

William Stallings

Comunicaciones y Redes de Computadores

Capítulo 9

Conmutación de circuitos

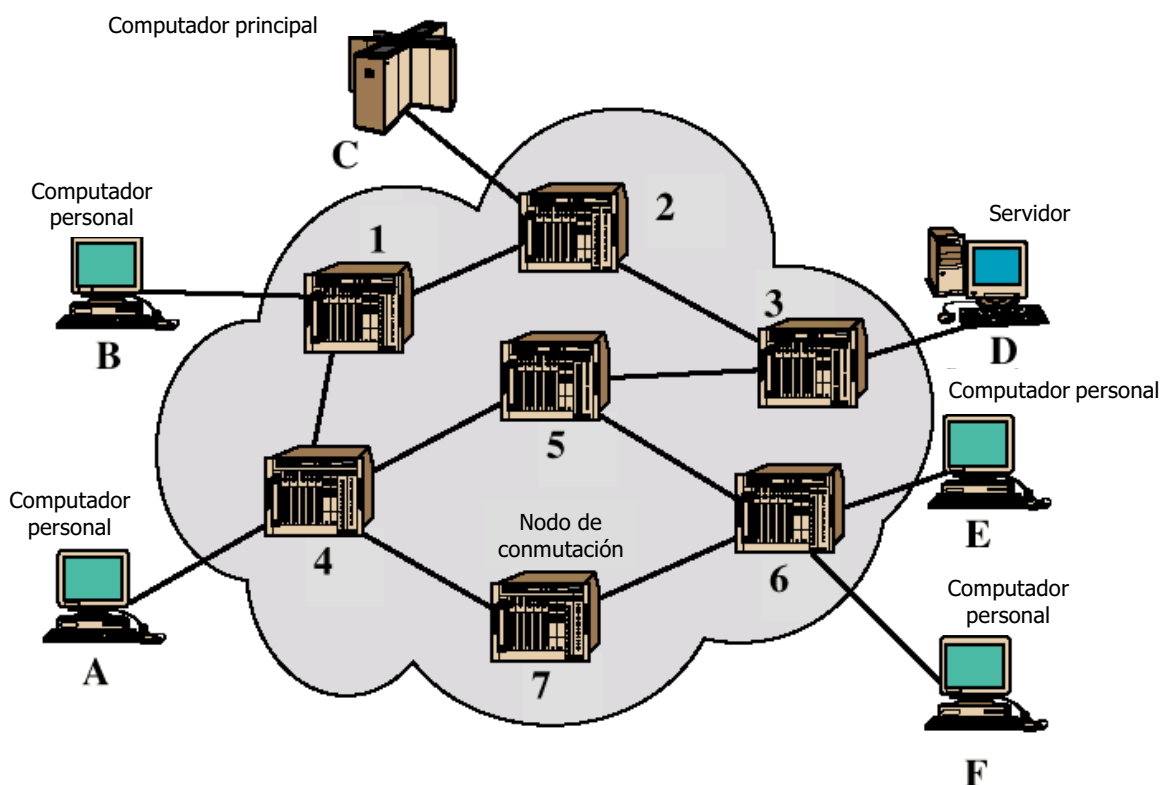
Redes conmutadas

- La transmisión de datos a larga distancia se realiza generalmente a través de una red de nodos de conmutación intermedios.
- El contenido de los datos no es del interés de los nodos de conmutación.
- Los dispositivos finales se denominan *estaciones*:
 - Computadores, terminales, teléfonos, etc.
- El conjunto de nodos y conexiones conforma una *red de comunicaciones*.
- Los datos se encaminan hacia el destino mediante su conmutación de nodo en nodo.

Nodos

- Algunos nodos sólo se conectan con otros nodos, o con estaciones.
- Los enlaces entre nodos están normalmente multiplexados.
- Generalmente, la red no está completamente conectada:
 - Resulta deseable tener más de un camino posible para mejorar la fiabilidad de la red.
- Dos tecnologías de conmutación diferentes:
 - Conmutación de circuitos.
 - Conmutación de paquetes.

