

REDES DE ORDENADORES
3º Grado Ing. Informática
Universidad de Vigo



BLOQUE 3

Tecnologías de núcleo

Conmutación de circuitos vs conmutación de paquetes



- **Conmutación de circuitos:**

- Camino de comunicación dedicado entre dos estaciones
- Tres fases:
 - Establecimiento
 - Transferencia
 - Desconexión.
- Se debe reservar la capacidad del canal y capacidad de conmutación.
- Los nodos deben disponer de la lógica para realizar las reservas y elegir una ruta a través de la red.
- Normalmente son comunicaciones Full-Duplex
- Características:
 - Ineficiente: la capacidad del canal está dedicada durante toda la duración de la conexión, si no hay transmisión de información, la capacidad está desaprovechada.
 - Necesidad de tiempo de establecimiento
 - Transparencia en la comunicación tras el establecimiento.

Conmutación de circuitos vs conmutación de paquetes



- **Conmutación de paquetes:**

- Los paquetes son recibidos, almacenados temporalmente (buffering) y reenviados al siguiente nodo.
- Ventajas respecto a la conmutación de circuitos:
 - Eficiencia de la línea. Se comparten enlaces formando colas. Los enlaces entre nodos pueden usarse continuamente.
 - Cada nodo se conecta a la red a su propia velocidad.
 - Los paquetes son aceptados incluso cuando la red está ocupada. Técnicas de buffering o de colas. Esto hace que aumente el retardo.
 - Se pueden utilizar prioridades (a más prioridad, menos retardo).
- Técnica de conmutación
 - La estación divide los mensajes largos en varios paquetes. Tiene mucha importancia en cálculos de CIR etc.
 - La estación los envía secuencialmente
 - Los paquetes se tratan de dos maneras:

Conmutación de paquetes



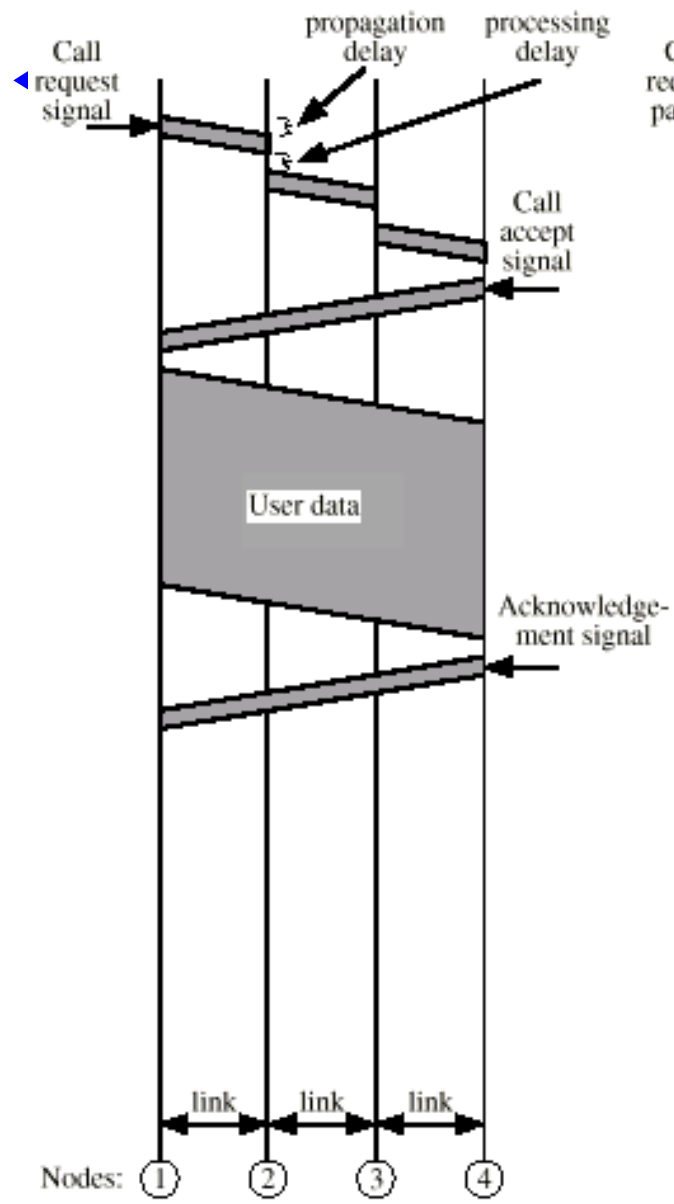
- **Datagrama**

- Cada paquete es tratado independientemente
- Los paquetes pueden tomar cualquier ruta
- Los paquetes pueden llegar desordenados
- Algún paquete puede perderse
- El nodo destino debe reordenar paquetes y solicitar paquetes perdidos (si la red ofrece servicio orientado a conexión).

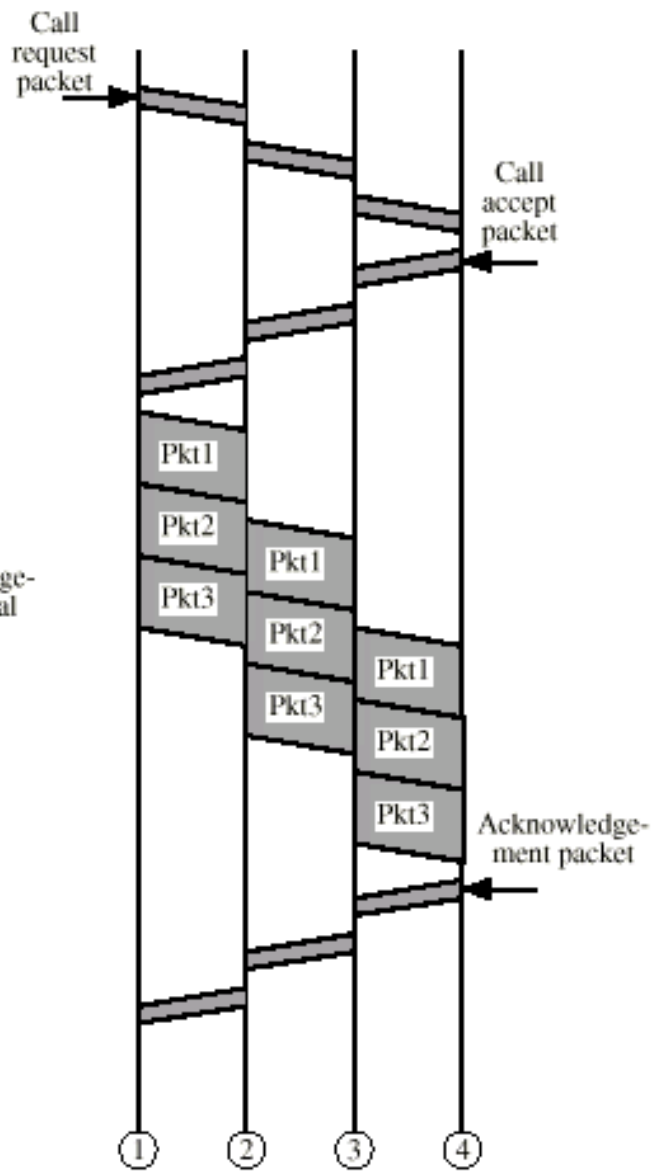
- **Circuito Virtual**

- Se establece una ruta fija antes de enviar cualquier paquete
- Paquetes de llamada y aceptación establecen la conexión.
- Cada paquete contiene un identificador de circuito virtual en vez de una dirección destino
- No se toman decisiones de enrutado para cada paquete.
- Un paquete de liberación libera el camino.
- No son rutas dedicadas pues se siguen utilizando colas. La misma ruta la pueden establecer distintos Circuitos Virtuales. Puede haber varios circuitos virtuales entre un mismo origen y destino.

