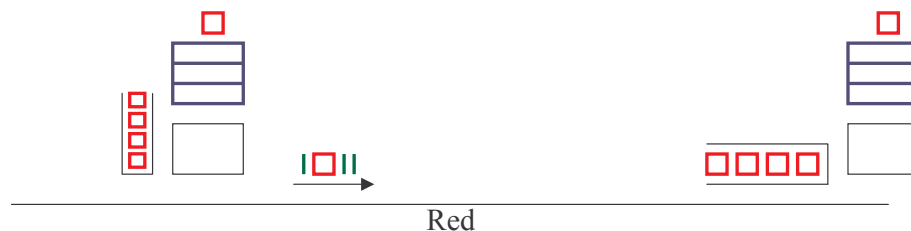


Redes Conmutadas

- ⌘ La comunicación a largas distancias se hace normalmente sobre redes con nodos de conmutación
- ⌘ Los nodos no se preocupan del contenido de los datos
- ⌘ Los dispositivos finales son estaciones
 - ☒ Computadores, terminales, teléfonos, etc.
- ⌘ Una red de comunicaciones es una colección de nodos y conexiones

Retardos Introducidos por la Conmutación

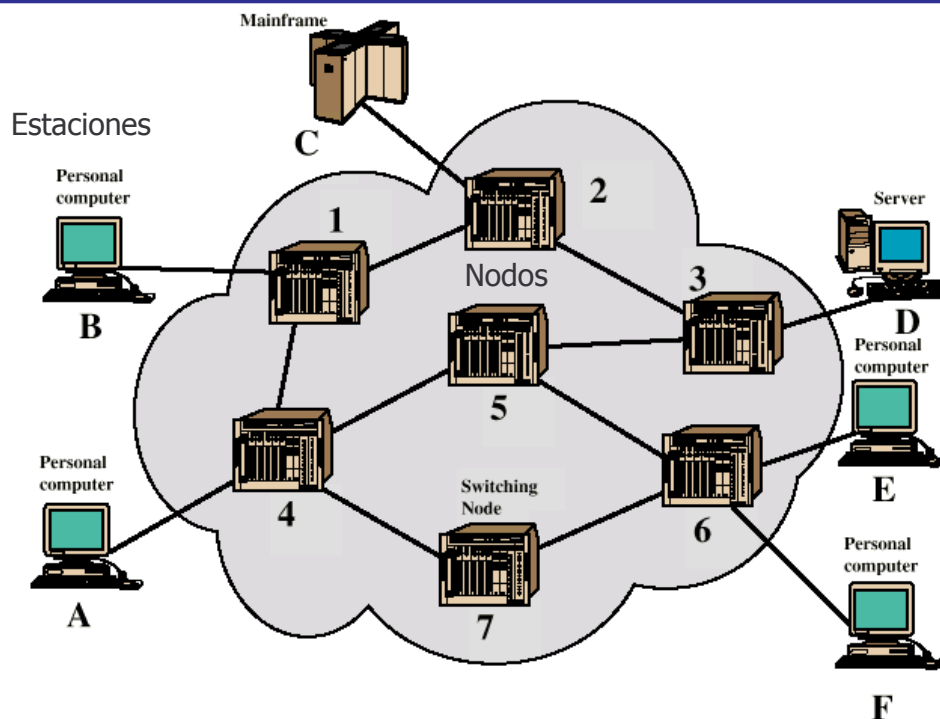
- ⌘ **Retardo de procesamiento de host:** tiempo invertido en un host en procesar los datos que se envían (reciben) a (de) la subred
- ⌘ **Retardo de transmisión:** tiempo que tarda un transmisor en generar un bloque de datos en el medio.
- ⌘ **Retardo de propagación:** tiempo que tarda la señal (en realidad un bit de datos) en propagarse desde un nodo al siguiente.
- ⌘ **Retardo de nodo:** tiempo que los datos permanecen en un nodo. Es la suma de:
 - ☒ Retardo de procesamiento de nodo
 - ☒ Retardo de espera en cola



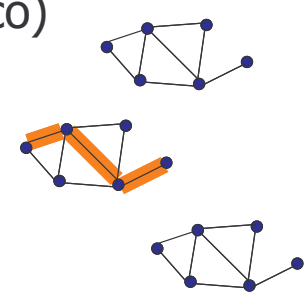
Nodos

- ⌘ Los nodos solamente pueden conectar a otros nodos, o a estaciones y otros nodos
- ⌘ Los enlaces entre nodos usualmente son multiplexados (FDM, TDM)
- ⌘ Las redes en genera son parcialmente conectada
 - ☑ No existe un enlace directo entre cada par de nodos
 - ☑ Es deseable algunas conexiones redundantes para la confiabilidad
- ⌘ Hay dos diferentes tecnologías de conmutación
 - ☑ Conmutación de Circuitos
 - ☑ Conmutación de Paquetes

Red Conmutada Simple



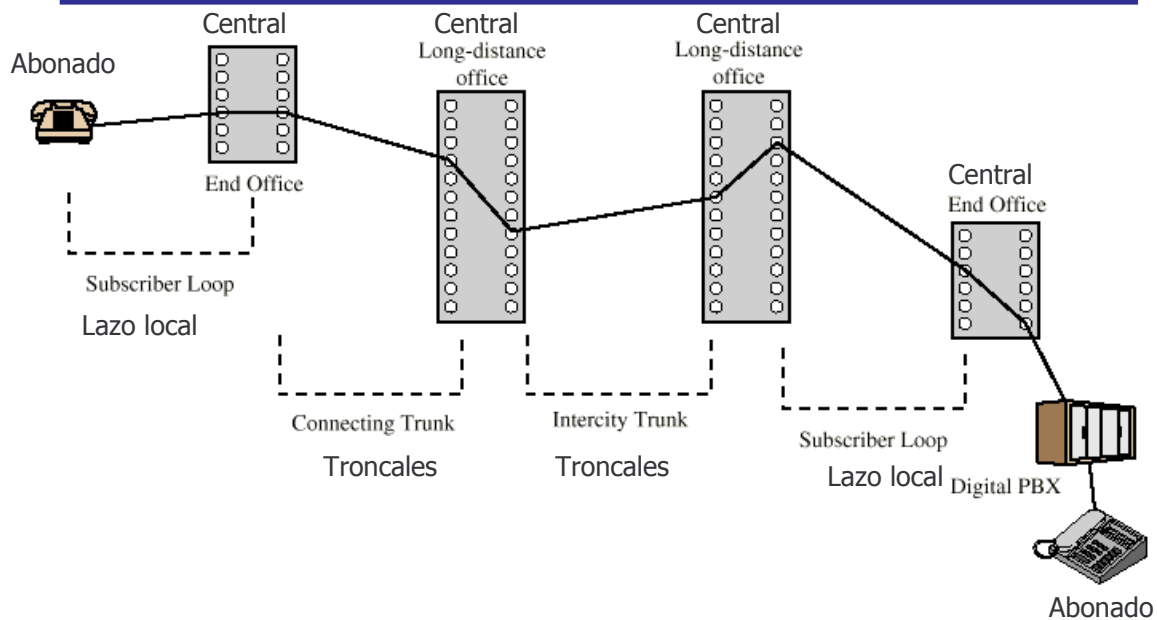
Conmutación de Circuitos

- ⌘ Comunicación mediante un camino dedicado entre dos estaciones (circuito físico)
- ⌘ Tres fases
 - ☑ Establecimiento del circuito → 
 - ☑ Transferencia de datos
 - ☑ Desconexión del circuito
- ⌘ Debe haber capacidad de conmutación y capacidad de canales para establecer la conexión
- ⌘ Debe tener inteligencia para establecer una ruta