Red de conmutación simple



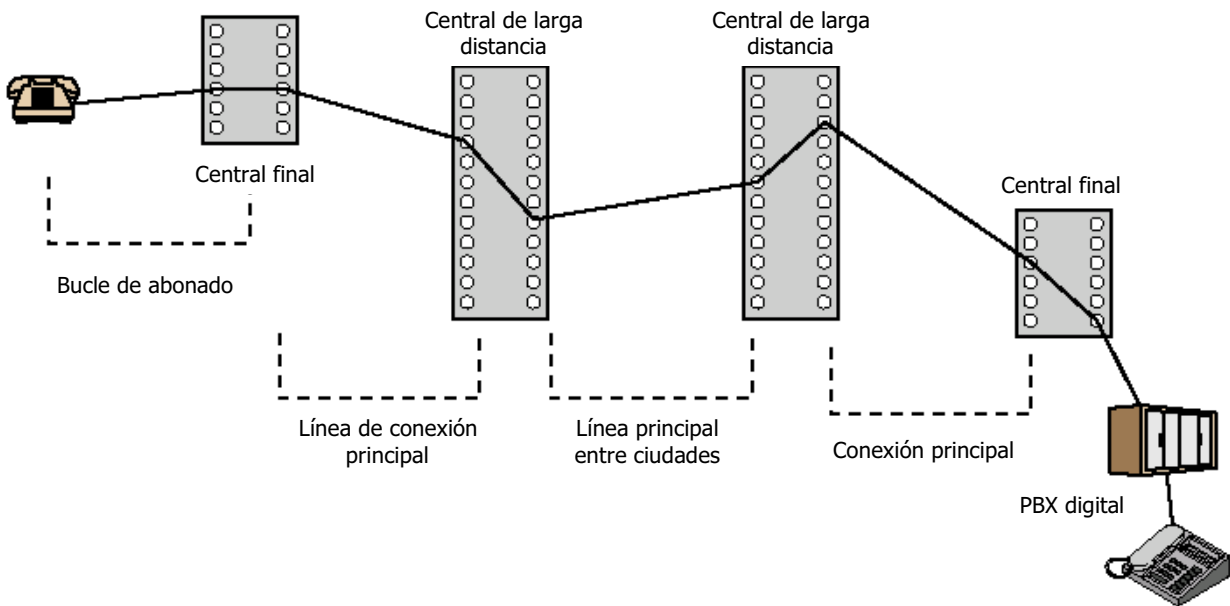
Redes de conmutación de circuitos

- Implica la existencia de un canal de comunicaciones dedicado entre dos estaciones.
- Tres fases:
 - Establecimiento del circuito.
 - Transferencia de datos.
 - Desconexión del circuito.
- Los nodos deben tener capacidad de conmutación y del canal suficiente, como para gestionar la conexión solicitada.
- Los conmutadores deben contar con la inteligencia necesaria para realizar estas reservas y establecer una ruta a través de la red.

Aplicaciones de conmutación de circuitos

- Puede llegar a ser ineficiente:
 - La capacidad del canal se dedica a la conexión mientras dura ésta, incluso si no se transfieren datos.
- Utiliza bastante tiempo para la conexión.
- Una vez conectado el circuito a la red, la transferencia es transparente para los usuarios.
- Desarrollada para el tráfico de voz:
 - Ejemplo: la red telefónica pública.