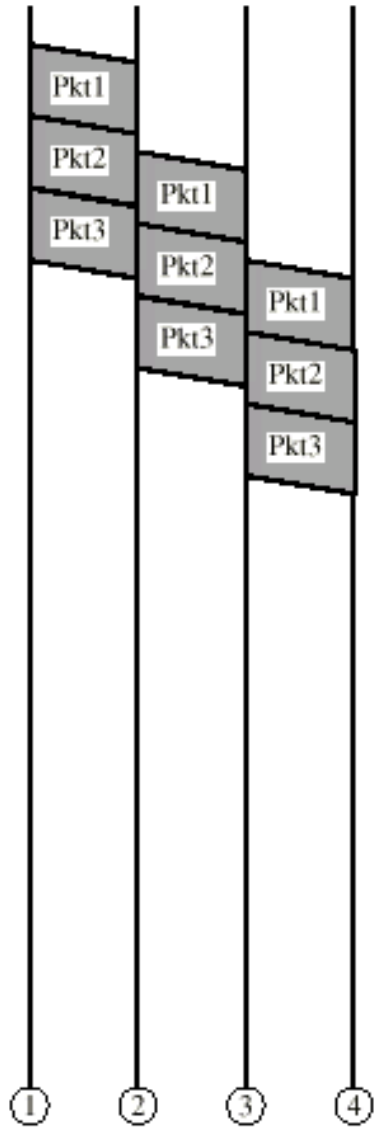
(a) Circuit switching



(b) Virtual circuit packet switching



(c) Datagram packet switching



Tecnologías del núcleo de Internet



- La inmensa mayoría son tecnologías de conmutación de paquetes.
- La mayoría usan la técnica del **circuito virtual**:
 - **X.25**
 - **Frame Relay**
 - **ATM**
 - **MPLS**
- Se usan los términos:
 - **DTE** (Data Terminal Equipment): terminal de usuario.
 - **DCE** (Data Circuit Equipment): terminal de red.

Tecnologías del núcleo de Internet



- **X25**

- Baja velocidad (64Kbps)
- Sustituidas en buena parte por tecnologías mas rápidas.
- 3 capas:
 - Física. Estándar X.21 (señalamiento digital), EIA-232 (analógico,).
 - Enlace. LAPB, subproducto del HDLC. Se encarga de la transferencia fiable de datos a través del enlace físico.
 - Paquete. Servicio de circuito virtual externo. Ofrece
 - asignación de direcciones
 - control de flujo
 - confirmación de entrega. Entrega confiable y en orden
- El tamaño del paquete es de hasta 128 octetos (sin incluir la cabecera).

X25

- Existen paquetes de control y paquetes de datos con varios tamaños de secuencia

Q	D	0	1	Group Number	
Channel Number					
P(R)			M	P(S)	
User Data					

(a) Data packet with 3-bit sequence numbers

X	0	0	1	Group Number
Channel Number				
Packet Type				1
Additional Information				

(b) Control packet for virtual calls with 3-bit sequence numbers

0	0	0	1	Group Number
Channel Number				
P(R)		Packet Type		1

(c) RR, RNR, and REJ packets with 3-bit sequence numbers

Q	D	1	0	Group Number
Channel Number				
P(S)				0
P(R)				M
User Data				

(d) Data packet with 7-bit sequence numbers

X	0	1	0	Group Number
Channel Number				
Packet Type				1
Additional Information				

(e) Control packet for virtual calls with 7-bit sequence numbers

0	0	1	0	Group Number
Channel Number				
Packet Type				1
P(R)				0

(f) RR, RNR, and REJ packets with 7-bit sequence numbers

0	0	1	1	0	0	0	0
Q	D	1	1	Group Number			
Channel Number							
P(S) – low order							0
P(S) – high order							
P(R) – low order							M
P(R) – high order							
User Data							

(g) Data packet with 15-bit sequence numbers

0	0	1	1	0	0	0	0
X	0	1	1	Group Number			
Channel Number							
Packet Type							1
Additional Information							

(h) Control packet for virtual calls with 15-bit sequence numbers

0	0	1	1	0	0	0	0
X	0	1	1	Group Number			
Channel Number							
Packet Type							1
P(R) – low order							0
P(R) – high order							

