

## Frame Relay

### *Antecedentes*

Frame Relay es un protocolo de WAN de alto desempeño que opera en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI. Originalmente, la tecnología Frame Relay fue diseñada para ser utilizada a través de las ISDN (Interfaces de la Red Digital de Servicios Integrados). Hoy en día, se utiliza también a través de una gran variedad de interfaces de otras redes. Este trabajo se ocupa de las especificaciones y aplicaciones en el contexto de los servicios WAN.

*Frame Relay es un ejemplo de tecnología de conmutación de paquetes y Frame Relay es un protocolo de WAN de alto desempeño que opera en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI.*

En las redes que utilizan esta tecnología, las estaciones terminales comparten el medio de transmisión de la red de manera dinámica, así como el ancho de banda disponible. Los paquetes de longitud variable se utilizan en transferencias más eficientes y flexibles. Posteriormente, estos paquetes se conmutan entre los diferentes segmentos de la red hasta que llegan a su destino. Las técnicas de multiplexaje estadístico controlan el acceso a la red en una red de conmutación de paquetes. La ventaja de esta técnica es que permite un uso más flexible y eficiente de ancho de banda. La mayoría de las LAN más aceptadas en la actualidad, como Ethernet y Token Ring, son redes de conmutación de paquetes.

A veces se describe a Frame Relay como una versión compacta de X.25 con menos características en cuanto a robustez, como el ventaneo y la retransmisión de los datos más recientes, que se ofrecen en X.25. Esto se debe a que Frame Relay normalmente opera a través de instalaciones WAN que ofrecen servicios de conexión más confiables y un mayor grado de confiabilidad que las disponibles a finales de los años 70 e inicio de los 80, las cuales servían como plataformas habituales para las WANs X.25. Como se dijo anteriormente, Frame Relay es estrictamente una arquitectura de la Capa 2, en tanto que X.25 también proporciona servicios de la Capa 3 (la capa de red). Por lo anterior, Frame Relay supera en desempeño y eficiencia la transmisión a X.25, y la tecnología Frame Relay resulta apropiada para las aplicaciones WAN actuales, como la interconexión LAN.

### **Estandarización de Frame Relay**

La propuesta inicial para la estandarización de Frame Relay se presentó en el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) en 1984. Sin embargo, por su falta de interoperabilidad y estandarización, Frame Relay no tuvo gran aceptación a finales de los 80.

En 1990 ocurrió un gran desarrollo en la historia de Frame Relay cuando las compañías Cisco, Digital Equipment, Northern Telecom y StrataCom formaron un consorcio para aplicarse al desarrollo de la tecnología Frame Relay. Dicho consorcio desarrolló una especificación que conformó el desarrollo básico de Frame Relay que se estaba analizando en el CCITT, pero ampliaba el protocolo con características que ofrecían facilidades adicionales en entornos complejos de interconectividad en redes. A estas extensiones de Frame Relay se les conoce en conjunto como LMI (Interface de Administración Local).

Desde que la especificación del consorcio se desarrolló y publicó, muchos proveedores han anunciado su apoyo a esta definición extendida de Frame Relay. La ANSI y el CCIT estandarizaron, posteriormente sus propias variaciones a la especificación LMI original, y actualmente se utilizan dichas especificaciones estandarizadas con mayor frecuencia que la versión original.

En el ámbito internacional, la tecnología Frame Relay fue estandarizada por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector Telecomunicaciones). En Estados Unidos, Frame Relay es un estándar de ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares).

### ***Dispositivos de Frame Relay***

Los dispositivos conectados a una WAN Frame Relay caen dentro de una de dos categorías generales:

- **DTE (Data Terminal Equipment)** : Los DTEs, en general, se consideran equipo de terminal para una red específica y, por lo general, se localizan en las instalaciones de un cliente. De hecho, pueden ser propiedad del cliente. Algunos ejemplos de los dispositivos DTE son las terminales, computadoras personales, ruteadores y puentes.
- **Los DCE (Data Circuit Terminating Equipment)** : Los DCE son dispositivos de interconectividad de redes propiedad de la compañía de larga distancia. El propósito del equipo DCE es proporcionar los servicios de temporización y conmutación en una red, que son en realidad los dispositivos que transmiten datos a través de la WAN. En la mayoría de los casos, éstos son switches de paquetes.

La conexión entre un dispositivo DTE y un DCE consta de un componente de la capa física y otro de la capa de enlace de datos. El componente físico define las especificaciones mecánicas, eléctricas y de procedimiento para la conexión entre dispositivos. Una de las especificaciones de internase de la capa física que más se utiliza es la especificación del RS-232 (Estándar recomendado 232). El componente de la capa de enlace de datos define el protocolo que establece la conexión entre el dispositivo DTE, que puede ser un ruteador y el dispositivo DCE,

que puede ser un switch. En este trabajo se realiza una especificación de protocolo de uso común en las interredes WAN, el protocolo Frame Relay.

### ***Circuitos Virtuales Frame Relay***

Frame Relay ofrece comunicación de la capa de enlaces de datos orientada a la conexión esto significa que hay una comunicación definida entre cada par de dispositivos y que estas conexiones están asociadas con el identificador de conexión. Este servicio se implementa por medio de un *circuito virtual Frame Relay*, que es una conexión lógica creada entre dos DTE (Equipos Terminales de Datos) a través de una PSN (Red de Comunicación de Paquetes) de Frame Relay.