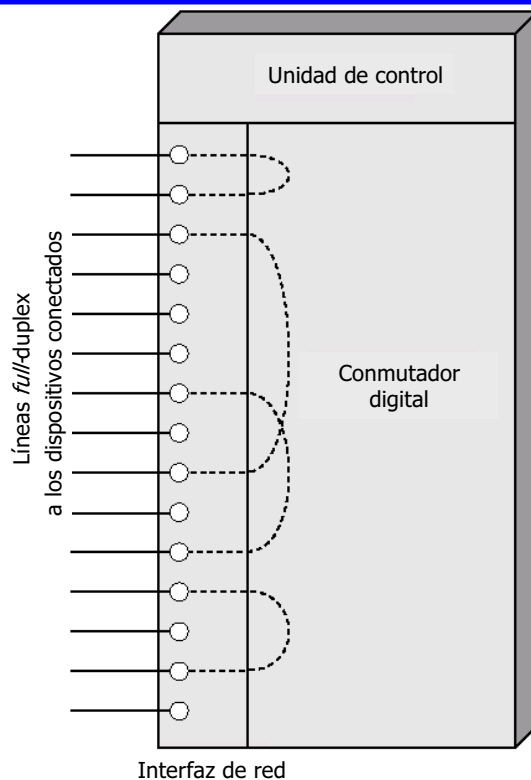
Red pública de conmutación de circuitos



Componentes de una red pública de telecomunicaciones

- **Abonados:**
 - Dispositivos que se conectan a la red.
- **Bucle local:**
 - Bucle de abonado.
 - Conexión a la red.
- **Centrales:**
 - Centros de conmutación.
 - Centrales finales: dan servicio a los abonados.
- **Líneas principales:**
 - Enlaces entre centrales.
 - Multiplexados.

Elementos de un nodo de conmutación de circuitos



Conceptos de conmutación de circuitos

- **Conmutador digital:**
 - Proporciona una ruta transparente entre los dispositivos.
- **Interfaz de red.**
- **Unidad de control:**
 - Establece conexiones:
 - Generalmente bajo demanda.
 - Gestiona y confirma las peticiones.
 - Determina si la estación de destino está libre.
 - Construye una ruta.
 - Debe mantener la conexión.
 - Debe Liberar la conexión.

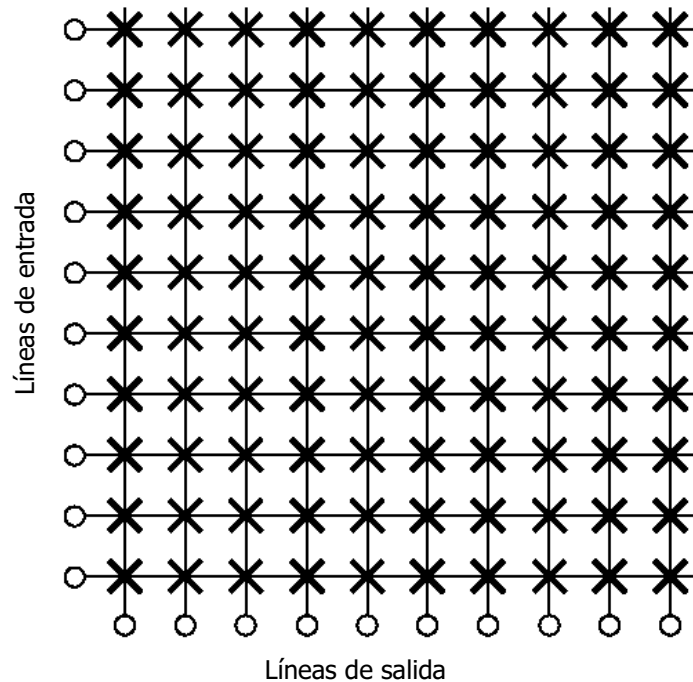
Dispositivos bloqueantes o no bloqueantes

- Dispositivo de conmutación de circuitos bloqueante:
 - La red no puede conectar a dos estaciones, debido a que todos los caminos entre ellas están siendo utilizados.
 - Una red bloqueante es aquella que permite el bloqueo.
 - Se utiliza en sistemas de tráfico de voz:
 - Llamadas telefónicas de corta duración.
- Dispositivo de conmutación de circuitos no bloqueante:
 - Permite que todas las estaciones se conecten a la vez por parejas.
 - Se utiliza en dispositivos de procesamiento de datos.

