

CONMUTACIÓN CIRCUITOS Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Módulo 4

Temas a tratar

1. Conmutación de circuitos

Introducción

Aplicación

Características

Implementación del conmutador digital

2. Conmutación de paquetes

Introducción

Aplicación

Características

Implementación

Comparación con conmutación de circuitos

3. Resolución de un ejercicio

Objetivos del módulo

Al finalizar el presente módulo el alumno debe ser capaz de:

1. Entender las características, el funcionamiento y las aplicaciones de la conmutación de circuitos
2. Conocer las características, el funcionamiento y las aplicaciones de la conmutación de paquetes
3. Comprender las ventajas de aplicar una u otra técnica dependiendo de los requisitos de conectividad.
4. Interpretar el alcance de las prestaciones de la conmutación de circuitos y de paquetes.

Conmutación de circuitos

Introducción

Conmutar: ante un pedido de conexión de un usuario a un conmutador; éste debe **elegir** un enlace, de entre varios, a través del cual se enviará el mensaje del usuario en dirección al destino final

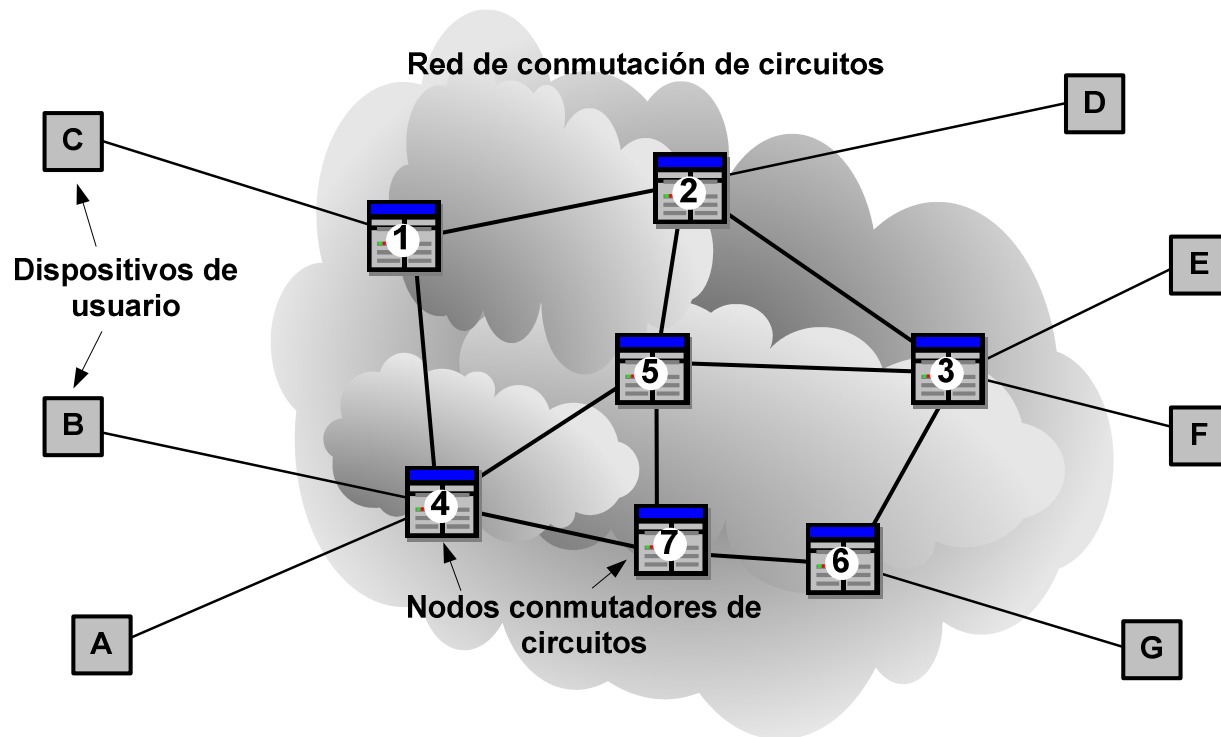
Ejemplo de conmutador: una central telefónica privada (PBX), una central pública, un switch de LAN, ... (conmutador = switch)

Ámbitos en los que tiene lugar la conmutación:

- ✓ Conmutador cumpliendo funciones de central telefónica en una empresa
- ✓ Red de conmutadores conectados para brindar servicios de comunicación a grandes regiones o países.

