

Redes de altas prestaciones: Frame Relay

Pablo Gómez Justicia
Escuela Superior de Informática (Ciudad Real)

Índice

- ▶ Conceptos previos
- ▶ Introducción
- ▶ Funcionamiento de Frame Relay
- ▶ Niveles en Frame Relay
- ▶ Control de congestión
- ▶ El algoritmo del cubo de escape
- ▶ Control de tráfico
- ▶ Otras características

CONCEPTOS PREVIOS



Interfaz DTE-DCE

- ▶ Normalmente habrá uno de cada en cada uno de los dos extremos. El DTE genera los datos y los pasa junto a los caracteres de control necesarios a un DCE. El DCE convierte la señal a un formato apropiado para el medio de transmisión y la introduce en el enlace de la red. Cuando la señal llega al receptor, se efectúa el proceso inverso.
- ▶ DTE: equipo terminal de datos. A nivel físico, puede ser un terminal, una computadora, una impresora, un fax ... Generan información, pero no se comunican directamente, necesitan de un intermediario.
- ▶ DCE: equipo terminal del circuito de datos. Pueden ser módems, routers. Cualquier unidad funcional que transmita o reciba datos a través de una red en forma de señal digital o analógica.

X.25

- ▶ Se considera el antecesor de Frame Relay.
- ▶ Es una red de área amplia de conmutación de paquetes.
- ▶ Define la forma en la que el DTE del usuario se comunica con la red y cómo los paquetes se envían a través de la red utilizando varios DCE. Utiliza conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales (SVC y PVC) y TDM asíncrono para multiplexar los paquetes.
- ▶ También describe los procedimientos necesarios para establecer, mantener y finalizar las conexiones.

Niveles de X.25

- ▶ Define tres niveles: físico, de trama y de paquetes, que definen las funciones de los niveles físico, de enlace de datos y de red del modelo OSI.
- ▶ Nivel físico: especifica el protocolo X.21 propio de esta red. Similar a otros muchos a los que también soporta.
- ▶ Nivel de trama: ofrece controles de enlace de datos utilizando el protocolo LAPB (procedimiento balanceado de acceso a enlace), que es un conjunto de HDLC. En este nivel la comunicación entre un DTE y un DCE involucra tres fases: establecimiento del enlace, transferencia de paquetes y desconexión del enlace.
- ▶ Nivel de paquetes: PLP (protocolo de nivel de paquetes). Es el responsable del establecimiento, transferencia de datos y finalización de la conexión pero en este caso entre dos DTE (extremo a extremo).
- ▶ El control de errores y de flujo recae sobre el nivel de trama entre un DTE y un DCE y sobre el nivel de paquetes entre dos DTE.

Líneas T

- ▶ Son líneas que se utilizan para implementar los servicios de DS (Digital Service). DS es una jerarquía de señales analógicas.

Servicio	Línea	Tasa (Mbps)	Canales de voz
DS-1	T-1	1,544	24
DS-2	T-2	6,312	96
DS-3	T-3	44,736	672
DS-4	T-4	274,176	4.032

- ▶ Fueron diseñadas para transmisión de datos digitales, voz o señales de audio, pero, con el adecuado tratamiento pueden usarse para transmisiones analógicas.

INTRODUCCIÓN



Nace Frame Relay

- ▶ La demanda de WAN ha cambiado: X.25 o las líneas T no cubren las necesidades.
- ▶ Frame Relay es una tecnología basada en circuitos virtuales que ofrece servicios de bajo nivel (niveles físico y de enlace de datos) y puede ofrecer:
 - velocidades más altas con menor coste
 - gestión eficaz de las transmisiones de datos a ráfagas
 - menor sobrecarga

Velocidades más altas con menor coste

- ▶ Antes se utilizaban tecnologías WAN como X.25 para conectar computadoras, con velocidades muy bajas.
- ▶ Actualmente puede necesitarse conecta varias LAN en una WAN, para lo que se puede utilizar líneas T, pero sólo ofrece conexiones punto a punto. Así, para conectar seis LAN necesitaríamos 15 líneas. Con Frame Relay sólo 6, mismo servicio con menor coste.
- ▶ Aunque Frame Relay se diseñó inicialmente para ofrecer velocidades de 1,544 Mbps (como una línea T-1), ahora la mayoría de las implementaciones pueden ofrecer hasta 44,376 Mbps (como una línea T-3).