Conmutación por división en el espacio

- Se desarrolló originalmente para entornos analógicos.
- Divide las rutas de señal.
- Conmutadores matriciales:
 - El número de conexiones crece con el cuadrado del número de estaciones.
 - La pérdida de un cruce impide la conexión entre los dos dispositivos.
 - Las conexiones se utilizan de forma ineficiente:
 - Cuando todos los dispositivos conectados están activos, sólo unos pocos puntos de cruce están en uso.
 - No bloqueante.

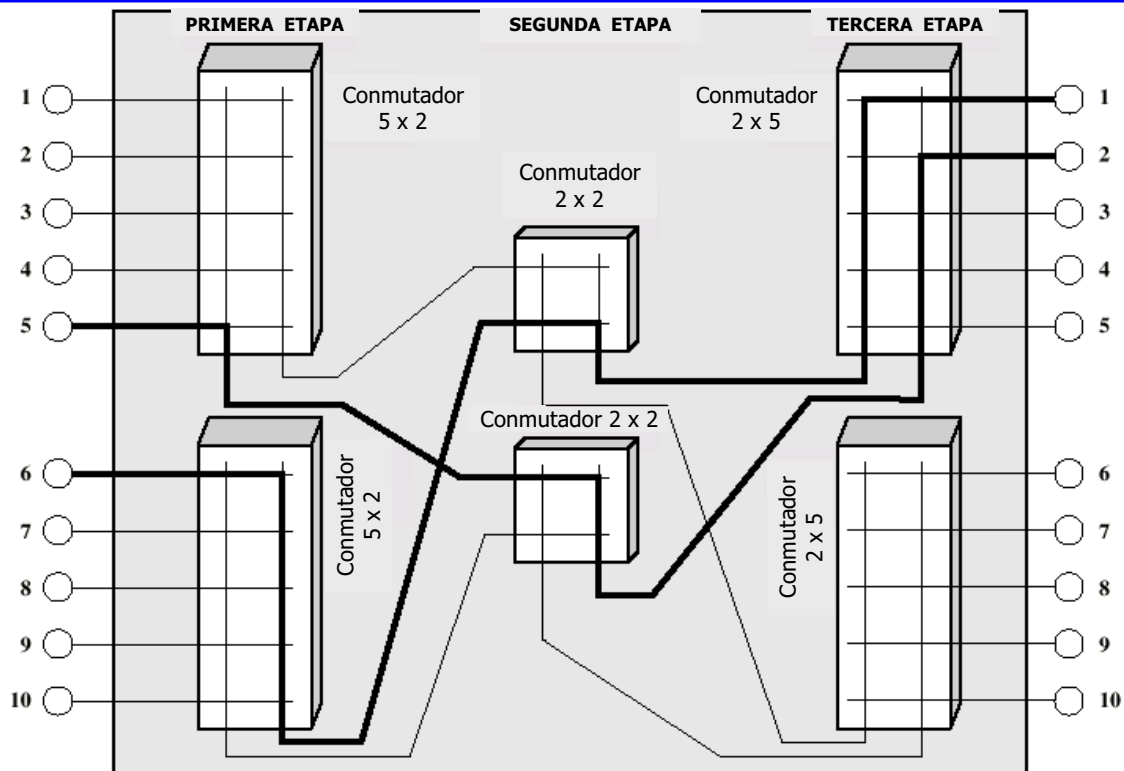
Conmutador por división en el espacio



Conmutador multietapa

- Número de conexiones reducido.
- Existe más de una ruta a través de la red:
 - Se incrementa la seguridad de la red.
- Esquema de control más complejo.
- Puede ser bloqueante.

