR que nuestras aplicaciones requieran.

De forma genérica podemos decir que Alestra, Avantel y Telmex cumplen con las siguientes características:

- Red Pública de Datos que soporta Frame Relay e IP.
- Opera sobre la red SDH (Synchronous Digital Hierarchy).
- Conexiones predeterminadas a través de Circuitos Virtuales Permanentes (PVC).
- El costo mensual de la renta está en función del CIR.
- El servicio no requiere personal dedicado a la operación de la red por parte del cliente.
- El cliente obtiene acceso al servicio de Frame Relay al terminar sus circuitos de acceso en un puerto residente a un Punto de Presencia (POP) del servicio de Frame Relay.
- Los clientes seleccionan la velocidad del puerto que define la tasa máxima a la que le cliente puede transmitir y recibir datos de la red del servicio de Frame Relay. Las velocidades de puerto pueden ser 16, 32, 64, 128, 192, 256, 320, 384, 448, 512, 576, 640, 704, 768, 1024 y 1920, 2048 Kbps dependiendo del proveedor.
- Los CIRs pueden configurarse en velocidades de 4, 8, 16, 32, 48, 64, 128, 192, 256, 320, 384, 448, 512, 576, 640, 704, 768, 832, 896, 960, y 1024 kbps.
- El cliente requiere contar con el equipo necesario para interconectarse a la red Frame Relay, esto es ruteadores o FRADS adecuados. Los ruteadores deberán proporcionar protocolo WAN Frame Relay.

Los puntos de presencia de cada una de estas empresas a nivel nacional se muestran en la siguiente tabla:

CARRIER	ALESTRA	AVANTEL
CIUDAD		
Aguascalientes	✓	✓
Ciudad Juárez	✓	✓
Ciudad Victoria	✓	✓
Celaya	✓	✓
Cuautla		✓
Cuernavaca	✓	✓
Chihuahua	✓	✓
Distrito Federal	✓	✓
Guadalajara	✓	✓
Guanajuato		✓
Irapuato		✓
León	✓	✓
Matamoros	✓	✓
Mexicali	✓	
Monterrey	✓	✓
Morelia	✓	
Nuevo Laredo	✓	
Pachuca	✓	✓
Poza Rica		✓
Puebla	✓	✓
Querétaro	✓	✓
Reynosa	✓	✓
Saltillo	✓	✓
San Luis Potosí	✓	✓
Tampico		✓
Texcoco		✓
Tlaxcala		✓
Toluca	✓	✓
Torreón	✓	✓
Zacatecas	✓	✓

Para el caso de Telmex no obtuvimos los datos de las localidades exactas donde se cuenta con puntos de presencia, pero se nos comentó que se tiene en "toda" la República Mexicana.

III.2. ALESTRA

Alestra nace de la alianza estratégica entre grupo ALFA y Bancomer-VISA asociadas con AT&T el 8 de enero de 1996.

A lo largo de 1996, se tendieron 4,200 km de la red Alestra y se colocaron 24 puntos de presencia, la fibra óptica TrueWare utilizada en la Red, alcanza un ancho de banda de 20 Gigabits por segundo. Tres anillos conforman la red Alestra a nivel nacional, uno en el norte del país, otro en la zona Bajío-Huesca y otro en la zona Centro-Sur. En el año 2000 la Red de Alestra espera alcanzar los 8,600 km teniendo por lo menos 36 puntos de presencia.

El servicio de Frame Relay que ofrece Alestra lo hace a través de AT&T InterSpan, la cual cuenta con la mayor cobertura intrenacional con presencia en más de 25 países. AT&T InterSpan es el servicio de Frame Relay líder en los Estados Unidos con una participación en el mercado superior al 40%.

Como características particulares del servicio AT&T InterSpan, el usuario puede configurar hasta 252 PVC en un solo puerto.

El cliente contará con un punto único de contacto (SPOC) para dar seguimiento a operaciones y acciones de mantenimiento acerca de sus servicios de Frame Relay. El concepto SPOC se implementa como un equipo compuesto por el ingeniero designado a la cuenta a ingenieros de servicio. El SPOC estará disponible en periodos de 7X24 para atender los reportes de clientes relacionados con los servicios, obtener actualización de estatus de problemas de mantenimiento

III.3. AVANTEL

Avantel nace de la alianza estratégica entre Banamex y MCI, para ofertar nuevas y mejores opciones para el mercado mexicano mediante la mejora de la calidad de los servicios de Telecomunicaciones y de Larga Distancia, con la posibilidad de ofrecer servicios de carácter mundial a clientes nacionales, mediante las alianzas de MCI alrededor del mundo.

La red pública Frame Relay de Avantel tiene cobertura nacional y es una de las más flexibles con respecto a opciones para la selección de velocidades de puertos y circuitos virtuales (PVC). Actualmente la red de Frame Relay de Avantel tiene 27 puntos de presencia.

Avantel también cuenta con varios nodos virtuales para la Red de Frame Relay (VPOPs), los cuales son: Tijuana, Mexicali, Mérida, Hermosillo, Durango, Veracruz, Villahermosa, Coatzacoalcos y Culiacán.

Por otra parte Avantel puede ofrecer servicios de Frame Relay en Estados Unidos a través de la red de MCI de Frame Relay en Estados Unidos denominada HyperStream.

Los Puntos de Presencia (POP) de acceso a la red de HyperStream desde México son: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey

La red de HyperStream en Estados Unidos cuenta con más de 500 puntos de presencia.

Conexión a la red Frame Relay de Avantel.

Para proporcionar el servicio de Frame Relay se requiere, en primer término, establecer un circuito de acceso entre cada uno de los nodos del cliente y el punto de presencia de la Red de Avantel más cercano; como segundo paso se establecerá los parámetros funcionales de Frame Relay.

Existen tres tipos de acceso de acuerdo al medio de transmisión y que se proporcionan de acuerdo a las capacidades requeridas, los cuales son:

- Fibra óptica
- Microondas
- Par de cobre a 64 Kbps, 128 Kbps o 2.048 Mbps.

El cliente contará con el Centro de Servicio de Red (CSR) que será el encargado de recibir los reportes de fallas presentadas en el servicio. El horario de atención es durante las 24 horas, los 365 días del año.

III.4. TELMEX

TELMEX trabaja en coordinación con la red UniNet y cuenta con una cobertura nacional de 30,000 kms de Fibra Óptica.

El servicio de Administración, Operación y Monitoreo de la red que opera las 24 horas de los 365 días del año mediante el Centro de Operaciones UniNet.

La red de TELMEX cuenta con 48 nodos a nivel nacional en la red dorsal con una cobertura de 41 ciudades; por otro lado también cuenta con rutas alternas (México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Querétaro, Mérida, Hermosillo, Chihuahua y Tijuana). También tiene 16 enlaces E1 de cruce fronterizo hacia la red Internet (USA) por rutas alternas hacia los Nodos Intwernet de Global One y de ANS.

CAPÍTULO IV OPCIONES TECNOLÓGICAS EN EL MERCADO

Toda metodología para el diseño de redes tiene un poco de ciencia y otro tanto de arte. La gran diversidad de situaciones, equipos y necesidades hacen imposible desarrollar "la metodología". En este trabajo se presentará sólo una guía de diseño, misma que en ningún momento se pretende pueda resolver las necesidades de cualquier organización, aunque si le deberá de facilitar al administrador de red la definición de un anteproyecto, mismo que deberá de ser afinado en conjunto con los integradores o fabricantes del o los equipos considerados.

IV.1.DISEÑO JERARQUICO.

Al igual que en otras disciplinas, en las telecomunicaciones resulta conveniente dividir un problema en módulos o factores con el fin de facilitar su análisis. En el diseño de redes este concepto de modularidad nos permite contar con una planeación por capas, que nos facilita el aislamiento de fallas y una fácil identificación de los puntos de mayor tráfico en la red.

Las redes pueden ser analizadas por partes o dominios interrelacionados, siendo éstos:

Capa de Backbone o Core.

- Proporciona una estructura de transporte óptima y confiable
- Los servicios que brinda son:
 - Optimización de rutas
 - Prioridad de tráfico
 - Balanceo de cargas
 - Manejo de rutas alternas
 - Encapsulado de servicios

Capa de Distribución.

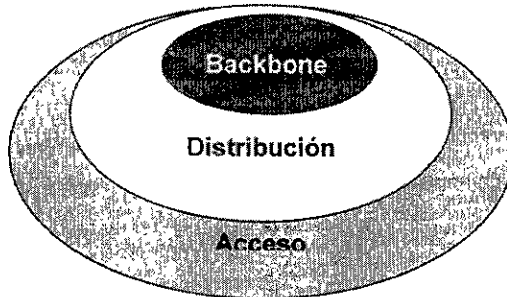
- Proporciona el acceso a todos los puntos de la red, así como a los servicios.
- Los servicios que brinda son:
 - Seguridad
 - Administración del ancho de banda
 - Filtrado y adaptación de funciones y servicios
 - Políticas de intercambio de información
 - Soporte multiprotocolo
 - Manejo de diferentes tecnologías

Capa de Acceso

- Proporciona acceso a los usuarios y/o grupos de trabajo
- Realiza el filtrado específico de funciones y servicios
- Los servicios que brinda son:
 - Ancho de banda compartido y/o switchado
 - Segmentación de redes

- Manejo de broadcast y/o multicast
- Seguridad

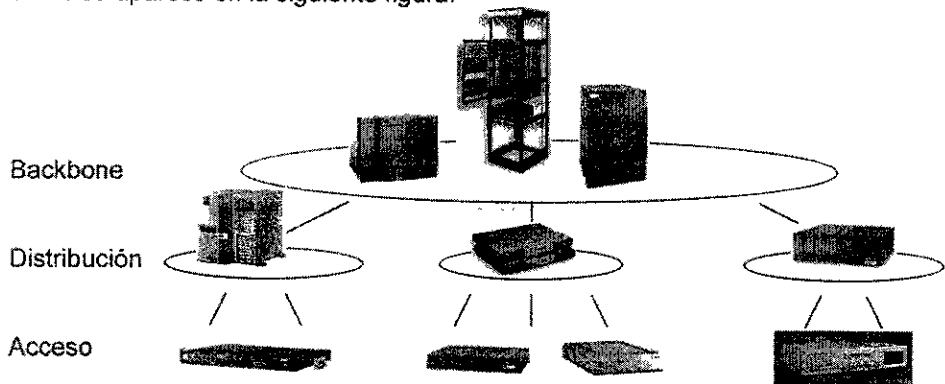
Como en toda clasificación de redes, la descripción anterior no debe tomarse en forma estricta, el diseño jerárquico permite diseñar redes por capas, lo que reduce las tareas de interconexión.



Cada capa realiza funciones específicas; esto simplifica la elección e implantación de dispositivos, sistemas y políticas para cada una de ellas, además de facilitar los cambios. En la práctica, las barreras entre cada una de las capas se pueden desplazar o traslaparse y en algunos casos hasta disolverse.

IV.1.1. Clasificación de las localidades.

En el diseño jerárquico de redes se describe una red en términos de las funcionalidades de los equipos involucrados y en cierto sentido se deja ver que toda red puede representarse como una topología lógica de estrella distribuida, como se aparece en la siguiente figura.



Sin embargo, para cualquier organización esta visión de su red no resultará tangible hasta que en ella se integren los nombres de las localidades u oficinas involucradas. Resultará una buena idea hacer un croquis que muestre las diferentes localidades, considerando su tamaño, con el fin de visualizar los puntos estratégicos para el backbone y la capa de distribución, ya que el costo de los enlaces WAN no sólo está determinado por el ancho de banda, sino también por la distancia. Sin embargo, minimizar costos por concepto de los enlaces no siempre nos llevará al diseño más funcional de una red WAN, ya que deben considerarse las necesidades presentes y futuras de cada localidad, en balance con su ubicación geográfica.