Datos a ráfagas

- ▶ Frame Relay no ofrece una velocidad fija, por lo que permite enviar datos a ráfagas, esto es, transmitir durante unos segundos a altas velocidades y permanecer un tiempo sin transmitir.
- ▶ Se requiere **ancho de banda bajo demanda**, que ofrece diferentes anchos de bandas en diferentes instantes.
- ▶ Un usuario tiene garantizado una velocidad media que se puede incrementar durante periodos a ráfagas.

Menor sobrecarga

- ▶ X.25, por medio del modelo OSI en el nivel de enlace comprueba estación a estación la corrección de los datos. Además en su propio modelo en el nivel de red comprueba los errores desde el origen al receptor. Todo esto limita drásticamente la tasa de datos de transmisión, además de agobiar a las estaciones.
- ▶ La calidad de los medios de transmisión ha mejorado mucho, siendo más fiables y menos propensos a errores, por lo que estas precauciones son innecesarias.
- ▶ Frame Relay no ofrece comprobaciones de errores ni requiere confirmaciones en el nivel de enlace de datos. La comprobación de errores se deja a los niveles de red y de transporte que utilizan los servicios de Frame Relay.

Ventajas de Frame Relay

- ▶ Mayores velocidades (hasta 44,476 Mbps) tanto como las líneas T-3.
- ▶ Opera sólo en el nivel físico y de enlace de datos, por lo que puede utilizarse como red troncal para servir a protocolos con nivel de red, como TCP/IP.
- ▶ Permite datos a ráfagas.
- ▶ Permite un tamaño de trama de 9000 bytes, que puede acomodar las tramas de todas las LAN.
- ▶ Es más económica que otras WAN tradicionales.

Desventajas de Frame Relay

- ▶ Puede no ser suficientemente rápida para protocolos como RDSI-BA.
- ▶ Permite tramas de longitud variable, creando retardos variables a diferentes usuarios. Una trama pequeña esperará demasiado si sigue a una grande.
- ▶ Por estos retardos variables no es adecuada para enviar datos sensibles a retardos como vídeo audio de tiempo real. No es adecuada para teleconferencias.

Para resumir

- ▶ Frame Relay se puede utilizar como red troncal de área amplia de bajo coste para conectar LAN que no necesiten comunicaciones de tiempo real pero que puedan enviar datos a ráfagas.
- ▶ Además ofrece conexiones permanentes y conmutadas. Para la permanente se alquila la línea mientras que la conmutada se paga en función del uso.

FUNCIONAMIENTO DE FRAME RELAY

Como funciona Frame Relay

- ▶ Frame Relay ofrece conexiones virtuales permanentes y conmutadas.
- ▶ Cuando se utiliza como una WAN para conectar varias LAN, un router o dispositivo de encaminamiento puede servir como DTE conectándose a un conmutador Frame Relay, el cual servirá como DCE.
- ▶ Si conecta mainframes, esto se utilizarán como DTE con la instalación del software apropiado.

Circuitos virtuales

- ▶ Frame Relay es una red basada en circuitos virtuales. No se utilizan direcciones físicas para definir los DTE, sino un identificador de circuito virtual operando en el nivel de enlace de datos (DLCI).
- ▶ DLCI: identificador de conexión de enlace de datos.
- ▶ Al establecer un circuito virtual se da al DTE un DLCI que utilizará para acceder al DTE remoto. Sólo son validos para ese circuito.
- ▶ Dos tipos de conexiones: PVC y SVC.