Los circuitos Virtuales ofrecen una trayectoria de comunicación bidireccional de un dispositivo DTE a otro y se identifica de manera única por medio del DLCI (Identificador de Conexiones de Enlace de Datos). Se puede multiplexar una gran cantidad de circuitos virtuales en un solo circuito físico para transmitirlos a través de la red. Con frecuencia esta característica permite conectar múltiples dispositivos DTE con menos equipo y una red compleja.

Un circuito virtual puede pasar por cualquier cantidad de dispositivos intermedios DCE (Switches) ubicados en la red Frame Relay PSN (packet switching network | Red de Comunicación de Paquetes).

Los circuitos virtuales Frame Relay caen dentro de dos categorías:

- **Circuitos Virtuales Conmutados**

Los SVCs son conexiones temporales que se utilizan en situaciones donde se requiere solamente de una transferencia de datos esporádica entre los dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La operación de una sesión de comunicación a través de un SVC consta de cuatro estados:

1. ***Establecimiento de la llamada*** : Se establece el circuito virtual entre dos dispositivos DTE Frame Relay.
2. ***Transferencia de datos*** : Los datos se transmiten ente los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
3. ***Ocioso*** : La conexión entre los dispositivos DTE aún está activa, sin embargo no hay transferencia de datos. Si un SVC permanece en estado ocioso por un periodo definido de tiempo, la llamada puede darse por terminada.
4. ***Terminación de la llamada*** : Se da por terminado el circuito virtual entre los dispositivos DTE.

Una vez finalizado un circuito virtual los dispositivos DTE deben establecer un nuevo SVC si hay más datos que intercambiar. Se espera que los SVC se establezcan, conserven y finalicen utilizando los mismos protocolos de finalización que se usan en ISDN. Sin

embargo, pocos fabricantes de equipos DCE Frame Relay soportan SVCs. Por lo tanto, su utilización real es mínima en las redes Frame Relay actuales.

- **Circuitos Virtuales Permanentes**

Los PVCs son conexiones establecidas en forma permanente, que se utilizan en transferencia de datos frecuentes y constantes entre dispositivos DTE a través de la red Frame Relay. La comunicación a través de un PVC no requiere los estados de establecimiento de llamada y finalización que se utilizan con los SVCs. Los PVCs siempre operan en alguno de los estados siguiente:

1. **Transferencia de datos** : Los datos se transmiten entre los dispositivos DTE a través del circuito virtual.
2. **Ocioso** : Ocurre cuando la conexión entre los dispositivos DTE está activa, pero no hay transferencia de datos. A diferencia de los SVCs los PVCs no se darán por finalizados en ninguna circunstancia ya que se encuentran en estado ocioso.

Los dispositivos DTE pueden comenzar la transferencia de datos en cuanto estén listos, pues el circuito está establecido de manera permanente.

### **Identificador de Conexión del Enlace de Datos**

Los circuitos virtuales de Frame Relay se identifican a través de los DLCIs (Identificadores de Conexión del Enlace de Datos). Normalmente los valores de DLCI son asignados por el proveedor de los servicios de Frame Relay (en su caso, la compañía telefónica). Los DLCIs Frame Relay tiene un significado local, lo que significa que los valores en sí mismo no son únicos en la WAN Frame Relay; por ejemplo, dos dispositivos DTE conectados a través de un circuito virtual, pueden usar un valor diferente de DLCI para hacer referencia a la misma conexión. .

### **Mecanismos de control de saturación**

Frame Relay reduce el gasto indirecto de la red, al implementar mecanismos simples de notificación de la saturación, mas que un control de flujo explícito por cada circuito virtual. En general Frame Relay se implementa sobre medios de transmisión de red confiables para no sacrificar la integridad de los datos, ya que el control de flujo se puede realizar por medio de los protocolos de las capas superiores La tecnología Frame Relay implementa dos mecanismos de notificación de saturación:

- **FECN** (Notificación de la Saturación Explícita Hacia Adelante)
- **BECN** (Notificación de la Saturación explícita Hacia atrás)

Tanto FECN como BECN son controlados por un solo bit incluido en el encabezado de la trama Frame Relay. Este también contiene un bit DE (Elegibilidad para descarte), que se utiliza para identificar el tráfico menos importante que se puede eliminar durante períodos de saturación.

El bit FECN es parte del campo direcciones en el encabezado de la trama Frame Relay. El mecanismo FECN inicia en el momento en que un dispositivo DTE envía tramas Frame Relay a la red. Si la red está saturada, los dispositivos DCE (switches) fijan el valor de los bits FECN de las tramas en 1. Cuando las tramas llegan al dispositivo DTE de destino, el campo de direcciones (con el bit FECN en 1) indica que la trama se saturó en su trayectoria del origen al destino. El dispositivo DTE puede enviar esta información a un protocolo de las capas superiores para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien la indicación se puede ignorar.

El bit BECN es parte del campo Direcciones del encabezado de la trama Frame Relay. Los dispositivos del DCE fijan el valor del bit BECN en 1 en las que viajan en sentido opuesto a las tramas con bit FECN igual a 1. Esto permite al dispositivo DTE receptor saber que una trayectoria específica en la red está saturada.

Posteriormente el dispositivo DTE envía información a un protocolo de las capas superiores para su procesamiento. Dependiendo de la implementación, el control de flujo puede iniciarse o bien se puede ignorar la indicación.