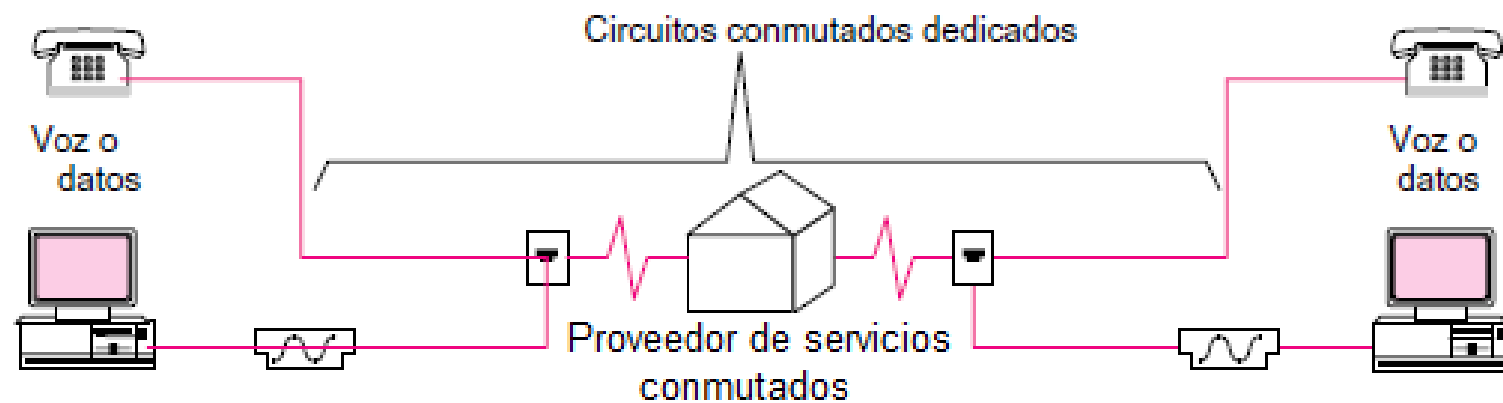
Conmutación de circuitos

Introducción



Conmutación de circuitos

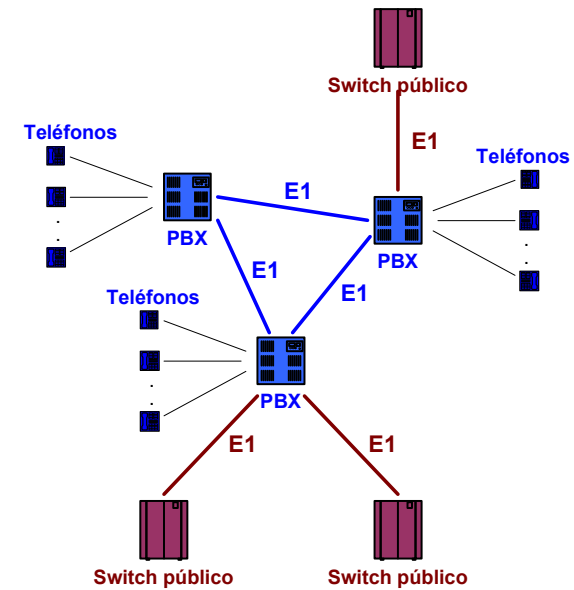
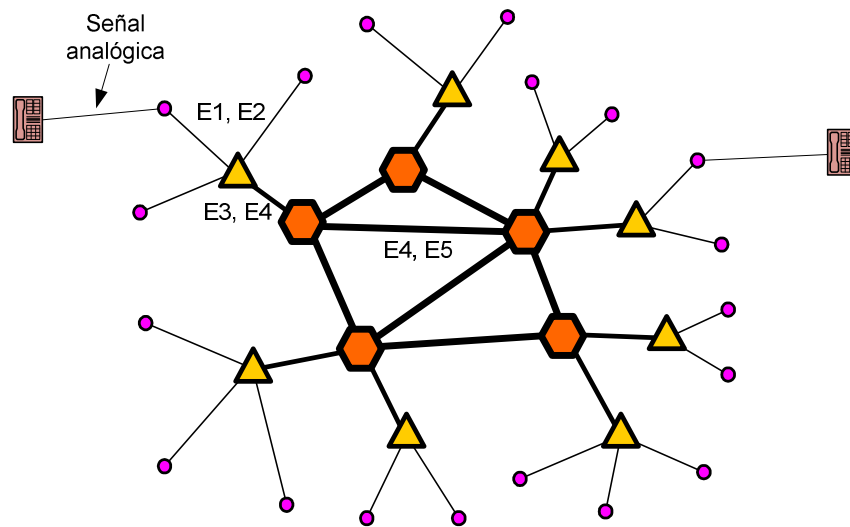
Aplicación