(i) RR, RNR, and REJ packets with 15-bit sequence numbers

Figure 10.17 X.25 Packet Formats

Frame Relay

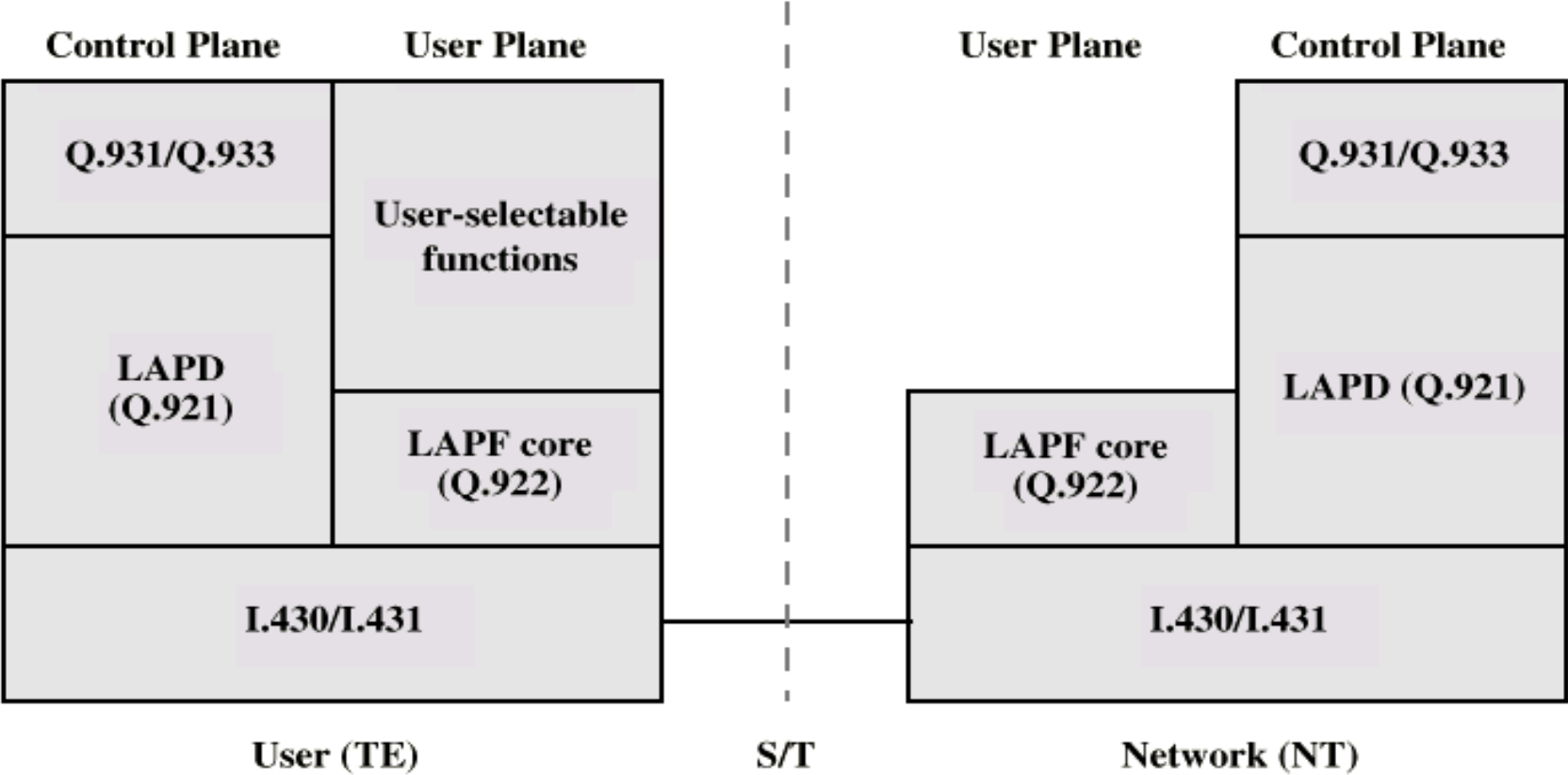


- Servicio para la transmisión de datos entre 2 hosts de forma sencilla y “austera”. Servicio orientado a conexión.
- Mayor labor de control en los DTE.
- Alta fiabilidad de las redes actuales => protocolos simples con la mayor parte del trabajo realizado por las computadoras finales.
- Línea virtual rentada. Línea punto a punto con paquetes de hasta 1600 octetos. Circuito virtual => 10 bits de identificación de circuito virtual.
 - **Circuito real:** disponibilidad todo el día del ancho de banda al máximo de su capacidad.
 - **Circuito Virtual:** ráfagas al máximo de velocidad, pero uso promedio inferior a un nivel determinado. Mas barato.
- Ofrece velocidades de hasta 1'5 Mbps o incluso 2 Mbps, pero menos servicios.
- Ofrece servicios de determinación del comienzo y fin de trama, y detección de errores.

Frame Relay



Arquitectura de capas FR:



Frame Relay



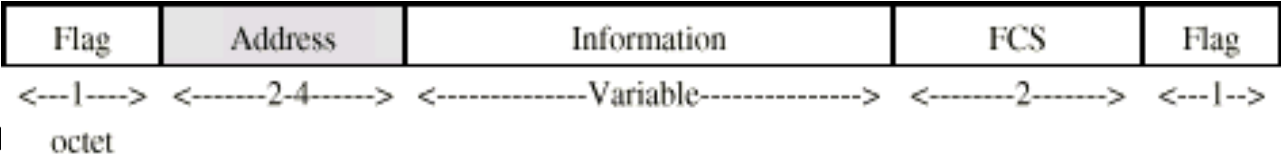
Arquitectura de capas FR:

- Dos planos:
 - **Plano de control:** se encarga de la relación terminal-red. Relacionado con el establecimiento y liberación de conexiones lógicas. Nivel de enlace. Establecimiento de llamada, señalización etc. Protocolo LAPD (Q.921). Suele ir por un canal lógico diferente. Usado para intercambio de mensajes de control Q.933.
 - **Plano de usuario:** responsable de la transferencia de datos entre abonados (datos entre host y host). Relación extremo a extremo. Protocolo LAPF (q.922). Este protocolo no proporciona control de flujo ni de errores.
- Finalmente, una red que ofrece retransmisión de tramas, ofrece servicio orientado a conexión de la capa de enlace con las propiedades:
 - Las tramas se entregan en orden entre origen y destino.
 - Existe pequeña probabilidad de pérdida de tramas.

Frame Relay



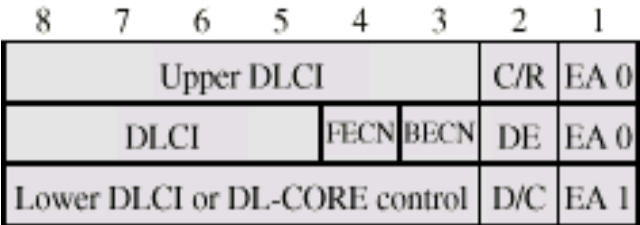
Formato de trama



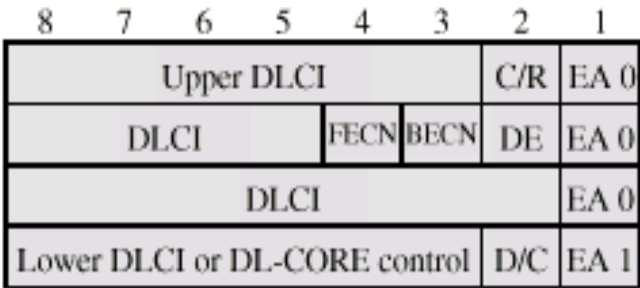
(a) Frame format



(b) Address field - 2 octets (default)



(c) Address field - 3 octets



(d) Address field - 4 octets

- EA Address field extension bit
- C/R Command/response bit
- FECN Forward explicit congestion notification
- BECN Backward explicit congestion notification
- DLCI Data link connection identifier
- D/C DLCI or DL-CORE control indicator
- DE Discard eligibility

Frame Relay



Campos:

- **DLCI**: Identificador de circuito virtual.
- **FECN**: Control de la congestión hacia en el sentido de la transmisión.
- **BECN**: Control de la congestión en el sentido contrario a la transmisión. Estos dos bits los ponen los nodos intermedios y los analizan los DTE.
- **DE**: Bit de trama descartable. Se utiliza para descartar una trama cuando es necesario descartar tramas por necesidades de compartición del caudal contratado.

