

El protocolo "Frame Relay"

Autor: Carlos Usbeck Wandemberg
COMPLEMENTOS ELECTRONICOS S.A.
ECUADOR

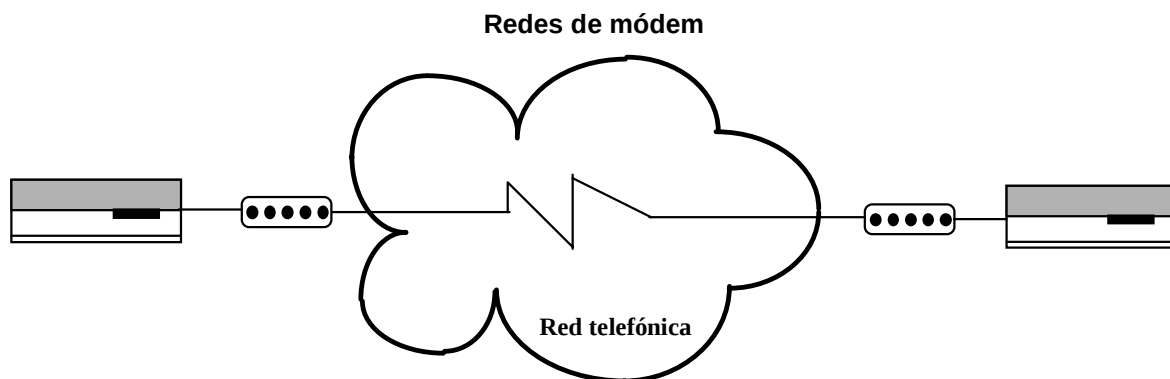
Desde el año de 1991, "Frame Relay" atrajo la atención de los administradores de sistemas de comunicaciones de datos en todo el mundo. Los diseñadores de redes y los administradores de redes de área local (Local Area Network, LAN) están viendo en "Frame Relay" una solución a sus problemas de interconexión de redes locales. Rápidamente se han ido incorporando equipos y servicios "Frame Relay", pero aún existe una gran confusión sobre qué significa esta nueva tecnología para los usuarios de redes, para quienes dan el servicio y para quienes están usando los equipos de redes correspondientes.

Evolución de la interconexión de redes de área local (LANs)

"Frame Relay" nace como una extensión de ISDN y X.25. Su existencia se debe a la instalación progresiva de computadores personales (PCs) y estaciones de trabajo en instituciones comerciales, gubernamentales, educativas y de investigación. Por donde quiera que se mire, las PCs están siendo empleadas en un conjunto de tareas cada vez mayor. La instalación de las PCs es seguida rápidamente por la instalación de LANs, con la finalidad de unirlos en una red.

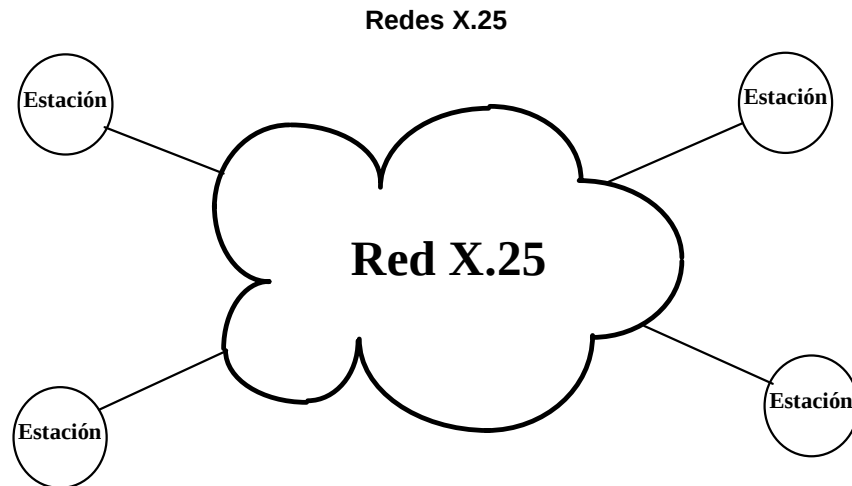
A medida que las redes de área local se hacen cada vez más comunes, existe una creciente necesidad de interconectarlas para formar las llamadas "internets". La demanda del mercado en cuanto a conexión de redes de área local no ha pasado desapercibida; soluciones como "Frame Relay" y SMDS están siendo desplegadas rápidamente por un número creciente de proveedores. Al continuar el crecimiento de las instalaciones LAN, su conexión a través de "internets" se está convirtiendo rápidamente en la mayor fuente de tráfico de datos en redes de área extensa (Wide Area Network, WAN) públicas.

Las interconexiones entre redes de área local son voraces en cuanto a ancho de banda. A las redes de área local les gusta disponer de enormes anchos de banda durante las transferencias de archivos, pero necesitan escaso ancho de banda en los periodos ociosos entre transferencias. Esa naturaleza espasmódica no encaja bien con las tecnologías de las redes de área extensa (WAN) tradicionales, las cuales fueron originalmente diseñadas para manejar un tráfico a tasa constante, como voz digitalizada o sesiones de comunicación entre un terminal interactivo y un computador ("mainframe").



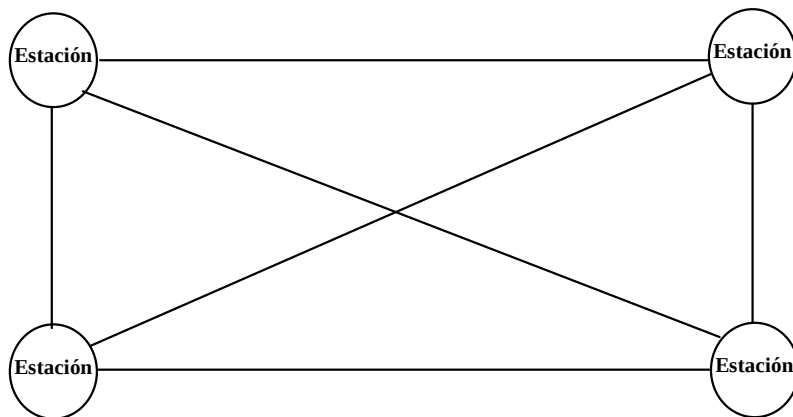
Los protocolos de las redes de área local como TCP/IP, DECnet, AppleTalk y muchos otros, asumen una serie de premisas relativas al medio de enlace, que tienen validez en comunicaciones locales pero no en redes de área extendida. Requerimientos tales como la capacidad de transmitir con retardo ínfimo (llamado a menudo "latencia") o la capacidad de acceder a cualquier computador central ("host") desde cualquier otro (conectividad tipo malla), complican la conexión de redes de área local a través de redes de área extensa.