Los datos y la voz viajan desde el origen al destino por una única ruta física

Conmutación de circuitos

Aplicación



Conmutación de circuitos

Características

Comunicación entre dos usuarios finales

- ✓ Se realiza mediante un **camino** o canal **dedicado** a comunicar exclusivamente a los dos extremos
- ✓ En el caso de un conmutador único (central telefónica) se conectan dos internos en una llamada
- ✓ En el caso de dos usuarios ubicados en ciudades distintas, se usa una Red de Conmutación de Circuitos. La Red de Conmutación de Circuitos provee conexión a múltiples dispositivos de usuario a través de conmutadores que establecen un canal dedicado, extremo a extremo, para cada llamada
- ✓ La Red tiene la **función** de **crear** y **mantener** los canales dedicados de múltiples pares de dispositivos.
- ✓ Las conexiones pueden ser **Permanentes** (línea alquilada) o **Transitorias** (comunicación telefónica)

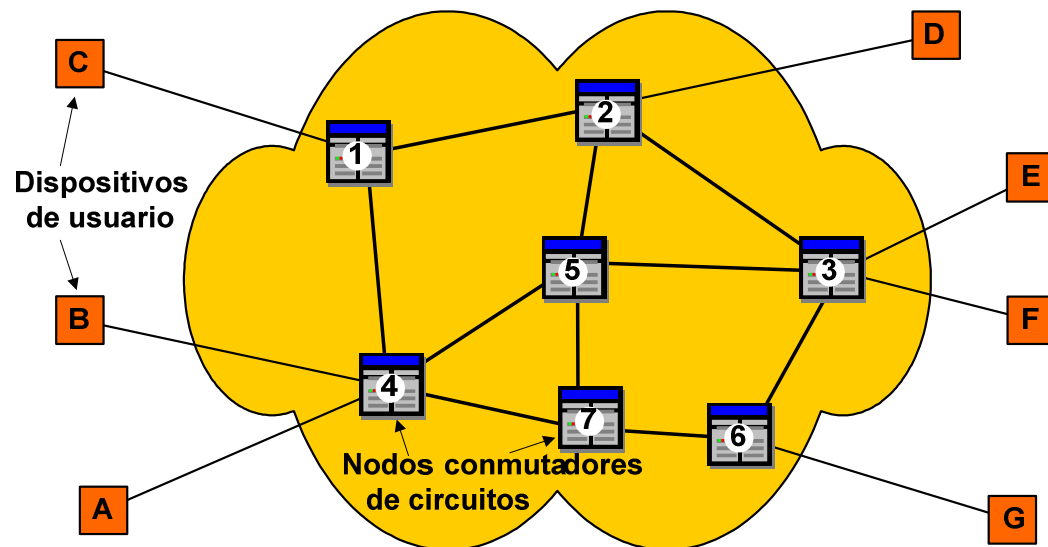
Conmutación de circuitos

Fases

1ra. fase: Establecimiento del circuito

2da. fase: Transferencia de datos

3ra. fase: Desconexión del circuito

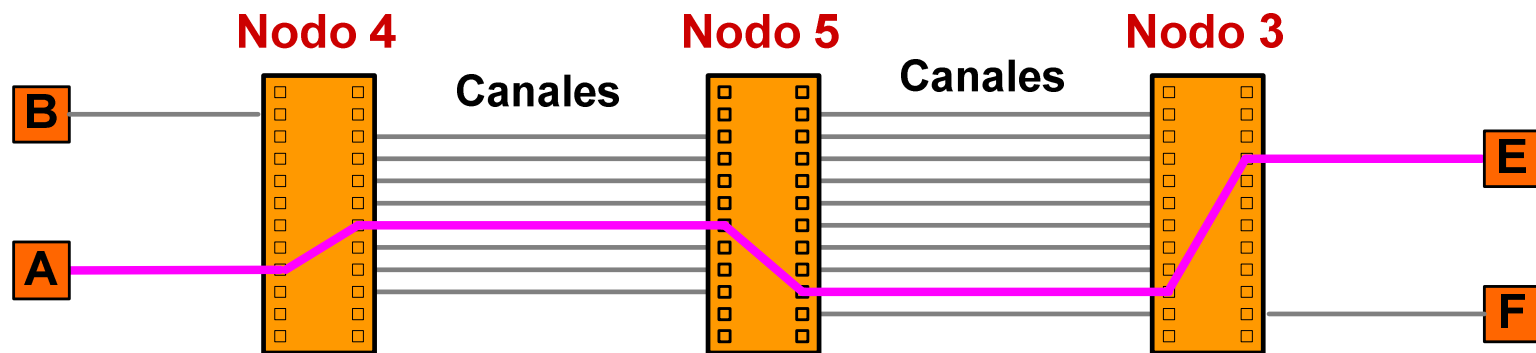


Conmutación de circuitos

Fases

1ra. FASE: Establecimiento del circuito

Antes de transmitir mensaje alguno, debe establecerse un **circuito** o **conexión** extremo a extremo - punto a punto - entre los dos dispositivos en los extremos



Conmutación de circuitos

Fases

2da. FASE: Transferencia de datos

Una vez establecido el circuito se puede transmitir la información desde A hasta E a través de la red. Los datos pueden ser enviados a través señales analógicas o digitales dependiendo de la naturaleza de la red.