PVC

- ▶ PVC: Circuito virtual permanente. Se establece entre dos DTE que se conectan permanentemente a través de una conexión virtual. Se asignan DLCI a los extremos de la conexión.
- ▶ Los DLCI tienen jurisdicción local y es posible que dos DTE tengan el mismo DLCI.
- ▶ En los comienzos de Frame Relay esta era la única conexión posible, pero ahora también existen los SVC.

SVC

- ▶ SVC: Circuito virtual conmutado. Cuando un DTE quiere establecer una conexión con otro se establece un circuito virtual.
- ▶ Frame Relay no puede hacerlo sólo, necesitará de los servicios de otro protocolo con nivel de red y direcciones de nivel de red (como RDSI o IP).
- ▶ El mecanismo depende de la implementación del nivel de red. Básicamente el DTE local envía una señal "setup" al DTE remoto que envía una "connect". Se crea el circuito, se intercambian datos y cualquiera de los dos envía "release" para finalizar la conexión.

DLCI dentro de la red

- ▶ Los DLCI se asignan también para definir un circuito virtual entre dos DCE dentro de la red. Un conmutador asigna Un DLCI a cada conexión virtual en una interfaz, por lo que dos conexiones distintas pueden tener el mismo DLCI si pertenecen a interfaces distintas.
- ▶ Cada conmutador tiene una tabla para encaminar las tramas. La tabla empareja una combinación DLCI-interfaz de entrada con una DLCI-interfaz de salida.