### **BIT DE**

El bit DE (Elegibilidad para Descarte) se utiliza para indicar que una trama tiene una importancia menor que otras. El bit DE es parte del campo Direcciones en el Encabezado de la trama Frame Relay.

Los dispositivos DTE pueden fijar el valor del bit DE de una trama en 1 para indicar que esta tiene una importancia menor respecto a las demás tramas. Al saturarse la red los dispositivos DCE descartarán las tramas con el bit DE fijado en 1 antes de descartar aquellas que no la tienen. Por lo anterior disminuye la probabilidad de que los dispositivos DCE de frame Relay eliminen datos críticos durante el blindaje de saturación.

### **VERIFICACION DE ERRORES EN FRAME RELAY**

Frame Relay utiliza un mecanismo para la verificación de errores conocido como CRC (Verificación de Redundancia cíclica). El CRC compara dos valores calculados para determinar si se ha presentado errores durante la transmisión del origen al destino. Frame Relay disminuye el gasto indirecto al implementarse la verificación de errores más que su corrección. Frame Relay por lo general se implementa en medios confiables de transmisión de red, por lo que la integridad de los datos no se sacrifica si la corrección de un error se deja a los protocolos de las capas superiores que operan en la parte más alta de Frame Relay.

## INTERFACE LMI

LMI (Interface de la Administración Local) es un conjunto de avances en la especificación básica de Frame Relay. LMI fue desarrollada en 1990 por Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom y Digital Equipment Corporation. Presenta varias características (llamadas extensiones) para la administración de interredes complejas. Entre las extensiones LMI más importantes de Frame Relay están el direccionamiento Global, los mensajes de status de los circuitos virtuales y la multidifusión.

La extensión de direccionamiento global LMI otorga los valores del DLCI (Identificador de la Conexión de Enlace de Datos) Frame Relay un significado global más que local. Los valores DLCI se convierten en direcciones DTE únicas en la WAN Frame Relay. La extensión global de direccionamiento agrega funcionalidad y buena administración a las interredes Frame Relay.

Los mensajes de status de los circuitos virtuales LMI permiten la comunicación y sincronización entre los dispositivos DTE y DCE Frame Relay. Estos mensajes se utilizan para reportar, de manera periódica, el status de los PVCs; así se previene el envío de datos a agujeros negros (esto es, a través de los PVCs inexistentes).

La extensión de LMI para multidifusión permite que se asignen grupos de multidifusión. Con la multidifusión se ahorra ancho de banda, ya que permite que los mensajes sobre la resolución de direcciones y de actualizaciones de ruteo sean enviados solamente a grupos específicos de ruteadores. La extensión también permite reportes sobre el status de los grupos de multidifusión de los mensajes de actualización.

### *Implementación de la red Frame Relay*

Una implementación habitual y privada de red Frame Relay consiste en equipar un multiplexor T1 con interfaces Frame Relay e interfaces que no sean Frame Relay. El tráfico de Frame Relay es enviado fuera de la interface Frame Relay y hacia la red de datos. El tráfico que no es de Frame Relay se direcciona hacia la aplicación o servicios adecuados, como una PBX (Central Privada de Intercambio) de servicio telefónico o una aplicación de vídeo conferencia.

Una Red Frame Relay típica consta de varios dispositivos DTE, que deben ser ruteadores, conectados hacia los puertos remotos de un equipo multiplexor vía servicios tradicionales punto a punto, como T1, T1 fraccional o circuitos de 56K.



*En esta figura se muestra una red Típica de Frame Relay*

La mayoría de las redes Frame Relay que se utilizan en la actualidad son equipadas por los proveedores de servicios que ofrecen los servicios de transmisión a clientes. A esto se le conoce como un servicio público de Frame Relay, pues también Frame Relay se implementa tanto en las redes públicas ofrecidas por las compañías de larga distancia, como en las redes privadas empresariales.

### **Redes públicas de larga distancia**

En las redes públicas Frame Relay de larga distancia, el equipo de conmutación Frame Relay se ubica en las centrales telefónicas de compañías de larga distancia. A los suscriptores se les cobra

determinada cantidad según el uso que hagan de la red. Sin embargo, los clientes no se encargan de administrar y mantener el equipo y el servicio de Frame Relay.

En general, el proveedor del servicio de telecomunicaciones también es propietario del equipo DCE. El equipo DCE puede ser propiedad del cliente, o bien del proveedor del servicio de telecomunicaciones como un servicio para el usuario.

Actualmente la mayoría de las redes Frame Relay son redes públicas que suministran servicios de larga distancia.