Las oficinas de una organización pueden clasificarse fácilmente en grandes, medianas y pequeñas en términos del tamaño de sus recursos humanos, aunque en ocasiones este factor no es un reflejo directo de la dependencia grande o pequeña que tenga esa localidad de los servicios de telecomunicaciones de la organización. La siguiente aproximación que consideramos más adecuada para clasificar las localidades de una organización consiste en contabilizar el número de servicios de telecomunicaciones corporativos para usuarios finales en cada localidad, quedando como se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación de localidades para el diseño jerárquico de red

	Pequeñas	Medianas	Grandes
Voz	1 a 5	7 a 15	Más de 30
Datos	6 a 10	Más de 20	Más de 30
Video	N/A	Posiblemente	Si

Como servicio de telecomunicaciones corporativo nos referimos a aquellos servicios de voz, datos y video que dependen de la infraestructura de telecomunicaciones de la organización para su funcionamiento. De esta forma, los servicios telefónicos que dependan de la infraestructura pública (Telmex, Avantel, Alestra, etc) o las computadoras en red que no tengan acceso a la red del corporativo no deben ser contabilizadas.

En la tabla anterior se puede observar que los límites entre una categoría y otra quedan abiertos; esto se debe a la gran diversidad de circunstancias que se tienen en las instalaciones de red, para las cuales las clasificaciones rígidas no son prácticas. La clasificación anterior se considera como adecuada para la mayoría de las organizaciones pequeñas y medianas, en tanto que para grandes organizaciones (y algunas pequeñas y medianas) puede ser conveniente modificar los valores de la tabla anterior para ajustarlo a sus necesidades. Sin embargo, en la clasificación anterior también se tomaron en cuenta algunas consideraciones en cuanto a las características de los equipamientos en el mercado y en ese sentido algunas secciones no pueden modificarse tan fácilmente.

Para las facilidades de los servicios de voz corporativos, estamos considerando que en las localidades pequeñas no es necesario, ni práctico, el uso de un conmutador telefónico y debido a esto los servicios de voz corporativos deben de ser entregados en interfaces analógicas, es decir, para conectar directamente los teléfonos o en su caso un multilíneas. El número de servicios de datos normalmente podrá ser redimensionado con mayor libertad, ya que el equipamiento de la red WAN tan sólo requerirá de una interface de interconexión con el resto de la infraestructura de la LAN (hubs, switches, etcétera) misma que puede alojar de 3 a 24 o 48 servicios con adiciones muy sencillas. El video es una aplicación que consideramos que aún no es utilizada en la mayor parte de las organizaciones, sobre todo en las de menor tamaño y por ello la hemos considerado como innecesaria en las localidades pequeñas y como opcional en las medianas.

Una vez que se ha mencionado el equipamiento, es conveniente exponer algunas características importantes de los equipos que existen actualmente en el mercado, considerando la clasificación que se ha hecho de las localidades de una organización en función de lo que será el diseño jerárquico de su red de telecomunicaciones.

IV.2. EQUIPAMIENTO

En México, existe un gran número de fabricantes de equipo activo para redes WAN multiservicio. Entre los más importantes podemos señalar las siguientes empresas: Cisco System, Motorola Inc., ACTNetworks, NORTEL y FORE, entre otras.

Generalmente todos los equipos son modulares, esto es, cuentan con un número determinado de slot's o ranuras en las cuales se insertan módulos de acuerdo con las necesidades del usuario. Esta flexibilidad sin embargo, hace compleja la comparación entre los diferentes fabricantes e incluso entre modelos de una misma marca.

Con el fin de facilitar la ubicación y comparación de los diversos equipos de las diferentes marcas, se dividirán los puntos de análisis/clasificación de estos de acuerdo a las facilidades y requerimientos de interconexión para los servicios locales y de área amplia.

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
<i>Backbone</i>	Digital	E, FE, ATM	Pto. Serial, ATM	E1s, NxE1s, E1C
<i>Distribución</i>	Dig/ana	E, FE	Pto. Serial	E1s, NxE1s, E1Cs, E0s, BRI, PRI
<i>Acceso</i>	Analógica	E	Pto. Serial	E1, E0s, nxE0s, BRI, PRI

Para terminar de ajustar los criterios de análisis de los equipos se presentan algunas funcionalidades requeridas o recomendadas para lograr la mejor operación de la red.

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
<i>Backbone</i>	Networking, Contabilidad	Switcheo	CE ²	FR, ATM, Trunking, PVCs, SVCs, SPVCs.
<i>Distribución</i>	Cancelación de echo, contabilidad	Ruteo, Switcheo, Filtros ³	CE, H.323, H.320	FR, Trunking, ISDN, PVCs, SVCs, SPVCs.
<i>Acceso</i>	Compresión, supresión de silencios, detección de fax/modem	Contención de broadcast, Ruteo	H.323, H.320	FR, ISDN, CSU/DSUs integrados

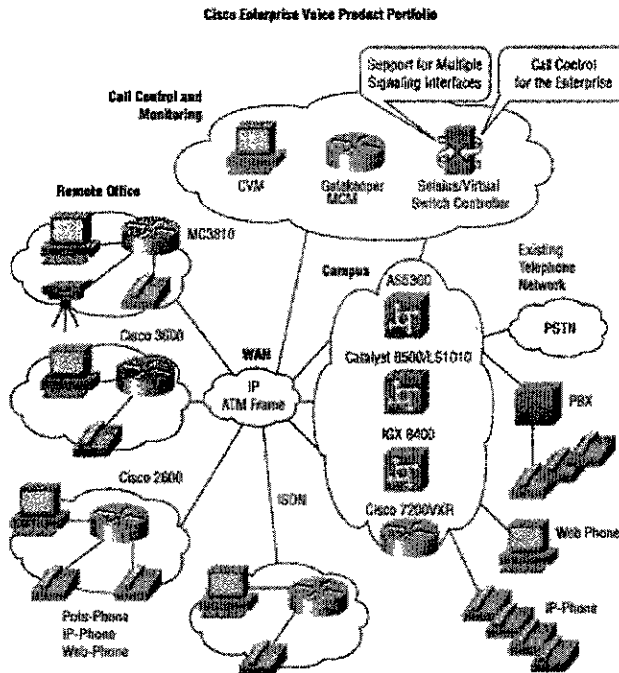
Está claro que la tabla anterior no agota todas las funcionalidades que puede tener un equipo, pero sería imposible desglosarlas esperando que todavía sea práctico manejarlas para establecer una comparación entre dos o más equipos.

A continuación se mostrarán una serie de gráficas que muestran la visión de cada uno de los fabricantes para la creación de una red integral, y ubican su línea de productos de acuerdo a las capas del diseño jerárquico:

² Circuit Emulation.

³ Seguridad en capa 3.

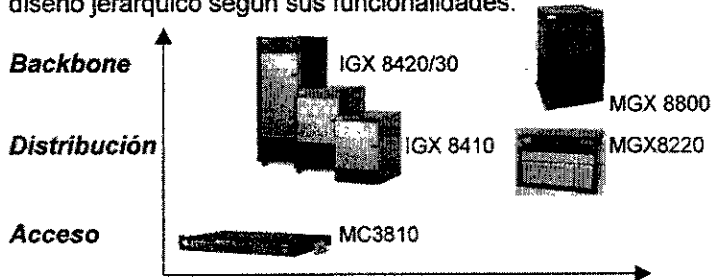
IV.2.1. Cisco



Como puede observarse, la línea de productos de Cisco es muy amplia, aunque no toda corresponde al enfoque que se le está dando a una red integral en este trabajo. Cisco incorpora varias soluciones sobre IP y sobre paquetes que quedan fuera del alcance de este trabajo; tal es el caso de sus soluciones para voz sobre IP: AS5300 con 2600s y 3600s, su conmutador de IP con los teléfonos H.323 o los servicios de emulación de circuitos en el LS1010, los Catalyst 8500 y 5x00 o el 7200/VXR.

Los equipos que corresponden al enfoque de las WAN multiservicio que se tiene en este trabajo son la línea de los IGXs, MGXs y el MC3810.

En el siguiente dibujo se ubican cada uno de estos equipos en las capas del diseño jerárquico según sus funcionalidades.



Los IGXs son equipos de distribución y backbone, aunque en esta última capa podrían complementarse con algún otro equipo (ATM preferentemente, como los MGXs). La única diferencia entre los IGXs 8410, 20 y 30 es el número de ranuras de expansión (8, 16 y 32 respectivamente). Los MGXs son los equipos más recientes y tienen dos diferencias significativas con respecto a sus antecesores: el backplane es ATM (soportando hasta OC-48s) y puede integrar ruteo (de datos).

Sin embargo, no tenemos referencias sobre la interoperabilidad entre los equipos MGXs y los MC3810 y no disponen de interfaces para recibir tráfico de voz en forma nativa.

En la siguiente tabla se resumen las características de estos equipos

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
Backbone IGXs/MGXs ⁴	Ruteo dinámico, CoS, manejo dinámico de BW. Voice switching, supresión de silencios, cancelación de eco, compresión a 32,24,16 y 8 kbps			E1s, OC-3s, E1C, V.35s ⁵ , E2s, E3s, E1Voz, E1Cvoz, Multiplexaje inverso, FR y ATM
Distribución ⁶ MC 3810	Troncal digital hasta 24 canales	IOS ^{®7}	CE	56 kbps a 1 E1, con DSU/CSU integrado.
Acceso MC 3810	2 a 6 Ptos analógicos Compresión a 8 kbps (G.729)	IOS [®]	CE	Soporta FR y ATM, ISDN BRI de respaldo

⁴ Los MGXs no tienen interfaces para voz.

⁵ También soporta X.21, EIA/TIA-232 y EIA/TIA-449.

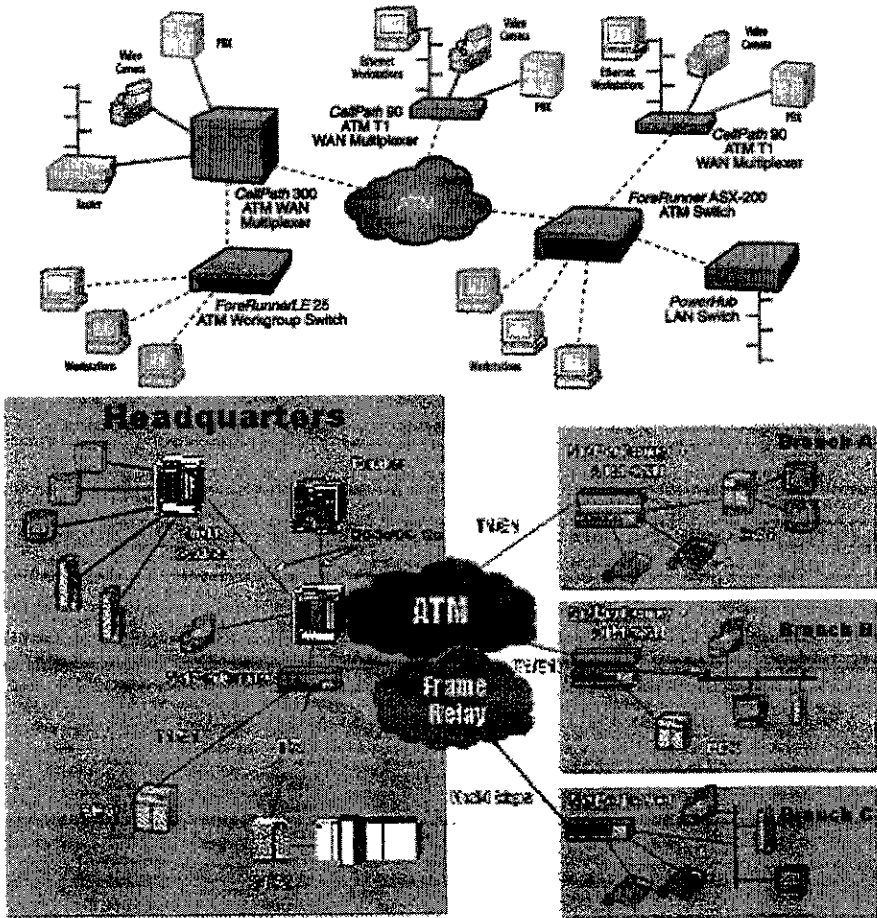
⁶ Se le considera como distribución sólo por el manejo de troncales digitales para voz.

⁷ Internetworking Operating System®.

IV.2.2. FORE/ACT Networks

Fore maneja dos líneas de productos para la integración de redes WAN multiservicio: Los Cellpath, con tres equipos y los NetPerformer que son fabricados por ACT Networks, pero esta última tiene una alianza con Fore para la integración de redes.