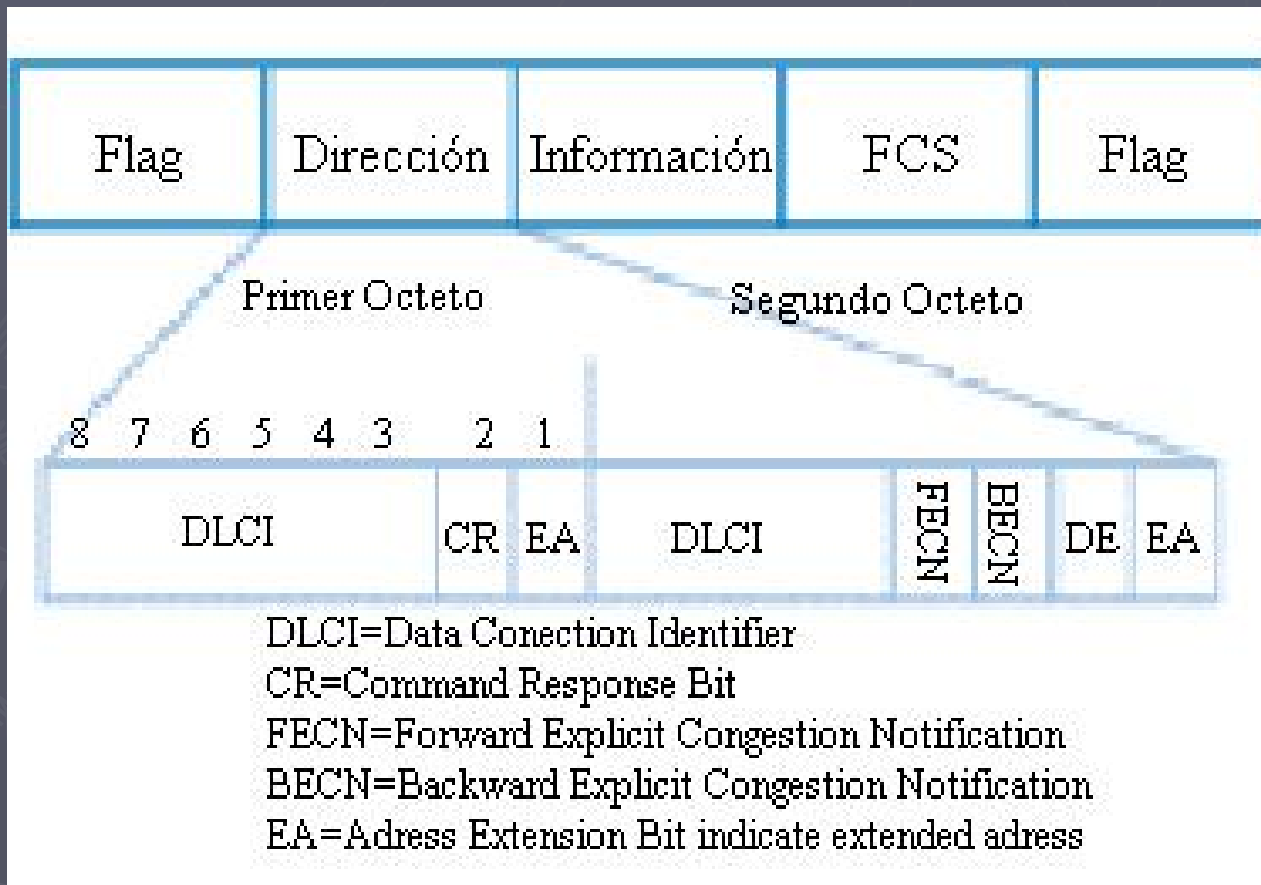
NIVELES EN FRAME RELAY

Niveles en Frame Relay

- ▶ Frame Relay actúa sólo en el nivel físico y en el de enlace de datos.
- ▶ Nivel físico: No se ha definido ningún protocolo concreto para el nivel físico en Frame Relay. Se deja que el implementador utilice el que esté disponible. Se admite cualquiera de los reconocidos por ANSI.
- ▶ Nivel de enlace de datos: No están implementadas todas sus funciones. Se emplea una versión simplificada de HDLC (LAPF central), ya que no se necesitan los campos de control de flujo de errores -> Estructura de trama de Frame Relay.

Trama de Frame Relay (1/3)

- Los campos Flag, FCS e información son iguales que HDLC. Pero aquí no hay campo de control.



Trama de Frame Relay (2/3)

- ▶ Los campos Flag valen 01111110, y su unicidad en el caudal de bits está garantizada.
- ▶ Información se refiere a los datos de usuario, y será un número entero de bytes. Puede oscilar entre 1 y 8.250 bytes, aunque por defecto es de 1.600 bytes.
- ▶ FCS, Secuencia de Verificación de Trama, es una comprobación de redundancia cíclica UIT-T (CRC 16) que representa la suma del contenido total de la trama (incluyendo DLCI). Se usa para determinar si la trama ha sido corrompida durante la transmisión.

Trama de Frame Relay (3/3)

- ▶ El campo dirección tiene estos campos:
 - DLCI (campo de dirección): Dividido en dos partes de 6 y 4 bits.
 - C/R (Orden/Respuesta): Permite a los niveles superiores saber si la trama es una orden o una respuesta.
 - Dirección extendida (EA): Uno para cada uno de los dos bytes. Indica si este byte es el final (1) o le sigue otro (0).
 - FECN-BECN: Relativos al control de congestión.
 - DE (Elegibilidad de descarte): Indica el nivel de prioridad de la trama. En situaciones de emergencia se pueden descartar algunas tramas. No se descartará ninguna con DE=1 habiendo otras con DE=0. Puede activarse en el emisor o en cualquier conmutador.

CONTROL DE CONGESTIÓN

Congestión

- ▶ La congestión en una red puede ocurrir si un usuario envía datos a la red a un tasa mayor de la que puede permitir los recursos de la red.
- ▶ Debe evitarse ya que reduce el rendimiento e incrementa los retardos.
- ▶ X.25 utiliza control de flujo en el nivel de red (extremo a extremo) y en nivel de enlace de datos (entre nodos consecutivos).
- ▶ Frame Relay no tiene nivel de red y no utiliza control de flujo en el nivel de enlace de datos. Además permite el envío de datos a ráfagas. Por todo puede congestionarse y se necesita un **control de la congestión.**

Elusión de la congestión

- ▶ Se utilizan dos bits para informar:
 - BECN (Notificación de congestión explícita hacia atrás): Avisa al emisor de que existe una situación de congestión en la red. Lo hace el conmutador utilizando las tramas de respuesta del receptor (modo full-dúplex), o bien con conexión predefinida (DLCI=1023) enviando tramas especiales.
 - FECN (Notificación de congestión explícita hacia adelante): Avisa al receptor de que hay congestión. Frame Relay asume que en la comunicación se utiliza algún control de flujo en un nivel superior. Por ejemplo, si hay un mecanismo de confirmación, el receptor retrasaría la confirmación, forzando al emisor a ralentizarse.