Frame Relay

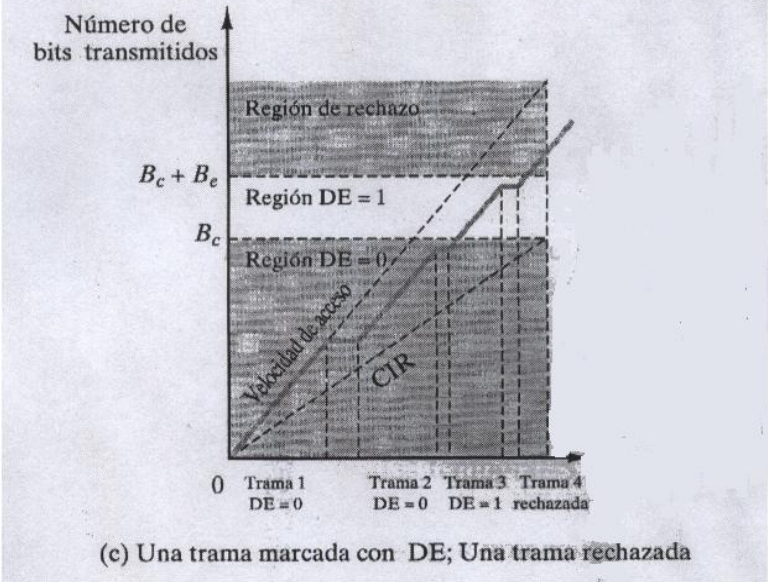
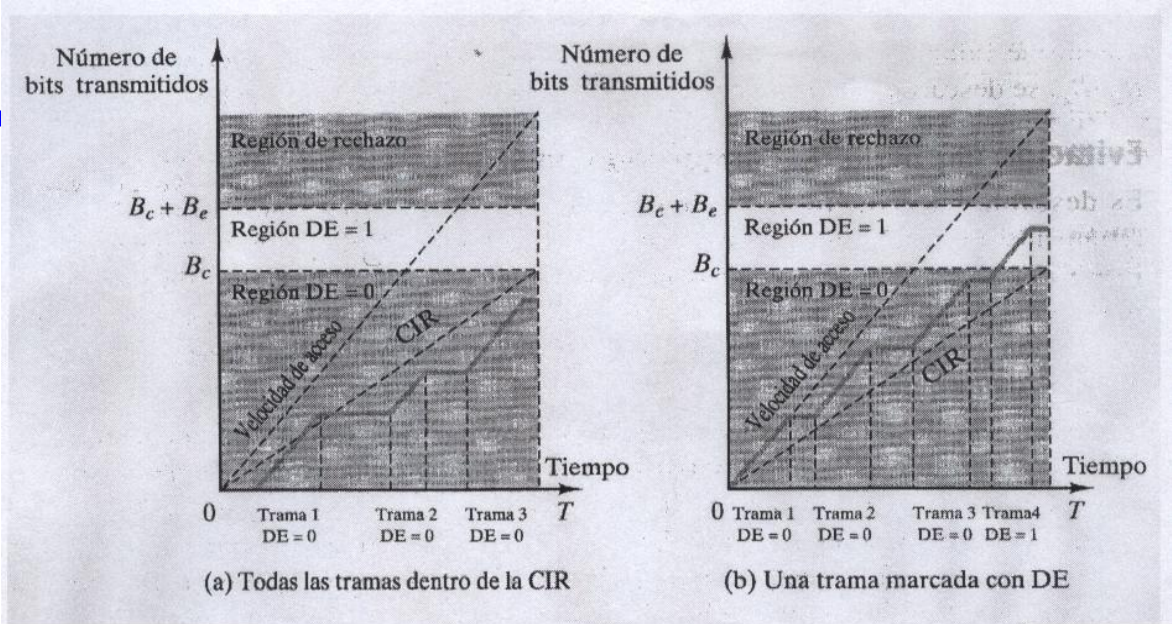


Gestión de la tasa de tráfico (CIR):

- **CIR** (Committed Information Rate, Tasa de información comprometida). Caudal medio garantizado que la red se compromete a dar en una conexión. Este concepto se introduce para mejorar la reserva de recursos. Se mide en la capa de enlace.
- **B_C** (Committed Burst Size, volumen de información comprometida). Es la máxima cantidad de datos (bits) que la red se compromete a transmitir durante un intervalo de tiempo definido T_C . **$B_C = CIR * T_C$**
- **B_e** (Excess Burst Size, Volumen de información en exceso). La máxima cantidad permitida de datos que pueden exceder B_C durante el intervalo de tiempo T_C . El envío de estos datos (B_e) no está garantizado. Aquellos datos que superen $B_C + B_e$ se descartan incondicionalmente.
- **T_C** (Committed Rate measurement Interval). Intervalo de tiempo durante el cual al usuario solo se le permite transmitir $B_C + B_e$. (Tiempo en el que el gestor de tramas –nodo- mide el tráfico sobre cada conexión lógica).
- El caudal físico (C_f) de la línea de accesos también se contrata. Así el operador dimensiona la red en función de los parámetros contratados por sus abonados.
- Cuando una trama se envía dentro de la región entre B_C y $B_C + B_e$, el bit DE es puesto a 1. En caso de congestión estas tramas son las primeras en descartarse en un gestor de tramas.