Conmutación de Circuitos - Aplicaciones

- ⌘ Ineficiente
 - ☑ Capacidad del canal dedicada por toda la duración de la conexión
 - ☑ Si no hay datos, la capacidad se desperdicia
- ⌘ Set up (Establecimiento de la conexión) toma tiempo
- ⌘ Una vez conectada, la transferencia es transparente
- ⌘ Técnica desarrollada para tráfico de voz (teléfono)

Red Pública de Circuitos Conmutados (Public Circuit Switched Network)



Componentes de Telecomunicaciones

⌘ Abonado o Subscriptor

- ☑ Dispositivos conectados a la red

⌘ Lazo local (Local Loop)

- ☑ Lazo o línea de abonado
- ☑ Es la conexión entre el abonado y la red
- ☑ Desde algunos kilómetros a decenas de km

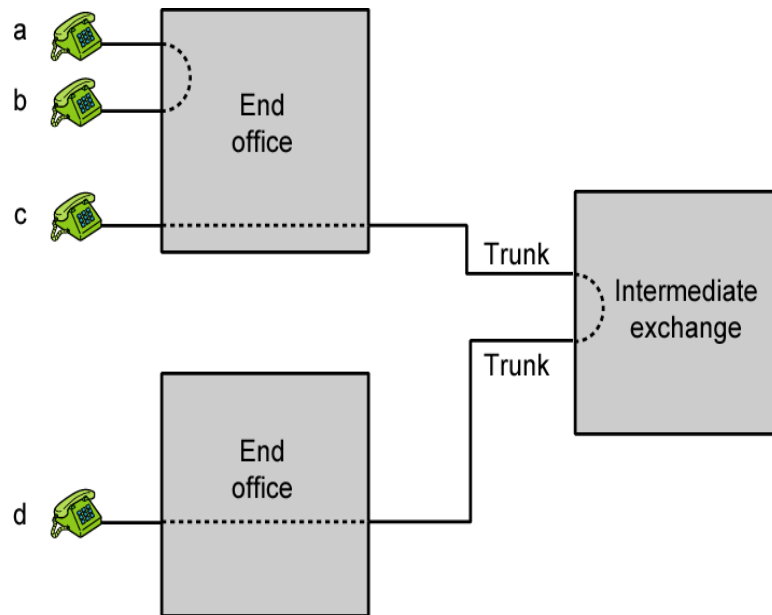
⌘ Centrales (Exchange)

- ☑ Son los Centros de conmutación
- ☑ Oficina final – soporta a los subscriptores

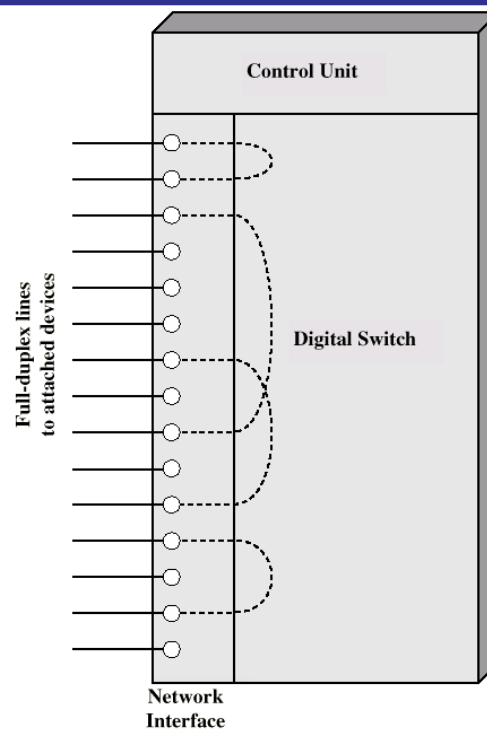
⌘ Troncales

- ☑ Enlaces entre centrales
- ☑ Multiplexadas (actualmente se usa TDM)

Establecimiento de un circuito



Elementos de un Nodo de Conmutación de Circuitos



Conceptos de Conmutación de Circuitos

⌘ Conmutador Digital (Digital Switch)

- ☒ Proporciona un camino full duplex transparente para la señal entre dispositivos

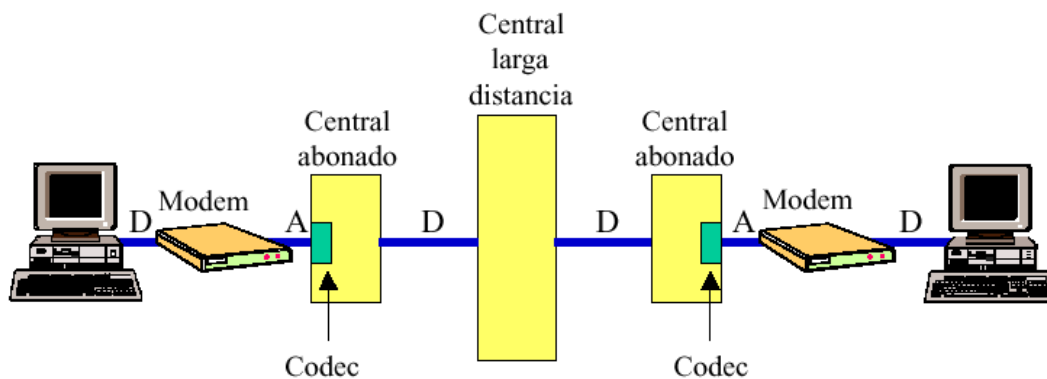
⌘ Interfaz de Red (Network Interface)

- ☒ Permite la conexión de dispositivos (teléfonos, máquinas)

⌘ Unidad de Control

- ☒ Establece conexiones
 - ☒ Se realiza generalmente bajo demanda
 - ☒ Gestionar y confirmar las peticiones
 - ☒ Determinar si el destino está libre
 - ☒ Construir una ruta a través del conmutador
- ☒ Mantiene la conexión
- ☒ Permite desconectar o liberar la conexión

Conmutación de Circuitos



A: Analógico
D: Digital

Conmutación de Circuitos

Inconvenientes:

- ⌘ Se consume tiempo al principio y al final de la transferencia de datos para establecer / cerrar la conexión.
- ⌘ Los recursos permanecen reservados incluso en aquellos períodos de tiempo en que no se mandan datos (podrían ser usados para otras comunicaciones)
 - ☑ En una conversación telefónica la línea permanece desocupada el 50% del tiempo.

Ventajas:

- ⌘ La información se recibe ordenada
- ⌘ Retardo de nodo es muy pequeño (red)
- ⌘ La transferencia de datos se realiza a una velocidad constante conocida (determinada por las características de los recursos que han sido reservados)
- ⌘ Especialmente interesante para tráfico síncrono (voz).