Efectos de la congestión

- ▶ Cuatro situaciones distintas en una comunicación entre A y B:
 - Sin congestión: [-> (FECN=0, BECN=0), <- (FECN=0, BECN=0)].
 - Congestión en A-B: [-> (FECN=0, BECN=1), <- (FECN=1, BECN=0)].
 - Congestión en B-A: [-> (FECN=1, BECN=0), <- (FECN=0, BECN=1)].
 - En ambos: [-> (FECN=1, BECN=1), <- (FECN=1, BECN=1)].
- ▶ Si los usuarios no responden a los avisos de congestión, la red tiene que descartar tramas.
- ▶ A los usuarios se les avisa de la congestión de forma implícita cuando los protocolos de nivel superior (como el de transporte) comprueban que algunas tramas no han alcanzado el destino. Es responsabilidad del emisor parar y permitir que la red se recupere y reenvíe las tramas descartadas.

ALGORITMO DEL CUBO DE ESCAPE

El cubo de escape

- ▶ El funcionamiento de un conmutador en una red Frame Relay se puede simular mediante un “cubo con escape” (*leaky bucket*). Si un cubo tiene un pequeño agujero en su parte inferior, el agua deja el cubo a una velocidad constante mientras haya agua en el cubo. La velocidad de entrada podrá variar, pero la de salida es constante. Si la velocidad de entrada es muy superior el cubo se desbordará.
- ▶ Esta misma situación ocurre en una red de conmutación de paquetes como Frame Relay que no emplea control de flujo.
- ▶ Cada conmutador puede enviar datos a una cierta velocidad. Si se reciben más de los que se pueden transmitir, el conmutador puede congestionarse y descartar tramas.

Conmutador vs cubo de escape

- ▶ ¿Cómo controlar una entrada a ráfagas? El cubo debe tener capacidad suficiente para almacenar el agua llegada en una ráfaga.
- ▶ Igualmente, en un conmutador, la salida tiene velocidad fija mientras que la entrada puede ser a ráfagas. Se utilizarán buffers (colas) donde se almacenan los datos llegados a ráfagas que saldrán a velocidad constante.
- ▶ ¿Cómo se controla la velocidad de salida de modo que sea inferior a la velocidad fija en una red de conmutación de paquetes donde el tamaño de cada paquete puede ser diferente? Algoritmo del cubo de escape

El algoritmo del cubo de escape

- ▶ Se puede utilizar un contador y un reloj. En cada pulso de reloj, el contador se fija a la cantidad de datos que pueden ser sacados por unidad de tiempo.
- ▶ El algoritmo comprueba el tamaño de la trama situada en el frente de la cola. Si el tamaño es menor o igual que el valor de contador, se envía el paquete; sino se deja en la cola y se espera al siguiente pulso.
- ▶ Así nunca se sobrepasa la cantidad máxima permitida por unidad de tiempo.
- ▶ Para que el algoritmo funcione el tamaño de la trama debería ser más pequeño que el valor del contador máximo.

CONTROL DE TRÁFICO

Control de tráfico

- ▶ Las estrategias de congestión requieren que Frame Relay realice medidas del control de tráfico para determinar cuándo activar los bits BECN, FECN y DE y cuando descartar tramas.
- ▶ Se utilizan varios atributos que se fijan durante la negociación entre el usuario y la red. En conexiones PVC, se negocia una vez. En conexiones SVC, se negocia en cada conexión mientras esta se establece. Estos atributos son: velocidad de acceso, tamaño de la ráfaga comprometido, velocidad de información comprometida y tamaño de la ráfaga en exceso.

