



ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

Conmutación de circuitos

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
3º Ingeniería de Telecomunicación



Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de paquetes
6. Conmutación de circuitos
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio



Temario

1. Introducción
2. Protocolos y arquitectura
3. Redes de área local
4. Protocolos de Internet
5. Conmutación de paquetes
6. Conmutación de circuitos
 - **Principios básicos**
 - **Conmutadores, redes de Clos, T, S, TST...**
 - Prestaciones
7. Gestión de recursos en conmutadores
8. Protocolos de control de acceso al medio

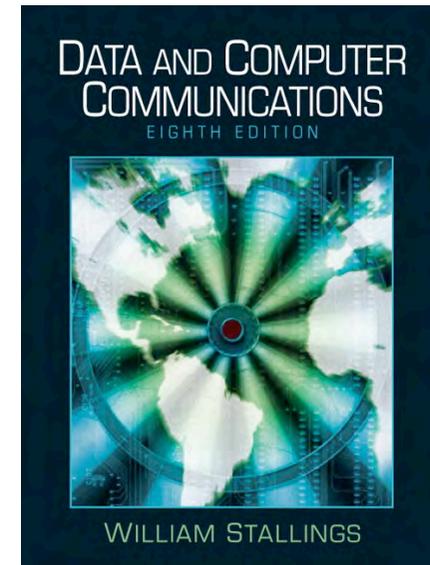


Material

Del capítulo 10 de

W. Stallings,

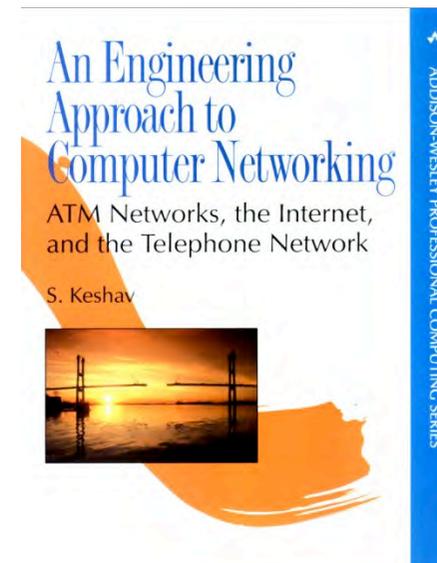
Data and Computer Communications



Del capítulo 8 de

S. Keshav,

An Engineering Approach to Computer Networking



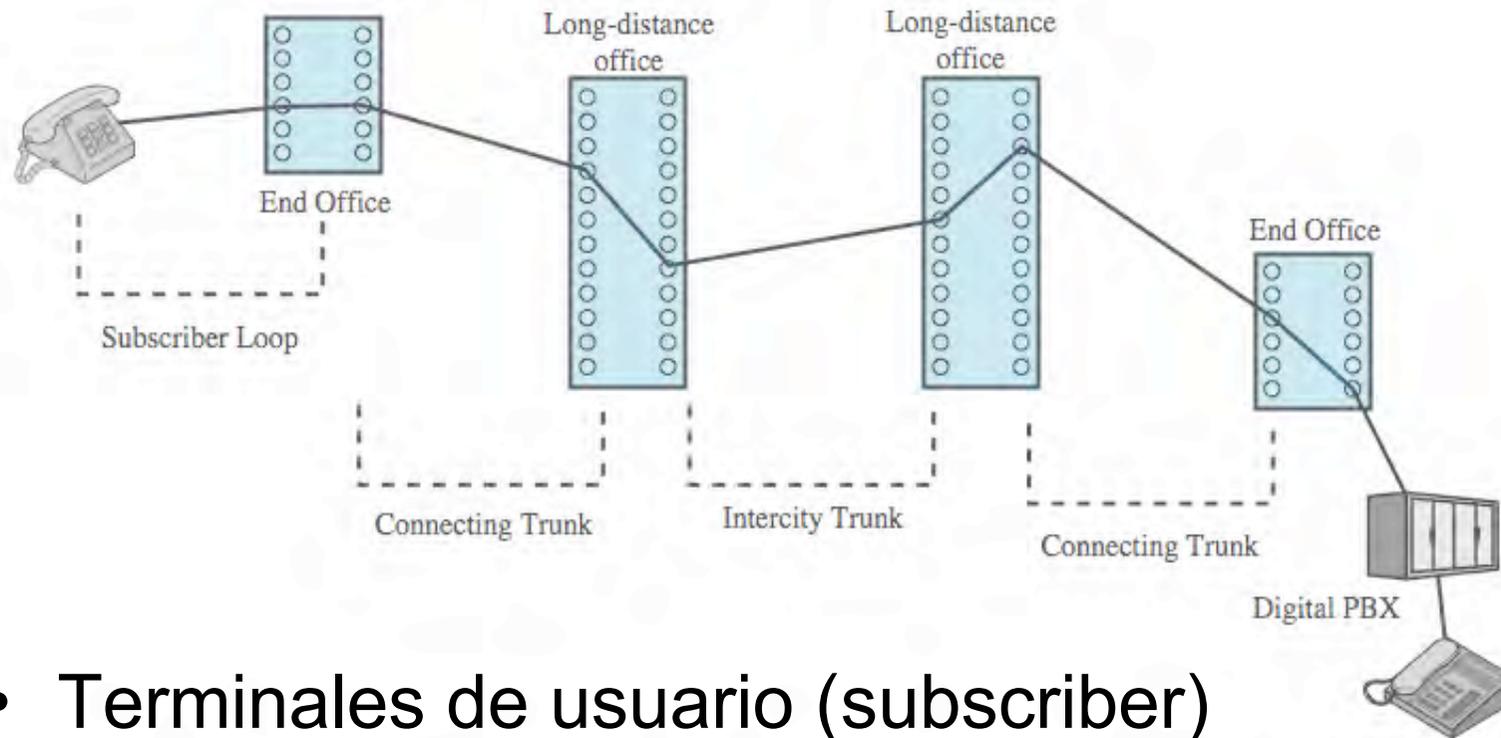


Conmutación de circuitos

- Usa un camino dedicado entre dos terminales
- Tres fases
 - establecimiento
 - transferencia
 - desconexión
- Desventajas
 - La capacidad del canal está asignada a la conexión durante toda su duración
 - Si no se envían datos: capacidad desperdiciada
 - El establecimiento añade retardo
- Ventajas
 - Una vez conectado, la transferencia es transparente
 - La capacidad del canal está asignada a la conexión durante toda su duración
 - calidad de servicio conocida (más fácil que en conmutación de paquetes)



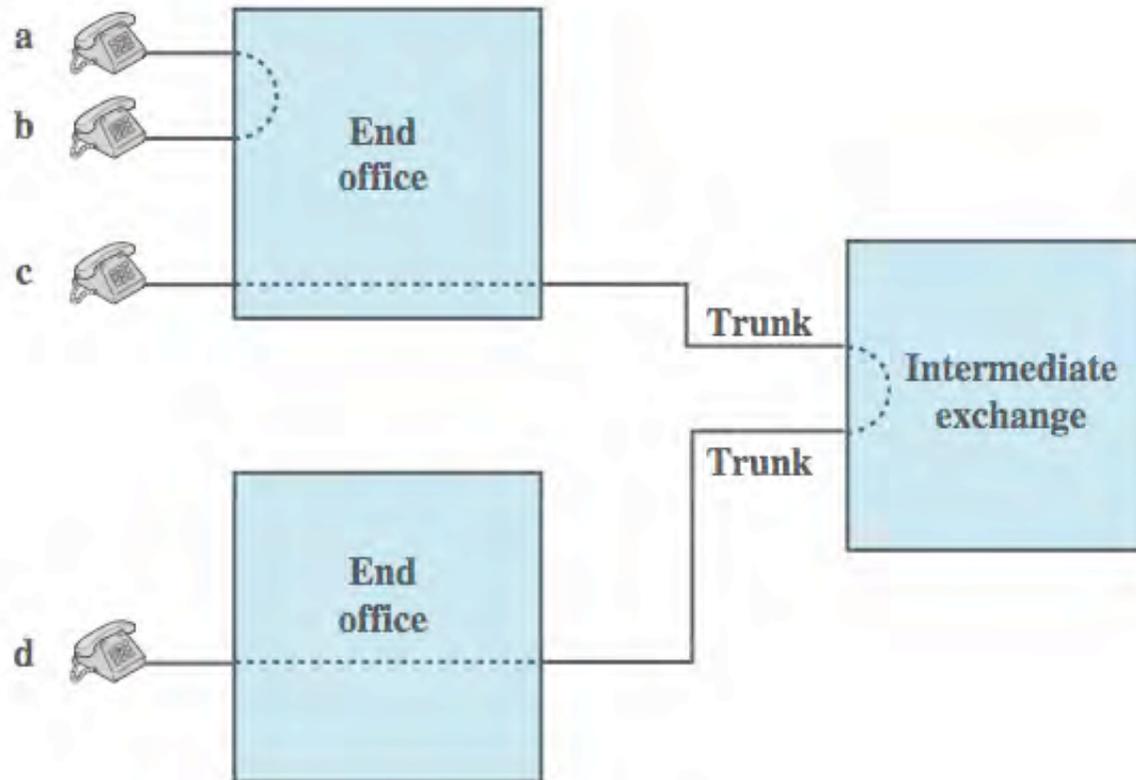
Red pública de conmutación de circuitos



- Terminales de usuario (subscriber)
- Línea de usuario (subscriber line)
- Centralitas (exchanges)
- Enlaces (trunks)