La alianza entre Fore y ACT Networks es reciente⁸ y aún no existe una visión unificada de los productos de cada fabricante en al integración de redes WAN multiservicio. De cualquier forma presentamos un par de imágenes donde se muestran las funcionalidades de los equipos de cada fabricante.

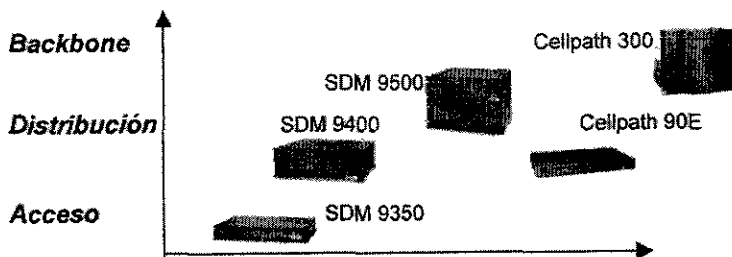


⁸ Diciembre de 1998, http://www.fore.com/press/archive/1998/PR812_09.html

Fore es sin duda uno de los fabricantes líderes en equipamiento ATM, pero en lo que respecta a las redes WAN integrales no cuenta con una línea de productos muy flexible, ya que no tiene equipos de acceso (voz analógica); aunque en la construcción de la capa del backbone y la de distribución son una solución interesante y perfectamente integrada con su línea de productos para LANs de alto desempeño. A pesar de que en la figura que se muestra no aparece Frame Relay, los equipos soportan esta tecnología de transporte.

ACT Networks tiene una línea de productos más amplia para la integración de redes WAN multiservicio, aunque dos de sus productos no integran voz o video, por lo que no se incluyen (SDM 8200 y SDM 8300). Sin embargo, esperamos que se logren niveles de interoperabilidad aceptables entre las líneas de productos de Fore y ACT Networks dentro de poco tiempo.

En el siguiente dibujo se ubican cada uno de estos equipos en las capas del diseño jerárquico según sus funcionalidades.



En el manejo de la voz ninguno de los equipos maneja funcionalidades avanzadas para el ahorro de ancho de banda como la compresión y la supresión de silencios. Los equipos de ACT Networks no tienen interfaces Fast Ethernet o ATM para su interconexión con redes LAN de alto desempeño, por lo que su campo de utilización se reduce a empresas sin este tipo de LANs o sólo a las capas de distribución y acceso de una red multiservicio. Además, ACT Networks no brinda soporte alguno para aplicaciones de video.

En la siguiente tabla se resumen las características de los equipos de Fore:

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
Backbone Cellpath 300	Manejo dinámico del BW, CE, Frame Relay Service Internetworking			E1s, IMA (4 Ptos), V.35 ⁹ (Nx56/64 kbps), OC-3c, E3s
Distribución Cellpath 90E	CE	Bridging	CE	E1 (G.703)
Acceso ---	N/A	N/A	N/A	N/A

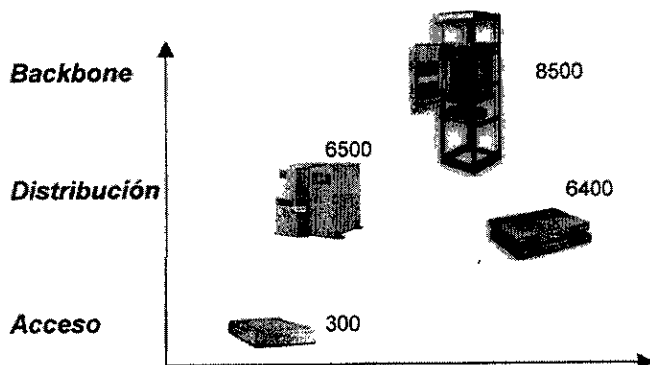
⁹ También soporta RS-530/X.21.

En la siguiente tabla se resumen las características de los equipos de ACT Networks:

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación ¹⁰
Distribución SDM 9500	Compresión 8 kbps, 2 a 24 Ptos analógicos.	Ruteo IP, IPX (OSPF, RIP)	N/A	E1 (G.703), V.35
Distribución SDM 9400	Compresión 8 kbps, E1 PBX, 1 a 8 Ptos analógicos		N/A	E1 (G.703), V.35
Acceso SDM 9350	Compresión 8 kbps, 4 Ptos analógicos		N/A	E1 (G.703), V.35

IV.2.3. Motorola

Motorola es sin duda el fabricante con la línea de productos más flexible. Sin embargo, no se encontró alguna gráfica que ilustrara la ubicación de cada uno de los equipos de la línea de productos Vanguard en la construcción de una red WAN multiservicio. De cualquier forma, en el siguiente dibujo se ubican cada uno de estos equipos en las capas del diseño jerárquico según sus funcionalidades:



La única limitante que tiene la línea de productos Vanguard es que su manejo de video no es para aplicaciones en tiempo real en full duplex (como la videoconferencia) sino que sólo maneja video del tipo de "vigilancia".

¹⁰ Sus puertos seriales también soportan RS-232, X.21 y RS-449.

En la siguiente tabla se resumen las características de los equipos de Motorola:

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
Backbone Vanguard 8500	Manejo dinámico del BW, ATM, ISDN, CE, Frame Relay Service Internetworking			E1s, G.703 ¹¹ (Nx64 kbps V.35/V.11/X.21), E3s
Distribución Vanguard 6500	Compresión a 8 / 16 Kbps. Soporte de puertos analógicos (FXS, FXO, E&M). Manejo de 24 a 28 canales	Ruteo IP, IPX y AppleTalk (RIP-1 y RIP-2, OSPF, CIDR para OSPF)	N/A	Soporte de 19 puertos síncronos y 19 puertos asíncronos
Distribución Vanguard 6400	Compresión a 8 / 16 Kbps. Soporte de puertos analógicos (FXS, FXO). Manejo de 6 canales	Ruteo IP, IPX y AppleTalk (RIP-1 y RIP-2, OSPF, CIDR para OSPF)	Video para monitoreo RemoteVU™ (12 puertos)	Soporte de 5 a 13 puertos síncronos y de 6 a 14 puertos asíncronos.
Acceso Vanguard 300	Compresión a 8 / 16 Kbps. Soporte de puertos analógicos (FXS, FXO). Manejo de 2 a 4 canales	Ruteo IP, IPX y AppleTalk (RIP-1 y RIP-2, OSPF, CIDR para OSPF, RTMP o Ruteo Estático)	Video para monitoreo RemoteVU™ (8 puertos)	Soporte de hasta 3 puertos síncronos y 3 puertos asíncronos.

Cabe señalar que de cada una de las familias mostradas en la tabla, existen diversos modelos de acuerdo a su capacidad de expansión. Por esto Motorola es una de las marcas más flexibles en el mercado hoy en día.

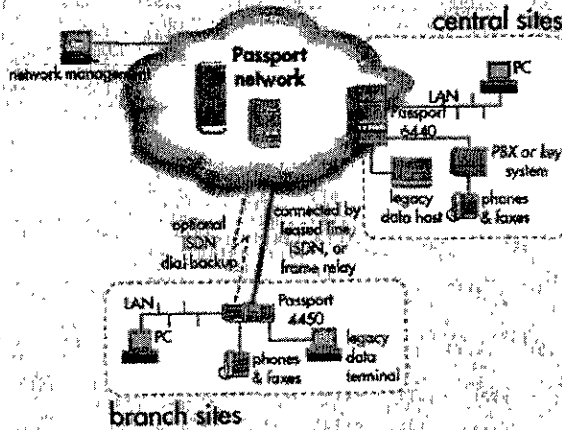
IV.2.4. Nortel

Nortel en sus inicios era una empresa especializada en la telefonía y en servicios de carrier que poco a poco empezó apostarle al transporte e integración de servicios de voz datos y video. Actualmente ha adquirido importantes empresas en el ramo del transporte de datos como Bay Networks y Micom, entre muchas otras. Con la adquisición de Micom, Nortel ha abierto su mercado para ofrecer soluciones no solo ha carriers, sino también a corporativos y empresas con necesidades de conexión.

Actualmente Nortel cuenta con una línea de productos para las soluciones de transmisión de voz, datos y video: Passport, la cual se integra por los productos propios de Nortel, identificados por la familia 6400 y los agregados de Micom, familia 4400, los cuales permiten canales de voz analógicos.

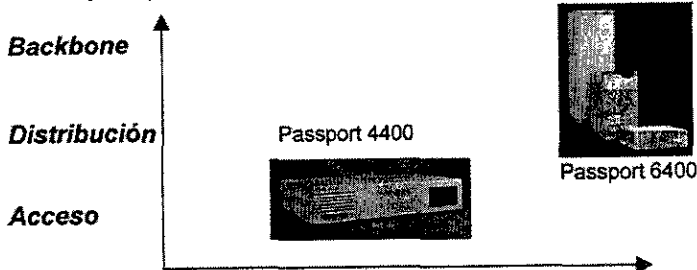
¹¹ También soporta RS-530/X.21, RS-232/V.24 y V.11/X.21.

A continuación se muestra un dibujo donde el fabricante ubica a sus equipos:



Los equipos Passport se clasifican en dos familias, la 6400, dirigidos principalmente a carriers dada su capacidad de manejo de todas las tecnologías, así como enlaces puramente digitales; y la familia 4400, los cuales los podemos ubicar en oficinas remotas y con soporte de enlaces tanto digitales como analógicos para el caso de la telefonía.

En el siguiente dibujo se ubican cada uno de estos equipos en las capas del diseño jerárquico según sus funcionalidades.



En la siguiente tabla se resumen las características de los equipos de Nortel:

Capa	Conexiones locales			Conexiones WAN
	Voz	Datos	Video	Canales de comunicación
Backbone Passport 6480 (16 slots)	Compresión G.729 y G.728 a 8/16 kbps Solo soporta canales digitales	Ruteo IP, IPX (OSPF, RIP, EGP)	Enlaces seriales (Codec 384 kbps)	Interface V.35, V.11 (X.21), OC-3, E1s y DS1 (Canalizado y descanalizado), DS3, E3s.
Distribución Passport 6440 (5 slots)	Compresión G.729 y G.728 a 8/16 kbps Solo soporta canales digitales	Ruteo IP, IPX (OSPF, RIP, EGP)	Enlaces seriales (Codec 384 kbps)	Interface V.35, V.11 (X.21), OC-3, E1s y DS1 (Canalizado y descanalizado), DS3, E3s.
Distribución Passport 4455 (5 slots)	Compresión G.729 a 8kbps 1 o 2 puertos analógicos (FXS, FXO, E&M) y 1 ó 2 puertos digitales E1	Ruteo IP, IPX (RIP v.2)	Enlaces seriales (Codec 384 kbps)	4 u 8 puertos seriales de alta velocidad T1/E1, V.24, V.35, V.36, X.21.
Acceso Passport 6420 (3 slots)	Compresión G.729 y G.728 a 8/16 kbps Solo soporta canales digitales	Ruteo IP, IPX (OSPF, RIP, EGP)	Enlaces seriales (Codec 384 kbps)	Interface V.35, V.11 (X.21), OC-3, E1s y DS1 (Canalizado y descanalizado), DS3, E3s.
Acceso Passport 4430/ 4450 (3 / 5 slots)	Compresión G.729 a 8kbps 1 o 2 puertos analógicos (FXS, FXO, E&M) y 1 ó 2 puertos digitales E1	Ruteo IP, IPX (RIP v.2)	Enlaces seriales (Codec 384 kbps)	4 u 8 puertos seriales de alta velocidad T1/E1, V.24, V.35, V.36, X.21.

Cabe señalar que los equipos Passport 6400 soportan todas las tecnologías y ofrecen toda clase de servicio ATM, Frame Relay, voice, SNA y X.25

CAPÍTULO V TECNOLOGÍA FRAME RELAY

Como hemos podido observar, tanto para el caso del medio de transporte como para el caso de los dispositivos con que actualmente se cuentan en el mercado para México, Frame Relay es la opción que puede cubrir la mayor parte de las necesidades que hoy en día pueden tener una empresa o corporativo. Es por esta razón que decidimos dedicar un capítulo para ahondar en esta tecnología sin llegar a hacer este estudio minucioso.