Atributos para el control de tráfico (1/2)

- ▶ Velocidad de acceso: en bits/segundo. Depende del ancho de banda del canal que conecta al usuario con la red, el cual no puede superarse.
- ▶ Tamaño de la ráfaga comprometido (B_c): Es el número máximo de bits durante un periodo predefinido de tiempo que la red se compromete a transferir sin descartar tramas o activar el bit DE. No se trata de una velocidad definida para cada segundo, es una medida acumulativa.

Atributos para el control de tráfico (2/2)

- ▶ Velocidad de información comprometida (CIR): Similar a tamaño de ráfaga comprometido excepto que define una velocidad media en bits por segundo. Manteniendo esta velocidad la red entregará todas las tramas.

$$\text{CIR} = B_c / T \text{ bps}$$

- ▶ Tamaño de ráfaga en exceso (B_e): Es el número máximo de bits que pueden exceder a B_c que un usuario puede enviar durante un periodo predefinido. Se transferirán estos bits si no hay congestión. El compromiso es menor que con B_c ya que es condicional.

Velocidad del usuario

- ▶ Si un usuario nunca excede B_c , la red se compromete a transferir las tramas sin descartarlas. Si se excede el valor menos de B_c en menos que B_e (valor total menor que $B_c + B_e$), la red las transferirá todas si no hay congestión. Si hay congestión, algunas tramas serán descartadas. El primer conmutador que recibe las tramas del usuario tiene un contador, y fija el bit DE a 1 para aquellas que excedan el valor B_c . El resto de conmutadores descartarán estas tramas si hay congestión.
- ▶ Se pueden enviar tramas siempre que no se supere el valor $B_c + B_e$ aunque no se garantiza la entrega. Si se supera este valor las tramas serán descartadas por el primer conmutador.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

Direcciones ampliadas

- ▶ Antes hemos visto la estructura de una trama Frame Relay. El campo dirección estaba formado por 2 bytes que es el formato original y el que se utiliza por defecto. Después han sido ampliadas a 3 ó 4 bytes.
- ▶ En este campo se encapsula la DLCI que es una secuencia numérica que identifica a que circuito va dirigida la trama, y con ello la red conoce tanto el origen como el destino de la trama. Cada variante en el formato añade progresivamente más espacio para la dirección.
- ▶ La dirección de 2 bytes se deja un espacio de 10 bits para la dirección, por lo que cualquier nodo puede mantener hasta 1024 conexiones activas.

Distintos formatos de dirección

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

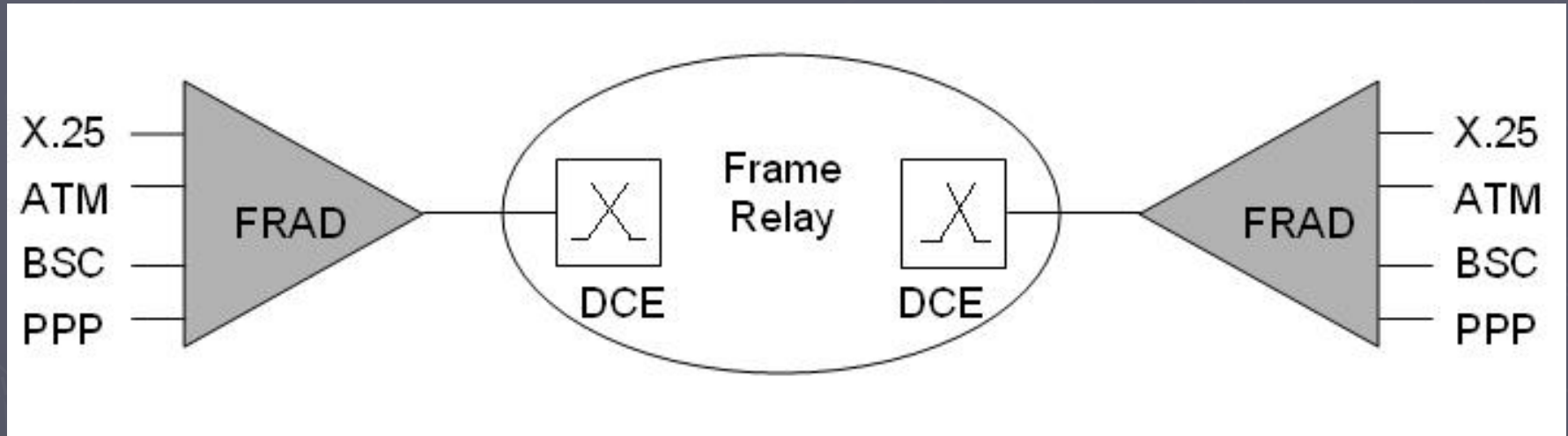
(segmento superior DLCI)			C/R	EA 0
DLCI	FECN	BECN	DE	EA 0
(segmento inferior DLCI)			D/C	EA 1