Las soluciones para redes de datos desarrolladas hasta el presente, presentan desventajas al enfrentarse al tráfico de las redes locales. Los módems de discado o marcación sufren con rigor los límites de su velocidad, pues son lentos y poco confiables durante el establecimiento de la conexión, y están limitados fundamentalmente por el canal de 3,1 KHz de ancho de banda por el cual transmiten.



X.25, el protocolo conmutado por paquetes usado originalmente en la conexión de "mainframes" sobre las redes de área extensa públicas, está limitado por su historia. Diseñado para trabajar con medios de transmisión analógicos propensos a errores, su sistema de corrección y recuperación de errores mediante almacenamiento y reenvío ("store and forward") es excesivo para los enlaces digitales y ópticos actuales, más inmunes a los errores. La mayoría de las redes X.25 están configuradas típicamente con tamaños de ventana pequeños. El tamaño de la ventana limita la cantidad de datos que pueden estar en tránsito, añadiendo tiempo a la latencia y con más complicaciones en el software, como la división del tráfico entre varios circuitos lógicos para obtener un rendimiento razonable.

Líneas dedicadas



Las líneas dedicadas tienen su propio conjunto particular de problemas para manejar el tráfico de las redes locales. Es complejo y costoso lograr conectividad tipo malla: típicamente se requiere de la instalación de un complicado enrutador multiprotocolo, que necesita muchos ajustes (por parte de expertos costosos) para su funcionamiento adecuado. También resulta muy difícil reconfigurar las redes de líneas dedicadas para ajustarlas a demandas de ancho de banda rápidamente cambiantes. Con un multiplexador flexible, las redes pueden ser ajustadas en cuestión de horas, pero, de otra forma, el marco temporal de reconfiguración es de semanas o meses. Desafortunadamente, un ajuste eficiente del ancho de banda de la red que permita que al

usuario se le cobre sólo por los servicios que necesita, debe realizarse en períodos de milisegundos. Esto es algo que "Frame Relay" consigue hacer.

En vista de estos problemas y de la creciente necesidad de conexiones entre redes locales, los administradores de sistemas de comunicaciones de datos de todas partes están buscando soluciones. "Frame Relay" ataca algunos de los problemas más importantes en la conexión de redes locales, a la vez que ofrece un ahorro en los costos y una complejidad menor. Es por eso que ha atraído tanto interés por parte de la industria en tan poco tiempo.

¿Qué es "Frame Relay"?

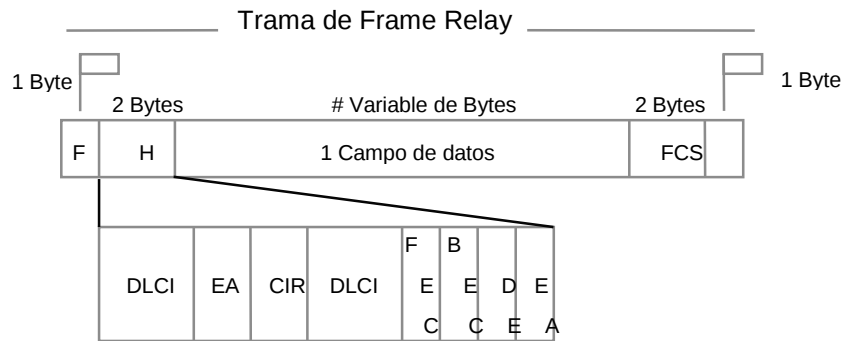
La respuesta a esta pregunta debería ser simple, pero no lo es. "Frame Relay" (en español, "relevo de tramas") es una interfaz de redes. Es aproximadamente análoga a una versión reducida de X.25, con una interfaz conmutada por paquetes de velocidad variable entre 56 Kb/s y 45 Mb/s. Como X.25, "Frame Relay" multiplexa estadísticamente paquetes o tramas hacia destinos diferentes con una sola interfaz. Está orientada a la conexión, lo que significa que un circuito virtual debe estar configurado para comunicaciones. Esto se hace típicamente mediante un enlace de señalización en banda (aunque la señalización fuera de banda a través de, por ejemplo, un canal D de ISDN, está incluida en los estándares).

Parte de la confusión que rodea a "Frame Relay" se debe a un mercadeo agresivo. Varias compañías están empleando el término "Frame Relay" para describir cualquier cosa, desde productos específicos hasta arquitecturas de red. "Frame Relay" se ha convertido en sinónimo de redes de baja latencia sin arquitecturas de almacenamiento y reenvío, llamadas a menudo redes rápidas por paquetes. Pero decir que "Frame Relay" es lo mismo que arquitectura de red rápida por paquetes es inexacto. No existe nada en los estándares que diga que una red "Frame Relay" debe ser una red rápida por paquetes. "Frame Relay" podría ser una interfaz usada sobre una red X.25 antigua, o, como lo está proponiendo Alcatel, podría ser una interfaz usada por una red rápida SMDS por paquetes. Los estándares de "Frame Relay" establecen pocas premisas, y aún existen numerosas zonas oscuras en su caracterización.

A pesar de todas las cosas que "Frame Relay" no es, existen algunas implicaciones debidas al diseño de la interfaz. La interfaz no intenta corregir errores: no existen vías para la retransmisión de datos, lo cual implica que "Frame Relay" no ejecuta una retransmisión de mensajes contaminados. Los protocolos de redes locales que "Frame Relay" está diseñando, tienen ya incluidas rutinas de corrección y retransmisión, por lo que realizar de nuevo todo ese trabajo en las capas de red es ineficiente y redundante. Aunque es inevitable que las interfaces "Frame Relay" sean eventualmente colocadas en arquitecturas de red que dispongan de reconocimiento de mensajes y entrega confiable, hacer esto anularía una de las ventajas clave de "Frame Relay". La ausencia de mecanismos de corrección de errores de transmisión es un beneficio que conduce a un mejor desempeño de la red.

Otra implicación de "Frame Relay" y del amplio soporte industrial que ha acumulado en poco tiempo, es que existirá un buen grado de compatibilidad entre redes públicas y privadas. Las arquitecturas de redes híbridas públicas/privadas darán a los administradores de redes más herramientas para afrontar efectivamente los retos de ingeniería que impone su trabajo.

En palabras más simples, Frame Relay es un servicio rápido de conmutación de paquetes de longitudes variables, para transportar datos sobre áreas extensas. Es una evolución de X.25 que tiene la ventaja de una transmisión de mejor calidad, con mayor rapidez y reduciendo el encabezado de chequeo de errores. Frame Relay soporta tasas de transmisión de hasta 2 Mb/s. Está controlado por los estándares ANSI T1.617 anexo D y por el UIT-T Q.933 anexo A. El Foro de Frame Relay está trabajando en una alta capacidad de 45 Mb/s para el interface red-red.