Frame Relay

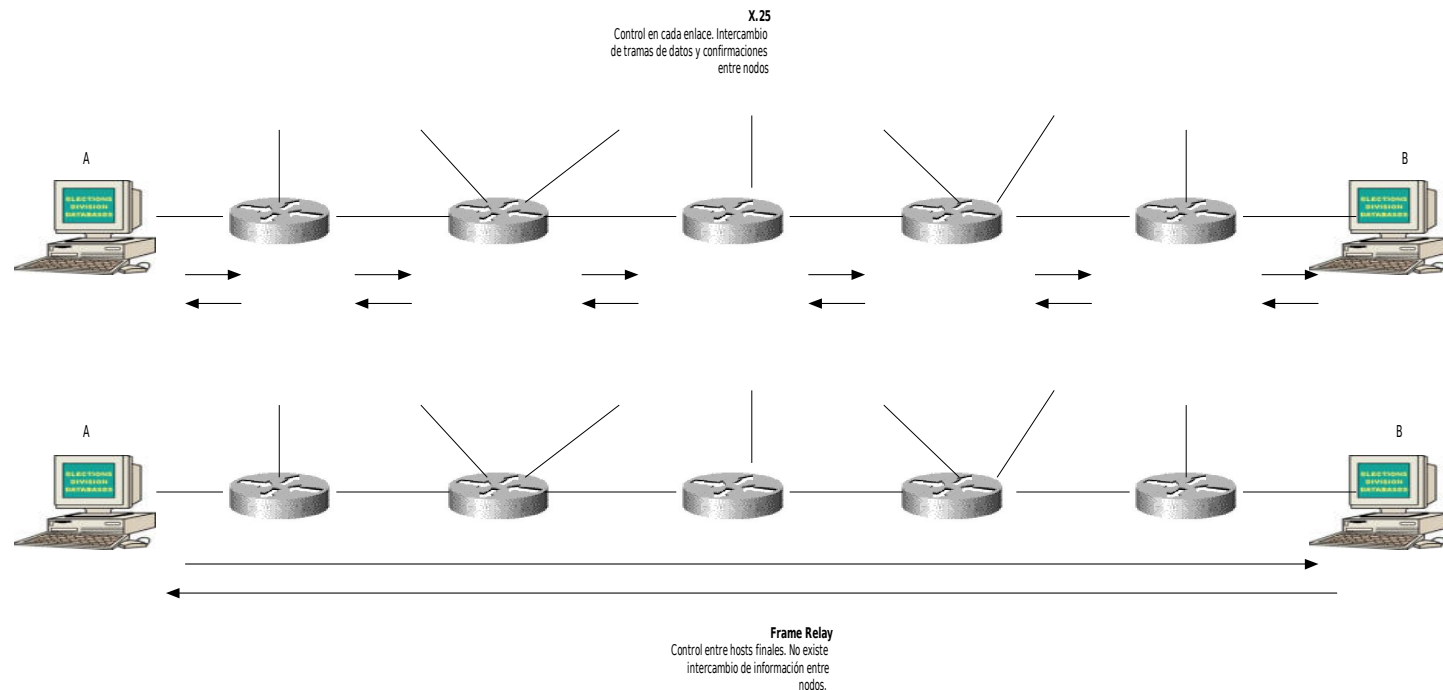
CIR




Frame Relay

Algunas diferencias entre FR y X.25

- FR, Señalización de control con canal lógico distinto que los datos, → Nodos intermedios no mantienen tablas de estado.
- La multiplexación y conmutación de conexiones lógicas tiene lugar en la capa 2 en FR, en lugar de en la capa 3 como en X.25. Así se elimina una capa de procesamiento.
- Control de flujo y errores solo extremo a extremo y en capas superiores. No hay control de flujo ni errores en cada salto. Solo se envía un asentimiento desde el sistema final.



ATM

- 
- Asynchronous Transfer Mode. Lo gestiona el ATM Forum.
 - Misma filosofía que el Frame Relay: descargar el coste principal de control de flujo y de errores a las capas superiores de transporte, basándose en la existencia de redes muy fiables (fibra óptica) y con pocos errores en las capas inferiores.
 - Tráfico en tiempo real (audio y vídeo).
 - Arquitectura diferente a OSI y TCP/IP.
 - Funcionalidades de protocolo de red (enrutamiento o conmutación ATM , conexión extremo a extremo).
 - Está basado al igual que X.25 en tamaño de paquete fijo, llamado celda ATM de 53 octetos.

ATM



- Al igual que X.25 y Frame Relay, la transferencia se lleva a cabo en trozos discretos y varias conexiones lógicas pueden multiplexarse sobre una única interfaz física.
- La capa ATM proporciona servicio orientado a conexión, pero no proporciona acuses de recibo. Sí proporciona entrega en orden. Se le da más importancia a que llegue bien y en orden, que al hecho en sí de que las celdas lleguen. La subred ATM puede descartar celdas.
- Las velocidades de transferencia en la capa física van de 25'6Mbps hasta 622'08Mbps. La velocidad más comúnmente usada es a 155'52Mbps.

ATM - Direccionamiento

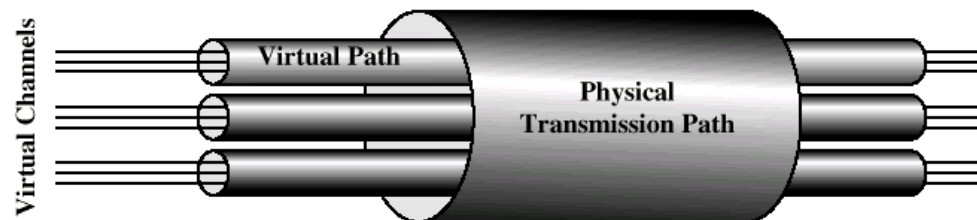
VCC: conexión de canal virtual, o conexión de circuito virtual. Se establece entre dos usuarios finales a través de la red, intercambiándose celdas de tamaño fijo a través de una conexión full-duplex y de velocidad variable. Una VCC también se usa para intercambios usuario-red y red-red.

Full Duplex

Canales permanentes, canales virtuales

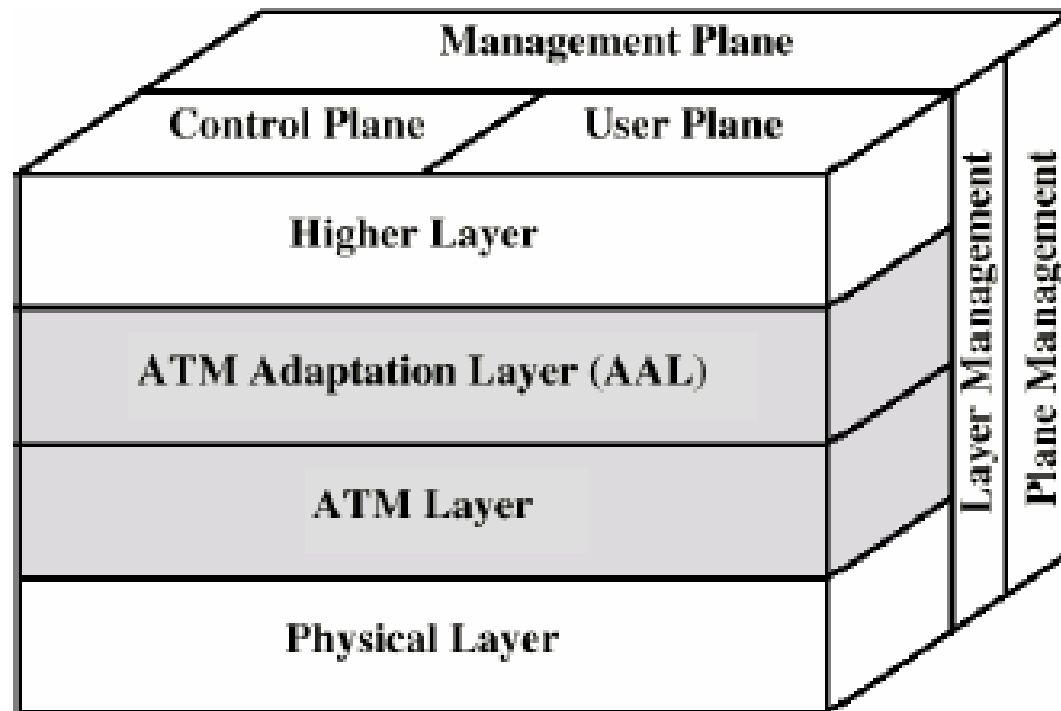
VPC: conexión de camino virtual, o conexión de trayectoria virtual. Es un haz de VCC's con los mismos extremos (mismo nodo origen y destino), de manera que todas las celdas a través de las VCC de una misma VPC se conmutan conjuntamente.