Bloqueo o No-bloqueo

⌘ Bloqueo

- ☑ Una red es incapaz de conectar estaciones porque todos los caminos están en uso
- ☑ Usado en sistemas de voz
 - ☒ Llamadas de corta duración

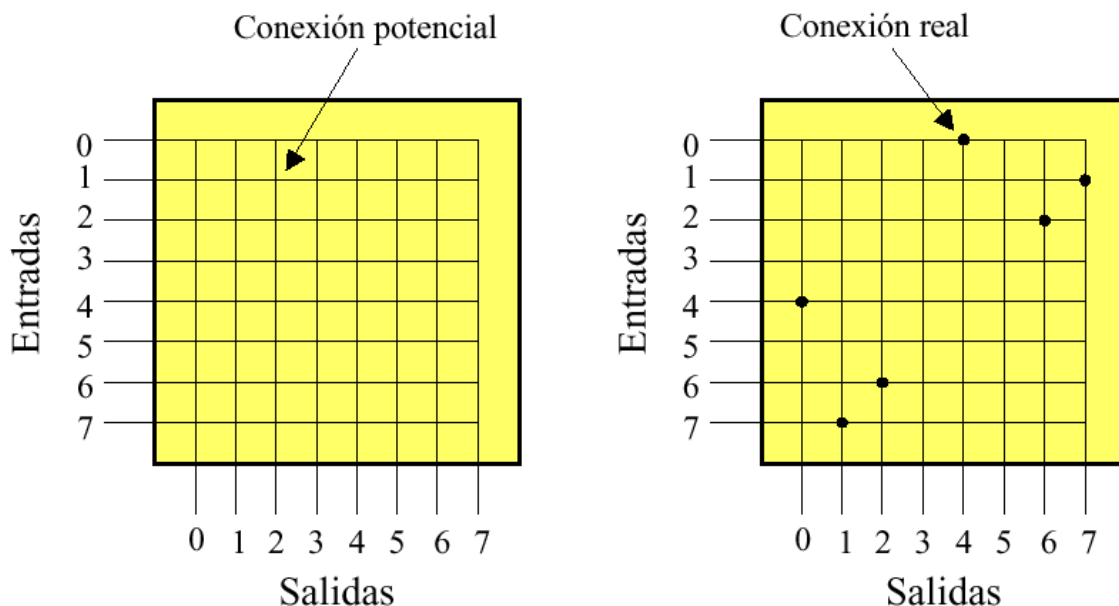
⌘ No-bloqueo

- ☑ Permite que todas las estaciones se conecten (en pares) a la vez
- ☑ Usado para algunas conexiones de datos

Conmutación por División Espacial (Space Division Switching)

- ⌘ Desarrollada para ambientes analógicos
- ⌘ Caminos físicos separados (divididas en espacio)
- ⌘ Conmutador de barras cruzadas
 - ⊠ El número de puntos de cruce crece al cuadrado del número de estaciones (costoso para conmutadores grandes)
 - ⊠ La pérdida de un cruce (crosspoint) impide la conexión
 - ⊠ Ineficiente uso de puntos de cruce
 - ⊠ Cuando todos los dispositivos están conectados, sólo unos pocos puntos de cruce están en uso
 - ⊠ No- bloqueante

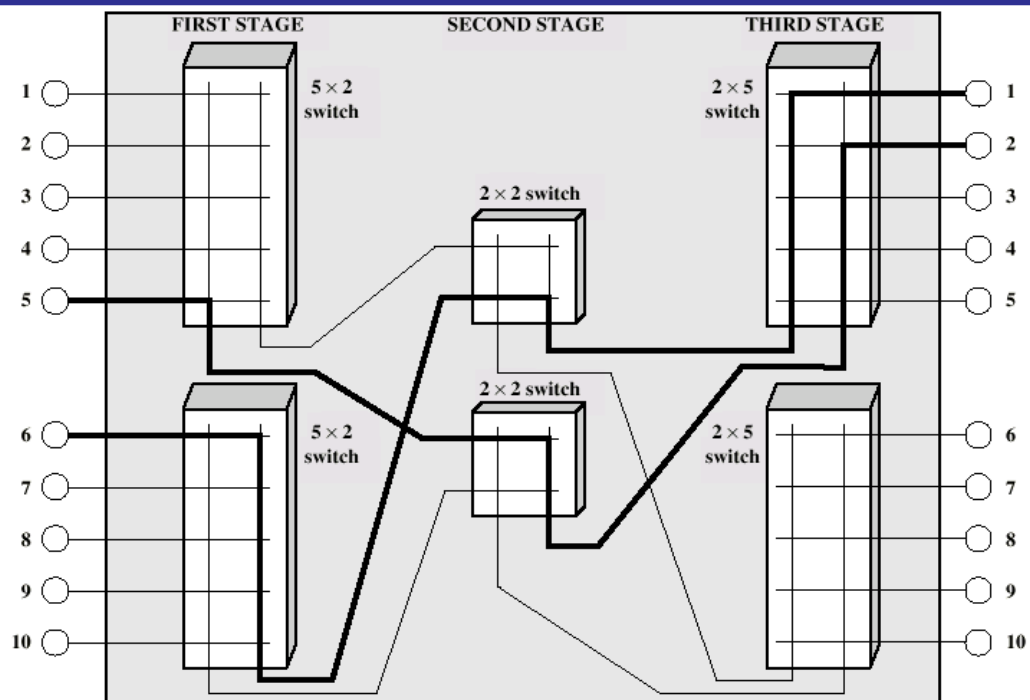
Matriz de Barras Cruzadas (Crossbar Matrix)



Conmutador Multietapas

- ⌘ Reducido número de crosspoints
- ⌘ Más de un camino a través de la red
 - ☑ Aumenta la confiabilidad
- ⌘ Control más complejo
 - ☑ Se deben controlar más puntos
- ⌘ Puede ser bloqueante

Conmutador de Tres Etapas



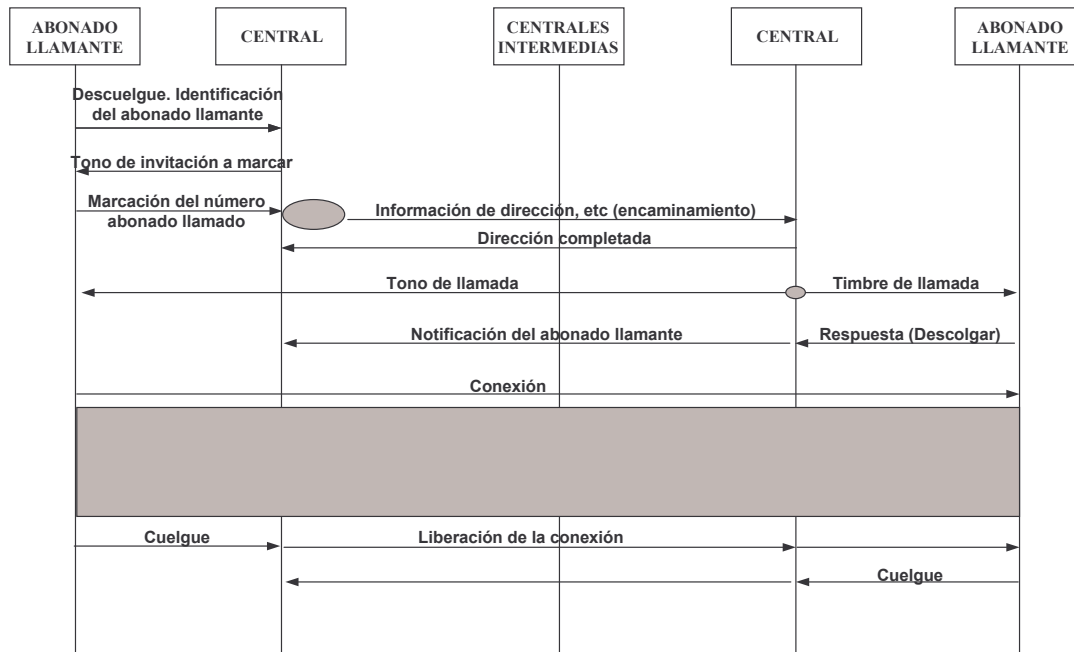
Conmutación por División Temporal

- ⌘ Fragmentación de una cadena de bits de baja velocidad en segmentos que comparten una secuencia de mayor velocidad
- ⌘ p.e. Conmutación mediante bus TDM
 - ☒ Basado en TDM
 - ☒ Cada estación se conecta al bus de alta velocidad a través de puertas controlables
 - ☒ Un time slot permite que pequeñas cantidades de datos en el bus