### **Redes privadas empresariales**

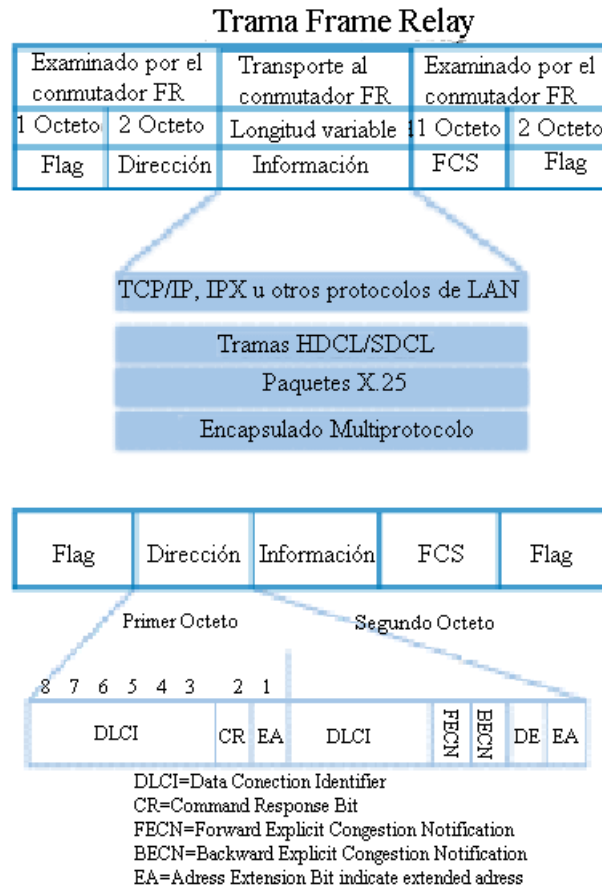
Las organizaciones a nivel mundial están utilizando cada vez más redes privadas Frame Relay. En las redes privadas Frame Relay, la administración y el mantenimiento de la red son responsabilidad de una empresa (o compañía privada). El cliente es el dueño de todo el equipo, incluyendo el de conmutación.

### ***Formatos de la Trama Frame Relay***

Para entender mejor la funcionalidad de Frame Relay, ayuda mucho conocer la estructura de la trama de la tecnología Frame Relay, por lo que en esta parte del trabajo presentamos el formato básico y la versión LMI de la trama.



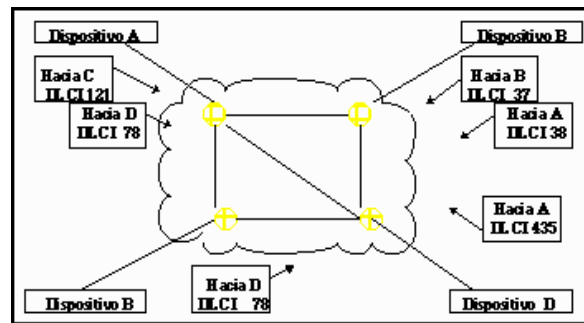
**Trama estándar Frame Relay**



**Flags (indicadores):** Delimitan el comienzo y la terminación de la trama. El valor de este campo es siempre el mismo y se representa con el número hexadecimal 7E o el número binario 01111110.

**Direcciones:** Contiene la información siguiente

- **DLCI:** El DLCI de 10 bits es la esencia del encabezado de Frame Relay. Este valor representa la conexión virtual entre el dispositivo DTE y el switch. Cada conexión virtual que se multiplexe en el canal físico será representada por un DLCI único. Los valores del DLCI tienen significado local solamente, lo que indica que son únicos para el canal físico en que residen; por lo tanto, los dispositivos que se encuentran en los extremos opuestos de una conexión pueden utilizar diferentes valores DLCI para hacer referencia a la misma conexión virtual.



La figura muestra el significado local del DLCI

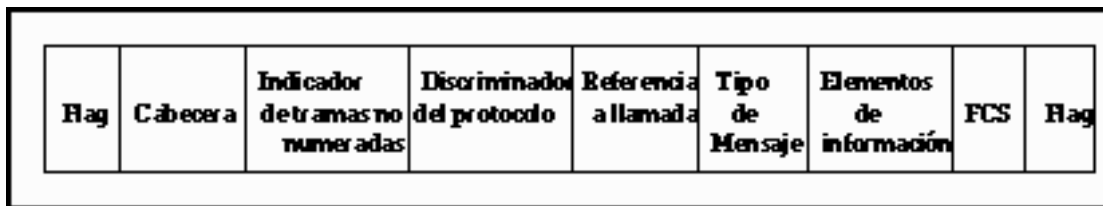
- **EA (dirección extendida):** La EA se utiliza para indicar si el byte cuyo valor EA es 1, es el último campo de direccionamiento. Si el valor es 1, entonces se determina que este byte sea el último octeto DLCI. Aunque todas las implementaciones actuales de Frame Relay utilizan un DLCI de dos octetos, esta característica permitirá que en el futuro se utilicen DLCIs más largos. El octavo bit de cada byte del campo de direcciones se utiliza para indicar el EA.
- **C/R:** El C/R es el bit que sigue después del byte DLCI más significativo en el campo de direcciones. El bit C/R no está definido hasta el momento.
- **Control de saturación:** Este campo consta de 3 bits que controlan los mecanismos de notificación de la saturación en Frame Relay. Éstos son los bits FECN, BECN y DE, que son los últimos bits en el campo de direcciones.
  - **FECN (notificación de la Saturación Explícita Hacia Adelante):** Es un campo de un solo bit que puede fijarse con el valor de 1 por medio de un interruptor para indicar a un dispositivo DTE terminal, como un ruteador, que ha habido saturación en la dirección de la trama del *origen al destino*. La ventaja principal de usar los campos FECN y BECN es la habilidad que tienen los protocolos de las capas superiores de reaccionar de manera inteligente ante estos indicadores de saturación.
  - **BECN (Notificación de Saturación Explícita Hacia Atrás):** Es un campo de un solo bit que, al ser establecido en 1 el valor por un switch, indica que ha habido saturación en la red en la dirección opuesta a la de la transmisión de la trama desde el origen al destino.
  - **DE (Elegibilidad para Descartes):** Este bit es fijado por el dispositivo DTE, un ruteador por ejemplo, para indicar que la trama marcada es de menor importancia en relación con otras tramas que se marcan como "elegible para descartes" deben

ser descartadas antes de cualquier otra. Lo anterior representa un mecanismo justo de establecimiento de prioridad en las redes Frame Relay.