F = Flag; H = Header (encabezado); FCS = Frame Check Sequence; DLCI = Indicador de congestión del enlace de datos;

EA = Extensión de Dirección; CIR = Tasa de Información Ejecutada; FECN = Notificación de Congestión Explícita hacia adelante;

BECN = Notificación de Congestión Explícita hacia atrás; DE = Elección de Descargo

Cada trama de FR tiene un encabezado de multicampo. El campo de dirección se llama DLCI (Identificador de Conexión del Enlace de Datos) y tiene solamente un significado local, al igual que los indicadores de la conexión y de la ruta virtuales (VCI/VPI) en ATM. Debido a que el DLCI es un identificador de canal virtual, diferentes enlaces de FR pueden compartir el mismo enlace físico. Dependiendo del número y de la longitud de las tramas enviadas, cada conexión puede tener acceso a diferentes anchos de banda del total disponible.

El encabezado de Frame Relay incluye campos para:

- Notificación de congestión explícita hacia adelante (FECN: Forward Explicit Congestion Notification).
- Notificación de congestión explícita hacia atrás (BECN: Backward Explicit Congestion Notification).
- Elección de Descargo (bit DE) que indica la prioridad de descargo de una trama.

Frame Relay tiene servicios con conexiones permanentes y con conexiones virtuales conmutadas (PVC y SVC). La mayoría de las implementaciones de FR son una alternativa de bajo costo para las conexiones de líneas alquiladas y otras redes de datos.

Las aplicaciones WAN de Frame Relay son muchísimas a nivel mundial. Los estándares de la interacción de FR/ATM están muy avanzados ya que el despliegue de ambas tecnologías está marcado por una rápida expansión, que fuerza su interacción; y, los Foros de Frame Relay y ATM han cooperado para producir un acuerdo común. Este acuerdo permite el diseño de las unidades de interacción FR/ATM interoperables.

Las funciones de interacción IWFs que traducen FR a ATM y viceversa están definidas en las Rec. UIT-T I.555 y en el acuerdo de implementación del Foro de Frame Relay, FRF.5 de diciembre 20 de 1994.

La razón principal para el éxito de Frame Relay es la interconexión de redes LANs. Es un protocolo de nivel 2, orientado a conexión, utilizando circuitos virtuales para transporte de datos. Aunque la mayoría de los circuitos virtuales son permanentes, se usan también circuitos conmutados. Los elementos típicos de la red de Frame Relay son: los dispositivos de acceso a Frame Relay (FRAD) y los conmutadores de Frame Relay (FRS).

Permite la implementación de servicios de acceso por demanda, reduciendo costos en la transmisión de ráfagas de datos. Los usuarios pagan por el cargo de una Tasa de Información Convenida o Compromiso CIR baja, pudiendo enviar datos a tasas mucho mayores cuando lo necesiten.

¿Por qué usar “Frame Relay”?

La razón principal para usar “Frame Relay” es obtener una mejor conectividad entre redes de área local por un precio menor. Cambiar los componentes de las redes a “Frame Relay” es un proceso relativamente simple; “Frame Relay” usa la infraestructura de comunicación existente; a menudo se trata típicamente de una actualización del “software” de los enrutadores, y una actualización menor del “software” y del “hardware” de algunos conmutadores de paquetes.

Los servicios públicos de “Frame Relay” pueden constituir un reemplazo (con ventajas en los costos) de las líneas dedicadas, o pueden ser una buena interfaz para ser usada sobre estas líneas. Los servicios públicos de “Frame Relay” podrían permitir la justificación de un enlace con localidades remotas que de otra forma quedarían incomunicadas. “Frame Relay” ofrece ahorros inmediatos a los usuarios de multiplexadores, porque ofrece un mejor control sobre su ancho de banda y costos menores, gracias a un mejor uso de la línea. “Frame Relay” permite un mejor desempeño y menos lastre en las tareas de interconexión de redes de área local.

“Frame Relay” no es la única tecnología nueva que ha sido diseñada para resolver los problemas de interconexión de redes de área local. Otros sistemas como el Servicio Multi-Megabit de Datos Conmutados (SMDS, “Switched Multi-Megabits Data Services”), de las Compañías Regionales Operativas Bell (RBCOs), están siendo usados. El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM, “Asynchronous Transfer Mode”), con conmutación basada en celdas, promete integrar en el futuro próximo voz, video y datos en un “tejido” integral de conmutación y comunicaciones. ATM proporciona una forma de combinar el tráfico cambiante de los datos con el tráfico de las señales de voz y video, que requieren de un ancho de banda constante garantizado. SMDS se basa en conmutación ATM.

Durante los próximos años, el interés de la industria se concentrará en dos tecnologías para resolver sus necesidades de interconexión de redes de área local: SMDS y “Frame Relay”.

El Futuro de “Frame Relay” (“Frame Relay” versus SMDS)

“Frame Relay” es una tecnología de corto plazo (aunque sin duda estará en uso por un buen rato). Los desarrollos en conmutación y tecnología de redes, tales como ATM y SMDS, superarán a “Frame Relay”, pero el uso de ésta última tiene un sentido económico inmediato. “Frame Relay” emplea la tecnología y el equipo existente en una forma novedosa y creativa, y permite ahorrar costos al usar las líneas de comunicaciones de una forma más eficiente. Es una solución disponible para un problema inmediato.

Algunas de las alternativas que ofrece el empleo de “Frame Relay” y SMDS pueden confundir al usuario debido a la información conflictiva que existe sobre estos dos tipos de servicios y equipos. A veces son presentadas como tecnologías complementarias, en otras ocasiones se les encuentra como competidoras. La realidad es que estos dos escenarios existen y coexisten.

SMDS fue una tecnología originalmente diseñada para velocidades DS3 (45/34 Mb/s) o mayores, y fue luego modificada para hacerla compatible con velocidades DS1 (1,5/2,0 Mb/s), a fin de llenar la necesidad percibida. “Frame Relay” provino originalmente de trabajos hechos en ISDN a 64 Kb/s y fué modificada hacia velocidades superiores para responder a necesidades de interconexión de redes de área local. La menor velocidad factible para SMDS es DS1, por lo que “Frame Relay” es realmente la tecnología a elegir en la interconexión de redes de área local. La confusión en la funcionalidad de SMDS y “Frame Relay” ocurre sólo a velocidades DS1/E1.

