



Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón
Popayán, mayo de 2011

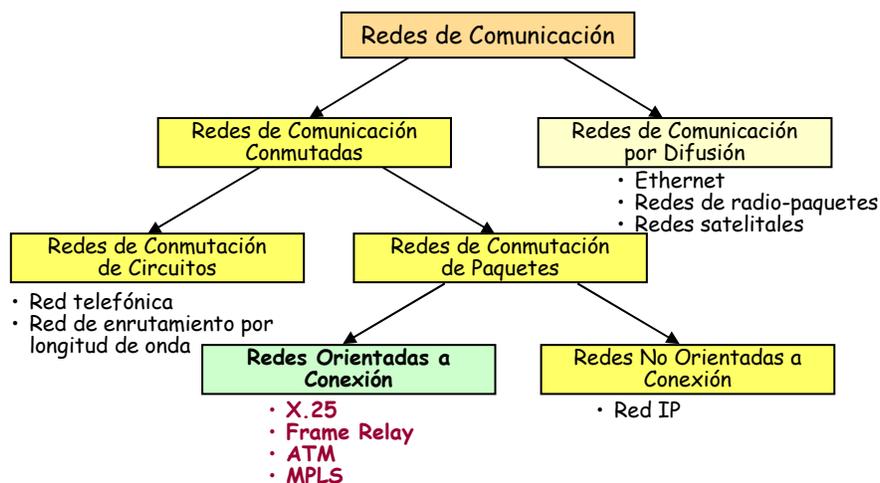
Temario

- Introducción
- Generalidades
- Arquitectura de protocolos
- Control de llamadas (señalización)
- Transferencia de datos de usuario
- Control de Congestión

Temario

- **Introducción**
 - Redes WAN
 - X.25
- Generalidades
- Arquitectura de protocolos
- Control de llamadas (señalización)
- Transferencia de datos de usuario
- Control de Congestión

Redes orientadas a conexión



5

El problema

Departamento de Telemática

Enlaces dedicados...

Álvaro Rendón G.

6

El problema

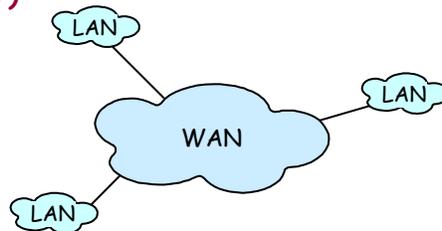
Departamento de Telemática

... vs red conmutada

Álvaro Rendón G.

Redes de Área Ampla (WAN)

- Interconectan LAN
- Protocolos de red (nivel 3)
- Establecen a cuál red local se debe entregar la información
 - TCP/IP (Internet)
 - X.25
 - Frame Relay
 - ATM
 - MPLS



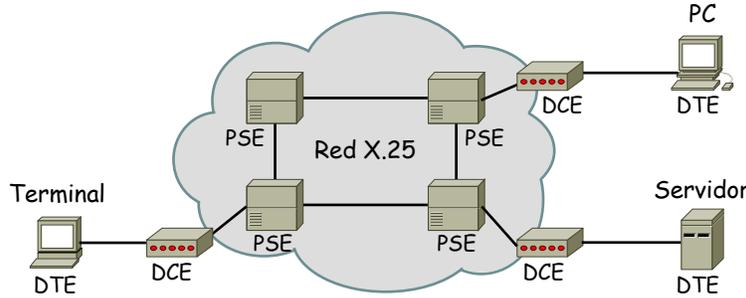
Redes de Área Ampla (WAN)

Redes de conmutación de paquetes orientadas a conexión:

- **X.25**: Conmutación de paquetes original
Paquetes de tamaño variable
- **Frame Relay**: Retransmisión de tramas
Paquetes de tamaño variable
- **ATM**: Retransmisión de celdas
Paquetes de tamaño fijo
- **MPLS**: Conmutación de etiquetas
Etiquetas de tamaño fijo

X.25

Primeras redes de datos públicas nacionales:
Datapac (Canadá), Iberpac, Coldapaq
Publicado por la UIT-T en 1976



Tres dispositivos principales:

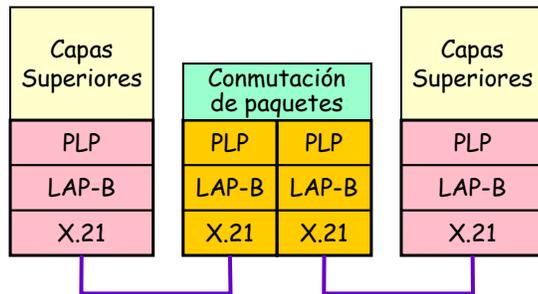
- DTE: Data Terminal Equipment
- DCE: Data Circuit-terminating Equipment
- PSE: Packet-Switching Exchange

Multiplexación:

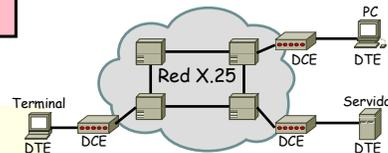
- DTE puede establecer hasta 4.095 **Circuitos Virtuales** simultáneos sobre el mismo enlace físico

Álvaro Rendón G.