En caso que el lector desee conocer más a detalle el estudio de esta tecnología, nos permitimos incluir un Anexo donde se profundiza en el funcionamiento de Frame Relay.

V.1. ANTECEDENTES

Frame Relay surgió como una respuesta a la demanda existente de comunicación entre redes locales. En los 70's se desarrolló el protocolo X.25, el cual permitía la comunicación entre redes remotas, pero esta era muy lenta debido a su ancho de banda de 56/64 Kbps, además de tener funciones como la corrección de errores y la retransmisión de datos que reducían aún más su eficiencia. Con la introducción de la transmisión digital a través de la fibra óptica, la corrección de errores ya no era necesaria reduciendo el tamaño del paquete y aumentando la velocidad de transmisión; por otro lado, al aumentar la tecnología en las estaciones de trabajo, la tarea de corrección de errores y la retransmisión de datos quedó a cargo de éstas, permitiendo que los protocolos de comunicación entre redes locales se concentraran básicamente a la transmisión de datos.

Frame Relay se puede ver como una versión simplificada de X.25 que elimina las banderas o encabezados que son innecesarios en las tramas para aumentar la eficiencia en la comunicación LAN - a - LAN.

En un principio Frame Relay fue concebido como un protocolo para interfaces ISDN (Integrated Services Digital Network). La estandarización se estableció en la International Telecommunication Union Standardization Sector (ITU-T) en 1984. Por otro lado, los trabajos sobre Frame Relay también fueron tomados por la American National Standards Institute (ANSI) acreditado en el estándar T1S1.

Los trabajos sobre Frame Relay se intensificaron a principios de 1990 cuando empresas como Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom, y Digital Equipment Corporation unieron sus fuerzas para impulsar el desarrollo de esta tecnología e incorporar al mercado los productos de Frame Relay. Este consorcio desarrolló las especificaciones técnicas basándose en los estándares creados por la ITU-T y la T1S1 agregando otras características que mejoraban y permitían su compatibilidad con otros ambientes de intercomunicación más complejos. A estas modificaciones al protocolo Frame Relay se les conoce genéricamente como Interface de Administración Local, LMI (Local Management Interface).

V.2. DEFINICIÓN

Frame Relay es un protocolo de red de área amplia (WAN) que trabaja sobre las dos primeras capas del modelo OSI, la capa física y la capa de datos.

Originalmente Frame Relay fue diseñado para ser usado sobre interfaces del tipo ISDN (Integrated Services Digital Network). Actualmente, es usado sobre muchas otras interfaces de red.

V.3. CARACTERÍSTICAS

Frame Relay provee una interface de comunicación de datos entre dispositivos de los usuarios y los dispositivos de la red. Esta interface constituye la base de la comunicación a través de la WAN entre los dispositivos de los usuarios.

Las velocidades de comunicación más comunes para Frame Relay se encuentran entre los rangos de los 64 Kbps y los 2 Mbps (cabe señalar que esta tecnología soporta velocidades por encima y por debajo de las mencionadas).

Frame Relay es considerado más eficiente que X.25, protocolo al cual se considera que Frame Relay esta sustituyendo. Dado que esta tecnología soporta cableado de fibra óptica y transmisiones digitales, Frame Relay puede eliminar tiempos de proceso (como la corrección de errores y el control de flujo) que antes eran necesarios ya que se contaba con sistemas de comunicación con medios analógicos y poco confiables para la WAN.

Las redes Frame Relay pueden ser implementadas tanto en redes públicas de los proveedores de servicios como en redes privadas.

V.4. ESTANDARIZACIÓN

Internacionalmente Frame Relay fue estandarizado por la ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunications Sector), mientras que en los Estados Unidos de Norte América el estándar de Frame Relay esta dado por la ANSI (American National Standards Institute).

Las especificaciones LMI (Local Management Interface), desarrolladas en 1990, permitieron aumentar la funcionalidad de Frame Relay.

V.5. DISPOSITIVOS

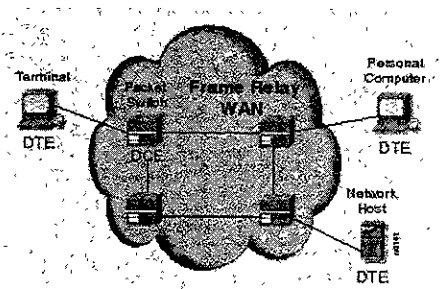
Los dispositivos relativos con las WAN Frame Relay se pueden clasificar en dos categorías:

Dispositivos Terminales de Datos (DTE, Data terminal equipment) - Los dispositivos DTE son, generalmente, propiedad de los usuarios finales. Algunos ejemplos de estos dispositivos son: terminales tontas, computadoras personales, ruteadores y bridges.

Dispositivos Terminales de Circuitos de Datos (DCE, Data Circuit-terminating Equipment) - Los equipos DCE son, generalmente, propiedad de los proveedores de servicios o carrier's. En la mayoría de los casos estos dispositivos son switches (cabe señalar que los ruteadores u otros equipos también pueden ser configurados como DCE's).

Los equipos DTE y DCE son entidades lógicas, esto es, los dispositivos DTE inician el intercambio de comunicación, mientras que los equipos DCE solo responden a esta petición.

La siguiente figura muestra la relación entre estas dos categorías:



V.6. CIRCUITOS VIRTUALES

Como se mencionó ya en el capítulo II, Frame Relay es una tecnología orientada a conexión. Este servicio se implementó mediante el uso de circuitos virtuales.

Los circuitos virtuales de Frame Relay se clasifican de la siguiente forma:

- Circuito Virtual Switchado o Conmutado (Switched virtual circuit, SVC)
- Circuito Virtual Permanente (Permanent virtual circuit, PVC)

V.6.1. Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs)

Un Circuito Virtual Switchado o Conmutado (SVC) son conexiones temporales que son usadas cuando existe una transferencia de datos ocasionales entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay.

Una sesión a través de un SVC consta de cuatro operaciones básicas:

Call setup – En este primer estado se establece un circuito virtual entre los dispositivos DTE Frame Relay.

Data transfer – En este estado, los datos son transmitidos entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.

Idle – En este estado la conexión se encuentra activa entre los equipos DTE's pero no existe ninguna transmisión de datos entre dichos dispositivos.

Call termination – Por último, los dispositivos DTE terminan con la conexión. Una vez que el circuito virtual termina, los dispositivos DTE deben establecer un nuevo SVC si desean intercambiar una nueva información.

V.6.2. Circuitos Virtuales Permanentes (PVC)

Un Circuito Virtual Permanente (PVC) es una conexión permanente que se usa cuando existe una constante y frecuente transferencia de datos entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay.

La comunicación a través de un circuito virtual permanente no requiere de los estados de petición de llamada (call setup) y terminación (call termination) que son usados en los SVC. Los PVCs siempre se encuentran ya sea en transferencia de datos (data transfer) o en espera (idle).

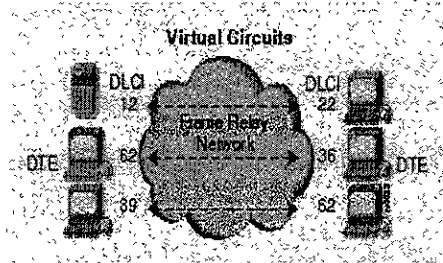
Los dispositivos DTE pueden iniciar con la transferencia de datos cuando lo deseen ya que el circuito siempre esta arriba y listo para cualquier transferencia.

V.7. IDENTIFICADOR DE ENLACE DE DATOS (DLCI)

Los circuitos virtuales Frame Relay son identificados por el DLCI (Data Link Connection Identifiers). Los valores del DLCI generalmente son asignados por los proveedores de servicio de Frame Relay, por ejemplo, las compañías telefónicas (Telmex, Alestra, Avantel).

Los DLCIs de Frame Relay solo tienen un significado local; esto es, los valores por sí solos no son únicos dentro de una WAN Frame Relay. Dos dispositivos DTE conectados por un circuito virtual debe usar diferente valor de DLCI para referirse a la misma conexión.

La siguiente figura muestra como un circuito virtual sencillo debe tener asignado diferentes valores de DLCI en cada punta del enlace:



V.8. MECANISMOS DE NOTIFICACIÓN DE CONGESTIÓN

Frame Relay reduce el encabezado de red gracias al uso de mecanismos de notificación de congestión muy sencillo y explícito en el control de flujo por circuito virtual.

Dado que Frame Relay generalmente se implementa sobre medios confiables, la integridad de los datos no es sacrificada ya que el control de flujo se relega a los protocolos de las capas superiores del modelo OSI.

Frame Relay cuenta con dos mecanismos de notificación de congestión:

- Forward explicit congestion notification (FECN)
- Backward explicit congestion notification (BECN)

Las banderas FECN y BECN se componen de un solo bit contenido en el encabezado de Frame Relay.

El encabezado del frame de Frame Relay también contiene un bit para Elección de Descarte (DE, Discard Eligibility), el cual es usado para identificar el tráfico menos importante y que puede ser descartado durante periodos de congestión.

V.8.1. Forward explicit congestion notification (FECN)

El bit de FECN es parte del campo de dirección dentro del encabezado del frame de Frame Relay.

Los mecanismos de FECN operan de la siguiente forma:

- Un dispositivo DTE envía frames de Frame Relay dentro de la red.
- Si la red está congestionada, los dispositivos DCE (switches) encienden la bandera FECN del frame.
- Cuando el frame alcanza su destino (un dispositivo DTE), el campo de la dirección (con la bandera FECN encendida) le indica que el frame experimentó congestión en su camino desde el origen hacia su destino.
- Los dispositivos DTE pueden enviar esta información a protocolos de capas superiores para su proceso. Dependiendo de la implementación, el control de flujo debe ser iniciado o el indicador es ignorado.

V.8.2. Backward explicit congestion notification (BECN)

El bit de Backward explicit congestion notification (BECN), al igual que el bit FECN es parte del Campo de Dirección dentro del encabezado del frame de Frame Relay.

Los dispositivos DCE encienden la bandera BECN en los frames que viajan en sentido contrario a los frames con su bandera FECN activada. Este informa al dispositivo DTE receptor que un canal en específico presenta congestión.

Los dispositivos DTE pueden enviar esta información a protocolos de capas superiores para su proceso. Dependiendo de la implementación, el control de flujo debe ser iniciado o el indicador es ignorado.

V.9. FRAME RELAY DISCARD ELIGIBILITY (DE)

El bit de la bandera DE es usado para indicar que el frame tiene una menor prioridad que otros frames. El bit DE es parte del campo de dirección dentro del encabezado del frame de Frame Relay.

Los equipos DTE pueden activar esta bandera para indicar que el frame tiene una prioridad menor que otros frames. Cuando la red experimente una congestión, los equipos DCE descartarán, como primera opción, los frames con el bit DE encendido.

V.10. CHEQUEO DE ERROR

El mecanismo que usa Frame Relay para la revisión de errores es el CRC (cyclic redundancy check). El CRC compara dos valores calculados a partir del número de bits en la trama para determinar si existe un error en la transmisión.

Frame Relay reduce el encabezado de la red haciendo uso del chequeo de errores y no la corrección de éstos. Dado que Frame Relay trabaja sobre medios confiables, la integridad de los datos no es sacrificada ya que la corrección de errores se deja a los protocolos de capas superiores que corren sobre Frame Relay.

V.11. LOCAL MANAGEMENT INTERFACE (LMI)

El LMI (Local Management Interface) es un conjunto de mejoras a las especificaciones iniciales de Frame Relay. Los LMI fueron desarrollados en 1990 por 4 empresas: Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom, y Digital Equipment Corporation. Esto ofrece nuevas características (llamadas extensiones) para el manejo de redes más complejas.

A continuación se enlistan algunas de las extensiones LMI más comunes:

- Direccionamiento Global (Global addressing)
- Mensajes del Estatus de los Circuitos Virtuales (virtual circuit status messages)
- Multicasting

V.11.1. Direccionamiento Global

El direccionamiento global da a los DLCI de los enlaces de Frame Relay un significado del tipo general y no solo local. Los valores que toma el DLCI es único en toda la red WAN.