Tecnología	SMDS	“Frame Relay”
Transmisión	Orientada a la celda	Orientada al bit
Velocidad	1.5 Mb/s - ???	64Kb/s-45Mb/s
Encabezado y “cola”	Alineados con la palabra	No alineados
Disponibilidad	Ya	Ya

SMDS fue diseñada para el uso de aplicaciones futuras, tales como la integración en banda ancha de video, voz y datos, sobre una misma red. Se adaptará mejor a las redes por relevo de celdas que están siendo planificadas. Aunque algunos fabricantes de equipos están anunciando implementaciones de "Frame Relay" a velocidades DS3/E3, SMDS es eminentemente más apta para aplicaciones como la realización de puentes ("bridging") entre redes FDDI que requerirán de conexiones a alta velocidad (> 34 Mb/s). Por estar basada en celdas, SMDS luce menos propensa a quedarse corta frente al crecimiento en las velocidades de las redes (la tasa a la cual el comportamiento de la tecnología por relevo de celdas llegará a su límite no ha sido vislumbrada). Mientras tanto, las tecnologías orientadas al bit y basadas en HDLC, tales como "Frame Relay", ya están alcanzando sus límites tecnológicos. Las diferencias sutiles de diseño, como almacenamiento de encabezados o fronteras de palabras, tendrían mayores implicaciones a medida que crece la velocidad, otorgando a SMDS ventajas adicionales para esas condiciones.

No obstante, "Frame Relay" es más sencillo de implementar a velocidades por debajo de 2 Mb/s (que son típicas en las redes actuales) porque no necesita de los circuitos de segmentación extensiva requeridos para generar el caudal de celdas. Tanto "Frame Relay" como SMDS tienen un lugar en nuestras redes del futuro. Ese lugar estará diferenciado por la velocidad del tráfico. En el futuro inmediato, el próximo paso en el desarrollo de "Frame Relay" será la evolución de los servicios diseñados para Conexiones Virtuales Permanentes ("Permanent Virtual Connections", PVC), los cuales son añadidos y eliminados por un operador humano, hacia Conexiones Virtuales Conmutadas ("Switched Virtual Connections", SVC), que pueden ser solicitadas y configuradas automáticamente por los nodos terminales de la red. A medida que las redes aumenten de tamaño, el uso de "Frame Relay" basado en servicios SVC será indispensable para sostener el gran número de conexiones en las redes públicas "Frame Relay".

Estructura de trama

Parte del atractivo de "Frame Relay" es su estructura directa. Una trama de "Frame Relay" puede ser enviada sobre cualquier enlace serial de bits. Cada trama está delimitada por dos secuencias de bits de 01111110, llamadas banderas ("flags"), cuya unicidad en el caudal de bits está garantizada. Sólo puede existir una bandera entre tramas. Al igual que en otros protocolos tipo HDLC orientados hacia el bit, los circuitos de envío y recepción insertan ceros en el caudal de bits luego de cualquier sucesión de cinco unos consecutivos para mantener la irrepetibilidad de la secuencia bandera. Otra secuencia especial (siete unos seguidos) se emplea para señalar el aborto de la trama.

Aparte de los datos del usuario, existen sólo dos campos de datos en una trama: el encabezado y la cola. El encabezado viene después de la bandera de inicio y contiene la dirección, llamada Identificador de Conexión del Enlace de Datos ("Data Link Connection Identifier", DLCI), además de algunos bits de señalización.

El otro campo se llama Secuencia de Verificación de Trama ("Frame Sequence Check", FSC), la cual es una comprobación de redundancia cíclica UIT-T (CRC 16) que representa la suma del contenido total de la trama (incluyendo la DLCI). La secuencia de verificación de trama se usa para determinar si la trama ha sido corrompida durante la transmisión. No existe ningún campo de longitud; la longitud de una trama se deriva del número de byte/octetos enviados entre dos banderas. En una trama puede haber hasta 8 Kbytes de datos del usuario, aunque algunas redes pueden tener límites inferiores.

Estructura de trama

8	7	6	5	4	3	2	1
Bandera							
0	1	1	1	1	1	1	0
Dirección MSB							
Dirección LSB							
Campos de datos del usuario (número entero de octetos)							
Secuencia de verificación de trama (FCS) (msb)							
Secuencia de verificación de trama (FCS) (lsb)							
Bandera							
0	1	1	1	1	1	1	0

msb = bit más significativo

lsb = bit menos significativo

La dirección numérica especificada para una trama por la DLCI identifica hacia cuál circuito va dirigida, y por el número del circuito, la red "Frame Relay" conoce tanto el origen como el destino de la trama. Estas son las tres variantes del identificador de conexión de enlace de datos (DLCI): 2 bytes, 3 bytes y 4 bytes. El bit menos significativo de cada byte de encabezado se hace cero para indicar una extensión hacia el próximo bit, y si es uno, esto quiere decir que se trata del último byte del encabezado. Cada byte añade progresivamente más espacio para la dirección. La variante usada más comúnmente es la de 2 bytes.

DLCI de 2 bytes

(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0
(segmento inferior DLCI)	FECN	BECN	DE	EA 1

Formato de dirección
por defecto 2 bytes

DLCI de 3 bytes

(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0
(segmento inferior DLCI)			D/C	EA 1

Formato de dirección
de 3 bytes

DLCI de 4 bytes

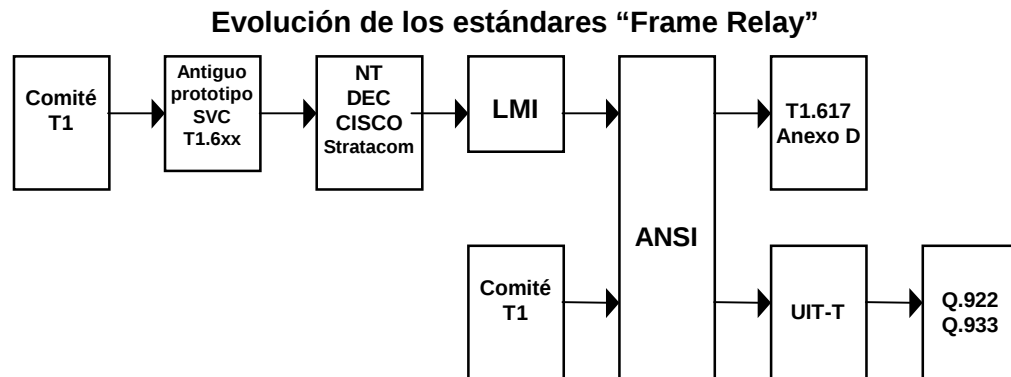
(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0
DLCI				EA 0
(segmento inferior DLCI)			D/C	EA 1

Formato de dirección
de 4 bytes

En el encabezado existen tres bits dedicados a especificar la información de congestión: Elegible para Descartar ("Discard Eligible", DE), Notificación de Error por Congestión hacia Adelante ("Forward Error Congestion Notification", FECN) y Notificación de Error por Congestión hacia atrás ("Backward Error Congestion Notification", BECN). En la variante de 2 bytes de la DLCI, se deja un espacio de 10 bits para la dirección, lo cual significa que cualquier nodo puede mantener hasta 1024 conexiones activas. De éstas, la superior y la inferior se reservan para señalización y otros usos. Un circuito virtual especial (el Circuito 0) se usa para transferir información de señalización.