Establecimiento de circuitos

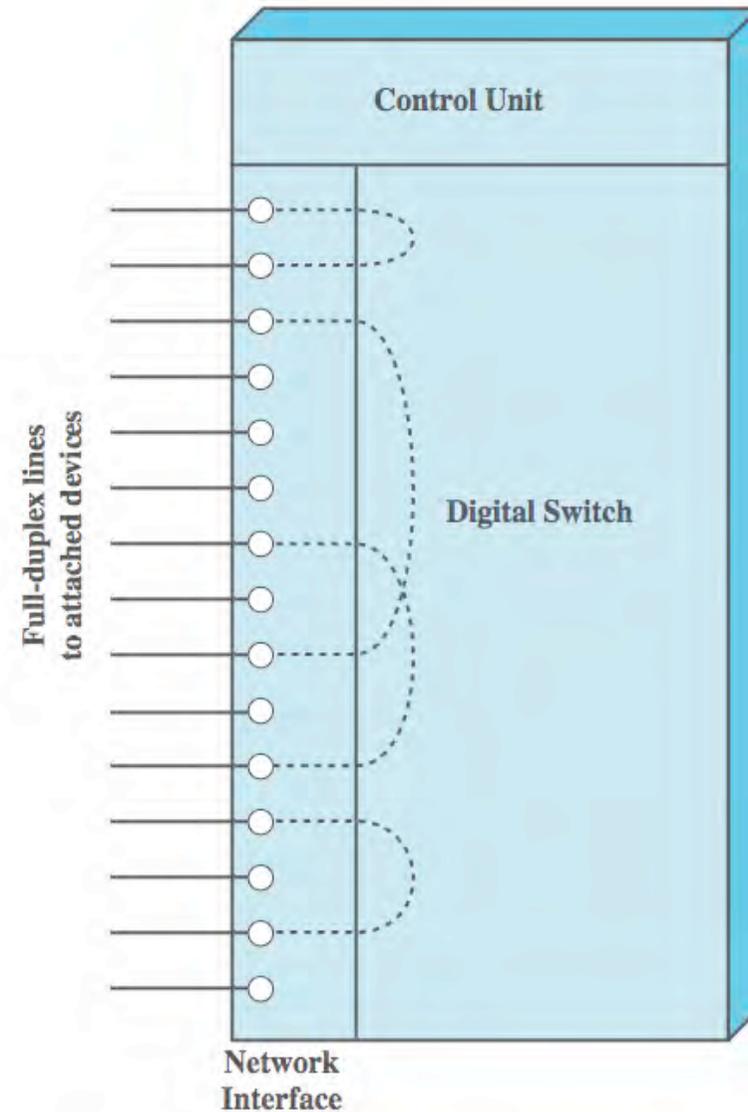
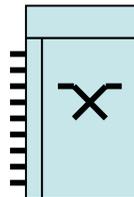


- Tráfico entre usuarios de la misma central no sale de la central
- Tráfico entre usuarios de diferentes centrales se cursa a través de enlaces troncales (trunk) y posibles centrales intermedias



Elemento de conmutación de circuitos

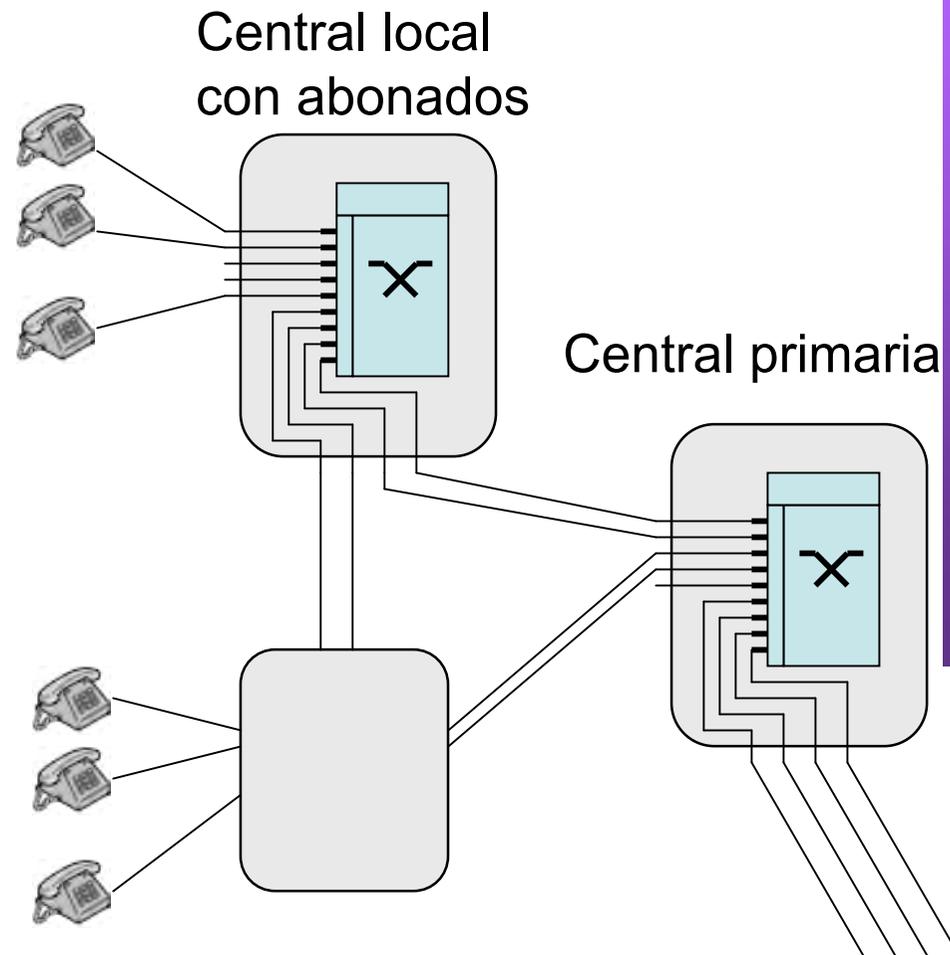
- Unidad de control
 - Establece caminos en el switch y realiza funciones de control
- Líneas de entrada
 - Full-duplex
- Conmutador digital
 - Conecta entre si las líneas de entrada según le indica la unidad de control





Arquitectura básica de redes de circuitos

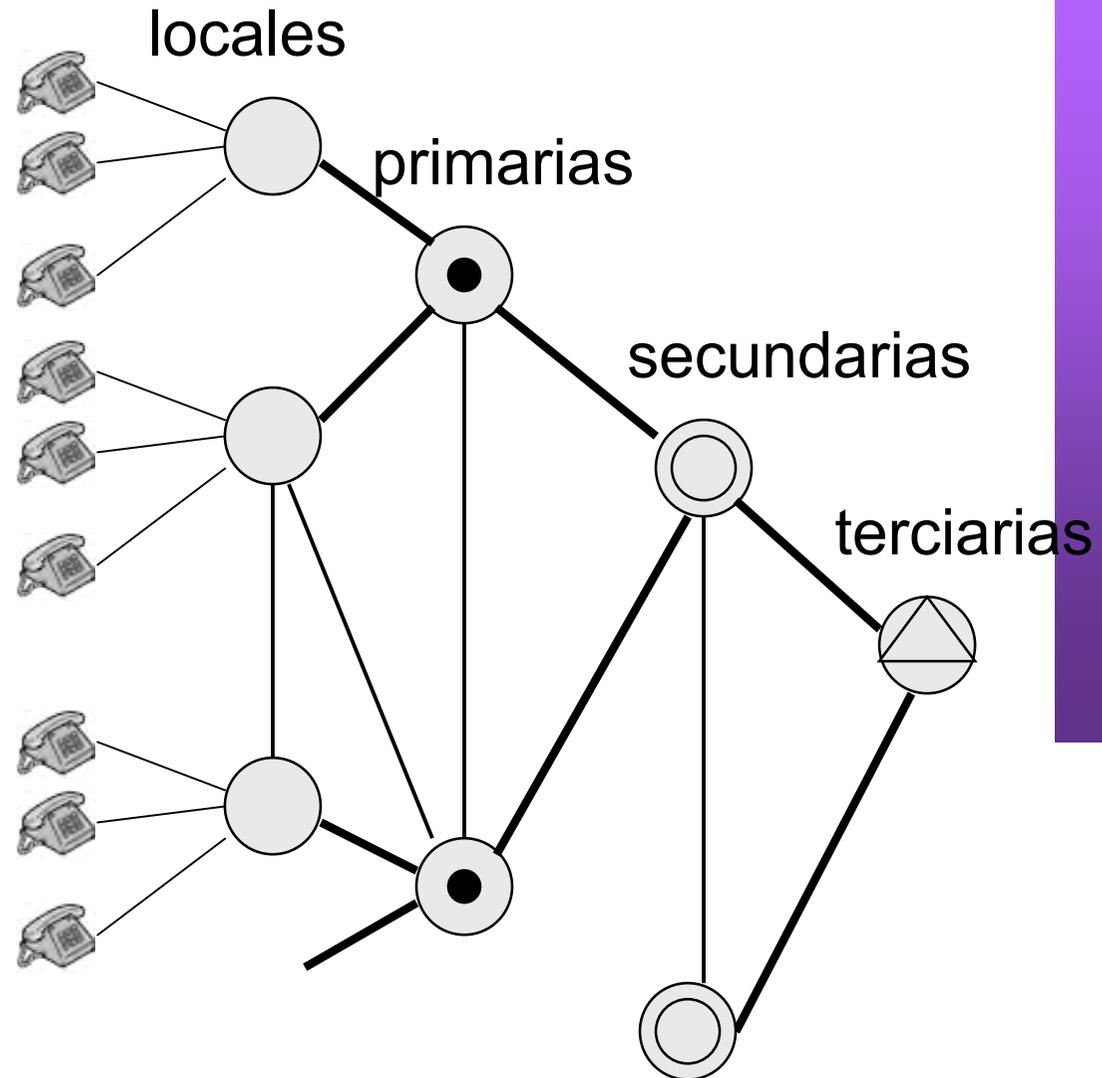
- Centrales locales son capaces de conectar a usuarios de esa central entre si o bien a una de las líneas troncales a otra central
- Centrales primarias, secundarias, terciarias: conectan líneas entre centrales
- Los enlaces entre centrales son conjuntos de líneas que se pueden conectar por separado





Arquitectura

- Las centrales se organizan en red jerárquica por niveles (locales, primarias, secundarias, terciarias...)
- Facilita el enrutamiento: siempre hay un superior jerárquico





Señalización

- Las unidades de control de las centrales se comunican entre si para
 - Establecimiento de llamadas
 - Liberación de llamadas
- Señalización

Intercambio de información de control entre los nodos de la red y entre terminales de abonado y la red

- Señalización en banda

Mensajes de control mediante tonos de frecuencias determinadas con diferente significado (tono de marcar, envío del número destino mediante tonos...)