X.25 - Pila de protocolos



PLP: Packet Layer Protocol
LAP-B: Link Access Procedure, Balanced (sub HDLC)
X.21: Interfaz DTE-DCE



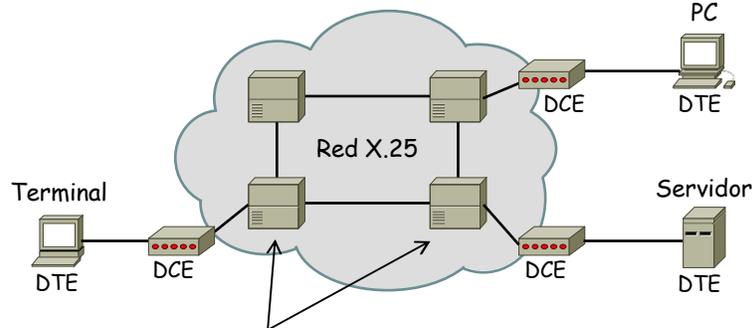
Paquete PLP: GFI | LCI | PTI | Datos

Trama LAPB: BAN | Direc | Contr | Paq. PLP | FCS | BAN

Trama X.21: Flujo de Bits

GFI: General Format Identifier
LCI: Logical Channel Identifier (Circuito Virtual)
PTI: Packet Type Identifier

X.25 - Características



- En cada nodo: control de errores y flujo
- Si hay error, se retransmite el paquete

➡ +procesamiento
+retardo

X.25 - Características

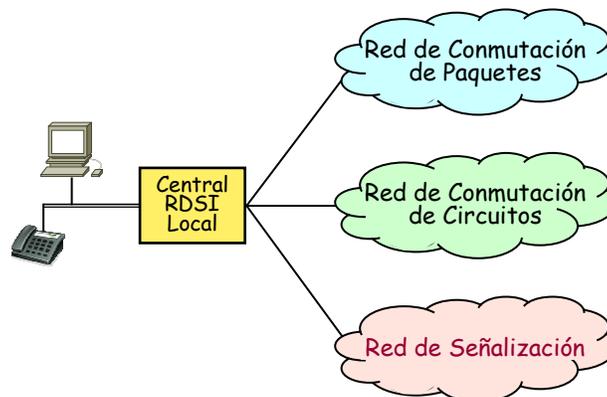
- **Señalización en banda:** usa el mismo canal y el mismo circuito virtual que los paquetes de datos
- Protocolo de tres niveles. La multiplexación de los circuitos virtuales se hace en el nivel 3
- Los niveles 2 y 3 incluyen mecanismos de **control de errores y de flujo**
- Funciona bien con enlaces de **baja confiabilidad** (e.g. líneas analógicas)
- Velocidades: 56 kpbs, 64 kbps a 2,048 Mbps (aplicable hasta 200 Kbps)
- En redes de fibra óptica se recomiendan protocolos con menor sobrecarga

Temario

- Introducción
- **Generalidades de Frame Relay**
 - Características
 - Aplicaciones
 - Dispositivos
 - Circuitos Virtuales
 - Normativa
- Arquitectura de protocolos
- Control de llamadas (señalización)
- Transferencia de datos de usuario
- Control de Congestión

Características

- Frame Relay fue definido originalmente como el protocolo de conmutación de paquetes de RDSI
- Hoy se usa también con otras redes



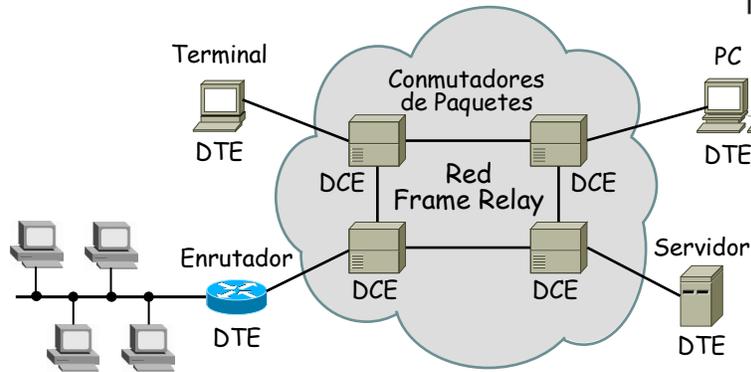
Características

- Diseñado para redes de mayor velocidad y confiabilidad que X.25 (e.g. fibra óptica)
- Señalización **fuera de banda**: usa un canal separado del de paquetes de datos
- Protocolo con sólo **dos niveles**
- No maneja control de errores (retransmisión) ni control de flujo: lo debe hacer el nivel 3
Si hay error: descarta el paquete
- Mayor rendimiento y eficiencia en el uso de la red
 - Retardos en los nodos X.25: 5-20 ms
 - Retardos en los nodos Frame Relay: 2 ms
- Velocidades de acceso mayores que X.25.
Típicas de 64 Kbps a 2.048 Kbps (en teoría 50 Mbps)

Aplicaciones

- Ejemplos de aplicaciones (ANSI T1.606):
 - **Aplicaciones interactivas por bloques de datos**
Requieren bajo retardo y alto rendimiento (throughput)
Ejemplo: Aplic. gráficas de alta resolución (CAD/CAM)
 - **Transferencia de archivos**
Pueden requerir alto rendimiento para reducir tiempos
Ejemplo: Actualización de información en red
 - **Multiplexación a baja velocidad**
Usan la capacidad de FR de multiplexar un acceso entre varios circuitos virtuales: varias aplicaciones de baja velocidad simultáneas.
 - **Tráfico de caracteres interactivos.**
Requieren tramas cortas, bajo retardo y bajo rendimiento
Ejemplo: edición de texto

Dispositivos

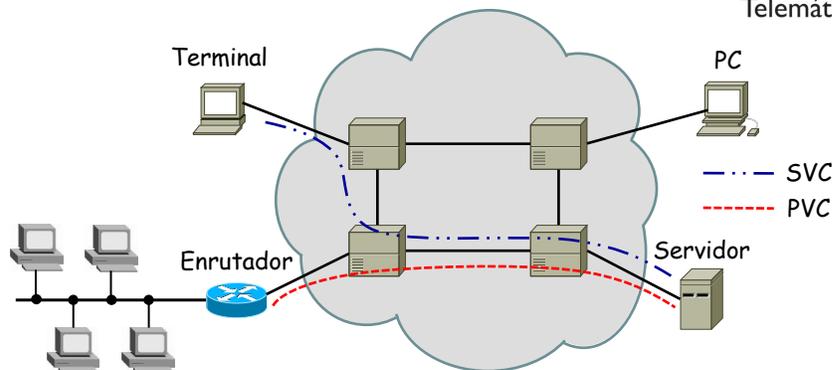


DTE (Data Terminal Equipment) - Equipo terminal de datos:
PC, terminal, servidor, enrutador, etc.