Debido a razones históricas, algunos equipos antiguos emplean la dirección 1023 para señalización.

Historia de “Frame Relay”



“Frame Relay” provino originalmente de trabajos en ISDN. Se pensó que se emplearía en canales Portadores de 64 Kb/s con señalización en el canal D del sistema ISDN. Algunos de los conceptos de “Frame Relay” fueron tomados de cuatro fabricantes: Cisco Systems, Northern Telecom, DEC y Stratcom, quienes presentaron una variante reducida que ha sido bautizada como Interfaz de Manejo Local (“Local Management Interface”, LMI).

Mientras que los estándares originales ANSI para relevadores de trama (“Frame Relay”), T1.617 y T1.618, manejaban sólo redes SVC, la versión reducida LMI proponía una alternativa PVC mucho más simple. La interfaz LMI ganó popularidad industrial rápidamente, engendrando su propio cuerpo de pseudoestándares industriales a través del Foro de “Frame Relay”. Esta popularidad garantizó su incorporación a los estándares. Luego de cambios menores (principalmente se trasladó el circuito de señalización del 1023 al 0), LMI fue adoptada como el Anexo D de T1.617 y su correspondiente Q.933 del UIT-T.

Todas las redes “Frame Relay” disponibles ahora se basan en PVC, pero a medida que las redes vayan creciendo, estas conexiones permanentes deberán cambiarse a una operación más dinámica tipo SVC (Conexiones Virtuales Conmutadas). La tecnología SVC se encuentra ya avanzada por parte de muchos fabricantes de equipos.

Estándares “Frame Relay”

UIT-T

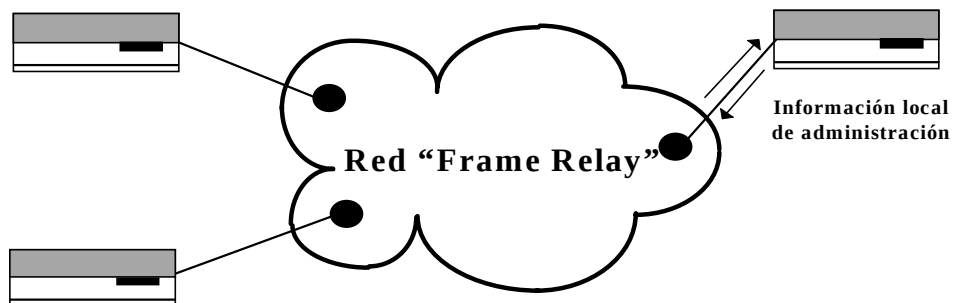
- I.122 Estructura para proporcionar Servicios Adicionales de Portadora en Modo de Paquete.
- Q.922 Especificaciones de la Capa de Enlace de Datos ISDN para Servicios de Portadora en Modo de Trama.
- Q.933 Especificación de Señalización ISDN para Servicios de Portadora en Modo de Trama.

ANSI

- T1.606 Servicios de Portadora con Relevos de Trama.
- T1.606 Manejo de Congestión.
- T1.617 Especificación de Señalización para Servicios de Portadora con Relevos de Trama.
- T1.618 Aspectos Centrales del Protocolo de Trama para uso en Servicios de Portadora con Relevos de Trama.

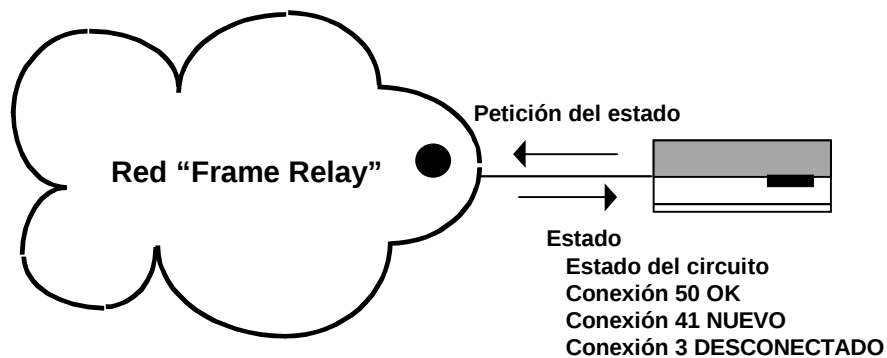
Redes PVC

Señalización PVC



En una red PVC los circuitos son configurados por operadores, siendo aquellos prácticamente permanentes. La información de señalización que debe ser distribuída consiste en una actualización del estado de los circuitos desde la red hacia los nodos terminales. De esta forma, la red puede notificar a los usuarios de la incorporación de nuevos circuitos o de la eliminación de los antiguos. La información de estado ("status") es distribuída a través de un procedimiento de control mediante una función de autopruueba de calidad de la señal que se denomina "heartbeat polling".

"Heartbeat Poll" de dispositivos PVC



Petición de estado "STATUS_ENQUIRY"

8	7	6	5	4	3	2	1	
0	1	1	1	1	1	1	0	Manejo de DLCI (L2)
1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	1	1	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	
0	0	0	0	1	0	0	1	Trama de información no numerada(L2)
0	0	0	0	0	0	0	0	Discriminador de protocolo (LM1)
0	0	0	0	0	0	0	0	Referencia de llamada (cero)
0	1	1	1	0	1	0	1	Mensaje "Status_Enquiry"
0	0	0	0	0	0	0	1	Tipo del reporte del IE (IE REPORT TYPE) (petición de mensaje de status completo)
1								
0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	Secuencia para mantener "vivo" al enlace (IE_KEEP_ALIVE_SEQUENCE)
2								
SECUENCIA ACTUAL								
ÚLTIMA SECUENCIA RECIBIDA								
0	0	0	0	0	1	1	1	
FCS (msb)								Trama PCS (L2)
FCS (lsb)								
0	1	1	1	1	1	1	0	

Es responsabilidad de los nodos terminales el pedir periódicamente a la red la información de estado (típicamente cada 30 segundos). La red responde a los mensajes de STATUS - ENQUIRY del nodo terminal con un mensaje de STATUS. Si transcurre un cierto número de ciclos de petición de estado sin recibirse ningún mensaje de STATUS-ENQUIRY, la red declara “muerto” al enlace respectivo, hasta que las peticiones se restablezcan. De forma similar, si la red tarda demasiado en responder con un mensaje de STATUS, el nodo terminal del usuario declara “muerto” al enlace.