**Datos:** Los datos contienen información encapsulada de las capas superiores. Cada trama en este campo de longitud variable incluye un campo de datos de usuario o carga útil que varía en longitud y podrá tener hasta 16,000 bytes. Este campo sirve para transportar el PDU (Paquete de Protocolo de las Capas Superiores) a través de una red Frame Relay.

**FCS (Secuencia de verificación de tramas):** Asegura la integridad de los datos transmitidos. Este valor calculado por el dispositivo de origen y verificado por el receptor para asegurar la integridad de la transmisión.

### Formato de la trama LMI



Las tramas Frame Relay que siguen las especificaciones LMI contienen los campos que se muestran en la siguiente figura:

**Indicador:** Delimita el comienzo y el final de la trama

**LMI DLCI:** Identifica la trama como una trama LMI en vez de una trama básica Frame Relay. El valor DLCI específico del LMI definido por la especificación del consorcio LMI es DLCI = 1023.

**Indicador de la información no numerada:** Fija el bit sondeo/final en cero.

**Discriminador de protocolos:** Siempre contiene un valor que indica que es una trama LMI.

**Tipo de mensaje:** Etiqueta la trama con uno de los siguientes tipos de mensaje:

- **Mensaje de solicitud de status:** Permite que un dispositivo de usuario solicite el status de la red
- **Mensaje de status:** Responde a los mensajes de solicitud de status. Los mensajes de status incluyen mensajes de sobrevivencia y de status del PVC.

**Referencia de llamada:** Siempre contiene ceros. En la actualidad este campo no se usa ni tiene ningún propósito.

**Elementos de información:** Contiene una cantidad variable de IEs (Elementos Individuales de Información). Los IEs constan de los campos siguientes:

- **Identificador IE:** Identifica de manera única el IE
- **Longitud del IE:** Indica la longitud del IE

- Datos: Consta de uno o más bytes que contienen datos encapsulados de las capas superiores.

**FCS (secuencia de la Verificación de Tramas):** Asegura la integridad de los datos transmitidos.

### *Ventajas y desventajas de Frame Relay*

#### **Ventajas**

No hay duda de que Frame Relay pasa información mas rápidamente que X.25. Esto supondrá que hay un menor trabajo para el procesador. El tiempo que tardar para completar este trabajo debe ser menor, y los retraso de la tramas reducidos. Pero hay dos posibles preguntas a este respuesta

1. ¿Cuánto es la reducción del porcentaje?
2. ¿Cual es tiempo actual de retraso reducido?

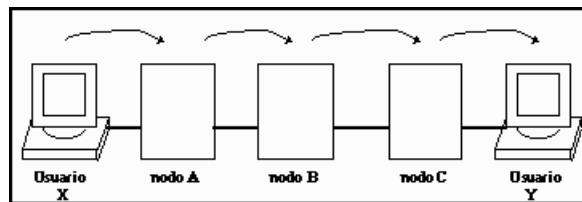
Aunque parece haber una pequeña diferencia entre ambas cuestiones, la diferencia es vital para entender la implicaciones de las acciones de la redes Frame Relay. Algunos vendedores indican que el retraso de transito reducido esta entre un 50% y un 75%. Esto puede ser muy significativo hasta que te das cuenta que la reducción representa el paso de 3 a 2 milisegundos. Los paquetes conmutados esta tan optimizada que un usuario no debería esperar retrasos as significativos más de 5 milisegundos por paquete. Muchos de los paquetes conmutados proporcionan un retraso en un radio entre 3 y 6 milisegundos, pero incluso, la reducción de los retrasos 2 milisegundos ¿no representa un mayor mejora? Puede ser quizá una ventaja para un único conmutador, pero un factor muy importante para el usuario es el retraso extremo a extremo en la red

#### **Hay tres factores que contribuyen a este retraso de extremo a extremos**

- **Ejecución del procedimiento:** este es *el tiempo que tarda un conmutador de paquetes o tramas en recibir un paquete o trama desde un enlace de llegada, e interceptar la información apropiada, y pasar el mismo paquete o trama al enlace de salida.* Este tiempo normalmente es medido desde la llegada del ultimo bit del paquete o trama al conmutador, hasta que es transmitido el primer bit del paquete o de la trama. Este retraso no se ve afectado por la rapidez de la transmisión de las líneas de llegada o salida, o por el tamaño de la trama, en caso de conmutadores bien diseñado.
- **Retraso en la transmisión:** *Este es el tiempo que tarda el paquete o trama en transitar en un enlace.* Es medido desde la salida del primer bit desde del nodo de transmisión,

hasta la recepción del último bit en el nodo de recepción. Este tiempo es proporcional a la longitud del paquete, a la velocidad de transmisión del enlace y a la longitud del enlace. Sin embargo, el retraso introducido por la longitud de la línea es normalmente ignorado

- Retaso en Cola:** *El encolado ocurre porque un único paquete o trama puede cruzar el enlace en un momento determinado y otro paquete está listo para ser retransmitido cuando el primero está siendo transmitido.* La probabilidad de que esto ocurra y la longitud de la cola, dependen de la utilización del enlace, a mayor utilización, mayor cola. Para un uso eficiente de la red, hay que tener siempre ciertos niveles de encolado, la falta de una cola muestra que la línea está disponible, pero que esto no es eficiente. *Los principios generales del diseño indican que para que las operaciones en los enlaces sean económicamente viables se requiere que haya siempre al menos una trama o paquete esperando por la transmisión en el enlace.* Esto produce un retaso de la cola para cada trama o paquete de entre uno y dos periodos de retaso de transmisión de una trama o paquete en la cola.