DCE (Data Circuit-Terminating Equipment) - Equipo de terminación del circuito de datos: Servicios de sincronización y conmutación.
Commutador de paquetes

Álvaro Rendón G.

Circuitos Virtuales



SVC (Switched Virtual Circuit) - Circuito Virtual Conmutado:
Conexión temporal establecida bajo demanda. Uso esporádico.
Establecimiento de llamada, transferencia de datos y terminación

PVC (Permanent Virtual Circuit) - Circuito Virtual Permanente:
Conexión fija para uso frecuente. Establecido por el operador mediante mecanismos de gestión

Normativa

- Los primeros estándares fueron propuestos por la UIT-T en 1988 (Rec. I.122)
- 1990: se constituye el **Frame Relay Forum*** con CISCO, DEC, Northern Telecom y StrataCom, que propone la extensión LMI (Local Management Interface)
- Los estándares internacionales son producidos por la UIT-T
- Los estándares para Estados Unidos son producidos por la ANSI (American National Standards Institute)

* Más adelante se integró en el Foro de Banda Ancha
<http://www.broadband-forum.org/>



Normativa

- UIT-T:
 - **I.122 (1993)**: Marco para los servicios portadores en modo trama (Framework for frame mode bearer services)
 - **I.233.1 (1991)**: Servicio portador RDSI con retransmisión de tramas (ISDN frame relaying bearer service)
 - **I.233.2 (1991)**: Servicio portador RDSI con conmutación de tramas (ISDN frame switching bearer service)
 - **I.370 (1991)**: Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI de retransmisión de tramas (Congestion management for the ISDN frame relaying bearer service)
 - **I.372 (1993)**: Requisitos de la interfaz red-red del servicio portador de retransmisión de trama (Frame relaying bearer service network-to-network interface requirements)

Normativa

- **UIT-T (cont.):**
 - **I.555 (1997):** Interfuncionamiento de los servicios portadores con retransmisión de tramas (Frame Relaying Bearer Service interworking)
 - **Q.922 (1992):** Especificación de la capa de enlace de datos de la RDSI para servicios portadores en modo trama (ISDN data link layer specification for frame mode bearer services)
 - **Q.933 (2003):** Sistema de señalización digital de abonado No. 1 de RDSI - Especificaciones de señalización para el control y la supervisión de estado de conexiones virtuales conmutadas y permanentes en modo trama (ISDN Digital Subscriber Signalling System No. 1 (DSS1) - Signalling specifications for frame mode switched and permanent virtual connection control and status monitoring)

Normativa

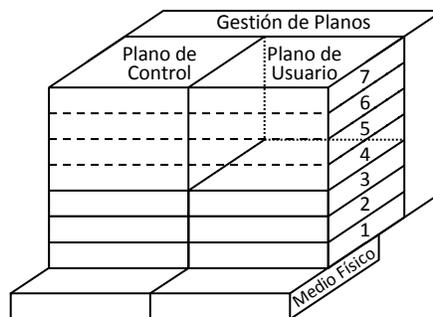
- **ANSI (Estados Unidos):**
 - **T1.606 (1990):** Marco arquitectónico y descripción de servicios para FRBS (Frame Relay Bearer Services) (Architectural Framework and Service Description for Frame-Relaying Bearer Service)
 - **T1.617 (1991):** Señalización FRBS para DSS1 (Signaling Specification for Frame Relay Bearer Service for DSS1)
 - **T1.618 (1991):** Aspectos básicos de FRBS (Core Aspects of Frame Protocol for Use with Frame Relay Bearer Service)
- **Equivalencias UIT-T con ANSI**
 - I.233 - T1.606
 - I.370 - T1.606 Apéndice 1, Gestión de congestión
 - Q.922 - T1.618
 - Q.933 - T1.617

Temario

- Introducción
- Generalidades
- **Arquitectura de protocolos**
 - Modelo de referencia de protocolos de RDSI
 - Plano de Control
 - Plano de Usuario
- Control de llamadas (señalización)
- Transferencia de datos de usuario
- Control de Congestión

Álvaro Rendón G.

Modelo de Referencia de Protocolo de RDSI

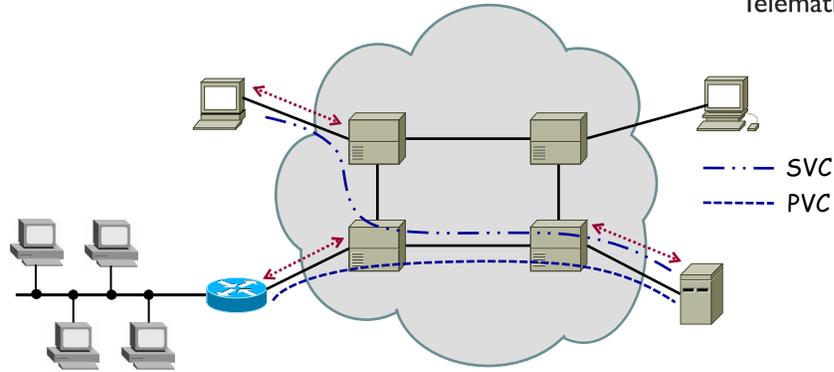


Determina la estructura de los protocolos de Frame Relay
Diferencia los protocolos de señalización de los de transferencia de información

Plano de Control: Protocolos de señalización (establecimiento, supervisión y terminación de conexiones) usuario-red