Debido a la tendencia actual de migración hacia redes digitales completamente integradas, la utilización de transmisiones digitales, tanto de voz como de datos, se está convirtiendo en el modo de comunicación predominante.

El camino o ruta del ejemplo descrito, está constituido por el enlace: A-4, conmutación interna en 4, canal 4-5, conmutación interna en 5, canal 5-3, conmutación interna en 3 y el enlace 3-E.

Normalmente, la conexión es full duplex.

Conmutación de circuitos

Fases

3ra FASE: Desconexión del circuito

Luego de la fase de transferencia de datos, la conexión es finalizada por orden de alguno de los dos dispositivos de usuario involucrados.

Si es solicitada por A, las señales de desconexión se deben propagar a los nodos 4, 5 y 3 para que estos liberen los recursos dedicados a la conexión que se libera. Si es solicitada por E, se sigue la secuencia inversa.

Conmutación de circuitos

Análisis de una red de conmutación de circuitos

1. Inteligencia de los nodos conmutadores

- ✓ En cada enlace entre dos nodos, a lo largo del camino, debe haber **disponibilidad** para las conexiones solicitadas por los dispositivos de usuario. (Recuérdese que cada conexión necesita de un espacio propio en el enlace).
- ✓ Cada nodo debe ser **capaz de realizar la conmutación interna** para establecer la conexión solicitada.
- ✓ En definitiva, los nodos conmutadores deben contar con la **inteligencia** necesaria para realizar estas reservas y establecer una ruta a través de la red.