Veamos un ejemplo. Asumiendo que el tamaño total de la trama es de 1024 bytes y la conexión es de 64 kbps cada parte, la tabla siguiente representa el retaso dentro la red de conmutación de paquetes y dentro de la red de Frame Relay mostrada en la figura asumiendo los retrasos típico de procesamiento de 5 y 2 milisegundos respectivamente.

Velocidad de Acceso a 64Kbps	Conmutación de Paquetes	Frame Relay	Tiempo (ms)	Porcentaje del tiempo total
Acceso al enlace del usuario X a A	128	11.6	128	11.7
Retraso del Conmutador A	5	0.5	2	0.2
Retraso en cola en Conmutador A	192	17.4	192	17.5
Enlace de A a B	128	11.6	128	11.7
Retraso del Conmutador B	5	0.5	2	0.2
Retraso en cola en Conmutador B	192	17.4	192	17.5

B				
Enlace de B a C	128	11.6	128	11.7
Retraso del Conmutador C	5	0.5	2	0.2
Retraso en cola en Conmutador C	192	17.4	192	17.5
Acceso al enlace C al usuario a X	128	11.6	128	11.7
Tiempo total de transito	1103		1094	

La primera tabla muestra que los retrasos en la red para ambos métodos son virtualmente idénticos. El retraso en la conmutación de paquetes representa únicamente un 1,5 %, del retraso total dentro de la red de conmutación de paquetes. Dentro de la red Frame Relay, el retraso de transito a través de los conmutadores representa un 0.6% del retraso total Incluso reduciendo el retraso del conmutador a 0 tenemos un efecto despreciable sobre el retraso de transito.

Entonces ¿dónde está el cuello de botella de la red.? **La tabla siguiente muestra que cerca del 60% del retraso total es debido al retraso de la transmisión. Este retraso es una función de la velocidad de las líneas y del tamaño del trama. Si alteramos la velocidad de la línea (a 2 Mbps) se alteran los resultados.** La tabla siguiente detalla el retraso de transito cuando se incrementa la velocidad de la red de enlace de 64 Kbps a 2 Mbps.

Velocidad de Acceso a 2Mbps	Conmutación de Paquetes	Frame Relay	Tiempo (ms)	Porcentaje del tiempo total
Acceso al enlace del usuario X a A	4	7.3	4	8.7
Retraso del Conmutador A	5	9.1	2	4.3
Retraso en cola en Conmutador A	8	14.5	8	17.4
Enlace de A a B	4	7.3	4	8.7
Retraso del Conmutador B	5	9.1	2	4.3
Retraso en cola en Conmutador B	8	14.5	8	17.4
Enlace de B a C	4	7.3	4	8.7
Retraso del Conmutador C	5	9.1	2	4.3
Retraso en cola en Conmutador C	8	14.5	8	17.4

Acceso al enlace C al usuario a X	4	7.3	4	8.7
Tiempo total de transito	55		46	

**Reduciendo el tamaño del paquete también afecta a los resultados**, sin embargo existen otras implicaciones al hacer esto. La reducción del tamaño del paquete *dentro de la red de conmutación ,probablemente, causa a los conmutadores de paquete el fragmentado de los datos de llegada y su recombinación posterior en el punto de destino.* Esto es posible de por la existencia de un numero de secuencia. *Sin embargo, esto no es posible en Frame Relay.* En ambos casos el afectara al retraso de conmutación en los puntos de fuente y destino.

En la tabla se muestra que **con el incremento de la velocidad de la líneas, el retraso total de la red se reduce ( representando una reducción del 95 % aproximadamente).** Por lo encontramos que hay todavía una diferencia entre los retrasos totales en conmutación de paquetes y los retrasos dentro de la red de Frame Relay

En los paquete individuales el retaso de procesamiento en los conmutadores representa un 27% del total del retaso para una red de conmutación de paquetes. Dentro de la red de Frame Relay este mismo retraso representa un 13% del retraso total de la red, la diferencia como podemos ver es grande.

Como conclusión podemos observar que **se puede proporcionar una reducción significativa en los retrasos de la red al incrementar la velocidad de las líneas. El cambio a tecnologías mas rápidas en los conmutadores no tiene ningún efecto si se realiza sobre líneas de baja velocidad. Reducir el tamaño de la trama también tiene una aportación significativa para la reducción del retraso, pero esto también tiene un efecto sobre el incremento de carga de paquetes dentro de la red.**

Otro factor que afecta el retraso esta relacionado **con el mecanismo de control de flujo. Las redes de conmutación de paquetes contiene un control de flujo,** que consiste en que el usuario únicamente puede generar un numero determinado de paquetes dentro de la red antes de parar y esperar por su reconocimiento Este mecanismo de rotación de ventana tiene un máximo de 127 paquetes, Si el usuario ha mandado esta ventana entera de paquete, no puede mandar más paquetes hasta que reciba el reconocimiento de alguno de los paquetes. Este proceso es conocido como **ventana deslizante.** Una red ideal estaría diseñada de tal manera que el usuario no tendría que suspender nunca el envío de datos a causa del falta de reconocimientos a paquetes anteriores. **En Frame Relay no hay concepto de reconocimiento o ventanas, y permite a los usuarios mandar tantos datos como ellos requieran.**

En resumen , Frame Relay no debería ser considerado como un protocolo únicamente conveniente para el incremento del numero de acciones en la red y el decremento de los retrasos. Frame Relay tiene, además, ciertos atractivos sobre la bajas velocidades de X.25, pero cuando los comparamos con X.25 a altas velocidades , la ventaja de la velocidad de Frame Relay no es tan clara.