Estado “STATUS”

8	7	6	5	4	3	2	1	
0	1	1	1	1	1	1	0	Manejo de DLCI (L2)
1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	1	1	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	Trama de información no numerada(L2)
0	0	0	0	1	0	0	1	Discriminador de protocolo (LM1)
0	0	0	0	0	0	0	0	Referencia de llamada (cero)
0	1	1	1	0	1	0	1	Mensaje "Status_Enquiry"
0	0	0	0	0	0	0	1	Tipo del reporte del IE (IE REPORT TYPE) (petición de un mensaje de status completo)
1								
0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	Secuencia para mantener "vivo" al enlace (IE_KEEP_ALIVE_SEQUENCE)
2								
SECUENCIA ACTUAL								
ÚLTIMA SECUENCIA RECIBIDA								
0	0	0	0	0	1	1	1	
6								Estado del PVC (IE_PVC_STATUS)
DLCI del PVC (msb)								
DLCI del PVC (lsb)								
0	0	0	0	N	X	A	X	
RESERVADO								
RESERVADO								
RESERVADO								Trama PCS (L2)
FCS (msb)								
FCS (lsb)								
0	1	1	1	1	1	1	0	

Puesto que “Frame Relay” no garantiza una entrega confiable, se debe seguir una serie de pasos para asegurar que la información de estado ha sido recibida en el nodo del usuario. Esto se hace para evitar situaciones tales como las que ocurrirían con la eliminación de un circuito y la

incorporación de uno nuevo bajo el mismo número, mientras que la información de STATUS se ha perdido en tránsito; lo cual dejaría al usuario con la posibilidad de una conexión incorrecta.

La entrega confiable se logra mediante el intercambio de las secuencias numéricas del Elemento de Información (IE) KEEP_ALIVE_SEQUENCE.

Existen dos secuencias de números en el IE KEEP-ALIVE, uno con la secuencia del mensaje actual, y otro con la última secuencia recibida por el otro extremo del enlace. Siguiendo la pista a estas dos secuencias numéricas, la red puede detectar si ha ocurrido la pérdida de la información de señalización y reenviarla o tomar cualquier otra acción correctiva que fuese necesaria (suspender la incorporación de nuevos circuitos con direcciones liberadas recientemente por la eliminación de otros).

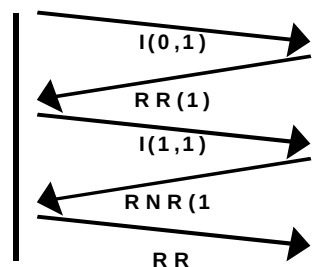
El usuario puede elegir entre dos formas del mensaje de STATUS. Una de ellas es un mensaje breve para simplemente intercambiar las secuencias numéricas y mantener vivo el enlace, y la otra es un mensaje completo del estado, con un elemento de información (IE) para cada circuito que está conectado en ese instante a la red. Cada uno de estos IE de PVC_STATUS contiene información importante relativa al circuito, como por ejemplo su estado de congestión, la velocidad para la cual ha sido configurado y si se trata de un circuito nuevo o eliminado. La red tiene la opción de responder con un mensaje completo de estado, aún si el usuario pidió sólo el mensaje corto, si existiese la necesidad de informarle sobre adiciones o eliminaciones importantes.

Redes SVC

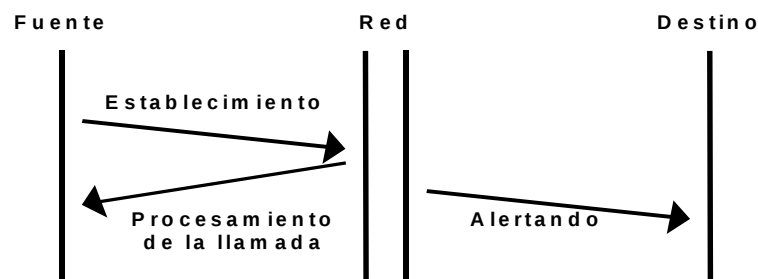
Mientras que las redes PVC son sencillas de implementar, existen limitaciones inherentes a su diseño que las hacen indeseables en redes de mayor tamaño. Por esta razón la tecnología "Frame Relay" SVC está estandarizada y en desarrollo.

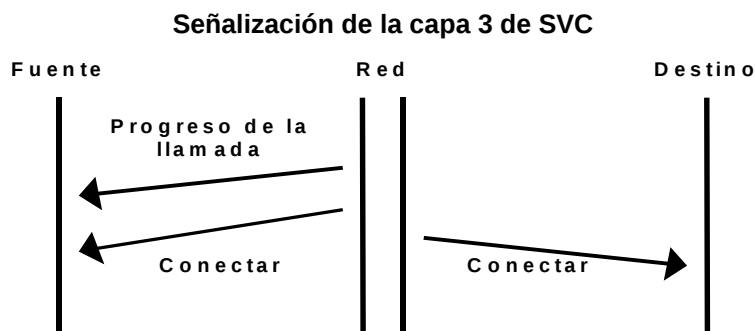
La señalización SVC se parece a la señalización ISDN para llamadas telefónicas. Consiste en dos capas, enviadas sobre la dirección 0 de la DLCI. En la capa dos, un protocolo llamado Procedimientos de Acceso al Enlace para Tramas ("Link Access Procedures for Frames", LAPF) asegura la confiabilidad en la entrega de los mensajes de señalización. LAPF es prácticamente idéntico al protocolo LAPD de ISDN, siendo la única diferencia el manejo de un único bit. LAPF es un protocolo basado en estado que reconoce la recepción de todos los mensajes y puede regular el tráfico.