Conmutador por división en el espacio de tres etapas



Conmutación por división en el tiempo

- Fragmentación de una cadena de bits de menor velocidad en segmentos que compartirán una secuencia de velocidad superior con otras cadenas.
- Ejemplo: conmutación mediante bus TDM.
 - Basada en la multiplexación por división en el tiempo síncrona.
 - Cada línea se conecta a través de unas puertas controlables a un bus de alta velocidad.
 - La ranura temporal permite que una ráfaga pequeña de datos se dirija hacia el bus.
 - Al mismo tiempo, se encuentra habilitada otra puerta correspondiente a una de las líneas.

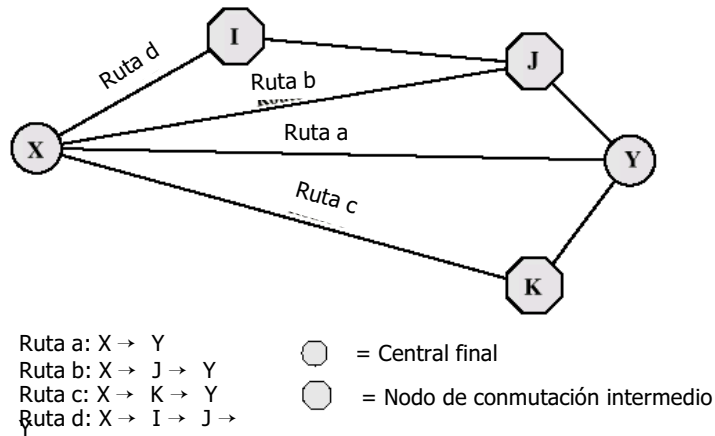
Encaminamiento

- Muchas de las conexiones necesitan una ruta que pase a través de más de un conmutador.
- La red debe encontrar una ruta:
 - Eficiencia.
 - Flexibilidad.
- Los conmutadores de una red de telecomunicaciones pública se organizan en una estructura en árbol:
 - El encaminamiento estático utiliza siempre el mismo esquema.
- El encaminamiento dinámico permite cambios en el proceso, dependiendo del tráfico:
 - Los nodos mantienen una relación de igual a igual entre sí.

Encaminamiento alternativo

- Las posibles rutas entre dos centrales finales se encuentran predefinidas.
- El conmutador de origen debe seleccionar el camino adecuado para cada llamada.
- Rutas prefijadas en orden de preferencia.
- Se pueden utilizar distintos conjuntos de rutas varias veces.

Rutas alternativas



(a) Topología

Periodo de tiempo	Primera ruta	Segunda ruta	Tercera ruta	Cuarta y última ruta
Mañana	a	b	c	d
Tarde	a	d	b	c
Noche	a	d	c	b
Fin de semana	a	c	b	d

(b) Tabla de encaminamiento

Funciones de señalización de control

- Comunicación audible con el abonado.
- Transmisión del número marcado.
- Indica que una llamada dada no se puede establecer.
- Indica la finalización de una llamada.
- Generación de la señal que hace que el teléfono suene.
- Información con fines de tarificación.
- Información del estado de los equipos y líneas.
- Información utilizada para el diagnóstico.
- Control de equipos especiales.

Secuencia de conexión telefónica

- Ambos teléfonos deben estar colgados.
- El abonado descuelga el auricular.
- Indicación automática al conmutador de la central final.
- El conmutador responde con un tono audible de marcar.
- El abonado llamante marca el número.
- Si el abonado llamado no está ocupado, el conmutador lo alerta enviando una señal de llamada.
- Retroalimentación al abonado llamante:
 - Tono audible de llamada, señal de ocupado, mensaje de reintento si la llamada no pudo establecerse.
- El destino acepta levantando el auricular.
- El conmutador corta la señal y el tono de llamada.
- El conmutador establece la conexión.
- La conexión se libera cuando una de las partes cuelga.