**Frame Relay puede únicamente proporcionar ventajas sobre las redes de conmutación de paquetes si la velocidad del enlace dentro de la red son incrementados enormemente y su los procesos en los conmutadores son mejorados,** proporcionando tiempo de sub-milisegundos.

La discusión asume que Frame Relay ha sido implementado como una arquitectura modificada de la conmutación de paquetes. Esto es cierto en la mayoría de las implementaciones iniciales de Frame Relay. Sin embargo, *sin que la comprobación de errores sea obligatoria para las características del protocolo, es posible implementar un conmutador en el cual no se tenga que esperar a que la trama sea completamente recibida antes de mandar otra.*

*Esto tiene como resultado que el retraso del conmutador pueda ser ignorado.* Una vez que la cabecera de la trama sea leída, la trama puede ser dirigida directamente a el buffer de salida. Sin embargo el retraso de cola debe ser considerado, porque muchas de las redes se construyen basándose en unos objetivos previamente diseñados donde el encolamiento es un elemento esencial.

### Desventajas

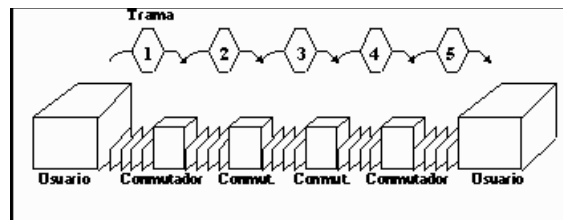
### Desventajas

Una característica existente en la conmutación de paquetes es una técnica que es actualmente muy considerada por los usuarios, **el proceso de garantizar el envío de datos. Frame Relay no ofrece esto, no se establece ninguna orden acerca como las tramas deben pasar a través de la red. La única recomendación de Frame Relay es que las tramas deben llegar en el mismo orden en que fueron mandadas. Para garantizar la correcta secuenciación de las tramas.**

Este mecanismo de secuenciación no debe confundirse con el proceso de garantizar la integridad de los datos. *Las redes de conmutación de paquetes, generalmente garantizan que los datos que son mandados en la red son recibidos por el usuario en la misma secuencia y sin errores.* Mediante un número de comprobación de secuencia de paquetes y su validación, una comprobación de error en los paquetes y de las capacidades de buffering.

**En cambio Frame Relay no garantiza la entrega de los datos. Los requisitos para que los datos sean entregados en la misma secuencia en que fueron recibidos esta relacionado únicamente con que los datos no sean perdidos dentro de la red.**

La intención del protocolo de Frame Relay es operar a altas velocidades, en circuitos digitales de excepcionalmente buena calidad, donde los errores en los bits son extremadamente raros. Sin embargo, mientras que el número de errores introducido por el uso de esa infraestructura es pequeño, la red podría perder muchas tramas simplemente por que es incapaz de entregarlas a causa de la congestión.

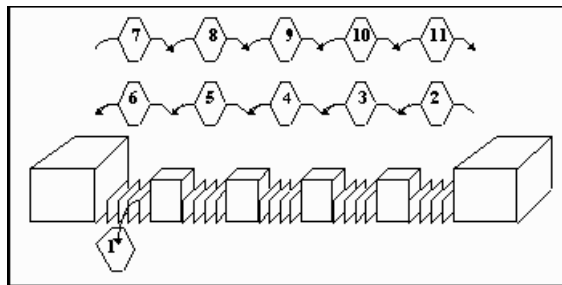


Consideremos el ejemplo de la figura anterior en el que una trama pasa a través de distintos conmutadores de trama en su camino por la red desde un origen a un destino. Cada salto de

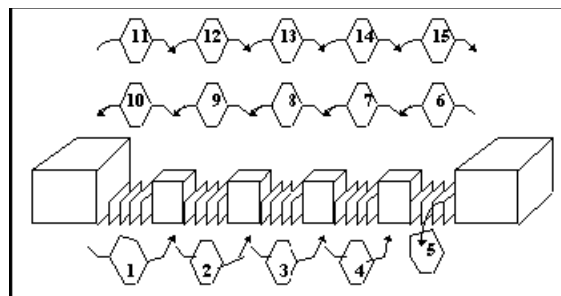


trama representa el paso entre dos conmutadores. En nuestro ejemplo la trama para ir de extremo a extremo da 5 saltos de trama.

Consideremos el ejemplo anterior asumiendo que la trama es perdida en el primer salto ( o por congestión en el primer conmutador), los saltos de tramas 2 al 6 representan la petición de retransmisión y los saltos del 7 al 11 representan la retransmisión. Por tantos para una trama única pasando a través de la red se requieren al menos 11 saltos de procesamiento, mas del doble de los requeridos si no ocurre error.