Señalización LAPF



Señalización de la capa 3 de SVC





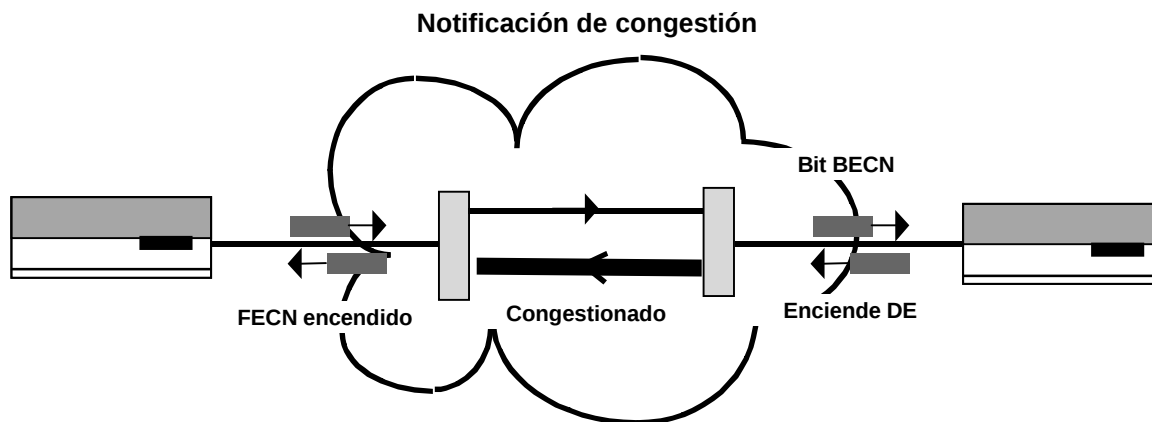
La capa que está por encima de LAPF transmite los mensajes del circuito. Para preparar o eliminar circuitos, se intercambia una secuencia de mensajes entre los elementos de la red. El diagrama anterior describe brevemente los intercambios requeridos. Algunos campos del mensaje (IE) especifican, por ejemplo, lo relativo a la velocidad de información en el circuito, o cuál dirección DLCI preferiría emplear el usuario para el circuito. Es potestad de la red tomar la decisión final sobre qué parámetros son concedidos, los cuales son especificados en el mensaje de respuesta CONNECT.

PVCs versus SVCs

Los PVCs son sencillos de implementar, pero a medida de que crece la complejidad de la red se incrementa la cantidad de esfuerzo por parte de los operadores y los recursos de conmutación necesarios para mantener controlado el crecimiento de la red. Desafortunadamente, la señalización SVC sufre de las mismas complicaciones de implementación que hacen que el "software" ISDN sea complejo y difícil de probar. El desarrollo de SVC es una aplicación primordial de los probadores de protocolo para "Frame Relay".

Congestión

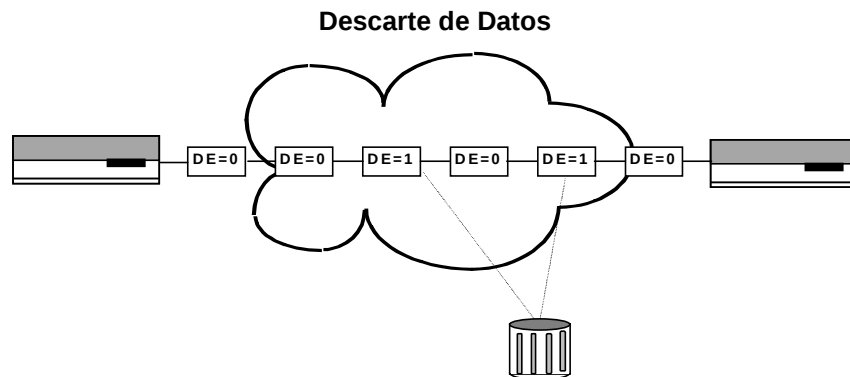
Como se mencionó antes, tres bits en la DLCI se destinan a la notificación y el manejo de la congestión. La congestión es una consideración importante en redes "Frame Relay". Además de la ausencia de mecanismos de corrección de errores, otra consecuencia básica de la remoción del lastre asociado a las arquitecturas de almacenamiento y reenvío de paquetes, es la ausencia de cualquier tipo de mecanismo implícito de control de flujo.



En una red "Frame Relay", la única respuesta que puede dar la red al fenómeno de la congestión es enviar la notificación de congestión a los nodos afectados y descartar una parte de los datos. A medida que los nodos terminales se hacen más inteligentes, es más fácil implementar

mecanismos de prevención de congestión más cercanos al "software" de aplicación que está generando el tráfico. Es difícil regular el tráfico de una red local sin conocer las aplicaciones que están involucradas. Es el "software" de aplicación quien mejor sabe cómo reducir sus demandas sobre la red.

Por esta razón, las redes "Frame Relay" modifican los bits FECN (Notificación de Error por Congestión hacia Adelante) y BECN (Notificación de Error por Congestión hacia Atrás) de las tramas en circuito para indicar cuándo está verificándose una situación de congestión en algún lugar en el camino de un circuito virtual. El bit FECN notifica al receptor que el circuito del cual provino la trama está sufriendo de congestión en la dirección de entrada, de forma que el receptor pueda intentar disminuir sus solicitudes de datos a la fuente. El bit BECN notifica al receptor de una trama que los datos que está enviando en la otra dirección de ese circuito están experimentando congestión, de manera que el equipo transmisor pueda reducir su tasa de envío.



El otro bit que puede ser usado en situaciones de congestión es el bit de Elección de Descargo (DE). Los nodos terminales pueden voluntariamente colocar este bit en el tráfico saliente para indicar cuales bloques de datos son menos importantes y por lo tanto pueden ser los primeros en descartarse (datos como los relativos a la actualización de las rutinas de enrutamiento, los cuales pueden perderse sin mayores consecuencias). Se supone que la red hará lo posible por descartar las tramas señaladas por el bit DE antes que las otras.

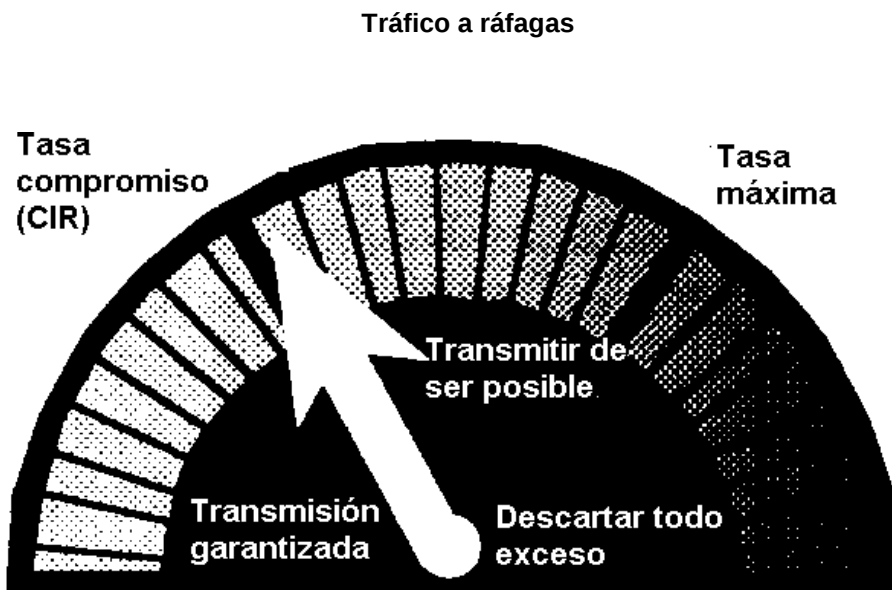
Desafortunadamente, esta filosofía de diseño no se ajusta del todo con los protocolos de redes locales actuales, cuyo diseño no contempla el concepto de congestión. Típicamente, la interfaz de red en la que se emplea "Frame Relay" es un enrutador multiprotocolo que no tiene ninguna comunicación real con el "software" de aplicación que está generando el tráfico.