Señalización entre dos conmutadores

- Los abonados están conectados a distintos conmutadores.
- El conmutador origen ocupa un enlace libre entre ambos conmutadores.
- Envía una indicación de descolgar, solicitando un registro al otro conmutador para comunicar la dirección destino.
- El conmutador final envía una señal de descolgar seguida por una de colgar ("parpadeo") para indicar que el registro está preparado.
- El conmutador origen envía los dígitos de la dirección al conmutador final.

Señales de control

Nombre de la señal	Estación llamante	Central final origen	Nodo(s) intermedios	Central final destino	Estación llamada
Conexión	→	→	→	→	→
Desconexión		←	←	←	←
Respuesta (descolgar)		←	←	←	
Cierre (colgar)		←	←	←	
Retardo de marcación		←	←		
Guiño-comienzo		←	←		
Comienzo de marcación		←	←		
Tono de marcado	←				
Ident. de est. llamada	→				
Marcado DTMF	→	→	→	→	
Marcado por pulsos		→	→	→	
Pulsos multifrecuen.		→	→	→	
Ident. de est. llamante Verbal	→	→	Identificación del operador Identificación automática		
Dígitos MF pulsados		→			
Línea ocupada	←				
Reintento	←				
No hay circuito	←				
Tono de llamada					→
Tono sonoro de llamada	←				
Comienzo tono llamada				→	
Tono aviso grabación					→
Anuncios	←				

Localización de la señalización

- Señalización entre el abonado y la red:
 - ┆ Depende de las características del dispositivo del abonado y del conmutador.
- Señalización dentro de la red:
 - ┆ Gestión de llamadas del abonado y de la propia red.
 - ┆ Más compleja.

Señalización intracanal

- Se usa el mismo canal para transportar señales de control y llamada:
 - No requiere servicios de transmisión adicionales.
- Señalización intrabanda:
 - Utiliza la misma banda de frecuencias que las señales de voz.
 - Pueden llegar a los mismos lugares que las señales de voz.
 - Es imposible establecer una llamada sobre un canal de voz con errores.
- Señalización fuera de banda:
 - Las señales de voz no utilizan completamente los 4 kHz de ancho de banda.
 - Banda de señalización estrecha dentro de los 4 kHz para el envío de señales de control.
 - Se pueden enviar tanto si hay como si no señales de voz en línea.
 - Necesita circuitería electrónica adicional.
 - Velocidad de señalización inferior, debido a un ancho de banda estrecho.

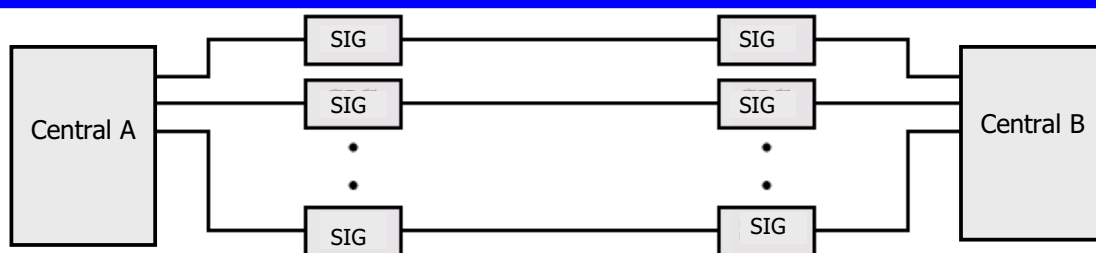
Desventajas de la señalización intracanal

- Velocidad de transferencia bastante limitada.
- Retardo existente desde que un abonado introduce una dirección (marca el número) hasta que la conexión se establece.
- Ambos problemas se evitan mediante la señalización por canal común.