Plano de Usuario: Protocolos de transferencia de información entre usuarios

Protocolos de Frame Relay

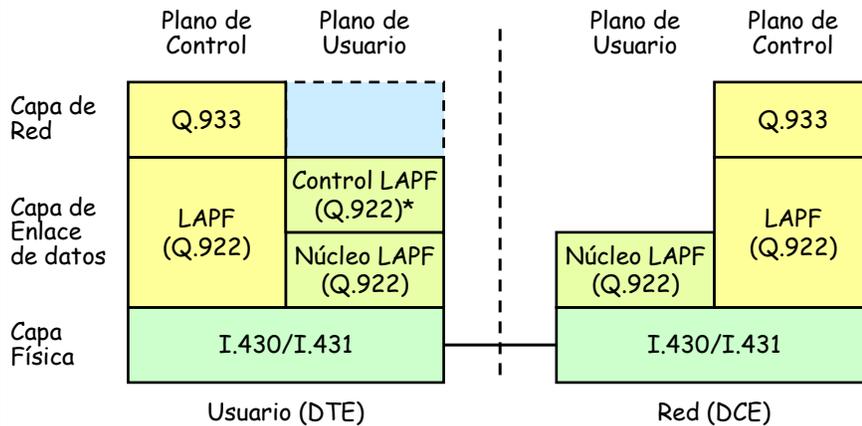


Dos conjuntos de protocolos:

Protocolos de señalización (Plano de Control): establecimiento y terminación de conexiones (SVC) y supervisión (SVC, PVC)

Protocolos de transferencia (Plano de Usuario): transferencia de información entre usuarios

Protocolos en la interfaz usuario-red



LAPF: Link Access Procedures to Frame Mode Bearer Services (Frame Relay)

*El usuario puede utilizar Control de LAPF u otro protocolo para funciones de control de flujo y errores de terminal a terminal

Protocolos de señalización

Q.933
LAPF (Q.922)
I.430/ I.431

- **Capa Física: I.430/431**
 - Define los canales RDSI:
D (16/64 Kbps), B (64 Kbps) y H (384/1.536/1.920 Kbps)
- **Capa de Enlace de Datos: Q.922**
 - Llamado **LAPF (Procedimiento de Acceso al Enlace para Servicios Portadores en Modo Trama)**
 - Basado en LAPD (Procedimientos de acceso al enlace por el canal D) usado por DSS1
 - Transferencia fiable de tramas por el enlace
 - Control de errores y de flujo
- **Capa de Red: Q.933**
 - Define los mensajes de señalización: establecimiento, liberación y estado de la conexión

Protocolos del Plano de Usuario

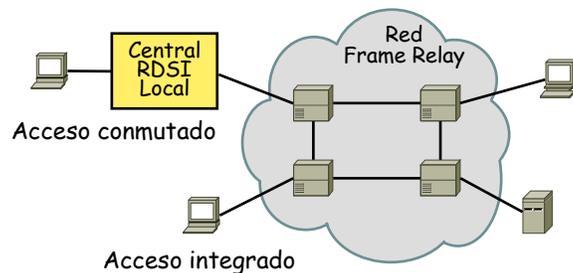
Control LAPF*
Núcleo LAPF
I.430/ I.431

- **Capa Física: I.430/431**
 - Define los canales RDSI:
D (16/64 Kbps), B (64 Kbps) y H (384/1.536/1.920 Kbps)
- **Capa de Enlace de Datos (LAPF): Q.922**
 - LAPF: LAPD más congestión
 - Dos subcapas: Núcleo y Control
 - **El Núcleo de Enlace de Datos** es usado en la conexión usuario-red y por la red (Conmutadores de Paquetes)
No tiene corrección de errores ni control de flujo
Las tramas con error se descartan
 - **El Control de enlace de Datos** puede ser usado en la conexión usuario-usuario para corrección de errores y control de flujo
 - *Opcional

Temario

- Introducción
- Generalidades
- Arquitectura de protocolos
- **Control de llamadas (señalización)**
 - Acceso de RDSI a Frame Relay
 - Control de las conexiones
 - Q.933
- Transferencia de datos de usuario
- Control de Congestión

Acceso de RDSI a Frame Relay



RDSI considera dos alternativas para el acceso del usuario a la red Frame Relay:

- **Acceso conmutado:** Requiere el establecimiento de una conexión sobre un canal B hacia el Conmutador de Paquetes
Utiliza el protocolo DSS1 sobre el canal D (Q.931)
- **Acceso integrado:** El usuario tiene un acceso lógico directo al Conmutador de Paquetes