Funciones de las Señales de Control

- ⌘ Comunicación audible con el abonado (tono ocupado, de llamada..etc.)
- ⌘ Transmisión del número marcado
- ⌘ Transmisión entre conmutadores de Indicación de llamada no completada
- ⌘ Transmisión entre conmutadores de fin de llamada y la ruta queda disponible
- ⌘ Generación de la señal de ring del teléfono
- ⌘ Información de facturación
- ⌘ Información de status de equipos y troncales
- ⌘ Información de Diagnóstico
- ⌘ Control de equipos especiales, p.e. para canales vía satélite

Señalización en una llamada de voz



Secuencia de las Señales de Control

- ⌘ Ambos teléfonos colgados
- ⌘ Abonado descuelga (off hook)
- ⌘ El conmutador final es notificado
- ⌘ El conmutador responde con tono de marcar (dial tone)
- ⌘ Abonado llamador marca el número (dials number)
- ⌘ Si el abonado llamado no está ocupado, el conmutador envía la señal de ring al abonado llamado
- ⌘ Realimenta al llamador
 - ☑ Tono de repique, tono de ocupado
- ⌘ Abonado llamado acepta el llamado descolgando
- ⌘ El conmutador termina la señal de ring y tono de ring
- ⌘ El conmutador establece la conexión
- ⌘ La conexión se libera cuando uno de los abonados cuelga (hangs up)

Señalización Conmutador a Conmutador

- ⌘ Abonados se conectan a diferentes conmutadores
- ⌘ Conmutador originador ocupa un enlace libre entre ambos conmutadores
- ⌘ Envía una indicación de descolgar a través del enlace y solicita un registro al otro conmutador para comunicar la dirección destino
- ⌘ El conmutador final envía una señal de descolgar seguida por una de colgar, conocida como parpadeo o guiño. Esto indica que el registro está preparado
- ⌘ Conmutador originador envía los dígitos de la dirección al conmutador final

Ubicación de la Señalización

- ⌘ Subscriptores de red
 - ☒ Depende del dispositivo del suscriptor y del conmutador
- ⌘ Entre redes
 - ☒ Gestión de los llamados del suscriptor y de la red
 - ☒ Más complejo

Señalización en Canal (In Channel Signaling)

⌘ Se usa el mismo canal para la señalización y la llamada

- ☒ No requiere facilidades de transmisión adicionales. La voz y señalización usan los mismos recursos para su transmisión

⌘ En Banda (Inband)

- ☒ Usa las mismas frecuencias que la señal de voz
- ☒ Puede llegar a los mismos lugares que la señal de voz
- ☒ Imposible de establecer un llamado ante una falla del camino de voz

⌘ Fuera de Banda (Out of band)

- ☒ Las señales de voz no usan completamente el ancho de banda de 4kHz
- ☒ Se usa una banda angosta dentro de los 4kHz usados
- ☒ Pueden enviarse con o sin señal de voz presente
- ☒ Necesita electrónica extra
- ☒ Velocidad más lenta de la señal (ancho de banda angosto)

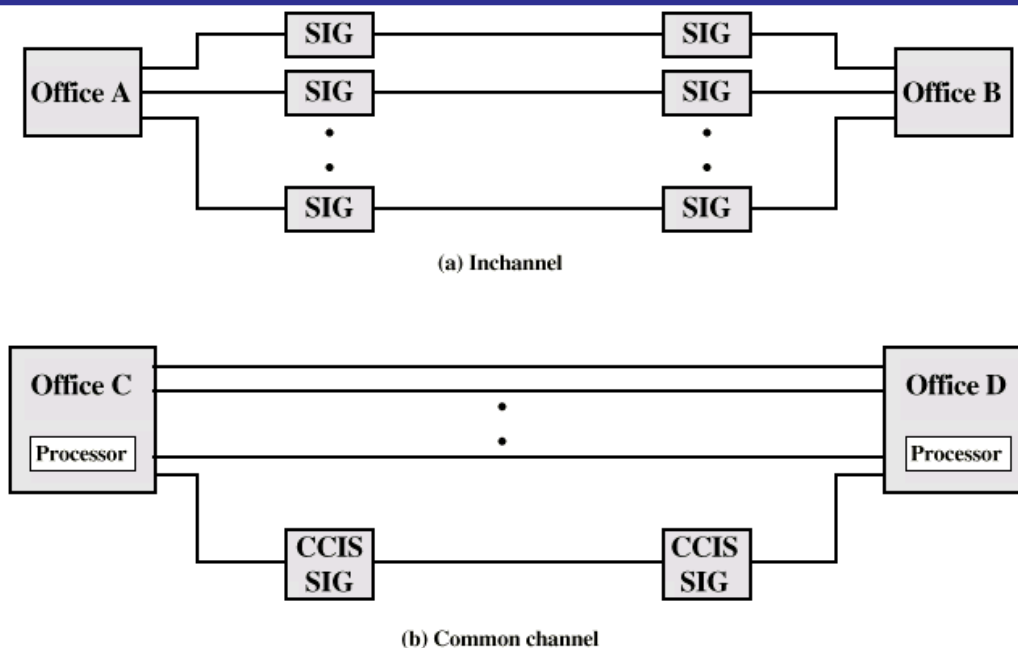
Desventajas de la Señalización en Banda

- ⌘ Rapidez de transferencia limitada
- ⌘ Retardo entre la entrada de la dirección (marcar, dialing) y la conexión
- ⌘ Los problemas se solucionan usando señalización por canal común

Señalización en Canal Común

- ⌘ Las señales de control son llevada por caminos independientes del canal de voz
- ⌘ Un canal de señalización puede llevar señales de control para varios canales de abonados
- ⌘ Canal de control común para estas líneas de abonados
- ⌘ Modo Asociado
 - ☒ Canal común cercano a los enlaces troncales entre conmutadores
- ⌘ Modo No Asociado
 - ☒ Nodos adicionales. Puntos de Transferencia de Señal (signal transfer points)
 - ☒ Efectivamente dos redes separadas

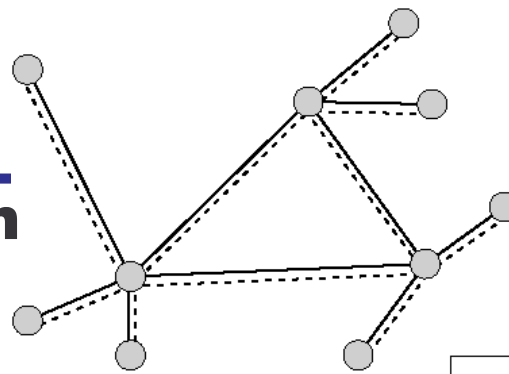
Señalización Común vs En Canal



CCIS SIG: Common-channel interoffice signaling equipment
SIG: Per-trunk signaling equipment

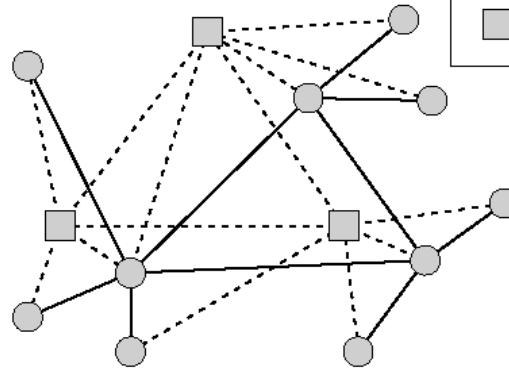
Modos de Señalización Canal Común

Asociado

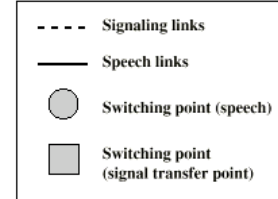


(a) Associated

No Asociado



(b) Disassociated



Sistema de Señalización Número 7 (Signaling System Number 7)