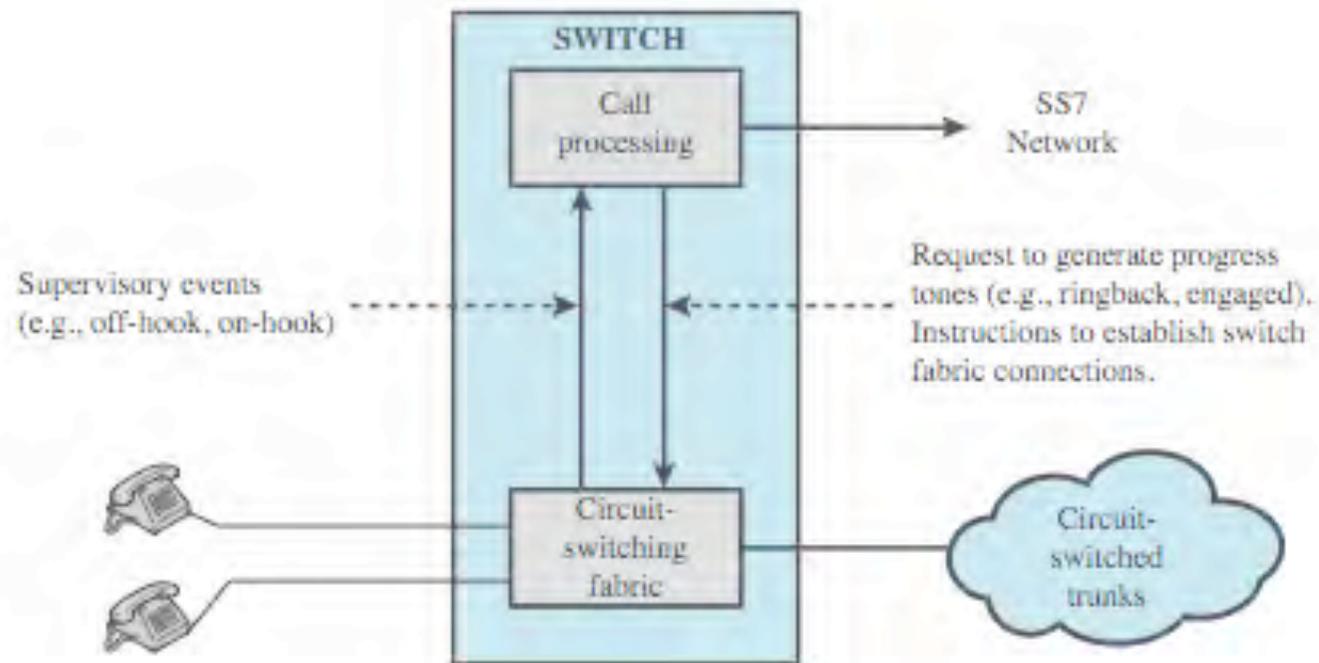
La señalización para establecer enlaces entre centrales también era mediante tonos originalmente

- Señalización fuera de banda
- Señalización por canal comun (SSCC7 o SS7)

Red de conmutación de paquetes para transportar señalización



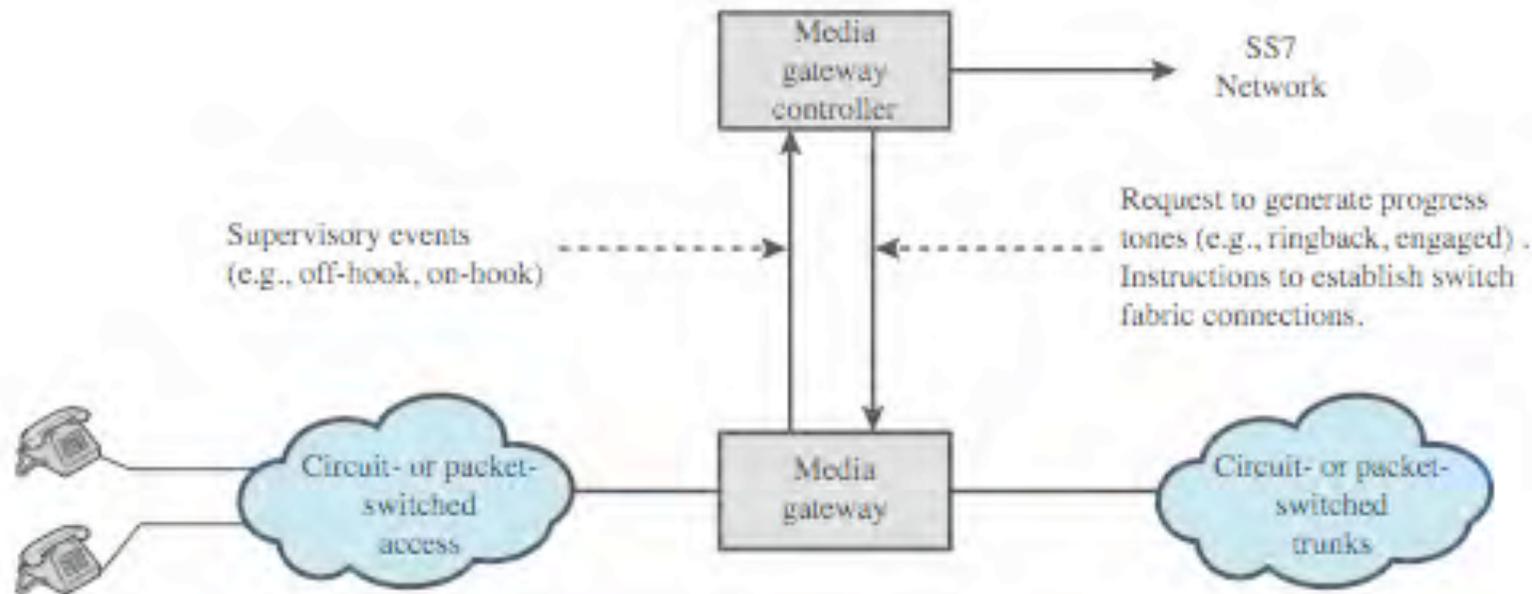
Nodo tradicional



(a) Traditional circuit switching



Softswitch

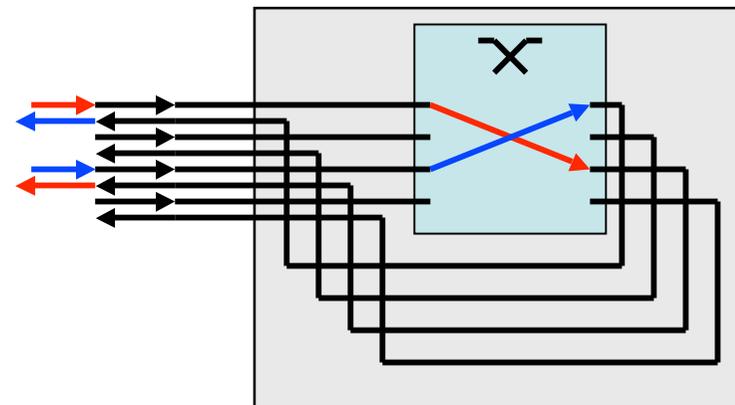
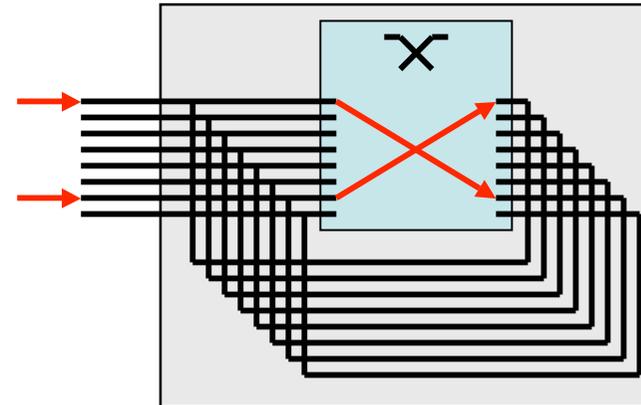
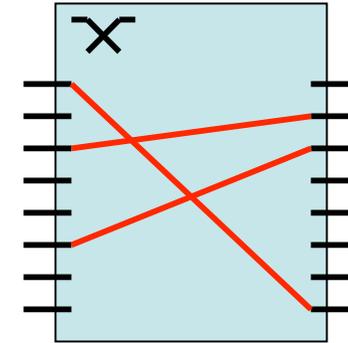


(b) Softswitch architecture



Conmutadores

- Permite conectar líneas de entrada a líneas de salida
- Se puede usar para construir un conmutador que interconecte líneas full duplex entre si
- Problemas para construir conmutadores?