Dirección ATM: 20 octetos para el establecimiento de circuitos y canales virtuales



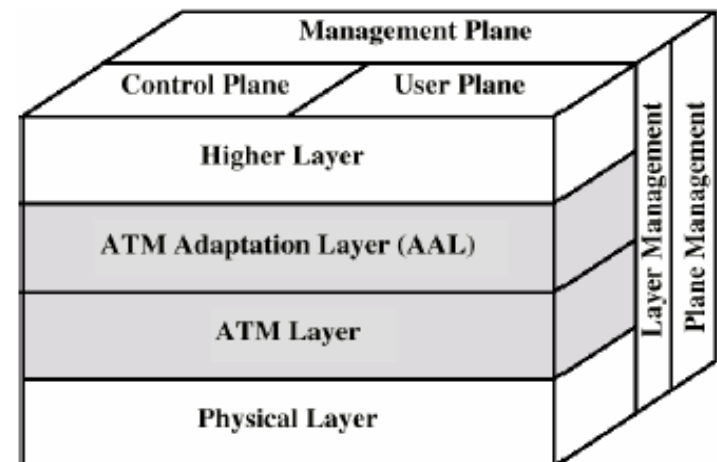
ATM - Arquitectura

2 capas, 3 planos



ATM - Arquitectura

- **Plano de usuario:** transferencia de información de usuario y algunos controles asociados (control del flujo, algunos errores).
- **Plano de control:** funciones de control de llamada y de control de la conexión. Se encarga del establecimiento y liberación de la conexión.
- **Plano de gestión:** gestión de las diferentes capas y planos y se relaciona con la administración de recursos.



ATM - Arquitectura



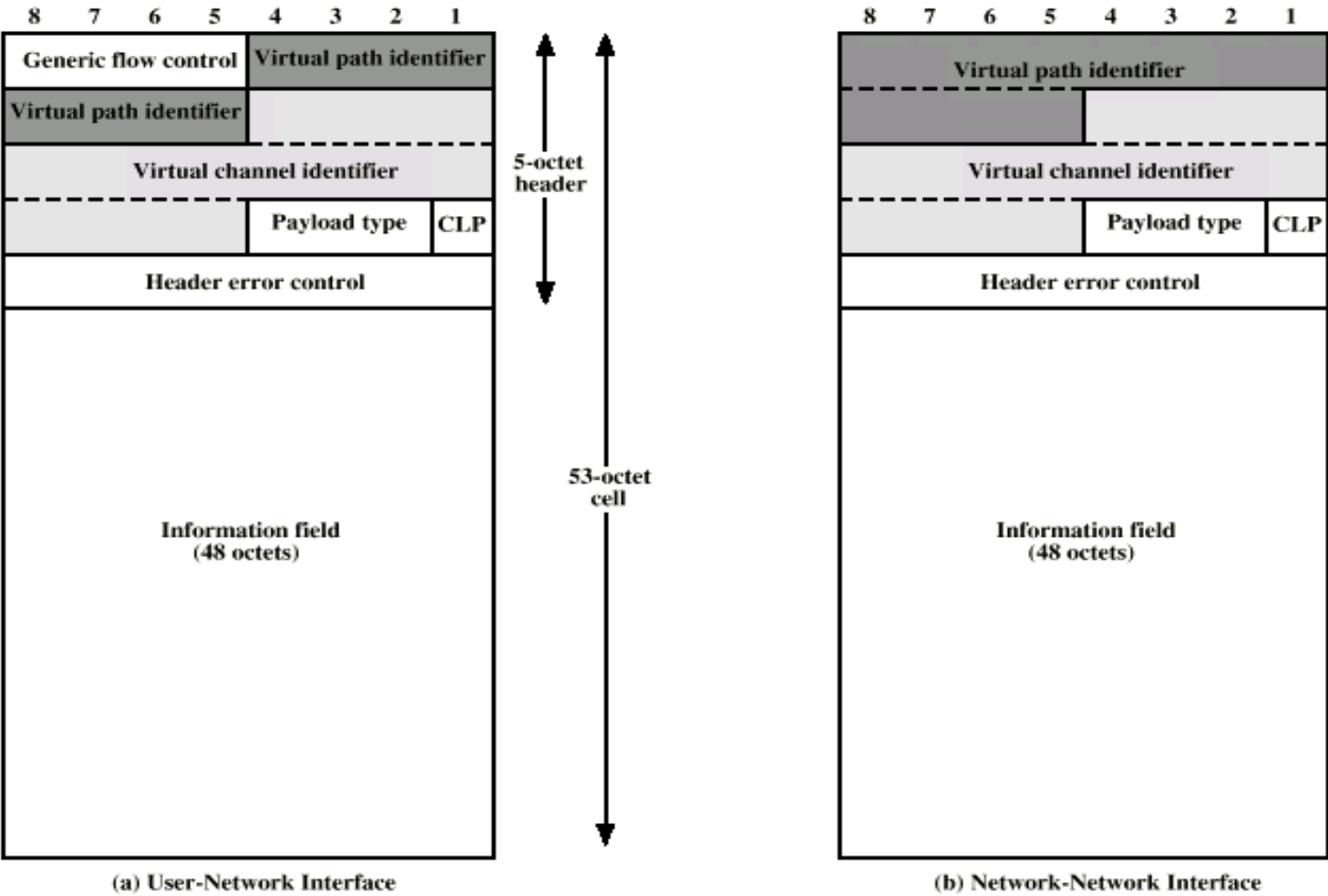
Capa ATM:

- Funcionalidad de capa de red (direccionamiento).
- Orientada a conexiones, pero no proporciona acuses de recibo.
- Se distinguen 2 interfaces:
 - UNI (User-Network Interface): define la línea entre el usuario y el primer nodo de la red ATM.
 - NNI (Network-Network Interface): se aplica a la línea entre conmutadores ATM (en ATM el conmutador es el router)

ATM - Arquitectura



Formato de celda.