- ⌘ SS7 es un esquema de señalización de canal común definido como estándar global para telecomunicaciones por la (ITU) que define procedimientos y protocolos mediante los cuales elementos en la red pública de conmutadores telefónicos (PSTN) intercambia información sobre señales digitales para efectuar el establecimiento, enrutamiento y control de llamadas alámbricas e inalámbricas.
- ⌘ Medios confiables de transferencia de información en secuencia
- ⌘ Operará bien en canales análogos por debajo de los 64k
- ⌘ Enlaces punto a punto terrestres y satelitales
- ⌘ La señalización ocurre fuera de banda en canales dedicados, en lugar de en banda en el canal de voz

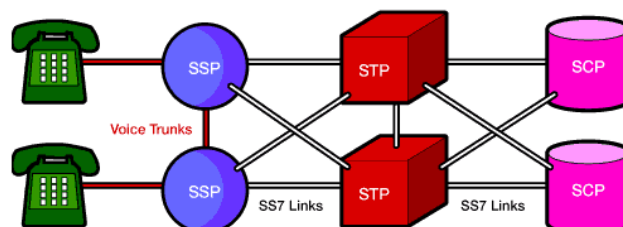
Sistema de Señalización SS7

- ⌘ La red SS7 es empleada para:
 - ☒ El establecimiento, administración y cerrado de las llamadas
 - ☒ Control de llamadas, control remoto, administración y mantenimiento
 - ☒ Servicios inalámbricos como comunicaciones personales (PCS), roaming inalámbrico y autenticación de suscriptores móviles
 - ☒ Portabilidad de números locales (LNP)
 - ☒ Llamadas "gratuitas" (800/888) y a servicios de cargo (900)
 - ☒ Características mejoradas de las llamadas tales como, reenvío de llamadas, desplegado del número, llamadas en conferencia
 - ☒ Comunicaciones eficientes y seguras en telecomunicaciones a nivel mundial

Elementos de una Red de Señalización SS7

- ⌘ Punto de Señalización (Signaling point, SP)
 - ☒ Cualquier punto en la red capaz de gestionar mensajes de control SS7
- ⌘ Punto de Transferencia de Señal (Signal transfer point, STP)
 - ☒ Un punto de señalización capaz de enrutar mensajes de control
- ⌘ Plano de Control
 - ☒ Responsable de establecer y gestionar conexiones
- ⌘ Plano de Información
 - ☒ Una vez establecida una conexión, se transfiere la información en este plano

- SSP (Service Switching Point)
- STP (Signal Transfer Point)
- SCP (Service Control Point)



Puntos de Transferencia

SS7

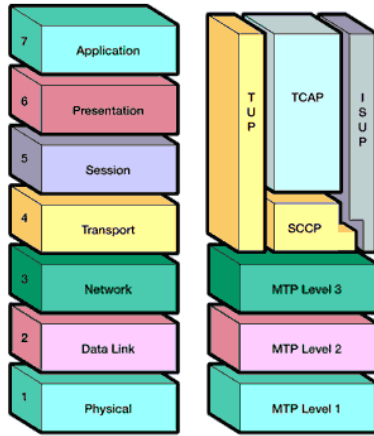
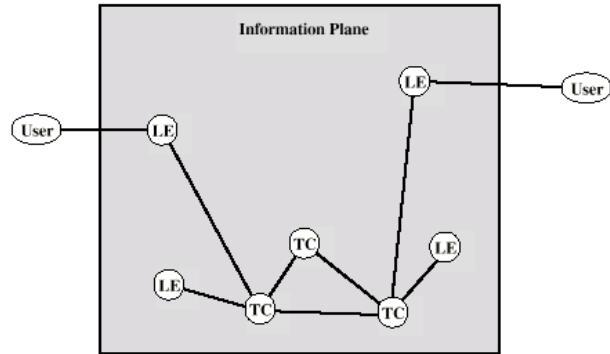
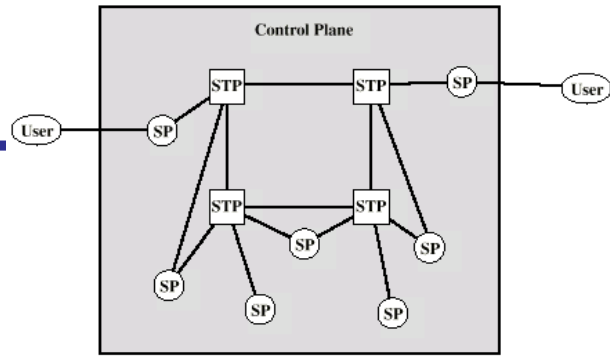
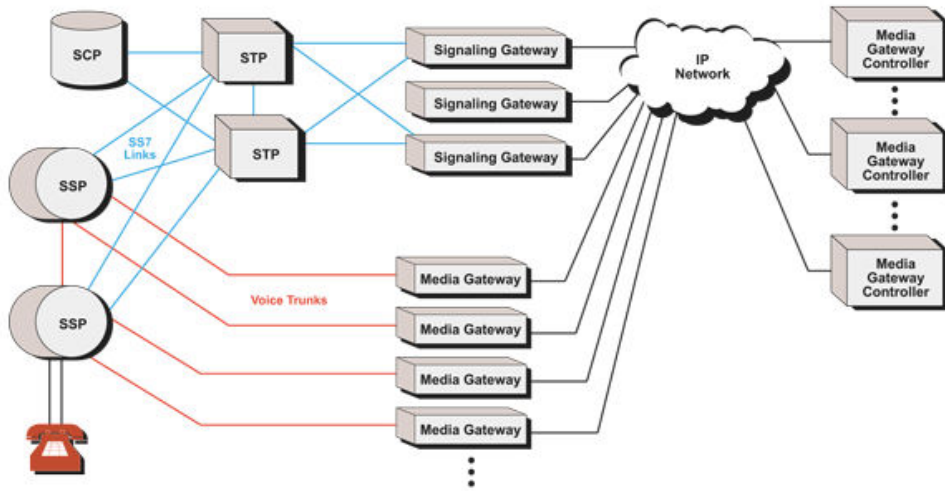