Q.933 - Mensajes de Control de la Conexión



33

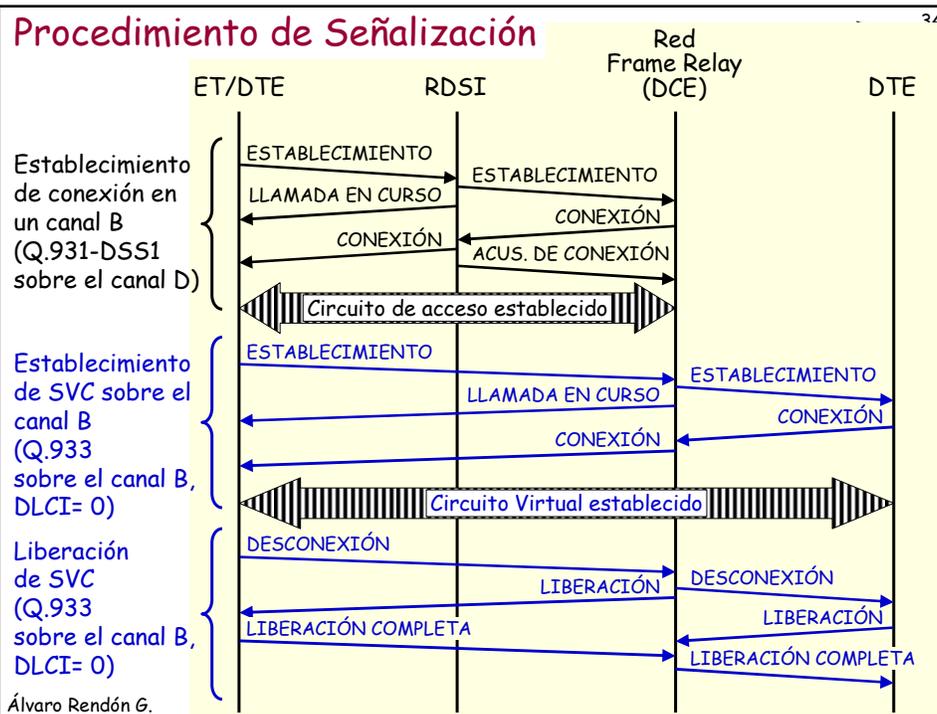
Departamento de Telemática

Mensaje (Esp.)	Mensaje (Ing.)	Función
Mensajes de establecimiento de circuito virtual		
LLAMADA EN CURSO	CALL PROCEEDING	Establecimiento de conexión iniciado
CONEXIÓN	CONNECT	DTE llamado ha aceptado la conexión
ESTABLECIMIENTO	SETUP	Inicia el establecimiento de conexión
Mensajes de liberación de circuito virtual		
DESCONEXIÓN	DISCONNECT	DTE/DCE solicita desconexión de SVC
LIBERACIÓN	RELEASE	Liberación de SVC iniciada
LIBERACIÓN COMPLETA	RELEASE COMPLETE	Liberación de SVC completada
Mensajes varios		
REARRANQUE	RESTART	Solicita re arranque de interfaz DTE/DCE
ACUSE DE REARRANQUE	RESTART ACKNOWLEDGE	Rearranque de interfaz DTE/DCE completado
SITUACIÓN	STATUS	Responde CONSULTA o reporta error
CONSULTA DE SITUACIÓN	STATUS ENQUIRY	Solicita mensaje de SITUACIÓN

Álva

Procedimiento de Señalización

34



Temario

- Introducción
- Generalidades
- Arquitectura de protocolos
- Control de llamadas (señalización)
- **Transferencia de datos de usuario**
 - Núcleo de LAPF (Q.922)
 - DLCI
 - Conmutadores
 - IP sobre Frame Relay
- Control de Congestión

Núcleo de LAPF (Q.922)

Formato de la trama



Plano de
Usuario

Control
LAPF*

Núcleo
LAPF

I.430/
I.431

BAN: Bandera de delimitación: 01111110

Dirección: 2, 3 ó 4 octetos

Información: n mínimo= 1 byte
n máximo por defecto= 262 bytes**
n máximo recomendado= 1.600 bytes
n máximo posible= 4.096 bytes

SVT: Secuencia de Verificación de Trama (CRC)

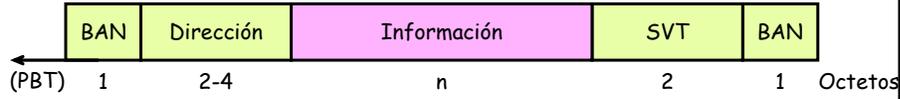
*Opcional

**Para compatibilidad con LAPD

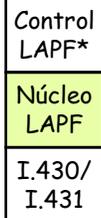
PBT: Primer Bit Transmitido

Núcleo de LAPF (Q.922)

Formato de la trama



Plano de Usuario



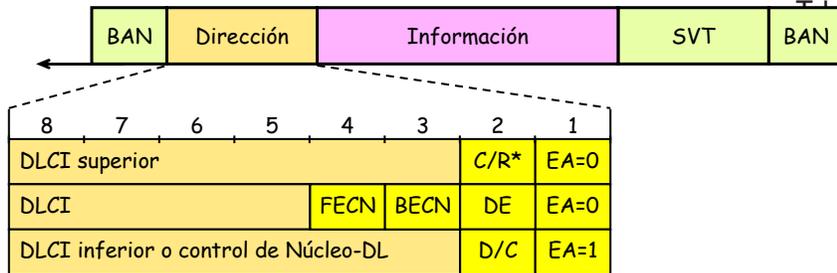
- SVT: Permite detectar errores
- las tramas erróneas se descartan
- No hay números de secuencia:
- no es posible corregir los errores
 - la capa superior (e.g. Control LAPF) las retransmite
- No hay campo de control (I, RR, RNR, REJ, ...):
- sólo hay un tipo de trama (información del usuario)
 - no hay confirmación de tramas
- *Opcional

Núcleo de LAPF (Q.922)



8	7	6	5	4	3	2	1	
DLCI superior						C/R*	EA=0	Formato por defecto (2 octetos)
DLCI inferior				FECN	BECN	DE	EA=1	
8	7	6	5	4	3	2	1	
DLCI superior						C/R*	EA=0	Formato de 3 octetos
DLCI				FECN	BECN	DE	EA=0	
DLCI inferior o control de Núcleo-DL						D/C	EA=1	
8	7	6	5	4	3	2	1	
DLCI superior						C/R*	EA=0	Formato de 4 octetos
DLCI				FECN	BECN	DE	EA=0	
DLCI							EA=0	
DLCI inferior o control de Núcleo-DL						D/C	EA=1	

Núcleo de LAPF (Q.922)



EA: Extensión del campo de dirección

DLCI: Identificador de Conexión de Enlace de Datos (Data Link Connection Identifier)

C/R*: no es usado por el núcleo de LAPF

FECN: Notificación de congestión explícita hacia delante

BECN: Notificación de congestión explícita hacia atrás

DE: Indicador de elegibilidad de descarte

D/C: Indicador de DLCI o control del Núcleo-DL

Control del Núcleo-DL: Reservado para funciones de control del Núcleo LAPF

Álvaro Rendón G.