El direccionamiento global da una mayor funcionalidad y un mejor manejo a las redes de Frame Relay. Por ejemplo, las interfaces independientes de red y los nodos que se encuentran conectados a esta, pueden ser identificados usando una resolución estándar de direcciones y técnicas de descubrimiento. Por otro lado, toda la red Frame Relay aparenta ser una sola red LAN para los ruteadores de la periferia.

V.11.2. Mensajes del Estatus de los Circuitos Virtuales

Los Mensajes del Estatus de los Circuitos Virtuales (Virtual Circuit Status Messages) provee la comunicación y la sincronía entre los equipos DTE y DCE.

Estos mensajes son usados para enviar reportes periódicamente del estatus de los Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs). Estos mensajes evitan que la información sea enviada dentro de "agujeros negros", es decir, donde no existen los Circuitos Permanentes.

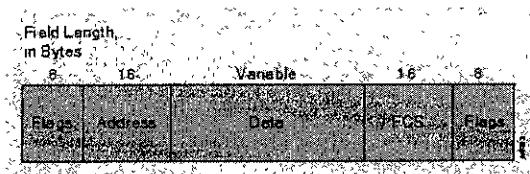
V.11.3. Multicasting

La extensión para el Multicast permite asignar grupos específicos de usuarios haciendo más eficiente el ancho de banda ya que permite el envío de tablas de actualización de ruteo y mensajes de resolución de direcciones a grupos específicos, en este caso, ruteadores.

La extensión también transmite reportes del estatus de los grupos multicast a través de mensajes de actualización.

V.12. FORMATO DEL FRAME DE FRAME RELAY

La siguiente figura muestra el formato del frame de Frame Relay:



Banderas (Flags) - Delimita el inicio y el final del frame de Frame Relay.

Dirección (Address) – Contiene la siguiente información:

Valor del DLCI – Indica el valor del identificador del enlace. Consiste en los 10 primeros bits del campo de la dirección.

Extensión de la Dirección (EA, Extended Address) – Indica el tamaño del campo de la dirección. Mientras todas las direcciones de Frame Relay actualmente sean de dos bytes, el bit EA permite contemplar la posibilidad de aumentar el tamaño de la dirección futuro. El octavo byte de uno de los campos de la dirección se usa para indicar la EA.

C/R – Este bit solo se antepone al byte más significativo del DLC en el campo de la dirección. El bit C/R aún no se ha definido actualmente.

Control de Congestión – Se compone de los tres bits que controlan los mecanismos de notificación de congestión para Frame Relay. Estos bits son el FECN, BECN, y el DE, y son los tres últimos bits del campo de dirección.

Datos (Data) – Campo de longitud variable que contiene la información encapsulada de las capas superiores.

FCS (Frame Check Sequence) – Este mecanismo es usado para asegurar la integridad del dato transmitido.

V.13. FORMATO DEL FRAME LMI DE FRAME RELAY

La siguiente figura muestra el formato del frame LMI de Frame Relay:



Campos de los mensajes tipo LMI

Banderas (Flags) - Delimita el inicio y el final del frame de Frame Relay.

LMI DLCI – Identifica un mensaje tipo LMI de un frame de datos de Frame Relay. En el caso de los mensajes LMI, se tiene definido el valor del DLCI igual a 1023.

Indicador de Información sin nominación – Tiene el bit "poll/final bit" apagado.

Discriminador de Protocolo (Protocol Discriminator) – Siempre tiene un valor indicando que el frame es del tipo LMI.

Referencia de llamada (Call Reference) – Siempre se encuentra en ceros.

Tipo de Mensaje (Message Type) – Etiqueta al frame como uno de los siguientes tipos mensajes:

Mensaje de Status-enquiry – Permite a los dispositivos de los usuarios indagar sobre el estatus de la red.

Estatus de los mensajes (Status message) – Es usado para responder a las peticiones del estatus de la red. Los mensajes del estatus incluyen mensajes tipo keepalives y mensajes de status de los PVCs.

Elementos de Información (Information Elements) – Compuesto por un número variable de elementos de información (IE) individuales. Los IEs están compuestos por los siguientes campos:

- Identificador IE – Identifica el IE
- Longitud del IE – Indica el tamaño o longitud del IE.

Datos – Contiene los datos encapsulados de las capas superiores en uno o más bytes.

FCS (Frame Check Sequence) – Este mecanismo es usado para asegurar la integridad del dato transmitido.

Nota: Para mayor detalle de Frame Relay se recomienda revisar el Anexo de este documento

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

Al llegar a este capítulo usted debe ser capaz de diseñar una red Frame Relay que se ajuste a sus necesidades ya que este documento le permite contar con todas las herramientas para la elección de cada uno de los elementos de los que se compone su red.

En México se cuenta con una infraestructura suficiente para dar servicio de Frame Relay en la mayor parte de la República y de esta forma contar con servicios de voz, datos y video a un bajo costo. Sin embargo es importante hacer notar que Frame Relay no es la única opción para la comunicación entre sitios remotos; algunos proveedores de servicio también cuentan con servicios de otras tecnologías como X.25, Líneas Privadas, Cablemodem, XLS, ISDN y Líneas Dedicadas Digitales que pueden complementar o sustituir los servicios de Frame Relay en algunas localidades.

X.25 y las líneas telefónicas privadas son tecnologías que actualmente ya están fuera del mercado por tratarse de tecnologías deficientes e inseguras, además de que sus grandes retardos no permiten el manejo de tráfico crítico como la voz y el video.

Las líneas digitales dedicadas permiten contar con una canal dedicado seguro y libre de tráfico público, pero este tipo de soluciones requieren de una fuerte inversión y su renta mensual es la misma independientemente del uso que se le dé al canal. Por otra parte, en el caso de ser necesario comunicar varios sitios remotos, se requiere crear una malla entre todos los sitios incrementando el número de enlaces y por ende la inversión del proyecto.

ISDN es una tecnología nueva en México que apenas esta entrando al mercado nacional y por lo tanto no se cuenta con una infraestructura en toda la República. Esta tecnología es ideal para empresas con oficinas pequeñas en sus sitios remotos, pero para el caso de necesitar mayores anchos de banda; ISDN no es suficiente.

Por último se considera la posibilidad de trabajar con ATM, tecnología creada con base a la telefonía e ideal para el transporte de tráfico crítico como voz y video. Desdichadamente en México no se cuenta con la infraestructura pública para el soporte de ATM, pero esto se puede llevar a cabo a través de enlaces digitales dedicados ya que el transporte de la información resulta transparente para los carriers. Por esto es de vital importancia considerar el soporte de ATM en los equipos que se adquieran y estar preparados para migrar o complementarse con esta nueva tecnología. Un inconveniente que presenta Frame Relay y que da ventaja a ATM, es la capacidad del manejo de video. Los equipos que hoy en día trabajan con Frame Relay no integran una solución con video y esta se logra a través de dispositivos externos que aunados con el equipo para Frame Relay.

Cada una de las tecnologías arriba mencionadas tienen sus ventajas y su implementación depende en gran parte al tipo de aplicación que se vaya a utilizar.

Existen actualmente tecnologías emergentes como Cablemodem y XLS que están entrando a nuestro país; pero al igual que en el caso de ISDN no están bien establecidas y su infraestructura es muy pobre.

En resumen podemos observar que hoy en día la tecnología con mejor costo beneficio por sus funcionalidades y desarrollo en servicios y equipos en nuestro país es Frame Relay.

Es imposible la existencia de recetas para el diseño de redes, la experiencia y el manejo de las tecnologías y equipos continuamente se renuevan y cambian. Por esto en esta tesis no buscamos dar soluciones hechas o recetas; sino por el contrario lo que buscamos es dar las herramientas y las consideraciones necesarias a partir de las cuales se debe efectuar el diseño de una red cualquiera.

La competencia entre Frame Relay y ATM hoy en día ha crecido demasiado, los dispositivos para ATM se abaratan día con día y aunque amenaza con desplazar a otras tecnologías, en el caso de Frame Relay su bajo costo, su sencillez y su interoperabilidad con ATM garantizan su uso y desarrollo durante varios años.

La moneda queda en el aire y solo ustedes son los que, dadas sus necesidades, pueden decidir que tecnología les es más útil.

Cabe mencionar que durante la elaboración de este documento nos enfrentamos con algunos problemas que me gustaría comentar y que pueden ser útiles a considerar al lector para el diseño de su red.

Actualmente la tecnología se está desarrollando de una manera muy rápida, lo que provoca que día con día surjan nuevos dispositivos y funcionalidades y por tanto los equipos están incrementando o cambiando constantemente sus capacidades. Esta es la razón por la que la descripción de equipamiento en el capítulo IV no se efectuó a detalle, ya que durante el mismo desarrollo del trabajo varias de las funcionalidades de los equipos cambiaron.

Para el capítulo V la información que se obtuvo de los diferentes proveedores de servicio fue adquirida sin la autorización de las empresas, ya que al comentarles que se trataba de un trabajo de investigación, estas cerraron sus puertas, por lo que gracias a mi ocupación en el ámbito de las redes, me permití obtener la información a través de proyectos ficticios.

La elaboración de una guía de diseño adecuada a las diversas necesidades del mercado no es una labor sencilla ya que éstas pueden ser muy variadas, pero me atrevo a decir que se obtuvo un buen trabajo de investigación donde el lector puede tener en mente todos los factores que necesita al momento de diseñar su red.

Esta guía es la primer herramienta con que toda persona que desee implementar una red debe contar para iniciar sus trabajos y de esta forma conocer la información que el mercado nacional ofrece. Esta es una de las grandes ventajas que este documento ofrece ya que toda la información aquí presentada responde a las necesidades que hoy en día demanda nuestra industria.

De este primer documento se pueden desprender trabajos más especializados en las diversas tecnologías que existen en México tomando como modelo la estructura que se le dio a este trabajo.

Cabe señalar que hoy en día es de vital importancia contar con documentos que permitan capacitar y preparar a la gente encargada de las redes ya que en mi experiencia en el mercado me he percatado de una falta de cultura en telecomunicaciones lo cual frena el desarrollo de las empresas y se desaprovechan todos los recursos y funcionalidades que las tecnologías nos brindan.

ANEXO.- DETALLADO DE FRAME RELAY

A.1. DEFINICIÓN

Frame Relay es una tecnología de comunicación de alta velocidad, es un protocolo de paquetes switchados para conexión de dispositivos en una red de área amplia (WAN, Wide Area Network). Estos paquetes son etiquetados conforme son enviados a través de la red con una identificación o dirección como se muestra en la figura A.1.

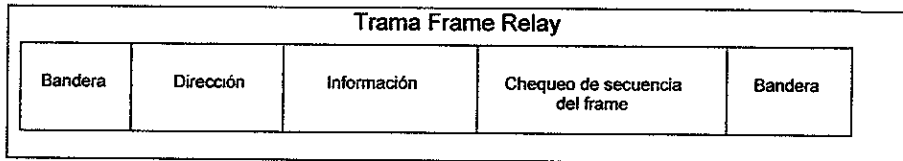


Figura A.1.

Frame Relay ofrece una comunicación a base de paquetes switchados que permiten la comunicación entre dispositivos locales (ej. ruteadores, puentes, estaciones de trabajo) y equipos de red (ej. nodos switcheados). Los dispositivos locales generalmente se conocen como DTE (data terminal equipment), mientras que los equipos de red se conocen como equipos DCE (data circuit-terminating equipment). Las redes que trabajan con Frame Relay pueden interconectarse, ya sea por la red pública telefónica, como por líneas privadas.

El funcionamiento de Frame Relay se basa en el multiplexaje de circuitos virtuales despreocupándose de la corrección de errores, la secuencia numérica, administración de ventanas, reconocimiento de tramas y retransmisión de las mismas ya que deja todo este trabajo a las capas superiores de los protocolos implementados en las redes locales. En el caso de Frame Relay, al momento de *detectar un error, éste simplemente descarta el frame* haciendo que el protocolo sea más rápido. Por esta razón Frame Relay forma parte del grupo que conforma el *fast packet switching* (switchero rápido de paquetes).