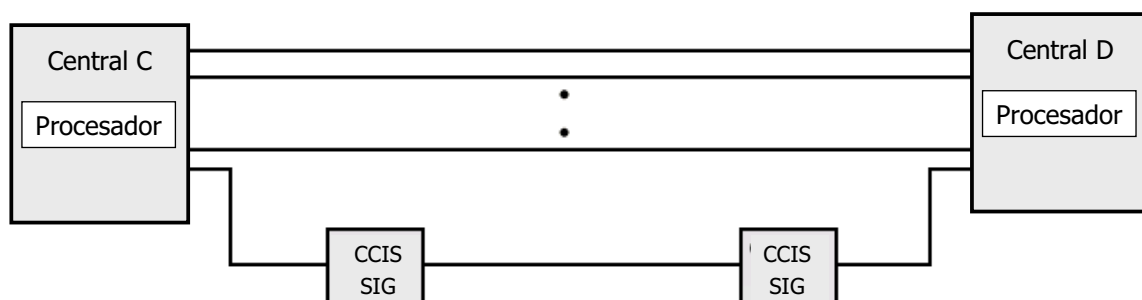
Señalización por canal común

- Las señales de control se transmiten por rutas independientes de los canales de voz.
- Una ruta de señal de control puede transportar las señales de varios canales de abonados.
- Canal de control común para todos estos abonados.
- Modo asociado:
 - El canal común sigue los pasos a los grupos de enlace entre conmutadores.
- Modo no asociado:
 - Adición de nodos llamados puntos de transferencia de señal.
 - En efecto, existen ahora dos redes separadas.