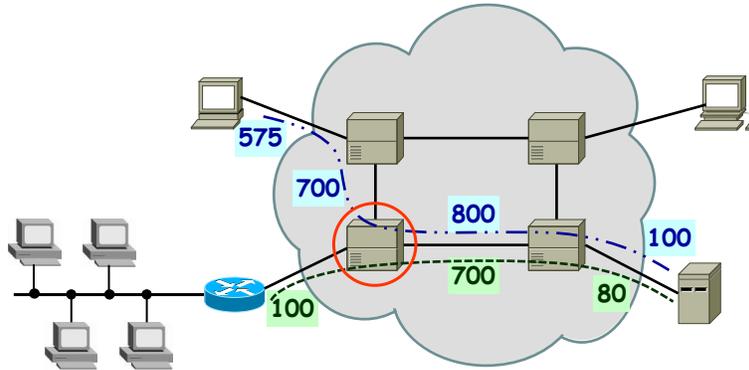
Asignación de DLCI

DLCI (2 octetos)	Función
0	Señalización en el canal
1-15	Reservado
16-511	Opción de red: en canales que no son D, disponible para soporte de información de usuario
512-991	Identificación de enlace lógico para soporte de información de usuario
992-1007	Gestión de capa 2 de servicio portador en modo trama
1008-1022	Reservado
1023	Gestión de capa 2 en canal

En canales D sólo puede usarse el formato de DLCI de dos octetos
En canales D se utilizan valores de los bits 3-8 del primer octeto no disponibles para LAPD (SAPI = 32-62 en Cuadro 2/Q.921)

Álvaro Rendón G.

Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI)

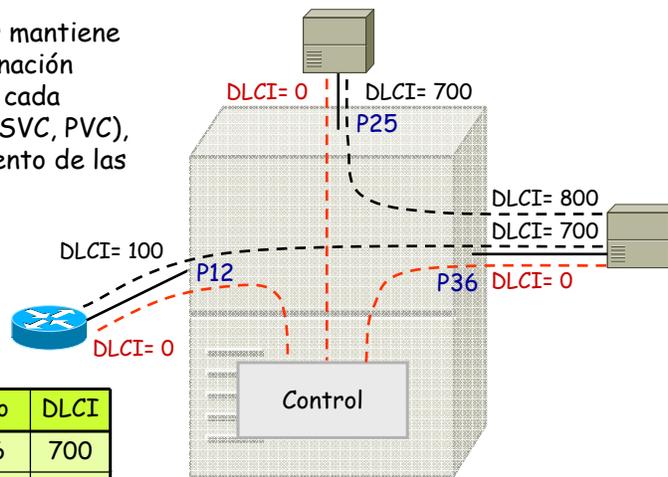


DLCI identifica cada conexión lógica establecida sobre un canal
 Tiene significado local (para cada canal). Una extensión del protocolo define un DLCI con valor global
 La conexión lógica con **DLCI= 0** se usa para señalización

Álvaro Rendón G.

Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI)

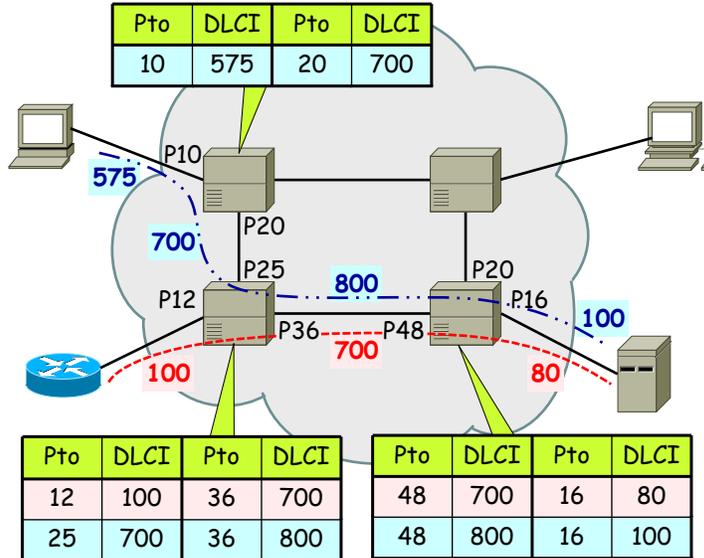
Cada conmutador mantiene una tabla de asignación Puerto-DLCI por cada Circuito Virtual (SVC, PVC), para el enrutamiento de las tramas



Pto	DLCI	Pto	DLCI
12	100	36	700
25	700	36	800

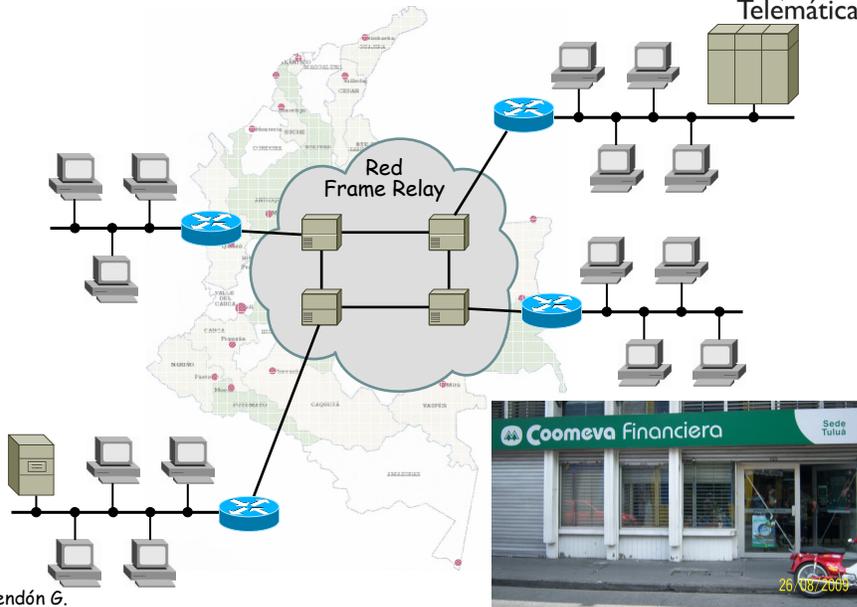
Álvaro Rendón G.