Como una tecnología de switchero de paquetes, Frame Relay tiene sus orígenes en los estándares X.25 e ISDN. El canal de control de switchero de paquetes utilizado en los dispositivos ISDN para realizar llamadas es el "Canal D" y su funcionamiento provee las bases de la definición de Frame Relay. El protocolo usado sobre el Canal D se llama Protocolo de Acceso de Enlaces para ISDN Canal "D" (LAPD, Link Access Protocol for ISDN "D" Channels), el cual está basado en el Protocolo de Balanceo de Acceso de Enlaces (LAPB, Link Access Protocol Balance); protocolo usado para correr enlaces X.25 sobre enlaces punto a punto. LAPB es un protocolo de capa dos del modelo OSI.

A.2. FRAME RELAY Y EL MODELO OSI

Frame Relay define una interface para comunicar equipo de red con el equipo de los usuarios finales. Frame Relay solo define dos capas del modelo OSI, la *capa física* y la *capa de datos*. En la siguiente figura se muestra un comparativo del modelo OSI con las capas de Frame Relay

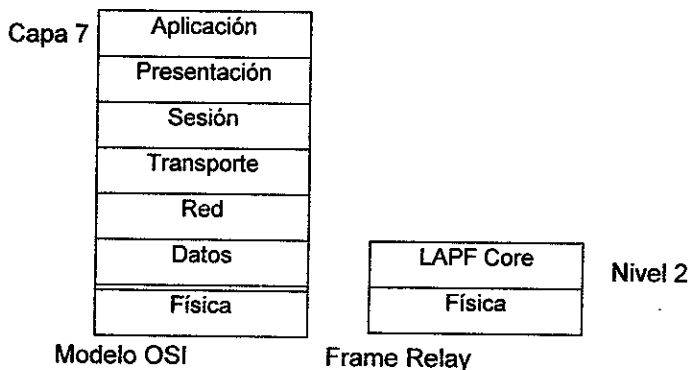


Figura A.2.

Frame Relay combina las funciones de la capa de red (capa 3) y la de datos (capa 2) en un solo nivel. El nivel físico de Frame Relay especifica los aspectos eléctricos y mecánicos de la conexión física del cable entre el DTE (dispositivo de acceso) y el DCE (CSU/DSU); utilizando estándares de la industria para las interfaces EIA-232, V.35, DS-1 y DS-3. El segundo nivel o nivel de liga utiliza aplicaciones denominados procedimientos core basadas en la extensión de ISDN (Integrated Services Digital Network) conocidas como Link Access Protocol-D (LAPD). Dado que estos mismos procesos se aplican para los servicios de Frame Relay, el protocolo Q.922 es llamado (Link Access Procedures to Frame Mode Bearer Services, LAPP). Frame Relay eliminó algunas funciones de la capa 2, como el control de flujo y la corrección de errores.

Por otro lado, no todas las funciones del nivel 3 fueron eliminadas; el direccionamiento y el ruteo se movieron al nivel 2, así como la capacidad de trabajar con múltiples circuitos virtuales sobre circuitos físicos simples.

Es importante hacer notar que Frame Relay hace uso de tramas de longitud variable, las cuales varían de unos cuantos octetos hasta 2000 octetos. Esto le permite a Frame Relay trabajar de forma correcta con longitudes variables y aleatorias reduciendo el exceso de fragmentación y su re-ensamble por las terminales de trabajo. El hecho de trabajar con tramas de longitud variable, hace que los retrasos de tiempo durante la transmisión sean también variables.

A.3. OPERACIÓN BÁSICA DE FRAME RELAY

La tecnología de Frame Relay esta basada en el concepto del uso de circuitos virtuales (VC). Los Circuitos Virtuales son rutas bidireccionales de datos definidos vía software para unir a dos dispositivos y trabajar como líneas dedicadas. Hoy en día existen dos tipos de conexión para Frame Relay, por Circuitos Virtuales Switcheados (SVC) o por Circuitos Virtuales Permanentes (PVC).

Inicialmente, Frame Relay sólo soportaba Circuitos Virtuales Permanentes, el cual se comporta como una línea dedicada. Más recientemente los Circuitos Virtuales Switcheados han sido introducidos por algunos proveedores, permitiendo la interconexión de un punto a otro mediante una conexión conmutada, tal como lo es una llamada telefónica común.

Las redes de Circuitos Virtuales Switcheados (SVC) permiten a los usuarios de Frame Relay expandir dinámicamente sus redes actuales de Circuitos Virtuales Permanentes (PVC) y establecer conexiones lógicas con otras redes sólo en caso de ser necesario. Los SVC entregan el ancho de banda necesario cuando se solicita.

Muchas aplicaciones exigen el uso de SVC como las intranets, las videoconferencias, el acceso remoto y aplicaciones de voz. Este tipo de aplicaciones generalmente no requieren de un ancho de banda dedicado como en el caso de los PVC, ya que estas conexiones se efectúan eventualmente. Con el uso de SVCs, los usuarios pueden acceder información o comunicarse directamente a través de enlaces dinámicos sin necesidad de su pre-configuración. De hecho, los SVCs permiten a los usuarios ampliar sus redes basadas en PVCs de una forma económica.

Tanto los SVC como los PVC pueden coexistir en la misma red. Los PVC son mejor posicionados en puntos remotos donde los enlaces son muy comunes, mientras que los SVCs son ideales para aplicaciones de uso eventual. Por otro lado, los estándares basados en SVCs pueden crear conexiones fácilmente a través de enlaces NNI (network-to-network interface) a puntos de otras redes Frame Relay.

A.4. FORMATO DEL FRAME

Como su nombre lo indica, el protocolo Frame Relay envía frames de información a través de una LAN o WAN, de la misma forma como lo hacen los dispositivos que enlazan estos elementos. El protocolo esta diseñado para transferir frames de información con el menor encabezado posible; para lograr esto se basó en el formato del HDLC (High Level Data Link Protocol), el cual ha sido incorporado en muchas otras tecnologías de comunicación, incluyendo mainframes, X.25 e ISDN. Frame Relay utiliza un sistema de direccionamiento al nivel de enlace (nivel 2). A las tramas se les da el nombre de DLC (Data Link Connection; Conexión de enlace de datos). A cada DLC se le asigna un DLCI (Data Link Connection Identifier; Identificador de conexión de enlace de datos). Todas las tramas que

participen en una misma conexión de Frame Relay contienen el mismo DLCI. Además de los DLCI's, otros procesos dentro de la red son usados para garantizar el direccionamiento correcto de las tramas del usuario. Cabe señalar que el DLCI solo tiene significado local, es decir, los dispositivos extremos de un mismo enlace tienen diferente DLCI para hacer referencia a la misma conexión, sin embargo, los DLCI's no son únicos considerando la totalidad de la red. Ya que el DLCI es un número de 10 bits, el protocolo Frame Relay define 1024 DLCI's posibles. De estos, 2 (el 0 y el 1023) han sido reservados para la señalización y 30 (del 1 al 15 y del 1008 al 1022) han sido reservados para usos futuros. Los 992 DLCI's restantes (del 16 al 1007) quedan disponibles para los suscriptores.

El frame esta compuesto por cinco campos como se muestra en la figura A.3.

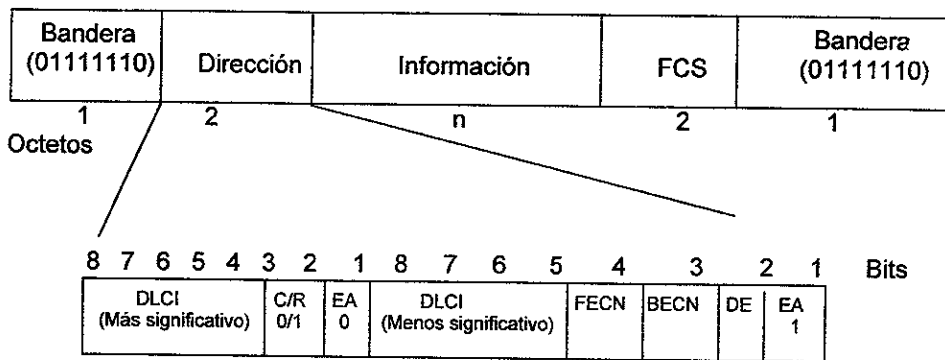


Figura A.3.

El primero y el último campo es la bandera, compuesta de un octeto con una secuencia fija de 01111110 (binario); la cual marca el inicio y el final de cada octeto; en caso de que dentro de la información hubiera una combinación igual a la bandera, el transmisor realiza un proceso denominado inserción de cero.

Cada PDU (Protocol Data Unit, Protocolo de Unidad de Datos) de Frame Relay contiene los siguientes campos:

Bandera. La bandera es usada para sincronizar el enlace el cual indica el inicio y el final del frame con un patrón único 01111110. Para asegurar que este patrón no se repita, se utilizan procesos denominados bit stuffing y destuffing (inserción de cero)

Dirección. Esta definida por dos octetos, aunque también se han definido direcciones de 3 y 4 octetos. Dentro de este campo existen otros 5 campos: Un identificador de 10 bits (DLCI); el DLCI es usado para el direccionamiento de la red. Los 6 bits restantes de los dos octetos son usados para avisos de congestión y para marcar los frame que han sido elegidos para ser eliminados

DLCI (data link connection identifier). Especifica el puerto al cual la red destino será enlazada. El bit 5 del segundo octeto es el menos significativo y el bit 8 del primer octeto es el más significativo del DLCI. El switch de la red Frame Relay utiliza el valor del DLCI para determinar a donde enviara el frame. Los 10 bits del DLCI permiten tener un margen de direcciones del 0 al 1023.

C/R (command/response bit). Este bit no esta definido por las especificaciones de Frame Relay. Los proveedores de servicio pueden determinar su función ya que este bit es transparente para la red.

EA (address field extensions bit). Incluido en el encabezado, permite al DLCI ser mayor a 10 bits. Esto garantiza que el espacio de la dirección de Frame Relay puede ser aumentada para necesidades futuras. Para el primer estándar de DLCI de 10 bits, el primer bit esta apagado "0" y el segundo esta encendido "1".

DE (discard eligibility). Indica la prioridad del frame. Si este bit esta en "1", el frame es considerado como de baja prioridad. Un switch puede eliminar este frame en caso de congestión de la red antes de eliminar otros frames de alta prioridad

FECN (forward explicit congestion notification). Debe ser puesto en "1" por un switch de Frame Relay indicando al receptor del sistema que el PVC presenta tráfico cuando el frame atravesó la red.

BECN (backward explicit congestion notification). Debe ser puesto en "1" por un switch de Frame Relay indicando al transmisor del sistema que el PVC presentó tráfico cuando el frame atravesó la red.

Datos. Contiene el mayor número de datos que pueden ser posicionados. Actualmente el mayor tamaño del frame debe ser negociado en la llamada. El estándar especifica que el tamaño máximo debe de ser, cuando menos, de 262 octetos. Desde que los protocolos punto a punto operan típicamente sobre la base de la transmisión de unidades de información grandes, es recomendado que la red soporte el valor máximo cuando menos de 1600 octetos (1518 octetos para un frame de Ethernet) para evitar la segmentación de los frames.

FCS (Frame Check Sequence). Verifica si el frame sufrió algún daño durante la transmisión. El valor del FCS es calculado por el emisor del frame y recalculado por el receptor. Si el resultado no es el mismo, el frame es desechado; el FCS cubre todos los bits comprendidos entre el último bit de la bandera de inicio hasta el primer bit del FCS. Cabe señalar que Frame Relay no implementa procesos de reenvío de los frames desechados.

A.5. Local Management Interface

Cuando Frame Relay se propuso en un principio, este se basaba en una simple regla: "El protocolo de red consérvalo simple y que los protocolos de capas más altas de los dispositivos finales se ocupen del resto de los problemas". Conforme se hicieron estudios del proyecto y se fue adoptando en las redes reales, se vio la necesidad de implementar mecanismos de señalización. En septiembre de 1990, el consorcio formado por Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom, y Digital Equipment Corporation (conocidos en un principio como "The Gang of Four", y fundadores más tarde del Frame Relay Forum), consientes de esta necesidad publicaron algunas extensiones de las especificaciones de Frame Relay que definían los métodos de comunicación entre los dispositivos de los usuarios finales (FRAD) y las redes.