Señalización intracanal y por canal común



(a) Intracanal

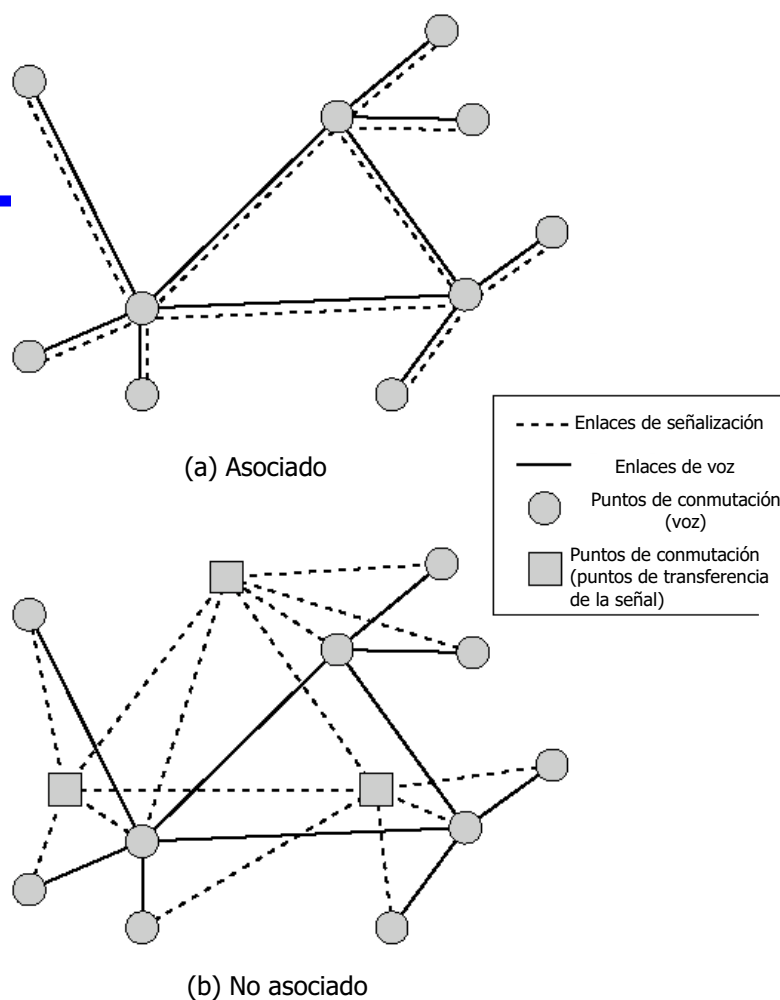


(b) Por canal común

CCIS SIG: Common-channel interoffice signaling equipment

SIG: Per-trunk signaling equipment

Modos de señalización



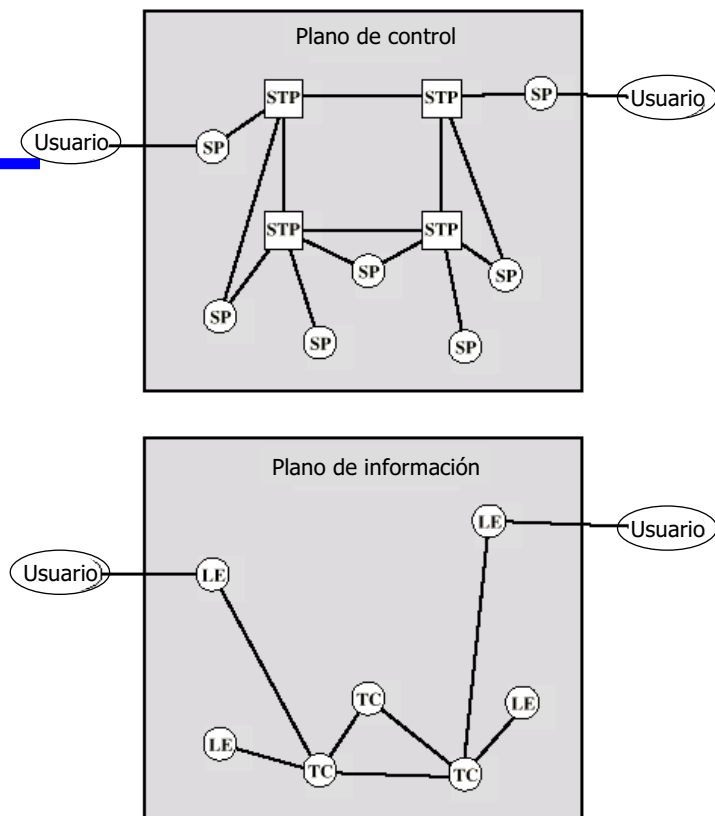
Sistema de señalización Número 7

- SS7 (signaling system number 7).
- Esquema de señalización por canal común.
- Diseñada para su uso en redes RDSI.
- Optimizado para canales digitales a 64 kbps.
- Control de llamadas, control remoto, gestión y mantenimiento.
- Medio seguro para la transferencia de información en el orden correcto.
- Apropiado para su uso en canales analógicos a velocidades inferiores a 64 kbps.
- Enlaces terrestres y satélite punto a punto.

Elementos de la red de señalización SS7

- Punto de señalización (SP):
 - Un punto de la red de señalización con capacidad de gestión de mensajes de control SS7.
- Punto de transferencia de señal (STP):
 - Punto de señalización capaz de encaminar mensajes de control.
- Plano de control:
 - Responsable del establecimiento y de la gestión de las conexiones.
- Plano de información:
 - Una vez que se ha establecido la conexión, la información se transfiere desde un usuario a otro en el plano de información.

Puntos de transferencia



STP = Punto de transferencia de señalización
SP = Punto de señalización
TC = Centro de tránsito
LE = Central o conmutador local

Estructuras de la red de señalización

- Capacidad de los STP:
 - Número de enlaces de señalización que puede gestionar un STP.
 - Tiempo de transferencia de mensajes.
 - Capacidad de mensajes.
- Prestaciones de la red:
 - Número de SP.
 - Retardos de señalización.
- Eficacia y seguridad:
 - Capacidad de la red para proveer servicios ante posibles fallos en los STP.

Lecturas recomendadas

- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, sexta edición. Madrid: Prentice Hall, 2000: Capítulo 9.
- Página web de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU-T.
- Páginas web de las distintas empresas de telefonía.