Conmutadores Frame Relay



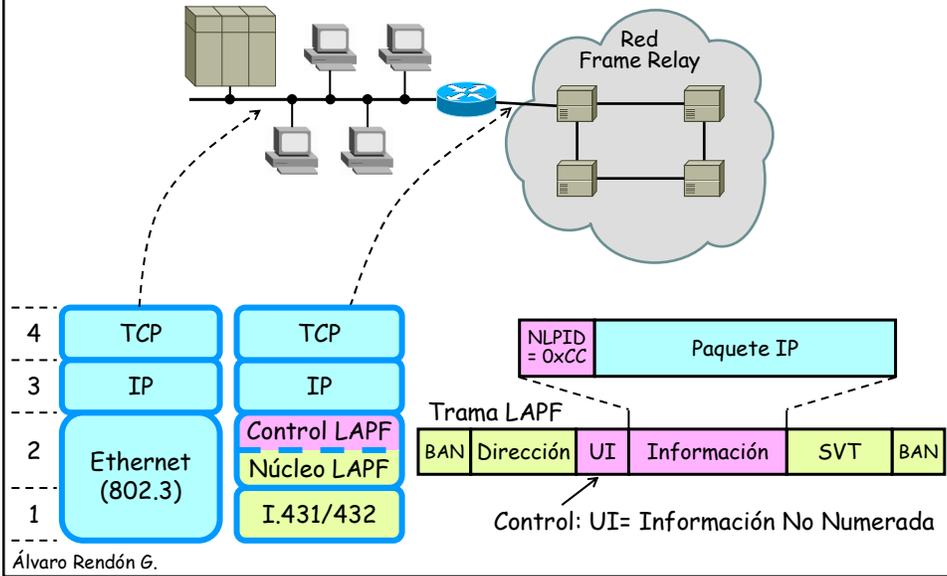
Álvaro Rendón G.

WAN Frame Relay



Álvaro Rendón G.

IP sobre Frame Relay

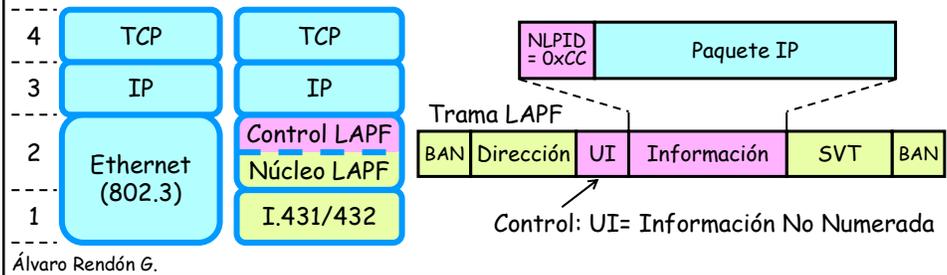


IP sobre Frame Relay

RFC 1490: Multiprotocol Interconnect over Frame Relay

Define el método de encapsulamiento de protocolos sobre la red Frame Relay
 NLPID identifica el protocolo al que pertenece la información transportada

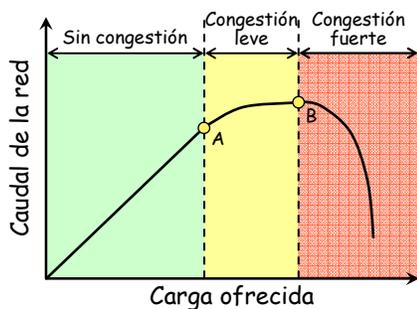
- NLPID: Network Level Protocol Identification**
- 0x80: SNAP
 - 0x83: OSI IS-IS
 - 0x8E: IPv6
 - 0xCC: IPv4**
 - (...)



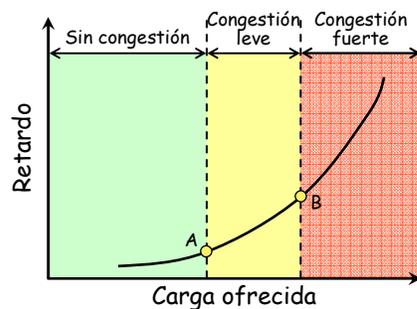
Temario

- Introducción
- Generalidades
- Arquitectura de protocolos
- Control de llamadas (señalización)
- Transferencia de datos de usuario
- **Control de Congestión**
 - Efectos de la congestión
 - Gestión de la tasa de tráfico

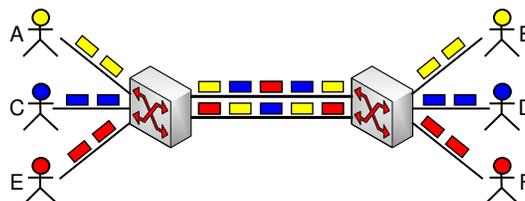
Efectos de la congestión



Caudal y congestión de red (I.370)

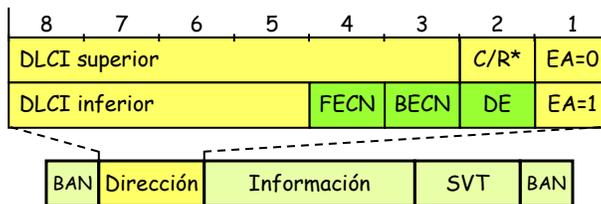


Retardo y congestión de red (I.370)