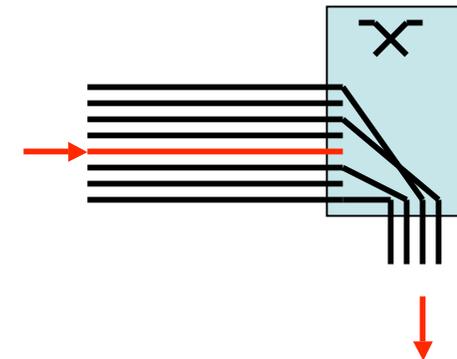
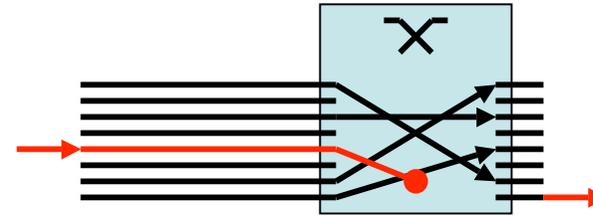
Bloqueo

- Red de conmutación con bloqueo
 - En ocasiones puede no tener recursos para establecer una conexión entre dos estaciones
 - En sistemas de voz se suele utilizar
 - Dimensionándolo para que estas ocasiones no ocurran muy a menudo
- Red de conmutación sin bloqueo
 - Permite a todas las estaciones conectarse a la vez (es decir la única causa por la que una conexión en un momento dado puede ser rechazada es porque la estación destino ya tiene una conexión establecida)
 - Se utiliza más en redes de conmutación para datos (Recuerde matrices de conmutación en routers)



Razones del bloqueo

- Bloqueo interno
 - El conmutador no tiene recursos para hacer llegar un circuito de la entrada a la salida
- Bloqueo externo
 - El conmutador no tiene suficientes recursos de salida para cursar una nueva llamada





Tipos

- Conmutador espacial (S)
- Conmutador temporal (T)
- Conmutadores por fases (TST,STS...)

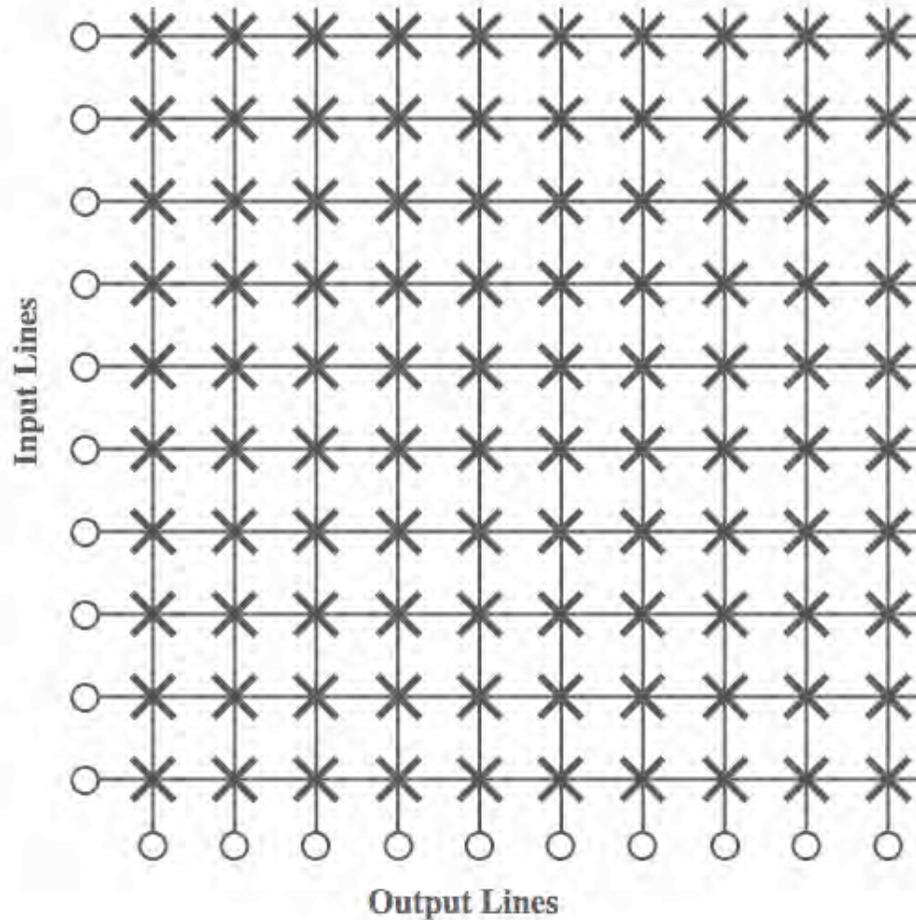


Conmutador espacial

- Conmutador espacial (Space division switch)
 - Permite conectar las líneas de entrada con las líneas de salida elegidas (camino espaciales)
 - Tecnología:
 - Crossbar**
 - Un bus por cada línea de entrada
 - Un bus por cada línea de salida
 - Puntos de cruce que nos permiten conectar cada uno de los buses a cualquier otro
 - La complejidad y coste depende del número de puntos de cruce



Conmutador espacial crossbar

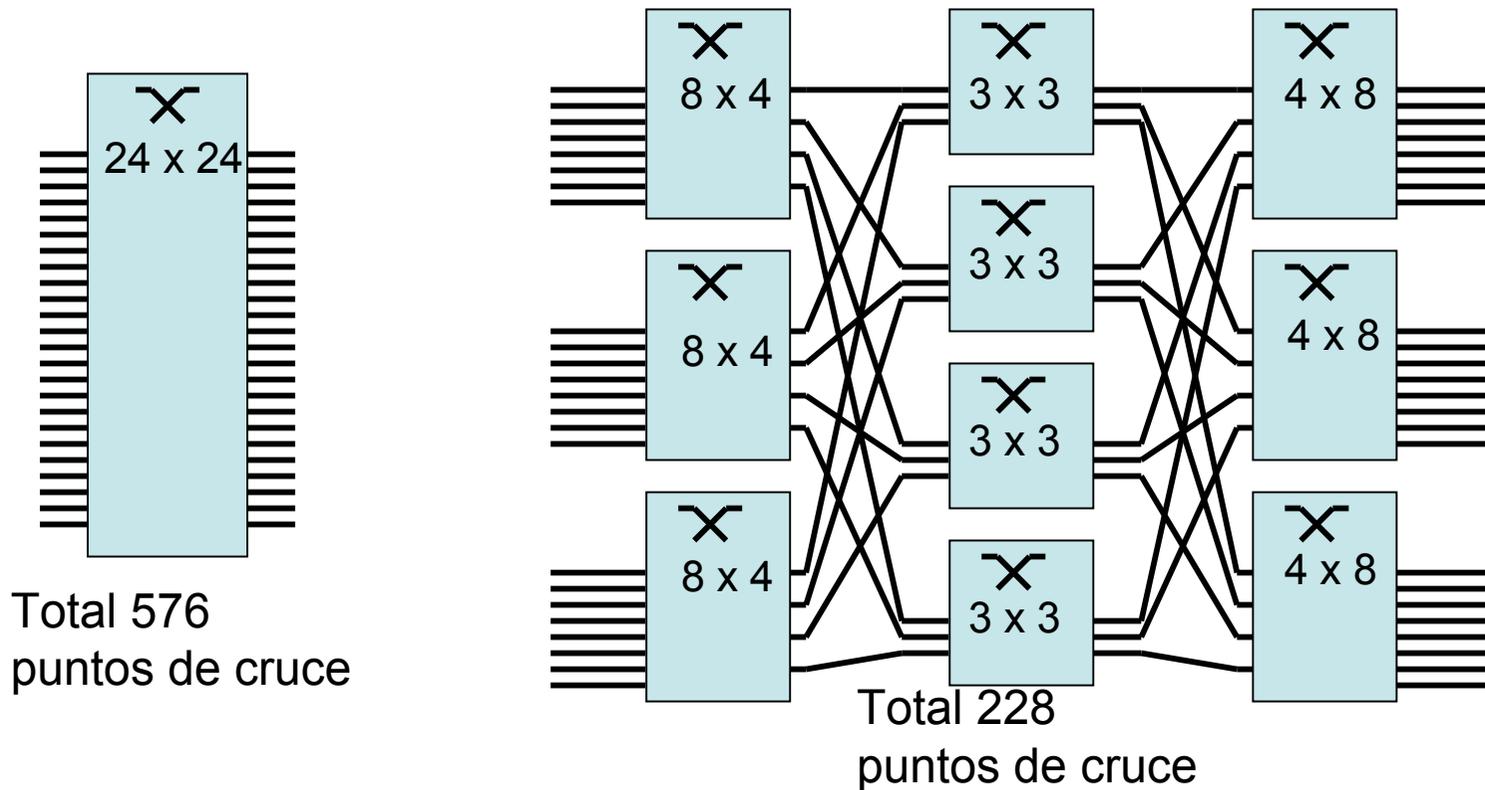


- Se puede hacer con menos puntos de cruce?