Figure 3. The OSI Reference Model and the SS7 Protocol Stack



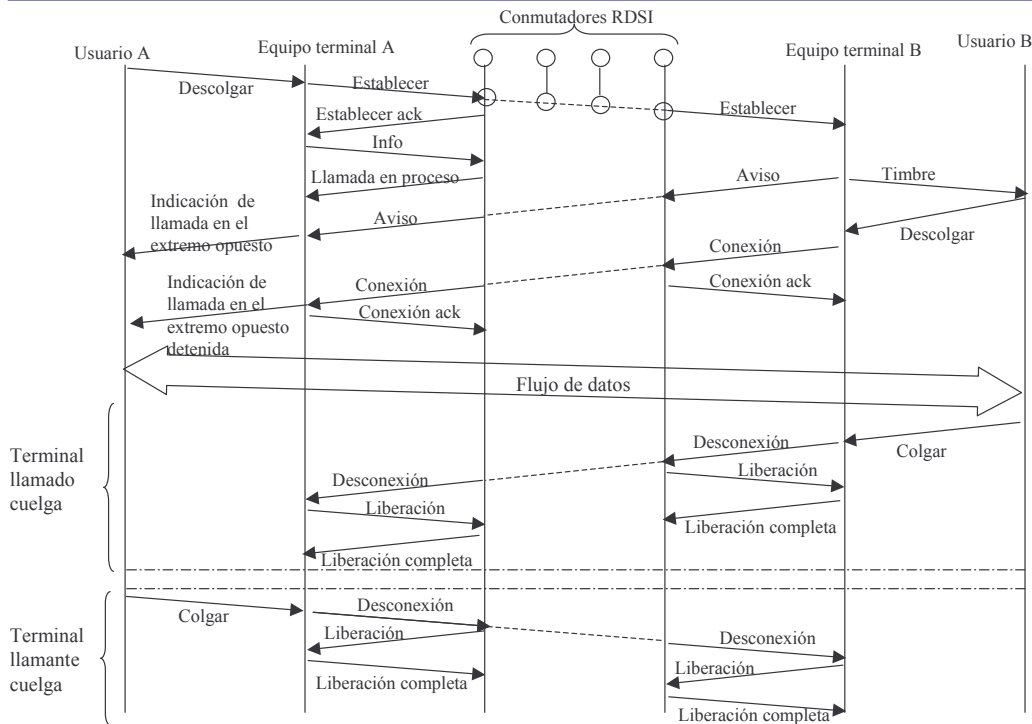
STP = Signaling transfer point
 SP = Signaling point
 TC = Transit center
 LE = Local Exchange

SS7



Example of a VoIP network configuration

Llamada en modo conmutación de circuitos (RDSI)



Tipos de mensajes conmutación de circuitos (Q. 931) RDSI

User	Network	8 7 6 5 4 3 2 1	
	→	0 0 0	Mensajes de establecimiento de llamada
		0 0 0 0 1	Aviso (ALERTING)
		0 0 0 1 0	Llamada en curso (CALL PROCEEDING)
		0 0 1 1 1	Conexión (CONNECT)
		0 1 1 1 1	Acuse de conexión (CONNECT ACKNOWLEDGE)
		0 0 0 1 1	Progreso (PROGRESS)
		0 0 1 0 1	Establecimiento (SETUP)
		0 1 1 0 1	Acuse de establecimiento (SETUP ACKNOWLEDGE)
	←	0 0 1	Mensajes de la fase de información de la llamada
		0 0 1 1 0	Reanudación (RESUME)
		0 1 1 1 0	Acuse de reanudación (RESUME ACKNOWLEDGE)
		0 0 0 1 0	Rechazo de reanudación (RESUME REJECT)
		0 0 1 0 1	Suspensión (SUSPEND)
		0 1 1 0 1	Acuse de suspensión (SUSPEND ACKNOWLEDGE)
		0 0 0 0 1	Rechazo de suspensión (SUSPEND REJECT)
		0 0 0 0 0	Información de usuario (USER INFORMATION)
	→	0 1 0	Mensajes de liberación de la llamada
		0 0 1 0 1	Desconexión (DISCONNECT)
		0 1 1 0 1	Liberación (RELEASE)
		1 1 0 1 0	Liberación completa (RELEASE COMPLETE)
		0 0 1 1 0	Reinicio (RESTART)
		0 1 1 1 0	Acuse de reinicio (RESTART ACKNOWLEDGE)
	←	0 1 1	Mensajes diversos
		0 0 0 0 0	Segmento (SEGMENT)
		1 1 0 0 1	Control de congestión (CONGESTION CONTROL)
		1 1 0 1 1	Información (INFORMATION)
		0 0 0 1 0	Facilidad (FACILITY)
		0 1 1 1 0	Notificación (NOTIFY)
		1 1 1 0 1	Estado (STATUS)
		1 0 1 0 1	Consulta de estado (STATUS ENQUIRY)

Bearer capability: 64 kbps unrestricted digital
 Calling party number: 5551212
 Called party number: 5551234

← **CALL PROCEEDING**

Channel identification: BRI B1

← **ALERTING**

Signal: Ring back tone on

← **CONNECT**

↔ **User Data** ↔

→ **DISCONNECT**

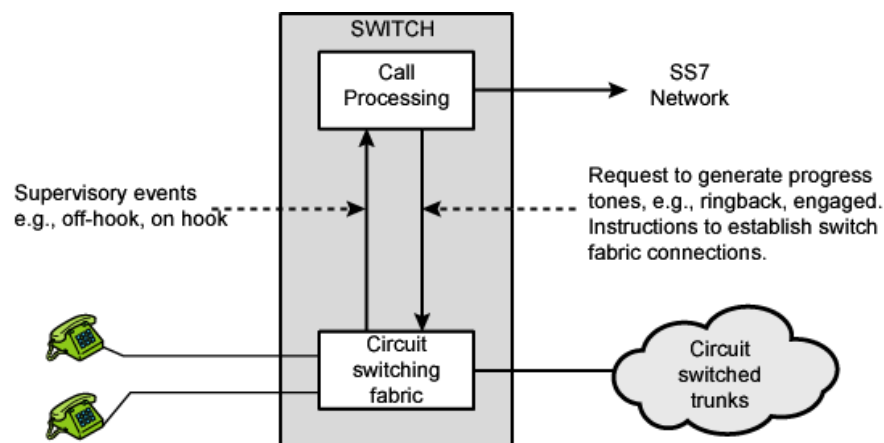
← **RELEASE**

→ **RELEASE COMPLETE**

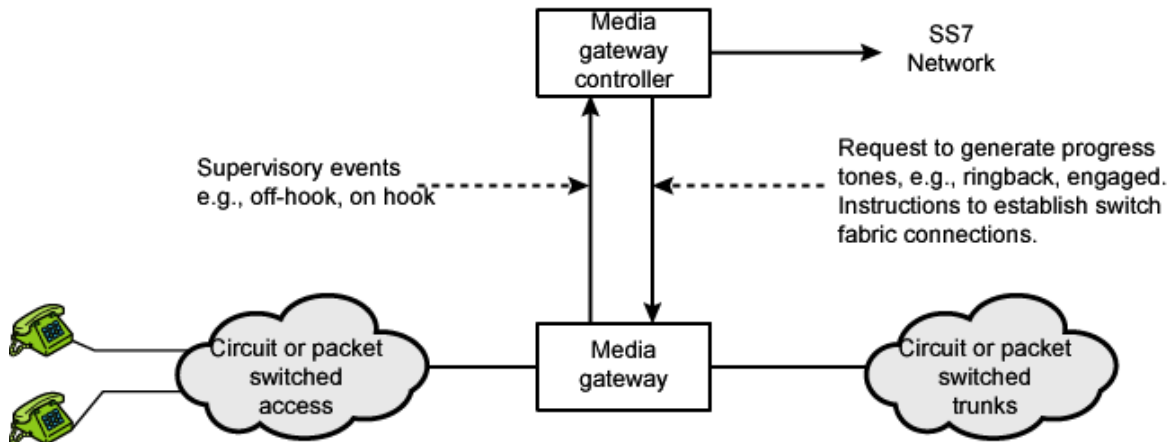
Arquitectura de Softswitch

- ⌘ Un computador de propósito general que ejecuta un programa (software) que lo convierte en un switch de teléfonos inteligente
- ⌘ Menores costos que un switch de hardware
- ⌘ Mayores funcionalidades
 - ☒ Paquetización de voz digitalizada
 - ☒ Permite VoIP
- ⌘ La parte más compleja de los switch de la red telefónica es controlada por las llamadas a un programa
 - ☒ Enrutamiento de llamadas (Call routing)
 - ☒ La lógica de procesamiento de la llamada (Call processing logic)
 - ☒ Normalmente corre en procesadores propietarios
- ⌘ Separa el procesamiento de las llamadas de las funciones de hardware del switch