Control de congestión en Frame Relay

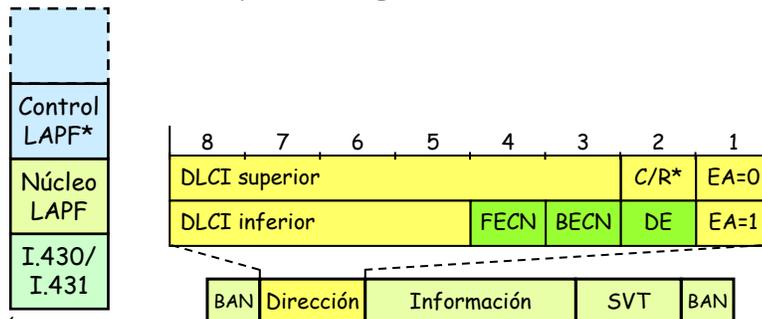
- Mecanismos de control de congestión:
 - **FECN**: Informa al terminal de destino que las tramas que recibe han encontrado recursos congestionados
 - **BECN**: Informa al terminal de origen que las tramas que está enviando encontrarán recursos congestionados
El usuario debe tomar medidas para reducir la congestión
 - **DE**: Marca las tramas que deben ser descartadas por la red antes que las demás, en caso de que sea necesario para controlar la congestión
La red no informa del descarte a los terminales



Álvaro Rendón G.

Control de congestión en Frame Relay

- Por la reducción del protocolo (eficiencia), los conmutadores no pueden controlar el flujo de tramas
- Los conmutadores monitorean la congestión
- Los usuarios controlan el flujo de tramas: protocolos de nivel superior (e.g. Control LAPF)



Álvaro Rendón G.

Gestión de la tasa de tráfico



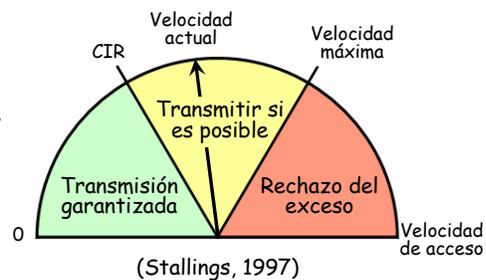
Parámetros para gestionar la tasa de tráfico:

- Se contratan para cada PVC
- Se negocian para cada SVC durante el establecimiento
- **CIR (Committed Information Rate)**: Velocidad (tasa) garantizada por la red (en bps)

Velocidad < CIR, garantiza

Velocidad > CIR, DE= 1

Velocidad > Vmax, descarta



Álvaro Rendón G.

Gestión de la tasa de tráfico



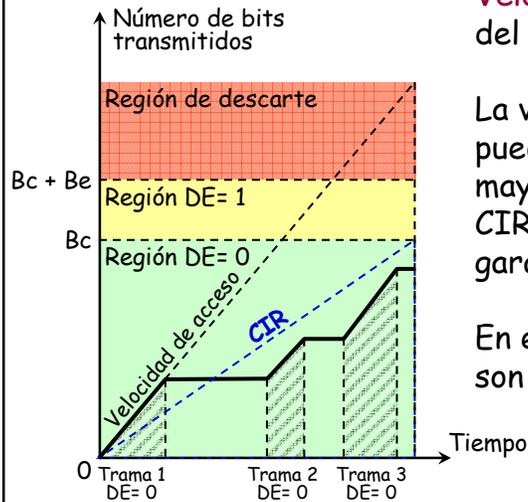
Parámetros para gestionar la tasa de tráfico:

- Se contratan para cada PVC
- Se negocian para cada SVC durante el establecimiento
- **CIR (Committed Information Rate)**: Velocidad garantizada por la red (en bps)
- **Bc (Committed Burst Size)**: Cantidad máxima de datos (bytes) garantizada por la red en condiciones normales, en un período T
- **Be (Excess Burst Size)**: Cantidad máxima de datos, adicionales a Bc, que la red intentará transferir en condiciones normales, en un período T

$$T = Bc / CIR$$

Álvaro Rendón G.

Gestión de la tasa de tráfico



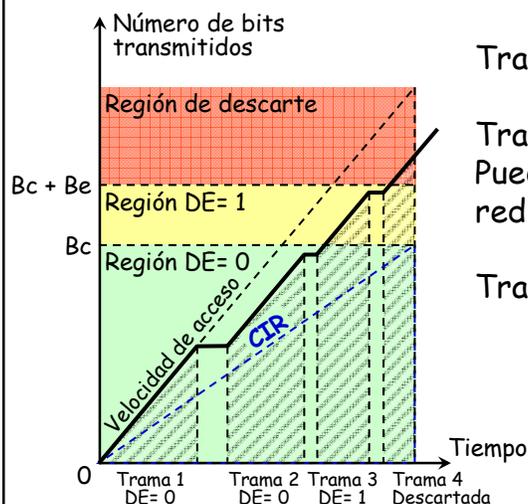
Velocidad de acceso: Velocidad del canal digital (máx. posible)

La velocidad de transmisión puede temporalmente ser mayor que CIR -> CIR: Velocidad promedio garantizada

En el ejemplo, todas las tramas son garantizadas

Álvaro Rendón G. (Stallings, 1997)

Gestión de la tasa de tráfico



Tramas 1 y 2 garantizadas

Trama 3 marcada con DE=1
Puede ser descartada por la red en caso de congestión

Trama 4 descartada

Álvaro Rendón G. (Stallings, 1997)

Bibliografía

- **W. Stallings (1997). "Data and computer communications". 5th Ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, U.S.A.**
- **J. M. Caballero (1998). "Redes de banda ancha". Marcombo, Barcelona, España.**
- **Bradley, T., Brown, C., Malis, A. (1993). "Multiprotocol Interconnect over Frame Relay". IETF RFC 1490. Disponible en: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1490.txt>**
- **Y. Chin Hoong (2008). "CCNA Complete Guide" 2nd Edition. CreateSpace, Seattle, U.S.A.**
- **UIT-T I.370 (1991). "Gestión de la congestión para el servicio portador RDSI con retransmisión de tramas". Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-T I.370. Ginebra, Suiza.**
- **UIT-T. Recomendaciones de las series I, Q y X.**