A estas extensiones que se le hicieron a Frame Relay se les dio el nombre de *Local Management Interface* (LMI). Cabe señalar que existen algunas funciones LMI "comunes" y otras "opcionales", las primeras se establecieron con la idea que todo aquel que adopte las especificaciones las implemente. Existen actualmente tres versiones de las especificaciones LMI:

Protocolo	Especificación
LMI	Frame Relay Forum IA (Implementation Agreement) FRF.1 precedido por FRF.1.1
Anexo D	ANSI T1.617
Anexo A	ITU Q.933 referenciado en FRF.1.1

De los cuales el LMI y el Anexo D son soportados por todos los dispositivos Frame Relay, mientras que el Anexo A es solo soportado por algunos fabricantes.

Algunas de las funciones LMI se listan a continuación:

Mensajes del estatus de los Circuitos Virtuales (*Virtual circuit status messages* - común). Provee la comunicación y la sincronía entre la red y los dispositivos de los usuarios, reportando periódicamente la entrada y salida de un nuevo PVC (Permanent Virtual Circuit) o de otro ya existente. Los mensajes del estatus de los Circuitos Virtuales evitan que se envíen datos sobre PVC no existentes (hoyos negros).

Multicasting (opcional). Permite a los usuarios enviar una sola trama de datos a través de la red al resto de los usuarios, esto es, enviar información a múltiples receptores.

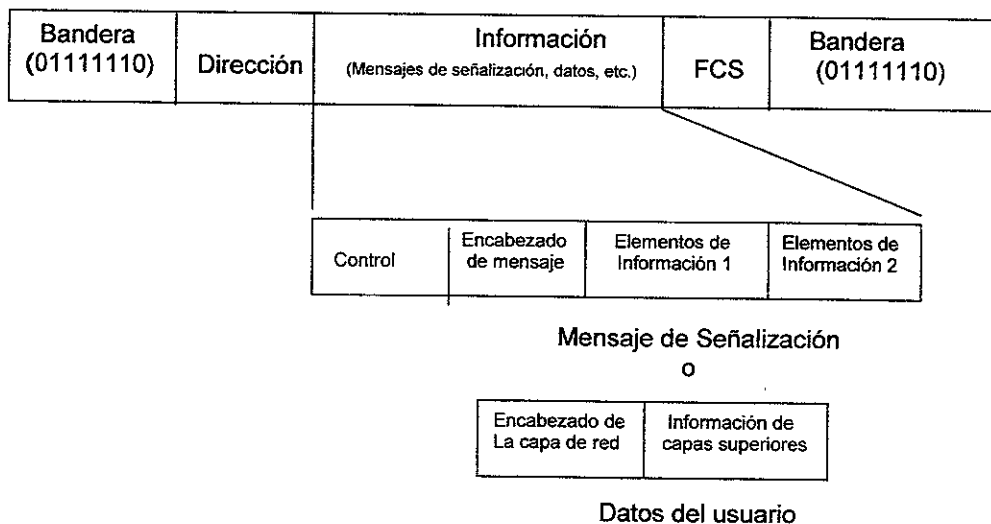
Direccionamiento Global (Global addressing - opcional). Permite a la red de Frame Relay se asemeje a una red de área local (LAN) en términos de direccionamiento.

Frame Relay usa cuatro categorías de señalización de mensajes:

- Mensajes LMI
- Mensajes T1.617 del Anexo D
- Mensajes CLLM
- Mensajes SVC

Los mensajes LMI utilizan el DLCI 1025 y son similares a los Mensajes T1.617 del Anexo D, con la diferencia que este último utiliza el DLCI 0 y fue publicado poco después de los LMIs con el mismo fin de administrar el enlace entre los dispositivos DTE y la red. El mensaje CLLM, indica cuando existe congestión, así como cualquier otra condición anormal de la red; dado que el CLLM utiliza el DLCI 1023, es incompatible con el LMI, pero puede trabajar con los mensajes del Anexo D. Finalmente, el Frame Relay Forum ha definido los procedimientos de señalización para establecer las conexiones de los SVC.

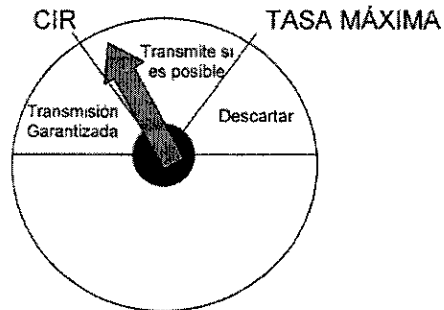
Cada una de las cuatro categorías de señalización de mensajes tienen el mismo formato de encabezado pero con diferente información y parámetros.



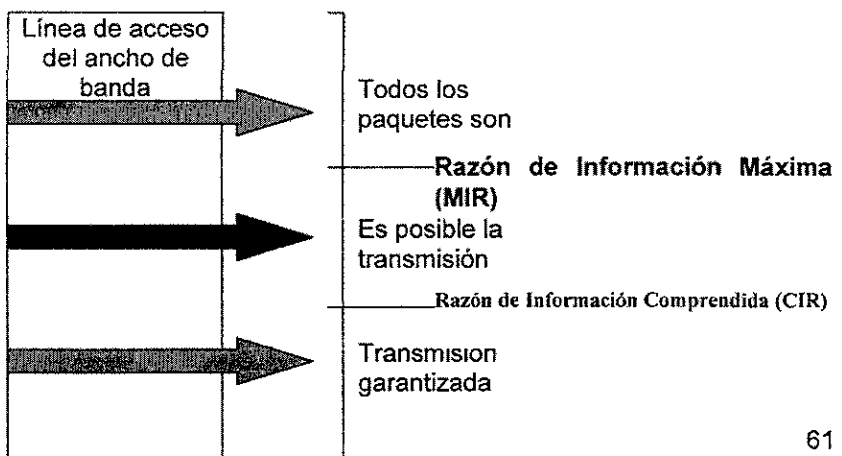
A.6. REGLAS DE OPERACIÓN

Es común que cuando un usuario desea una interconexión de Frame Relay, se establezca un contrato entre el proveedor y el usuario. Entre otras cosas, el contrato especifica el mínimo ancho de banda que el proveedor se compromete a ofrecer, cuando haya interconexión. Esto se conoce como el CIR (Committed Information Rate). Además de esto, el proveedor le puede permitir al usuario exceder el CIR, siempre y cuando exista ancho de banda disponible en la red.

Este parámetro es conocido como EIR (Excess Information Rate; Exceso de clasificación de información). De este modo, un usuario podría ordenar, por ejemplo, un enlace de Frame Relay con un CIR de 64 Kbps y un EIR de 256 Kbps. Bajo estas condiciones, el usuario puede transmitir a una velocidad mayor de la contratada, siempre que no exista congestión en la red. Si un paquete es recibido por encima del CIR, el dato se transmite a través de la red, pero se enciende una bandera en el encabezado indicando que dicho paquete puede ser descartado en caso de existir congestión en la red. Desafortunadamente, el tamaño del "burst" varía entre los diferentes proveedores. Este es uno de los grandes beneficios que ofrece el Frame Relay.



A cada PVC se le asigna una Razón de Información Máxima (MIR, Maximum Information Rate). Todos los paquetes enviados por encima del MIR son descartados aunque este paquete no afecte a otros usuarios, de esta forma se garantiza una reducción en el tráfico dentro de la red.



El Frame Relay establece mecanismos que sirven para prevenir congestiones permanentes en la red. Dichos mecanismos requieren de una comunicación estrecha entre la red y los DTEs. En caso de congestiones, el Frame Relay utiliza dos campos de las tramas, llamados FECN (Forward Explicit Congestion Notification; Notificación de la congestión explícita delantera) y BECN (Backward Explicit Congestion Notification; Retorno de la notificación de la congestión explícita), que sirven para informarle a los DTEs que empieza a existir congestión y que, por lo tanto, deben reducir la velocidad en la cual están transmitiendo. Si el DTE no responde al pedido de la red de reducir su velocidad de transmisión, entonces la red enciende el bit de la trama conocido como DE (Discard Eligibility; Elegibilidad de descarte) el cual es una indicación de que el nodo que recibe la trama puede descartar la misma durante períodos severos de congestión.

El funcionamiento del FECN y el BECN se realiza de la siguiente forma. Dado el caso de la red que se muestra en la figura, el nodo B empieza a presentar congestión:

El nodo B detecta la posibilidad de congestión basado en cálculos de la memoria del buffer o la longitud de la cola.

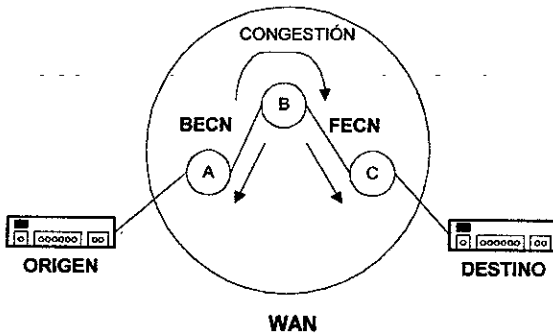
El nodo B avisa al Nodo C (que está debajo de él, a quien le envía la información) de la posible congestión cambiando el bit FECN del frame que se envía al Nodo C de 0 a 1.

Todos los nodos y dispositivos de red conectados al Nodo C, se enteran en que DLCI existe un congestión.

Dependiendo del protocolo, en ocasiones es conveniente notificar del congestión a quien envía los frames para que éste reduzca su ventana, esto es, el número de frames que se envían entre cada reconocimiento (Acknowledge); este aviso se hace a través del BECN:

El Nodo B espera un frame en el sentido contrario al enlace que produce el congestión.

El Nodo B enciende el bit BECN del frame que viene del nodo C para avisarle a los nodos que están arriba de él que existe un congestión, y estos, en caso de contar con esa característica, reducir el número de frames.



Las razones por las que una red de Frame Relay puede descartar datos son:

- El suscriptor ha excedido la cantidad de datos que la red ha acordado transportar.
- Un CRC fallido, lo cual indica errores en la parte física de la transmisión.
- Congestión de la red.

Cuando un dispositivo recibe un número de secuencia fuera de orden, solicita que su contraparte retransmita todas las tramas en orden desde la última trama.

Por otro lado, es importante la revisión de los enlaces en caso de contar con un PVCs, eso se logra mediante el poleo o muestreo periódico de los enlaces; el Frame Relay Customer Premises Equipment (CPE) polea al switch cada cierto tiempo para conocer el estado de la red y las conexiones DLCI. Un paquete de Verificación de Integridad del Enlace (LIV, Link Integrity Verification) aparece cada diez segundos, el cual verifica que la conexión se encuentre en buen estado; además, también da información a la red que el CPE esta activo, y este reporte se pasa al otro lado de la red.

Aproximadamente, cada minuto ocurre un Reporte Total (FS, Full Status), el cual da información de los DLCIs que se encuentren configurados y activos. Hasta que se da el primer FS, el CPE desconoce los DLCIs que estan activos, y por tanto ningún dato puede ser transmitido hasta entonces.

A.7. VELOCIDAD DE OPERACIÓN

La mayoría de los usuarios desarrollaron sus redes Frame Relay en topología estrella, similar a sus redes de líneas dedicadas. En esta configuración, una localidad funcionaba como punto central de tráfico para uno o más puntos remotos; por lo que, el punto central, generalmente requería el mayor ancho de banda.

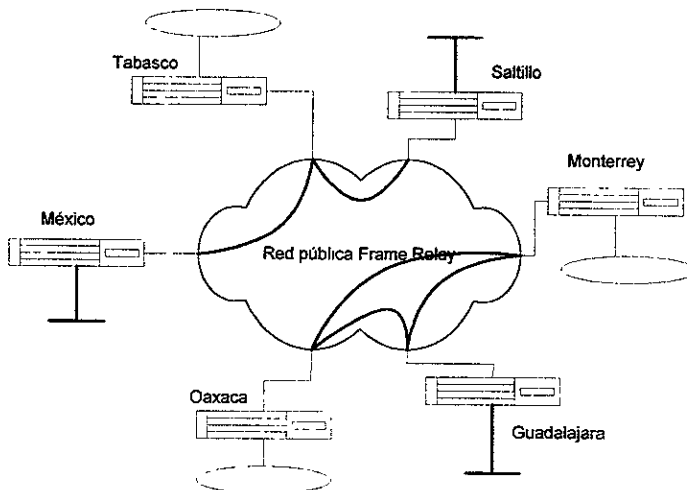
En un principio, los usuarios solicitaban un ancho de banda de 64 kbps (DS0) para sus oficinas remotas y 1.55 Mbps (DS1) para el centro. Conforme crecía el número de oficinas remotas y el tráfico, se incrementaba el pedido de DS1 incrementando el costo tanto en servicios como en equipo o CPE (Customer Premises Equipment).