Conmutador con etapas (stages)

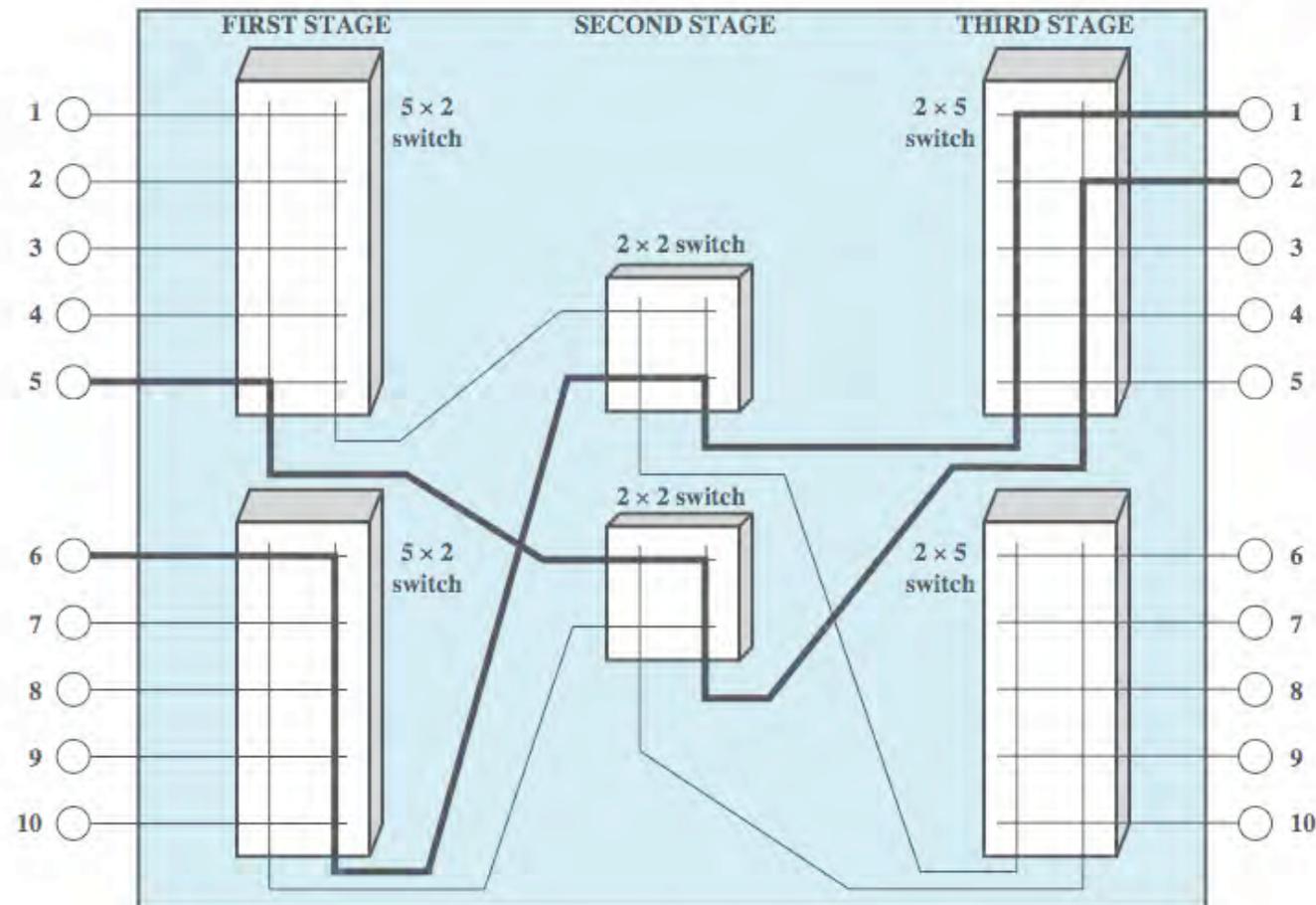
- Diferentes etapas
 - Seleccionamos líneas y las mandamos a conmutadores intermedios
 - Los conmutadores intermedios envían las líneas al bloque de salida deseado
 - Conmutadores internos más sencillos





Conmutador 3 etapas

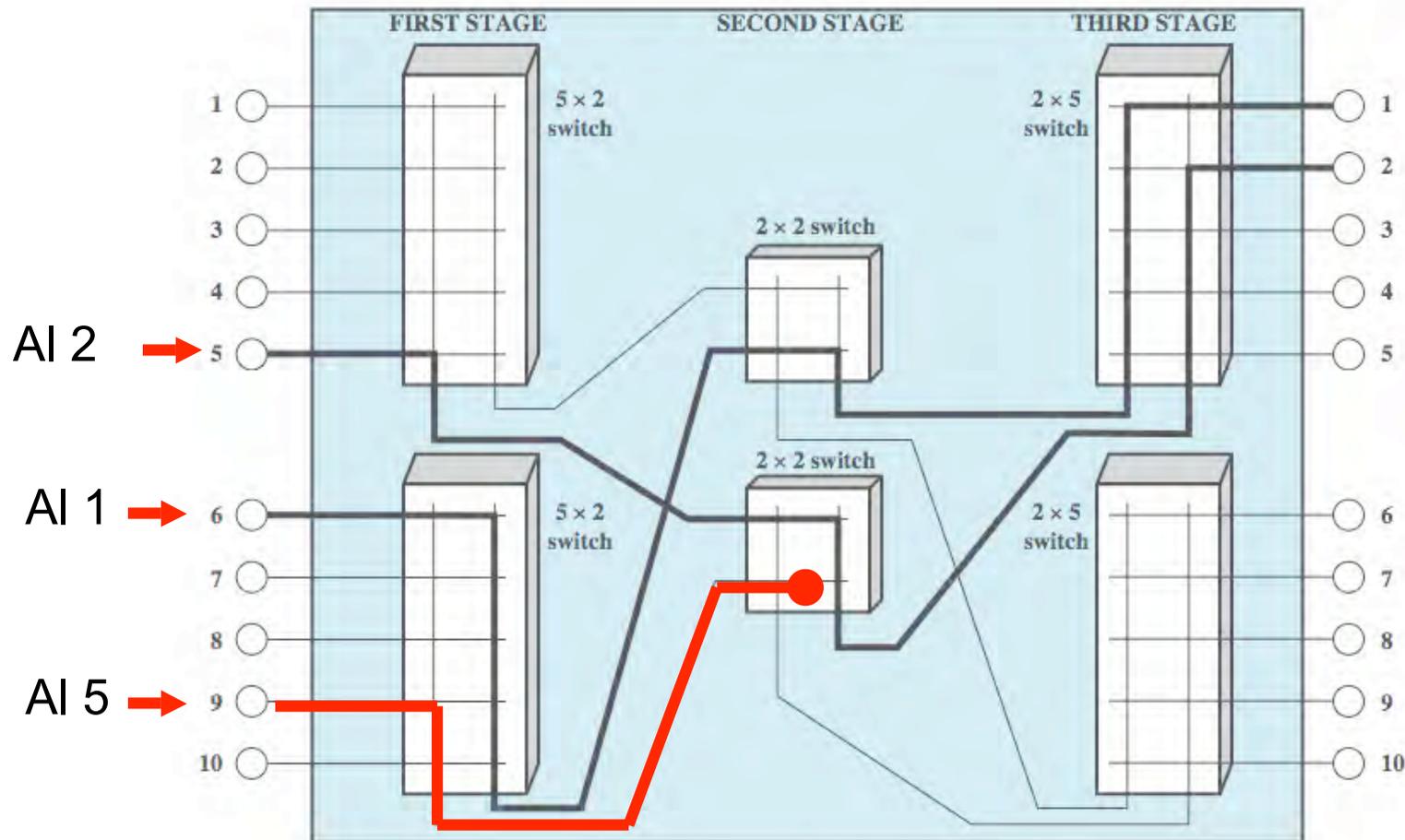
- (3 stage space division switch SSS)
- Qué problema tiene este conmutador??





Conmutador 3 etapas

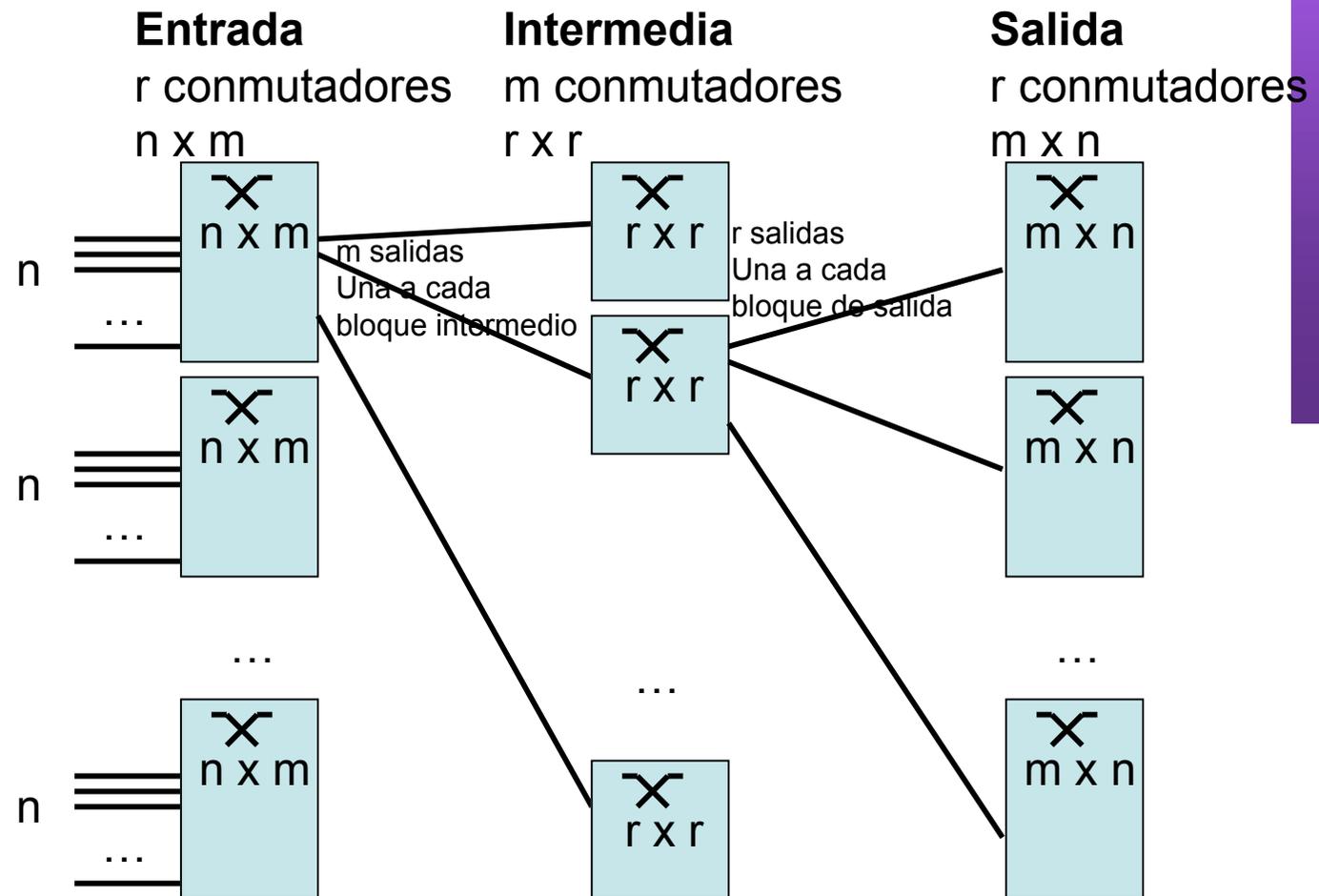
- Bloqueo interno !!!
- Se puede hacer un conmutador SSS sin bloqueo interno?