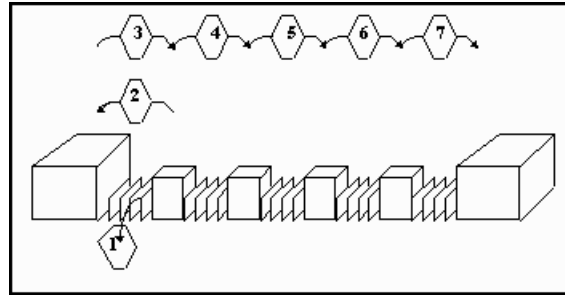


Si una trama es perdida en el ultimo salto, 14 saltos de procesamiento son necesarios para recuperarla, como se muestra en la figura, los saltos del 1 al 5 para el camino inicial, 6 al 10 para la petición de retransmisión, y los saltos del 11 al 15 para la retransmisión, esto representa mas de tres veces el procesamiento requerido para el paso de una trama simple.



Esta metodología de recuperación es la practica estándar para redes diseñadas bajo los principios de Frame Relay y puede significar una carga adicional para la red. Los ejemplos solo muestran la perdida de una trama y su recuperación. Si hay gran cantidad de tramas perdidas, la cantidad de trafico que la red recibe podrá expandirse significativamente. Todo este trafico adicional es un componente mas de los problemas de congestión que probablemente causen el descarte de mas tramas .

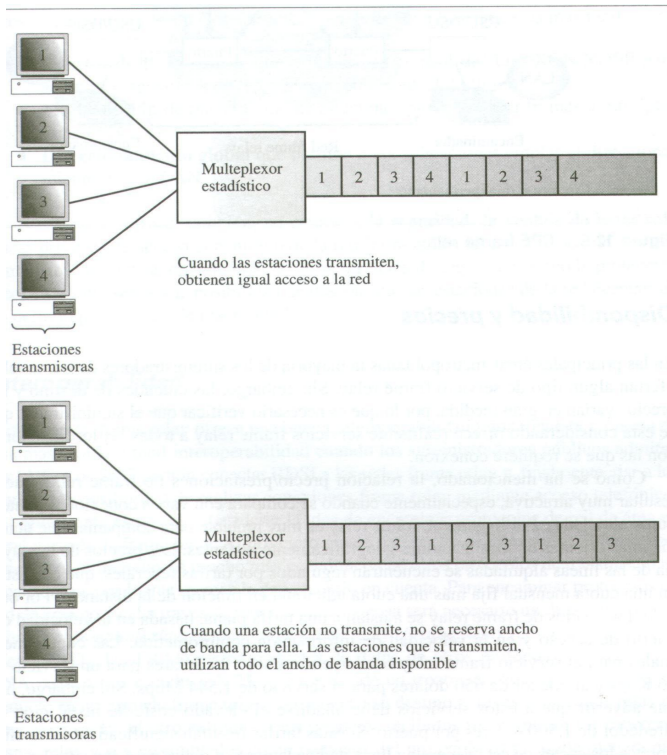
Esta es la razón por la cual algunos vendedores eligen la entrega garantizada como característica añadida Frame Relay. Esta es **una combinación de Frame Relay y de la conmutación de paquetes en la cual no hay necesariamente un protocolo de control de errores de extremo a extremo dentro de la red, pero hay asegurada una integridad de los datos y su recuperación en el nivel de enlace.**



Tomando el ejemplo previo, mostramos los principios básicos sobre el siguiente ejemplo: La trama errónea o perdida es ahora recuperada localmente en el salto 2 solicitando su retransmisión, el salto 3 representa la retransmisión, y los salto 4 al 7 la transmisión de la trama. En este caso un único salto adicional de la trama es requerido para solventar la situación anómala. Naturalmente, la integridad del enlace requiere procesamientos adicionales dentro de la trama, pero este proceso no hay tantos intentos como X.25, y por consiguiente obtiene un retraso situado entre el retaso de Frame Relay y X.25.

## Glosario

### Multiplexado estadístico o asíncrono:



Es un caso particular de la multiplexación por división en el tiempo. Consiste en no asignar espacios de tiempo fijos a los canales a transmitir, sino que los tiempos dependen del tráfico existente por los canales en cada momento.

Sus características son:

- Tramos de longitud variables.
- Muestreo de líneas en función de su actividad.
- Intercala caracteres en los espacios vacíos.
- Fuerte sincronización.
- Control inteligente de la transmisión.

Los multiplexores estáticos asignan tiempos diferentes a cada uno de los

canales siempre en función del tráfico que circula por cada uno de estos canales, pudiendo aprovechar al máximo posible el canal de comunicación.

**La comprobación de redundancia cíclica (CRC):**

Es un código de detección de errores usado frecuentemente en redes digitales y en dispositivos de almacenamiento para detectar cambios accidentales en los datos. Los bloques de datos ingresados en estos sistemas contiene un valor de verificación adjunto, basado en el residuo de una división de polinomios; el cálculo es repetido, y la acción de corrección puede tomarse en contra de los datos presuntamente corrompidos en caso de que el valor de verificación no concuerde; por lo tanto se puede afirmar que este código es un tipo de función que recibe un flujo de datos de cualquier longitud como entrada y devuelve un valor de longitud fija como salida. El término suele ser usado para designar tanto a la función como a su resultado. Pueden ser usadas como suma de verificación para detectar la alteración de datos durante su transmisión o almacenamiento. Las CRC son populares porque su implementación en hardware binario es simple, son fáciles de analizar matemáticamente y son particularmente efectivas para detectar errores ocasionados por ruido en los canales de transmisión. La CRC fue inventada y propuesta por W. Wesley Peterson en un artículo publicado en 1961