Más grave es que la respuesta típica de un protocolo LAN a una pérdida de datos sea transmitir aún más datos. Esto significa que una red que descarta tráfico LAN podría incrementar el tráfico. A menos que la red sea cuidadosamente diseñada para evitar situaciones de congestión, el descarte por congestión en cantidades suficientes podría disparar una condición en la que la red transmita cada vez menos datos efectivos, al provocarse más y más retransmisiones. No obstante, empleando instrumentos de prueba apropiados para supervisar la congestión y diseñando cuidadosamente el ancho de banda a ser empleado, esta situación debería ser muy poco frecuente.

Tarifación

El diseño de la red y el bit DE también entran en juego en la tarifación de "Frame Relay". Todos los esquemas conocidos de tarifación relacionan el precio del enlace a un concepto llamado Tasa de Información Compromiso ("Committed Information Rate", CIR). La CIR de un enlace es la cantidad de datos cuya entrega está garantizada por la red (sin descartar nada) sobre un periodo de tiempo. La información que se envía a la red se cobra en función de la CIR especificada para el circuito. Si se transmiten más datos que la CIR especificada en un intervalo de tiempo específico, este exceso de datos es marcado con el bit DE al entrar en la red. La red todavía

intentará entregar este exceso hasta un cierto punto (llamado a veces Tasa de Información), después del cual los datos serán descartados hasta el inicio del próximo intervalo de medición. Esta capacidad de un enlace de enviar ocasionalmente más datos se llama Capacidad de Ráfagas de Exceso (Excess Burst Capacity).



Este esquema implica que la tasa de información compromiso (CIR) de un circuito sería menor que la tasa de transmisión física del enlace, de forma que las ráfagas por encima del CIR aún puedan ser transmitidas. No obstante, hacer a la tasa de información compromiso (CIR) igual a la tasa de transmisión (es decir, anular la capacidad de manejar ráfagas) no está excluida. Tampoco se excluye que la CIR agregada de todos los circuitos conectados a un enlace exceda la tasa física de transmisión, haciendo imposible que todos los circuitos ejerzan su CIR completa al mismo tiempo.

Pruebas de "Frame Relay"

Aunque "Frame Relay" basado en PVC es un protocolo más simple que la mayoría de los protocolos WAN que hemos analizado hasta ahora, sus peligros escondidos, tales como las crisis por congestión y la señalización errada, requieren herramientas de prueba especiales para asegurar la confiabilidad de la red. Hasta ahora sólo hemos visto uno de los lados de "Frame Relay", el esfuerzo de mercadeo por resaltar todas sus ventajas. Pero, ¿Cuáles son los problemas potenciales que encontraremos?. He aquí los posibles escenarios:

Dificultades de Interoperabilidad: Este problema ha plagado las comunicaciones de datos desde que éstas existen. Los estándares "Frame Relay" poseen muchas áreas de grises, quedando un considerable margen de libertad en su implementación. Se han propuesto tres métodos distintos para el uso de los números de la DLCI (global, identificadores de circuitos e identificadores de extremos). Existe una multitud de partes opcionales del protocolo que pueden o no estar incluidas en una implementación particular. Hay un acuerdo para la implementación del foro "Frame Relay", el cual especifica un subconjunto mínimo del ya mínimo protocolo que todos los miembros del Foro han acordado para garantizar interoperabilidad. Pero en virtud de todo lo que aún no ha sido especificado, la interoperabilidad seguirá siendo un problema. Ya se han dado casos de vendedores que eligen implementar partes opcionales del estándar que hacen difícil que sus equipos se interconecten con los de otros proveedores.

Congestión: La incompatibilidad mencionada anteriormente entre los protocolos de las redes de área local y el de "Frame Relay" requerirá de una ingeniería cuidadosa. Se necesitarán herramientas de prueba para supervisar las situaciones de congestión en líneas en las que los equipos hacen poco más que ignorar la notificación de congestión. La red debe ser diseñada para proporcionar la mejor repartición del ancho de banda que permita "Frame Relay" y, al mismo tiempo, evitar las crisis por congestión en los terminales.

Pruebas de Protocolo Encapsulado: Aún con todas las ventajas y los beneficios de costo de las redes "Frame Relay", los problemas relacionados a la conexión de redes locales sobre redes extensas (WAN), tales como las tormentas de "broadcast" (envío de múltiples señales a todos los nodos de la red) y otros males, no van a desaparecer. Aún es necesario poder diagnosticar estos problemas en las capas superiores.

Desarrollos en SVC: Un cúmulo de problemas y complicaciones con la señalización rodea al uso de SVCs. La complejidad en la señalización requerirá de mucha inteligencia en las pruebas y la coexistencia de SVCs y PVCs en la misma red durante la evolución de uno a otro modo de operación promete ser interesante.

Interfaces de Red a Red ("Network-to-Network Interfaces", NNI): Se requiere de una interfaz de red a red en la interconexión de redes distintas, específicamente para conectar porciones de redes que se valen de los servicios públicos con redes privadas, en un esquema híbrido público/privado. Las interfaces de red a red apenas están iniciando el proceso de estandarización. Este proceso pasará por varias etapas, estando la primera de ellas relacionada con el hecho de que una interfaz de red a red es una simple variación de la interfaz red-usuario. Falta por verse si una interfaz tan simple como ésta requerirá de cantidades poco razonables de mantenimiento por parte de los operadores, y cuan rápido se cumplirán las próximas fases de su evolución.

Tarifación y Servicios de Auditoría: Será necesaria una verificación de los esquemas de tarificación de los proveedores del servicio para asegurar que no haya errores en la forma como ésta se hace. Los clientes querrán verificar que los circuitos que les proporcionan las empresas del servicio "Frame Relay" tienen el rendimiento y la latencia que ellos requieren. Los proveedores del servicio necesitarán realizar este tipo de auditorías en los casos en los cuales el equipo del usuario sea el "cuello de botella" del sistema.