Redes de Clos

- Cuantos conmutadores intermedios m necesito para que no haya posibilidad de bloqueo interno??
- Se entiende que al menos $m \geq n$ (evitar bloqueo de la entrada)



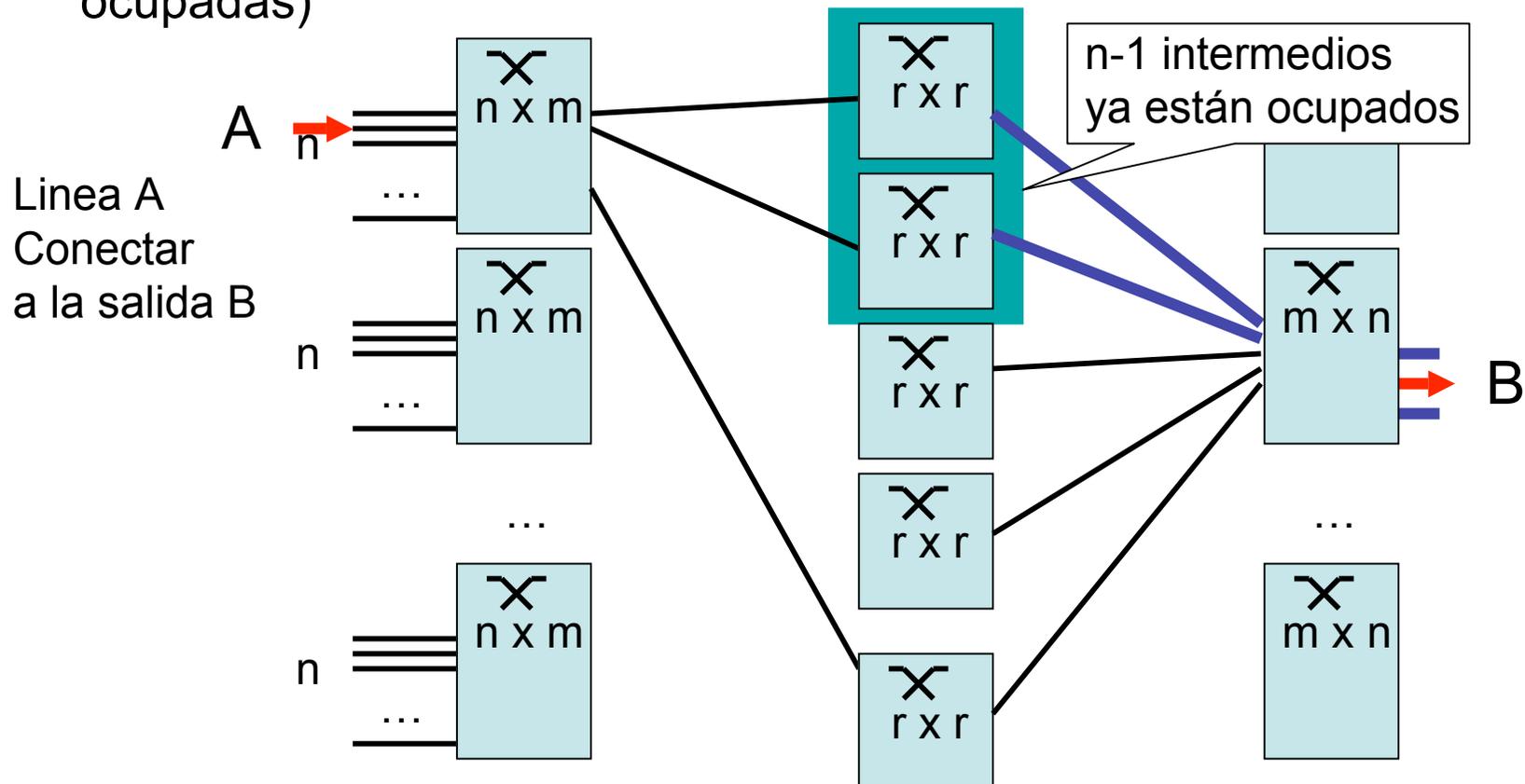


Redes de Clos

- Condición en el caso peor

Si quiero ir de la entrada A a la salida B tiene que haber un camino posible

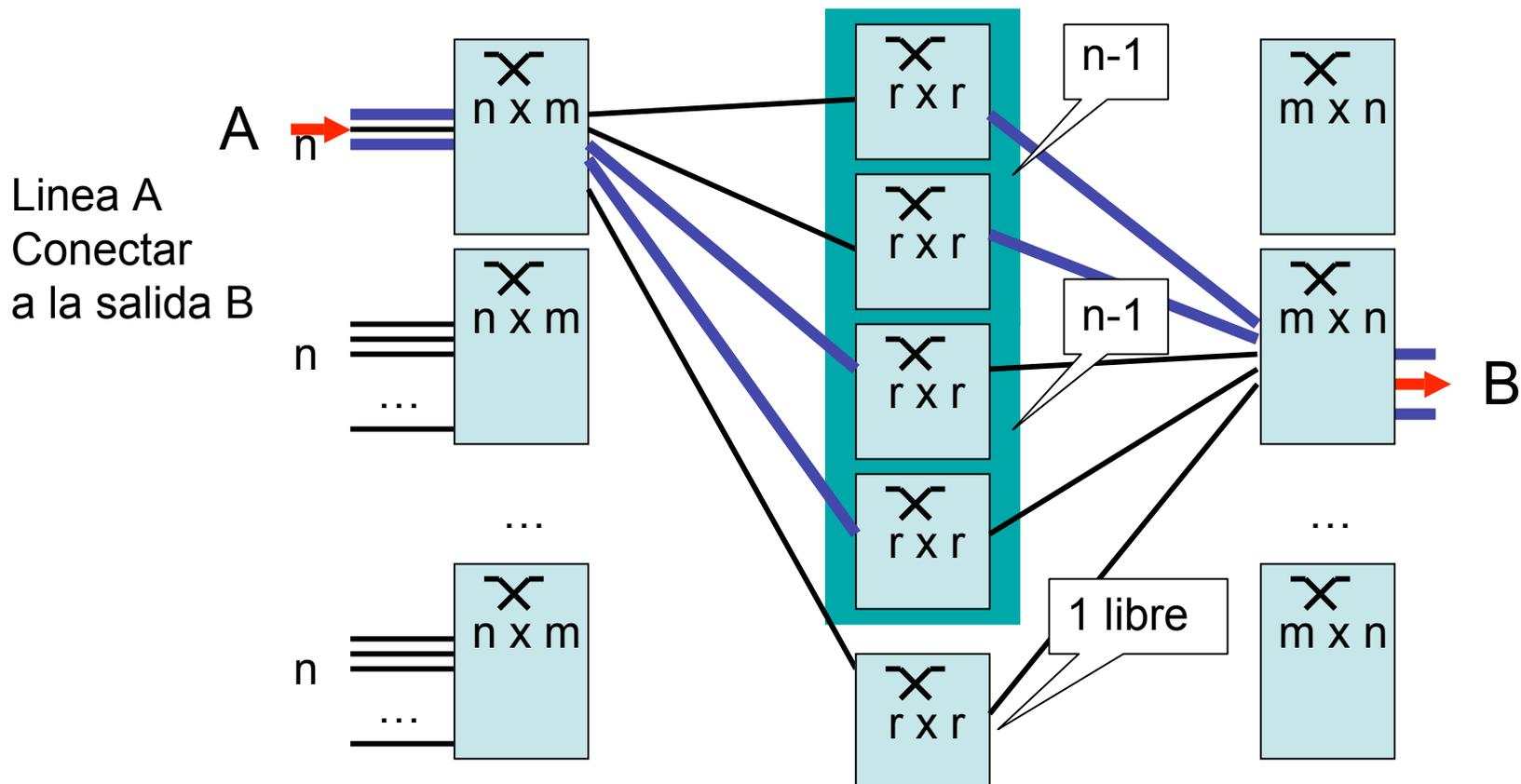
Tiene que haber al menos un conmutador intermedio que tenga una línea libre al bloque de B (en el caso peor habrá $n-1$ ocupados todas las otras salidas del bloque de salida ocupadas)