El Forum de Frame Relay recientemente ratificó sus Acuerdos de Implementación (IA, Implementation Agreements) relativos a los UNI (Unit to Network Interface) y los NNI (Network to Network Interface), FRF 1.1 y FRF 2.1, que soportan Frame Relay de altas velocidades. Estos acuerdos IAs soportan tres interfaces de la capa física de alta velocidad: HSSI (52 Mbps), DS3 (45 Mbps), y E3 (35 Mbps). Los acuerdos definidos originalmente (IA) sólo soportaban velocidades T1/E1 (2Mbps) para los UNI y NNI.

A.8. CONEXIÓN CUALQUIERA CON CUALQUIERA

La posibilidad que tiene un usuario de comunicarse con cualquier otro usuario dentro de la red se denomina conexión any-to-any y Frame Relay permite este tipo de enlace. Con el uso de Frame Relay para la interconexión entre LANs, cualquier usuario dentro de una LAN puede comunicarse con cualquier otro dispositivo de cualquier otra LAN interconectada. Obviamente es necesario que definir su PVC para el flujo de datos entre las redes locales, *otra forma es mediante el uso de SVC*.

Frame Relay soporta múltiples conexiones lógicas sobre una sola interface física, y este número de conexiones lógicas varía de proveedor a proveedor.

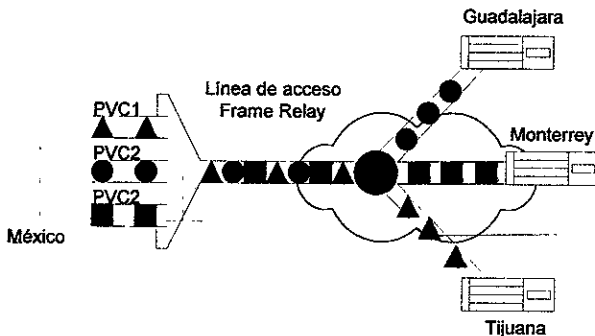


En la figura anterior podemos observar una conexión cualquiera a cualquiera sobre una red pública Frame Relay. En este ejemplo existen dos redes virtuales privadas. Cualquier dispositivo de Guadalajara, Monterrey y Oaxaca se puede comunicar entre sí. Así como entre cualquiera de México, Saltillo y Tabasco. Pero ninguna máquina de Monterrey podrá comunicarse con alguna de México dentro de la red de FR, mientras no se establezca un PVC.

A.9. ANCHO DE BANDA BAJO DEMANDA

Frame Relay fue diseñado para redes que proveen ancho de banda bajo demanda. El ancho de banda es el que determina la capacidad de transmisión de información. Por ejemplo, una línea estándar E1 provee un ancho de banda de 2.048 Mbps. La optimización del ancho de banda es muy importante debido a que este costo representa una gran parte del gasto de mantenimiento de una red. El ancho de banda bajo demanda significa que la necesidad de comunicación (ancho de banda) entre dos usuarios se da (demanda) de forma dinámica.

Multiplexaje de varios PVCs sobre una sola línea de acceso.



Frame Relay y otras tecnologías de conmutación de paquetes, como X.25, proveen de un ancho de banda bajo demanda mediante el uso de statical multiplexing (multiplexaje estático). Este multiplexaje estático está basado en la probabilidad matemática de que no todos los usuarios transmiten al mismo tiempo. Es decir, que todo el ancho de banda de la línea de acceso está disponible al PVC si éste tiene datos que transmitir. Los paquetes de múltiples PVCs son intercalados sobre una línea de acceso de Frame Relay al switch. Como se muestra la figura, en caso de que se encuentren más de un PVC activado, los datos se intercalan por la misma línea de acceso.

A.10. FRAME RELAY COMO SERVICIO DE TRANSPORTE

A.10.1. SNA sobre Frame Relay

El sistema de IBM para la arquitectura de red (SNA, System Network Architecture) es una tecnología de red que se aceptó en gran parte de los sistemas de red para las líneas dedicadas. Se publicaron tres documentos donde se definió la operación de SNA sobre Frame Relay. El primer documento fue emitido por la ANSI T1.617a Anexo F, titulado "Encapsulación Multiprotocolo sobre Frame Relay".

Dentro del formato de Frame Relay, no se encuentra ningún campo donde se especifique el tipo de información que se maneja: TCP/IP, Novell NetWare o información SNA; por lo que el estándar T1.617a Anexo F define el procedimiento para encapsular los protocolos de capas superiores dentro del formato de Frame Relay (T1.618).

El segundo documento fue creado por el Forum de Frame Relay en su Implementación del Convenio para la Encapsulación de Multiprotocolos FRF.3.1; y el tercer documento es el RFC 1490 "Interconexión de Multiprotocolos sobre Frame Relay". Ambos documentos definen mecanismos de encapsulación para transportar tráfico multiprotocolo sobre un backbone de Frame Relay.

A.10.2. Voz sobre Frame Relay

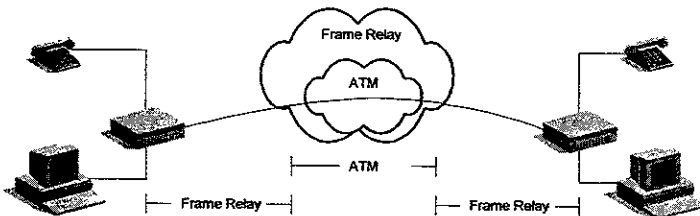
Frame Relay fue diseñado en un principio para aplicaciones sólo de datos, pero conforme fue avanzando el tiempo, el Foro de Frame Relay fue implementando mecanismos (IA, Implementation Agreement) para soportar las conexiones de voz sobre Frame Relay.

A.10.3. Operación Multicast de Frame Relay

La mayoría de las redes locales, típicamente redes multipunto, incluyen un aditamento que les permite tener tráfico tipo multicast, esto es a un grupo determinado de usuarios. Las redes WAN, generalmente son del tipo punto a punto, con operaciones unicast; lo cual le permite enviar a información solo a un usuario. El servicio de multicast que se agregó por el Forum de Frame Relay en su acuerdo FRF. 7 le permite realizar a Frame Relay operaciones del tipo punto-multipunto, similar al servicio multicast o broadcast para audio/video de las redes LAN.

A.10.4. Conexiones ATM/Frame Relay

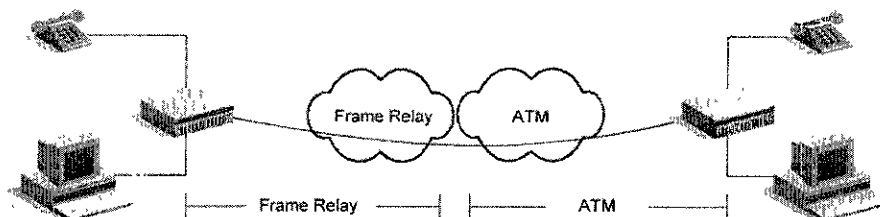
El más reciente servicio que ha sido definido para Frame Relay es la *interworking* con las redes ATM. Lo que implica que existe una negociación entre ambos protocolos para poderse llevar a cabo la comunicación.



Se han definidos dos arquitecturas de *interworking*: El servicio de internetworking de redes en el FRF. 5 y los servicios de *interworking* en el FRF. 8

Con el *interworking* de redes, un solo protocolo (Frame Relay), es usado en ambos extremos de la conexión, mientras que el otro (ATM) provee el transporte entre ambas redes. Asegurando que la translación frame-celda-frame es transparente para los usuarios finales.

Por otro lado, con los servicios de *interworking*, los servicios de los usuarios de Frame Relay pueden trabajar con los servicios de los usuarios de ATM.



A.11. BENEFICIOS DE FRAME RELAY

Transmisión elevada

Frame Relay puede manejar cantidades mucho mayores de tráfico que X.25, esto se debe a su alta velocidad de acceso. El retraso de switcheo que se tiene en Frame Relay es menor a 3 milisegundos por nodo, mientras que en X.25 es de 30 milisegundos. Lo que representa una excelente opción para la comunicación LAN - LAN a través de Frame Relay.

Crecimiento a futuro

Actualmente los equipos de switcheo pueden ser adaptados fácilmente para trabajar con Frame Relay mediante software. Los riesgos tecnológicos que se tienen son muy pocos ya que Frame Relay trabaja con tecnologías probadas que incluyen interfaces estándares WAN y estándares CSU/DSU. Además, Frame Relay puede coexistir con ISDN.

Ancho de banda bajo demanda

Frame Relay permite a los subscriptores obtener más ancho de banda a un menor costo que con líneas dedicadas de alta velocidad. Frame Relay es particularmente atractivo cuando el tráfico de una LAN necesita ser transmitido a velocidades relativamente altas a través de grandes distancias.

Transparencia en el protocolo del usuario

Frame Relay es totalmente transparente para los protocolos de las capas superiores como TCP/IP, IPX, y SNA. Frame Relay necesita que las direcciones de las redes, definidas por cada protocolo, sean convertidas a direcciones DLCI.

Fácil de usar

Frame Relay se instala fácilmente y su operación es sencilla requiriendo una mínima configuración.

A.12. LIMITACIONES DE FRAME RELAY

Comunicación Internacional

Frame Relay no provee el mismo panorama internacional de conectividad como X.25. Una razón de esto, es que Frame Relay requiere una transmisión digital pura que no se encuentra en todas las ciudades.

Corrección de errores

Frame Relay requiere que los protocolos que se estén corriendo en las estaciones de los usuarios finales tengan la capacidad de recuperar paquetes. Si el enlace dentro de la red presenta cierto ruido, *la falta de corrección de errores, provocaría una retransmisión de los paquetes, trayendo consigo un desgaste en la transmisión y aumentando los retrasos de tiempo.*

Congestión

Se requiere de un mecanismo robusto para prevenir el congestionamiento dentro de las redes de Frame Relay. Todos los dispositivos de control de tráfico son opcionales.

BIBLIOGRAFÍA

Introduction to Internetworking

Independent-Study Course
3Com Education Services
Jill Dietmeyer
3Com Corporation, 1993.

WAN Technologies for Data Networking

Independent-Study Course
3Com Education Services
Chuck Semeria
3Com Corporation, 1993.

Commutacion de paquetes X.25 y Frame Relay

CiscoSystems, Inc.
1994

Multiprotocol Interconnect over Frame Relay

T. Bradley, C. Brown
Weelfleet Communications, Inc.
Enero 1992

Switched Access to Frame Relay Services and Frame Relay Switched Virtual Circuits

Ed Bursk, President, OST Inc.
Lee Jenkins, Director, Alcatel Data Networks
Febrero 1996

Frame Relay

Eran Sharabi, Yaniv Roten y Shai Ben-Naim

Aplicaciones, uso y diferencias entre: X.25, Frame Relay y ATM

Jesús Zamora
Revista Red
Julio 1996

Frame Relay Fast Packet Switching

Sangoma Technologies Inc
Marzo 06, 1998

General Overview

Frame Relay SVCs
Frame Relay Forum

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

High Speed Services

Frame Relay Forum

The Basic Guide to Frame Relay Networking

Frame Relay Forum

1998

Analyzing Broadband Networks

Mark A. Miller, P.E.

Segunda Edición

1996

Competitive WAN Enterprise Architecture

Resource Center

Technical notes

NORTEL NETWORKS

<http://www.nortelnetworks.com/dataprods/passport/html/rctech4.html>

The Case for the Intelligent Infraestructure

FORE Systems

<http://www.fore.com/products/wp/iipaper/iipaper.html>

Marzo 1999

Converged Networks

Case Studies

3Com Corp.

http://www.3com.com/technology/tech_net/white_papers/500671.html

Agosto 1998

Tecnología de Interconectividad de Redes

Steve Spanic, Tim Stevenson

Prentice Hall

Cisco Systems

Gestión de Conectividad Remota

Salvatore Salamone

Mc. Graw Hill

LAN TIMES