Conmutación de Circuitos Tradicional

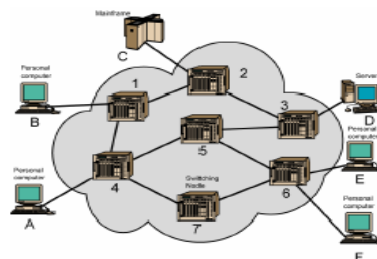
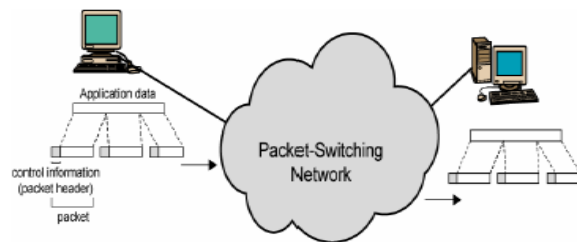


Softswitch



Conmutación de Paquetes

- ⌘ No existe reserva de Recursos
- ⌘ los datos se transmiten en trozos denominados paquetes
- ⌘ Un nodo no puede reenviar un paquete hasta que no ha sido completamente transmitido por el nodo anterior

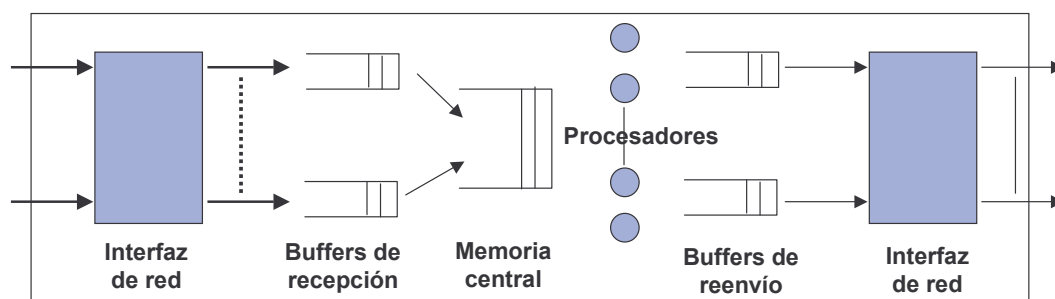


Redes de Conmutación de Paquetes (Ventajas)

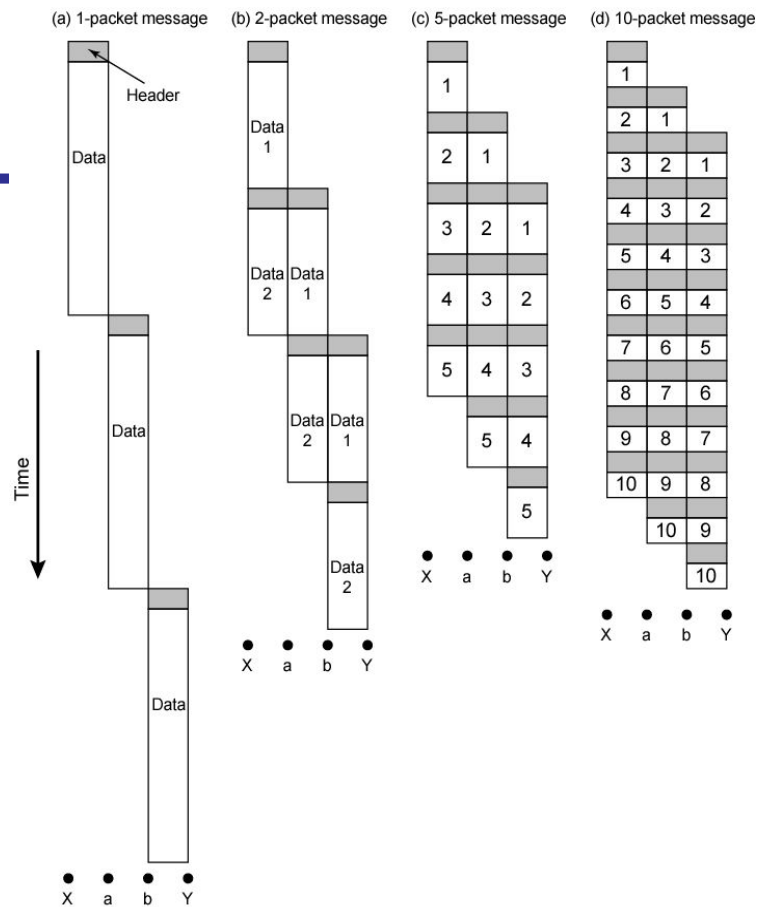
- ⌘ Envío de información en paquetes a través de la red, sin el uso de líneas dedicadas de transmisión
 - ☒ Una línea de nodo a nodo puede ser compartida por varios paquetes en el tiempo
 - ☒ La cola de paquetes es transmitida tan pronto como es posible
- ⌘ Conversión de tasas de transferencia
 - ☒ Cada estación se conecta a su nodo local a su propia velocidad
 - ☒ Buffers de datos en los nodos son necesarios para equilibrar las tasas
- ⌘ Los Paquetes son aceptados aún cuando la red esté ocupada
 - ☒ El envío puede ser más lento debido a esto
- ⌘ Se pueden establecer prioridades
- ⌘ Se puede lograr el No bloqueo, a costa de aumentar retardo
- ⌘ Envíos múltiples: multicast, broadcast
- ⌘ Control de flujo, de errores, etc..
- ⌘ Tiempos de transmisión variables

Esquema de un Conmutador de Paquetes

- ⌘ El conmutador "*Store and Forward*" consta básicamente de los siguientes componentes:
- ⌘ **Interfaz de red:** donde se conectan las diferentes líneas o enlaces.
- ⌘ **Buffers de recepción:** En los que se almacenan los datos de cada mensaje que se está recibiendo.
- ⌘ **Memoria central (FIFO):** en la que se guardan los mensajes antes de enviarse.
- ⌘ **Procesadores:** para analizar la cabecera del mensaje y decidir a que buffer de salida se encaminan, antes de ser enviadas por la interfaz de salida.
- ⌘ **Buffer de salida (reenvío)**
- ⌘ **Interfaz de salida (red)**



Tamaño de los Paquetes



Conmutación de Paquetes

⌘ La fragmentación del mensaje original en paquetes:

⊞ Da una mayor eficiencia a la gestión de errores

⊞ Solamente se retransmiten los paquetes con errores

⊞ Hace disminuir el retardo "extremo a extremo" del mensaje

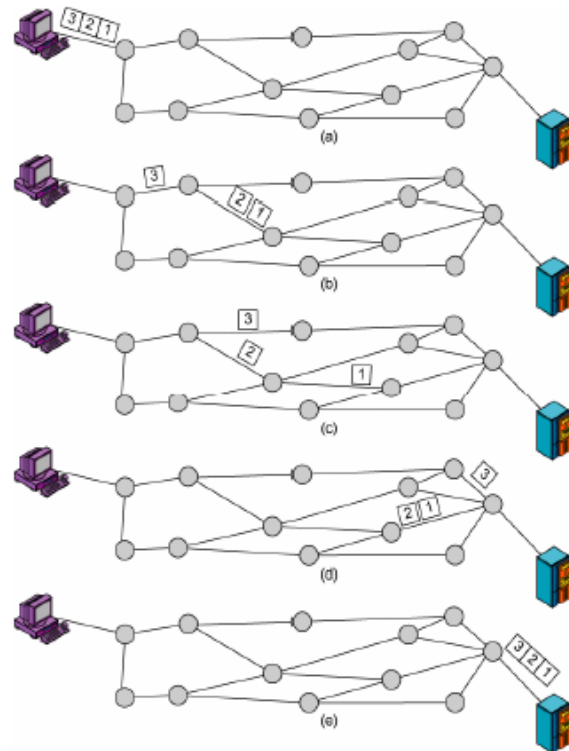
⌘ Dos aproximaciones:

⊞ Conmutación de paquetes mediante datagramas

⊞ Conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales

Datagramas

- ⌘ No se establece conexión previa a la transmisión de datos
- ⌘ El mensaje se divide en trozos más pequeños denominados paquetes o datagramas.
- ⌘ Cada datagrama se transmite independientemente del resto, de forma que puede seguir caminos distintos y, en consecuencia, recibirse de forma desordenada en el receptor.
- ⌘ Los datagramas se pueden perder
- ⌘ Para posibilitar su envío individualizado cada datagrama debe contener información sobre el destino final al que va dirigido.
 - ☒ retardo de nodo significativo (decisión de encaminamiento)
 - ☒ El nodo de conmutación final de la red reordena los datagramas

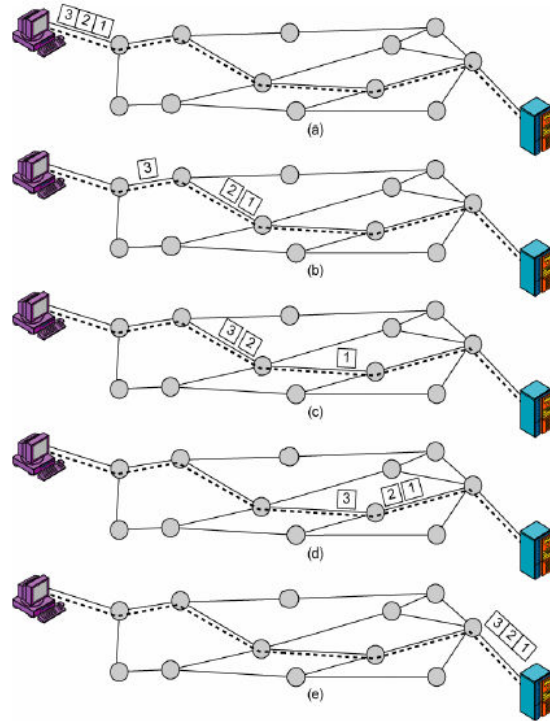


Datagramas

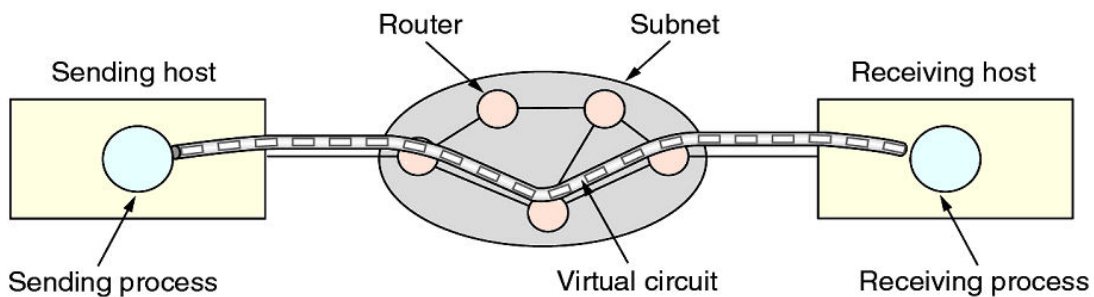
- ⌘ La principal ventaja es la robustez del método, es decir, permite el uso potencial de rutas alternativas ante la eventual indisponibilidad de algunos nodos de conmutación de la red
- ⌘ Sin embargo, esta técnica resulta poco adecuada para dar cabida a servicios interactivos (tráfico síncrono) en los que se precisa alta velocidad.
- ⌘ Alternativa: Conmutación de paquetes mediante circuitos virtuales.

Circuitos Virtuales

- ⌘ Previamente a la transmisión de datos el host origen envía a "su" nodo de conmutación solicitud de establecimiento de ruta.
- ⌘ Este reenvía la solicitud a través de la red de un modo análogo a como se hace en la técnica de conmutación de circuitos, teniendo lugar, igualmente una confirmación del establecimiento de la ruta, y un cierre de comunicación.
- ⌘ La ruta, denominada "circuito virtual" queda establecida pero **no se reservan canales**
- ⌘ Los paquetes de datos contienen un **identificador de C. V.** (no se requieren decisiones de enrutamiento para cada paquete)
- ⌘ Los paquetes llegan **ordenados**



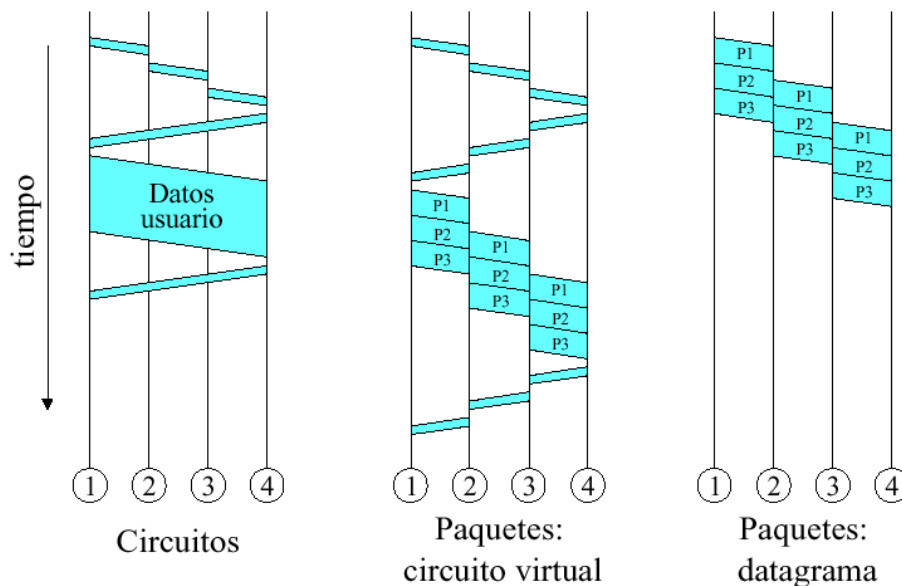
Circuitos Virtuales



Comparación de las técnicas de Conmutación

	Circuitos	Paquetes mediante Datagramas	Paquetes mediante Circuitos Virtuales
Utilización de los recursos de la red (ancho de banda)	Hay reserva de recursos	No hay reserva de recursos	No hay reserva de recursos
	No existen bits suplementarios en la transmisión una vez establecido el circuito	Existencia de bits suplementarios en cada paquete	Existencia de bits suplementarios en cada paquete (menos que en datagramas), además de los mensajes de establecimiento y Cierre
Complejidad de los nodos	Conmutadores Simples	Necesidad de memoria de almacenamiento	Necesidad de memoria de almacenamiento más números de C.V.
Latencia (retardo introducido por la red)	Adecuado para aplicaciones Interactivas	Poco adecuado para Aplicaciones interactivas	Poco adecuado para Aplicaciones interactivas
Robustez (¿ qué ocurre si un nodo o enlace falla?)	La comunicación Finaliza	Se buscan rutas alternativas	La comunicación Finaliza

Comparación de las técnicas de Conmutación



Lecturas Recomendadas

⌘ Stallings capítulo 10

⌘ web sites ITU-T