Condición de Clos

- En un conmutador $n \times n$ formado con m conmutadores intermedios el número m de conmutadores intermedios necesarios para que no exista probabilidad de bloqueo tiene que ser al menos $2 * (n-1) + 1$
 $m \geq 2n - 1$
- Un conmutador construido así no tiene bloqueo interno y tendrá menos puntos de cruce que un crossbar entero





Conmutador 3 etapas

- El ejemplo de antes no cumple la condición de clos
- Cuantos conmutadores intermedios necesitamos para que no pueda tener bloqueo?

$$m \geq 2 * n - 1$$

$$m \geq 2 * 5 - 1 \quad m \geq 9 \quad 9 \text{ conmutadores } 2 \times 2$$

La entrada seria 5x9 con lo que no podria bloquearse por las 5 lineas de entrada de cada bloque

Puntos de cruce

necesarios para un crossbar 10x10

100

en el ejemplo

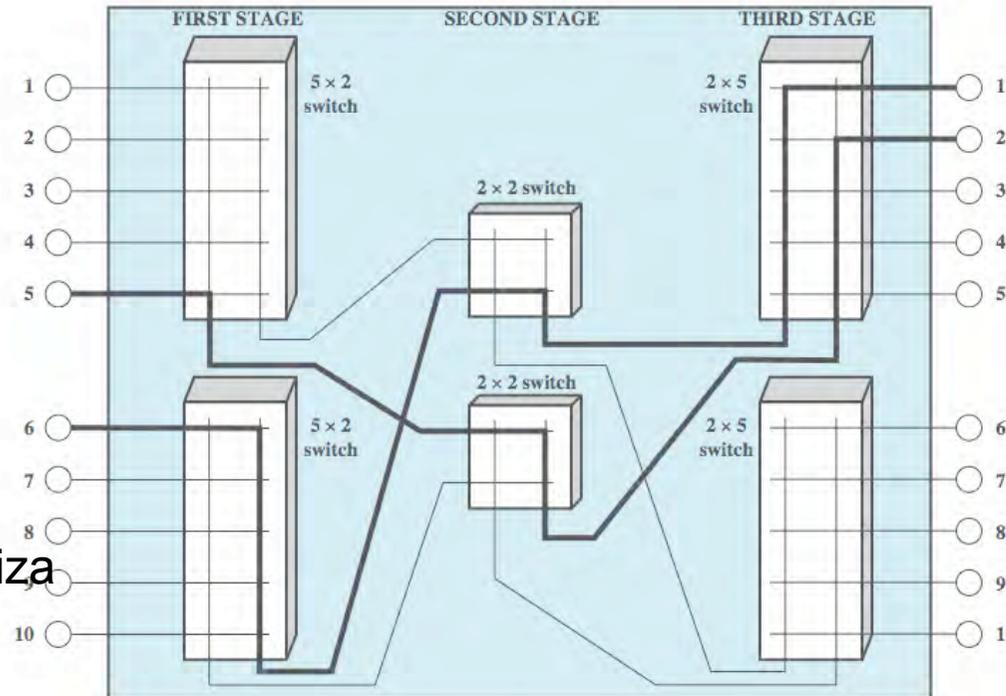
48

cumpliendo

la condición de Clos

216

El ser multietapa no garantiza menos puntos de cruce





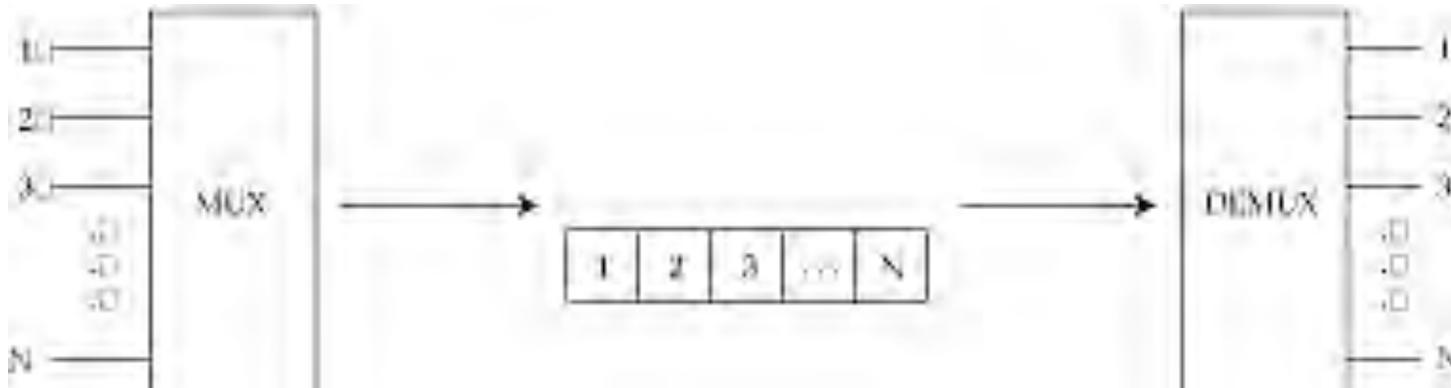
Conmutadores espaciales multietapa

- Los conmutadores que cumplen la condición de Clos no tienen bloqueo interno
- Los conmutadores que cumplen la condición $m \geq n$ se puede hacer que no tengan bloqueo interno si el sistema de control es capaz de recolocar llamadas ya establecidas (Rearrangeably nonblocking Clos networks)
- Escalan mejor que un crossbar al aumentar el número de entradas pero aun así seguimos necesitando muchos puntos de cruce para conmutar centenares de miles de canales telefónicos
- Optimizando aun más
 - Construir conmutadores que si que puedan bloquearse pero la probabilidad sea pequeña
 - Construir conmutadores que utilicen las líneas por más de una llamada a la vez (conmutación temporal)



Multiplexación temporal

- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial
- En las centrales las líneas troncales se demultiplexan y se extraen los canales de voz enviándose a diferentes circuitos de abonado
- Multiplexor síncrono
 - N líneas de entrada
 - Salida N veces más rápida



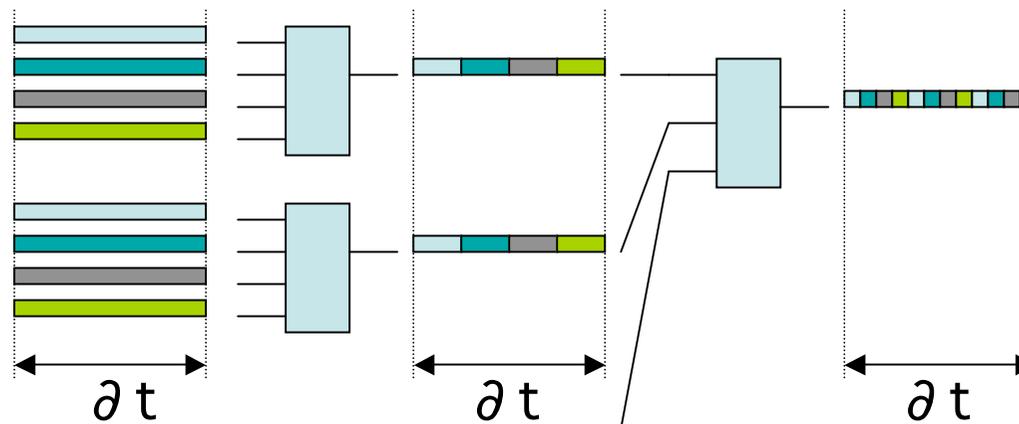
En cada ∂t el MUX

recibe una muestra de voz de cada una de las líneas
envia N muestras de voz (del intervalo anterior) por la salida



Multiplexación temporal

- Demultiplexor
 - Una línea de entrada y N salidas N veces más lentas
 - Las muestras se distribuyen en los canales de salida en modo round robin
 - Ni el multiplexor ni el demultiplexor necesitan información de direcciones (por qué?)
- Se pueden encadenar multiplexores
 - Hace falta un estandar que defina números de canales multiplexados en cada nivel, tiempo del slot...
 - Ejemplo: Jerarquías digitales síncronas





Multiplexación inversa

- Entrada un canal de alta velocidad y distribuirlo por varias líneas de menor capacidad
- En el otro extremo combinar los diferentes flujos de menor velocidad
 - Problemas para acomodar variaciones ligeras del retardo
- Permite líneas de alta velocidad virtuales usando líneas reales de menor capacidad