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

Ensamblador/desensamblador en Frame Relay (1/2)

- ▶ Para manejar las diversas tramas que llegan de otros protocolos, Frame Relay utiliza un dispositivo denominado **ensamblador/desensamblador en Frame Relay** (FRAD, Frame Relay Assembler/Disassembler).
- ▶ Un FRAD ensambla y desensambla las tramas que vienen de otros protocolos para que puedan ser transportadas en Frame Relay.
- ▶ Un Frad se puede implementar como un dispositivo diferente o como parte de un conmutador.

Ensamblador/desensamblador en Frame Relay (2/2)



El FRAD empaqueta todas las tramas de los protocolos existentes en una única trama Frame Relay, para poder viajar por ella. Si debe conectarse a una red distinta, la trama volverá a desensamblarse.

Voz a través de Frame Relay (1/2)

- ▶ VOFR: Voice over Frame Relay.
- ▶ La voz se digitaliza utilizando PCM (modulación por codificación en pulsos) y luego se comprime. El resultado es enviado en tramas de datos a través de la red.
- ▶ Permite el envío barato de voz entre largas distancias. Sin embargo, la calidad no es tan buena como la obtenida en una red de conmutación de circuitos como la red telefónica.
- ▶ El retardo variable puede afectar a la transmisión de voz en tiempo real.

Voz a través de Frame Relay (2/2)

- ▶ En un principio, los operadores desaconsejaban su uso para soportar comunicaciones de voz.
- ▶ En la actualidad, esto ha cambiado y tanto la tecnología como la legislación han clarificado y ampliado el concepto de Grupo Cerrado de Usuarios, liberalizándose en el ámbito interno de las empresas.
- ▶ Esto permite soportar sobre una misma línea las transmisiones de voz, fax y datos de las corporaciones con las consiguientes ventajas económicas.

Información de gestión local

- ▶ Frame Relay se diseñó inicialmente para ofrecer conexiones PVC, por lo que no había ninguna provisión para controlar y gestionar interfaces.
- ▶ La información de gestión local (LMI) se añadió después para una mejor gestión. Puede proporcionar:
 - Un mecanismo para comprobar el flujo de datos.
 - Un mecanismo de radiado que permita que un DTE local pueda enviar tramas a más de un DTE remoto.
 - Un mecanismo que permite a un DTE comprobar el estado de un DCE.

Un paso hacia las redes multimedia

- ▶ Con el tiempo han surgido servicios que permiten la integración de voz, fax y datos, y su transmisión a través de redes de datos Frame Relay.
- ▶ La evolución tecnológica proporciona nodos de conmutación cada vez más rápidos y potentes, capaces de encaminar cualquier tipo de tráfico con un retardo pequeño y poco variable.
- ▶ Si estos nodos se unen con enlaces de alta capacidad, 34 Mbps en las troncales de las redes de los operadores de telecomunicaciones, se dispondrá de una red de datos capaz de transportar voz.