ATM - Arquitectura



Capa AAL (ATM Adaptation Layer):

- Es necesaria para protocolos de transferencia no pensados para ATM. Sirve tanto para aplicaciones sobre IP como para aplicaciones directas sobre ATM.
- La capa de adaptación agrupa bits PCM en celdas para transmisión y cuando son recibidas las entrega de manera que se obtenga un flujo constante de bits.
- Para minimizar el número de protocolos AAL diferentes, se definen cuatro clases de servicios que cubren un amplio rango de requisitos

ATM - Arquitectura

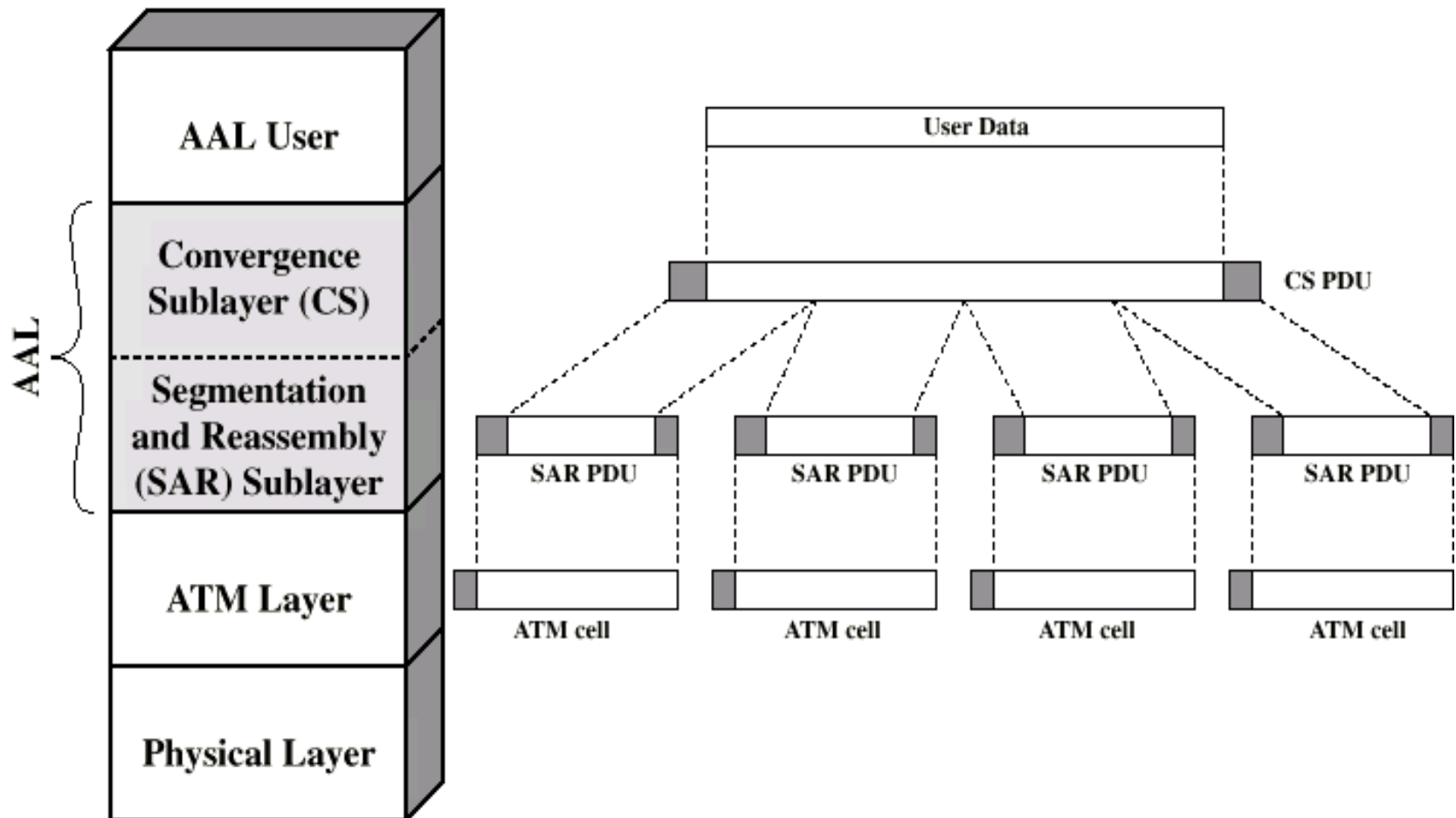


Clases de servicio AAL.

Clases de servicio (obsoleto)	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Relación de temporización origen y destino (retardo)	Requerido		No requerido	
Tasa de Bits	Constante	Variable		
Modo de conexión	Orientado a conexión			No conexión
Protocolo AAL	Tipo 1 AAL 1	Tipo 2 AAL 2	Tipo 3/4, Tipo 5 AAL 3/4, AAL 5	Tipo 3/4 AAL 3/4

ATM - Arquitectura

Subcapas AAL.



ATM - Conexiones

Existe un establecimiento de camino virtual y un establecimiento de canal virtual.

- Establecimiento de camino virtual:
 - **1º.** La capa de usuario solicita la conexión entre A y B (direcciones ATM).
 - **2º.** Se reserva el VPI 0 y el VCI 5 para celdas que contienen una solicitud, si hay éxito, se abre otro VCI sobre el mismo VPI para el intercambio de solicitudes y respuestas de establecimiento de la conexión (suele ser el VCI 16)
 - **3º.** Se establece conexión:
 - Se asigna trayectoria virtual y su VPI al host origen, desde el conmutador origen al conmutador destino.
 - Si ya hay VPI que vaya del origen al destino, el host asigna los VCI que necesite.

ATM - Conexiones



- Establecimiento de **canal virtual**:
 - Tiene que existir un VPI previo con capacidad suficiente. Esto lo controla el plano de control.
 - Será necesario además que se sirva la calidad de servicio requerida por la conexión, controlado también por el plano de control.
 - Una VCC puede tener como extremos, los usuarios finales, nodos o usuarios-nodos.
 - Usuario-usuario: para transporte extremo a extremo de datos de usuario.
 - Usuario-nodo (red): para señalización de control.
 - Nodo-nodo: para gestión de tráfico de red y encaminamiento

ATM - Conexiones

Establecimiento de canal virtual:

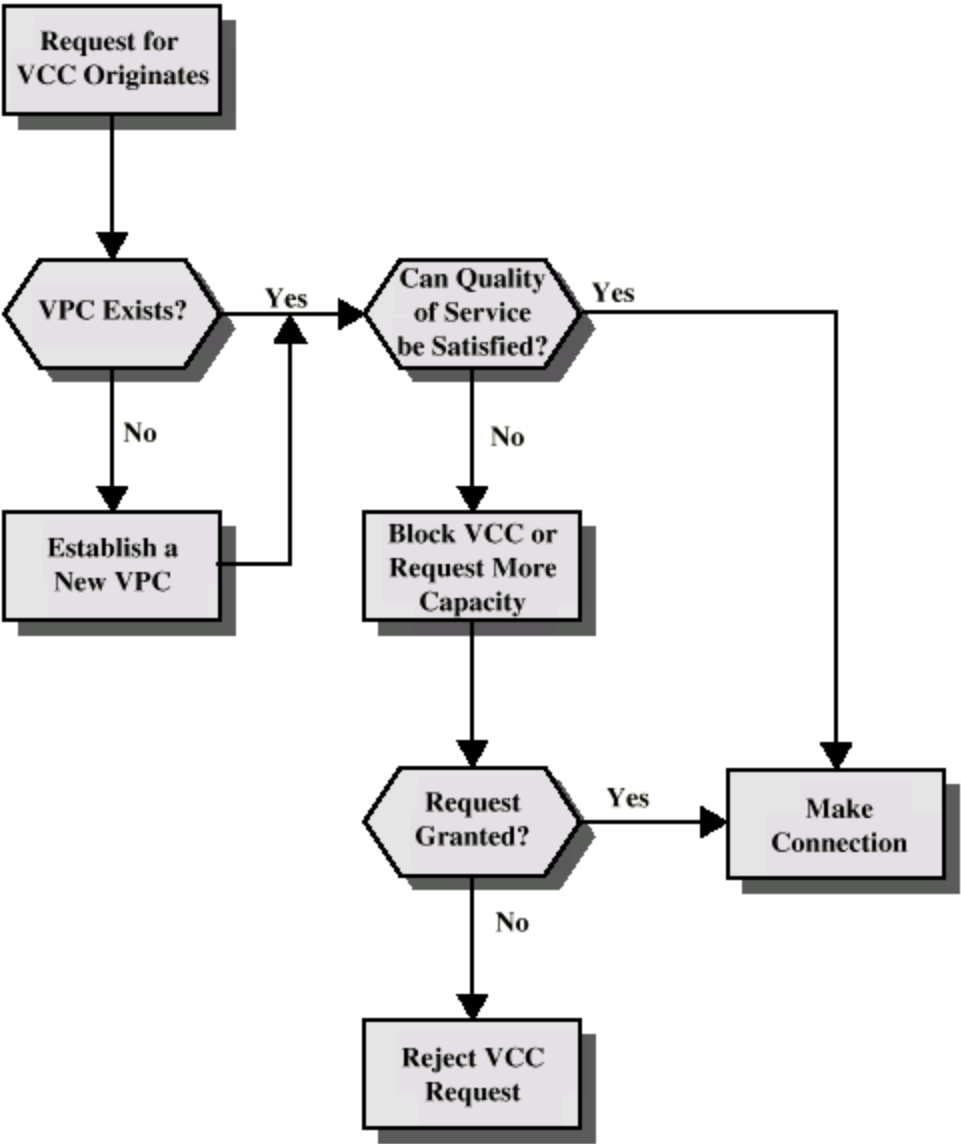
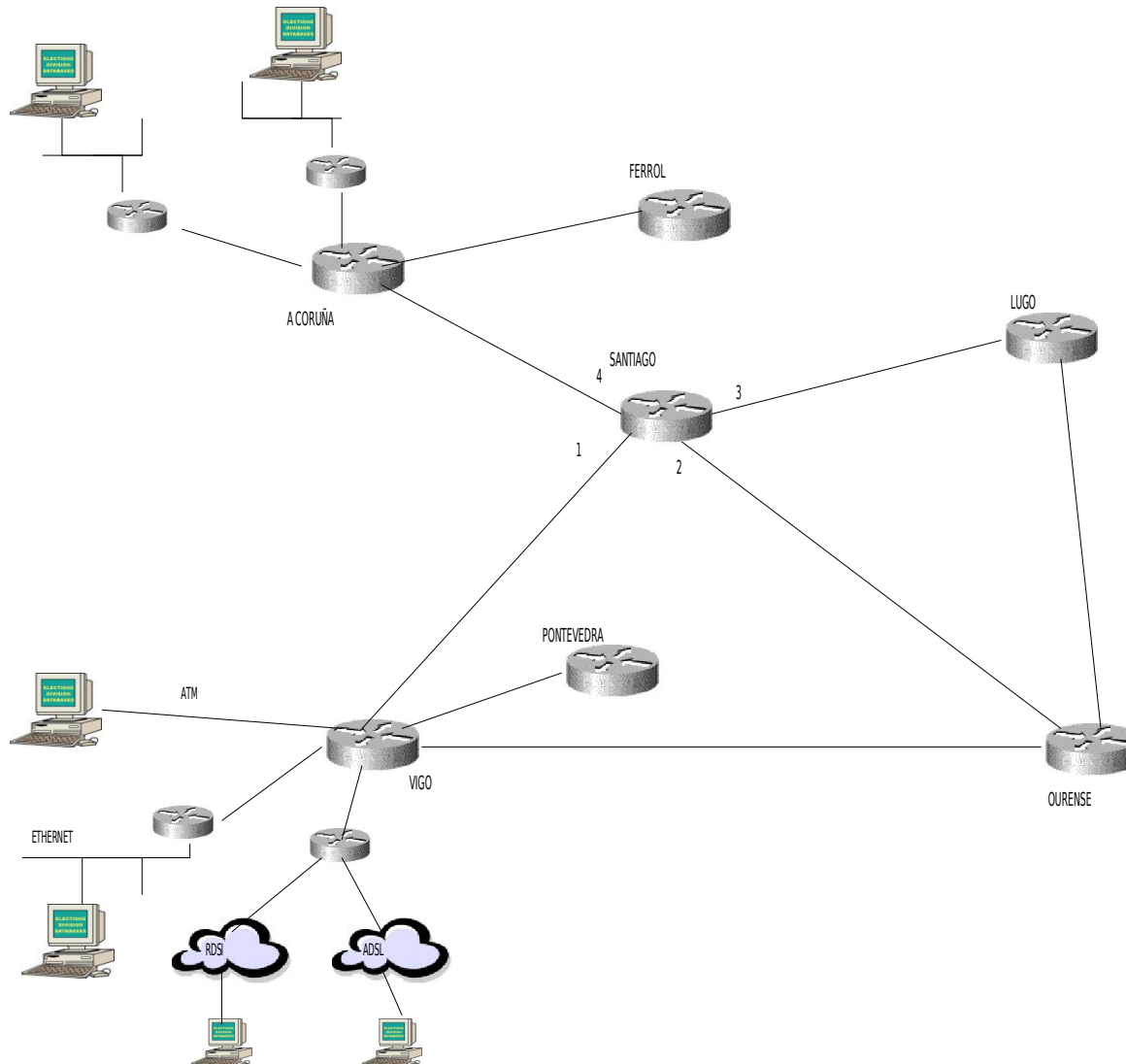


Figure 11.3 Call Establishment Using Virtual Paths

ATM - Enrutamiento



ATM - Enrutamiento



	N1		N2		N3		N4	
	Le-VPIe	Ls-VPIs	Le-VPIe	Ls-VPIs	Le-VPIe	Ls-VPIs	Le-VPIe	Ls-VPIs
Sede 1- Sede 2								
Sede 1- Internet								
Sede 3- RTC								
Sede 2- Internet								
Internet - Sede 2								
RTC - Sede 1								