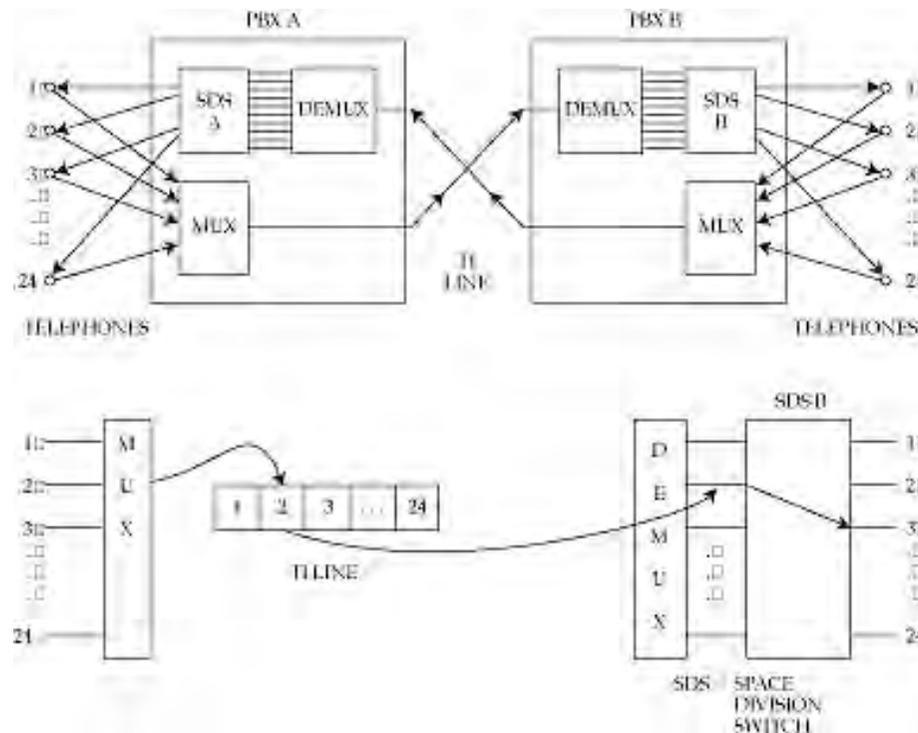
Conmutadores temporales

- Un conmutador que maneje N llamadas tiene N entradas lógicas y N salidas lógicas
 - N puede ser de hasta 200000
- En la práctica las entradas troncales están multiplexadas
 - Por ejemplo: una troncal DS3 lleva simultáneamente 672 llamadas
- Las troncales transmiten en cada slot una *frame* = conjunto de muestras
- Conmutador
Extrae muestras de la frame de entrada y dependiendo de su posición las escribe en la salida en un nuevo orden
 - Cada muestra de entrada debe salir por la línea espacial y en el tiempo correspondiente
 - demultiplexar, conmutar, multiplexar



Conmutador espacial

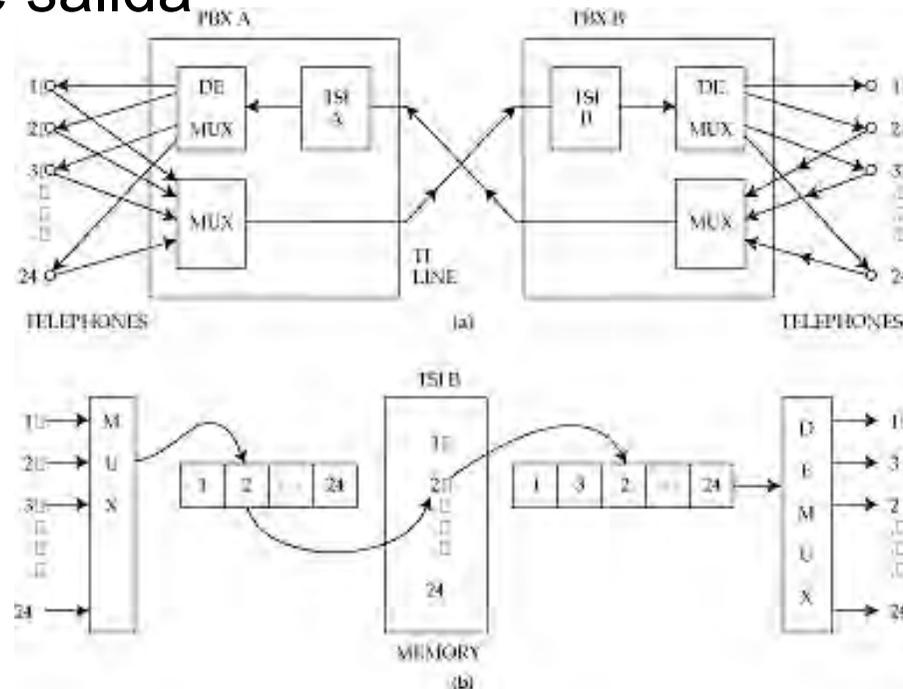
- Cada muestra sigue un camino diferente a través del conmutador espacial (SDS Space Digital Switch)





Conmutador temporal

- Al demultiplexar la posición de la muestra en la frame determina en que línea sale
- Conmutador temporal: intercambia la posición de muestras en una frame: time slot interchange (TSI)
Basicamente lee la frame en memoria y la lee en el orden de salida





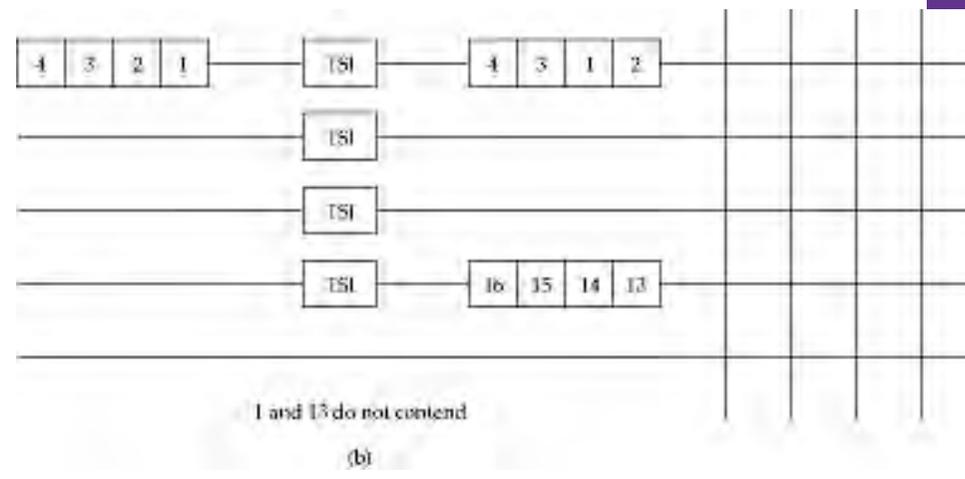
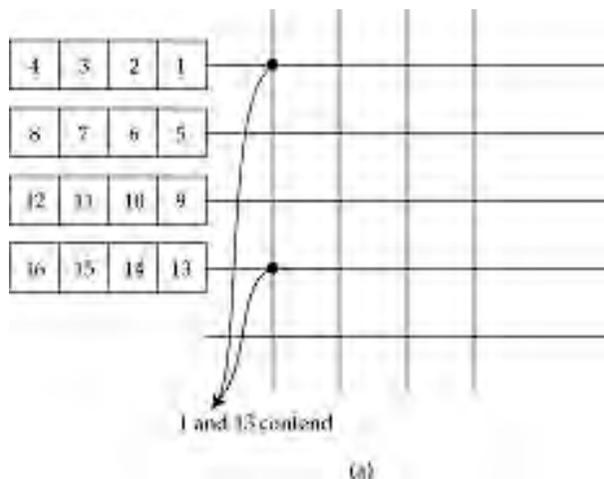
Problemas construyendo un TSI

- El límite es el tiempo necesario para leer y escribir a memoria
- Para 120000 circuitos
 - Leer y escribir una muestra de cada uno una vez cada 125 microsegundos
 - Cada operación necesaria hacerse en menos de 0.5 ns => imposible con la tecnología actual
- Otras técnicas...



Conmutación Tiempo-Espacio (TS)

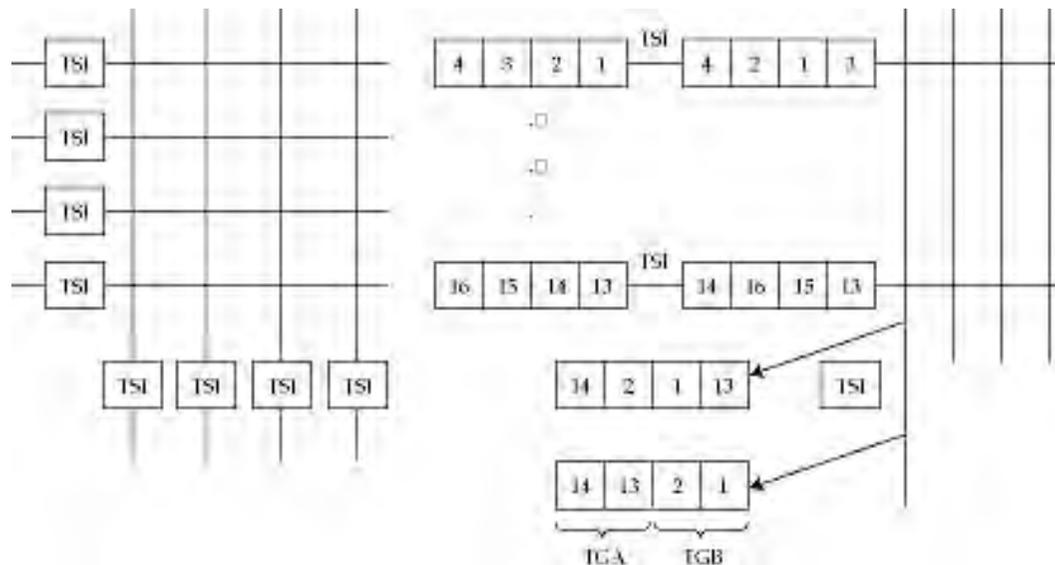
- Crossbar con un TSI previo en cada entrada
- Retrasar las muestras para que lleguen en el momento adecuado para la conmutación espacial





Conmutación Tiempo-Espacio-Tiempo (TST)

- Permite reorganizar las tramas antes y después de la conmutación espacial
- Mayor flexibilidad y menor probabilidad de bloqueo





Conclusiones

- Conmutación de circuitos
 - Establecer caminos *físicos* para conectar dos terminales
 - Señalización para control entre nodos y entre usuarios y nodos
- Conmutadores
 - Bloqueo
 - Crossbar y conmutadores multietapa
 - Redes sin bloqueo: condición de Clos
 - Conmutadores espaciales y temporales
 - S, T, TST

Próxima clase:

- Prestaciones