Conmutación de circuitos

Análisis de una red de conmutación de circuitos

2. Eficiencia en el uso del canal en Circuitos Conmutados

- ✓ Debido a que la capacidad del canal se dedica en forma permanente y exclusiva a la conexión (mientras ésta dura) aún cuando no se transfieran datos, la conmutación de circuitos puede llegar a ser bastante ineficiente en cuanto al uso de los recursos de la red.
- ✓ Mediana eficiencia para voz. Aunque no se alcanza el 100%, el grado de utilización del canal para transmisiones de voz es normalmente de mediano a alto.
- ✓ Baja eficiencia para datos. En general, para transmisiones de datos de computador es posible que el canal esté libre (sin datos) durante la mayor parte del tiempo que dura la conexión.

Conmutación de circuitos

Análisis de una red de conmutación de circuitos

3. Prestaciones

- ✓ Retardo previo: Existe un **retardo previo** en la transferencia de las señales debido al tiempo que lleva el **establecimiento de la conexión**. No obstante, una vez establecido el circuito a través de la red la conexión es **transparente** para los usuarios.
- ✓ Transmisión de la información: se realiza a una **velocidad fija** sin otro retardo que el debido a la **propagación de señales** a través de los enlaces de transmisión, siendo **despreciable** el retardo introducido por cada **nodo de la ruta**.

Red de telefonía pública: Estructura jerárquica y topología



Conmutación de circuitos

Red de telefonía pública: Estructura jerárquica y topología

1. Abonados

Son los **dispositivos de usuario** que se conectan a la red. La mayoría de los dispositivos de abonado conectados a la red telefónica continúan siendo los teléfonos.

2. Lazo local

Es el **acceso** entre el **usuario y la red**, también denominado línea de abonado. El lazo local tiene una **longitud típica de 5 Km** usándose cable de par trenzado (UTP) en casi todas las conexiones. No obstante, a veces puede llegar a alcanzar varias decenas de kilómetros, en cuyo caso se requiere el uso de amplificadores, radioenlaces o fibra óptica.

Conmutación de circuitos

Red de telefonía pública: Estructura jerárquica y topología

3. Centrales de Conmutación

Son **switches telefónicos** encargados de **conmutar** los pedidos de conexión de los usuarios. Hay varias categorías:

Central final

Conecta a miles de abonados en un área geográfica (un sector de una ciudad, un barrio, una población pequeña). En un país, pueden existir miles **de centrales finales**; es imposible tender un enlace directo entre cada par de éstas. Por ese motivo se usan nodos de conmutación intermedios

Nodo de conmutación intermedio

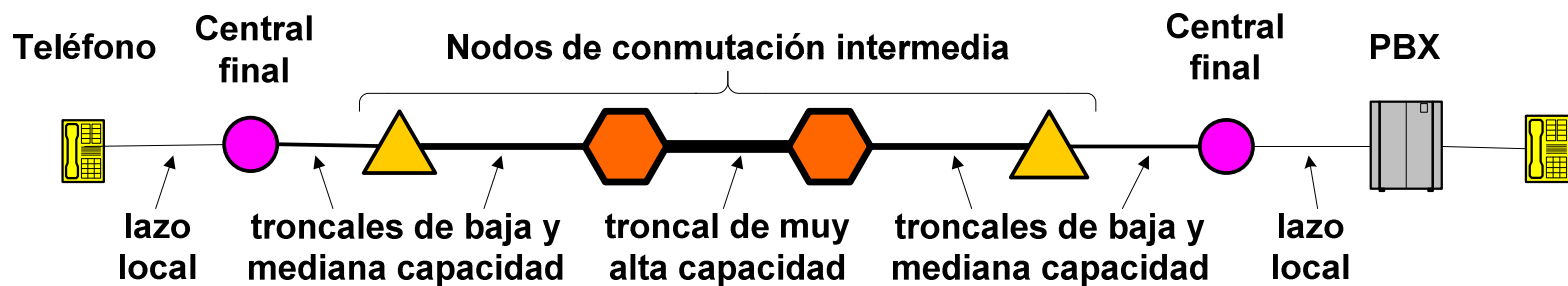
Conecta a **varias centrales finales**. A su vez, varios de estos nodos se pueden conectar a un **nodo de mayor jerarquía**, conformando así una **estructura jerárquica**.

Conmutación de circuitos

Red de telefonía pública: Estructura jerárquica y topología

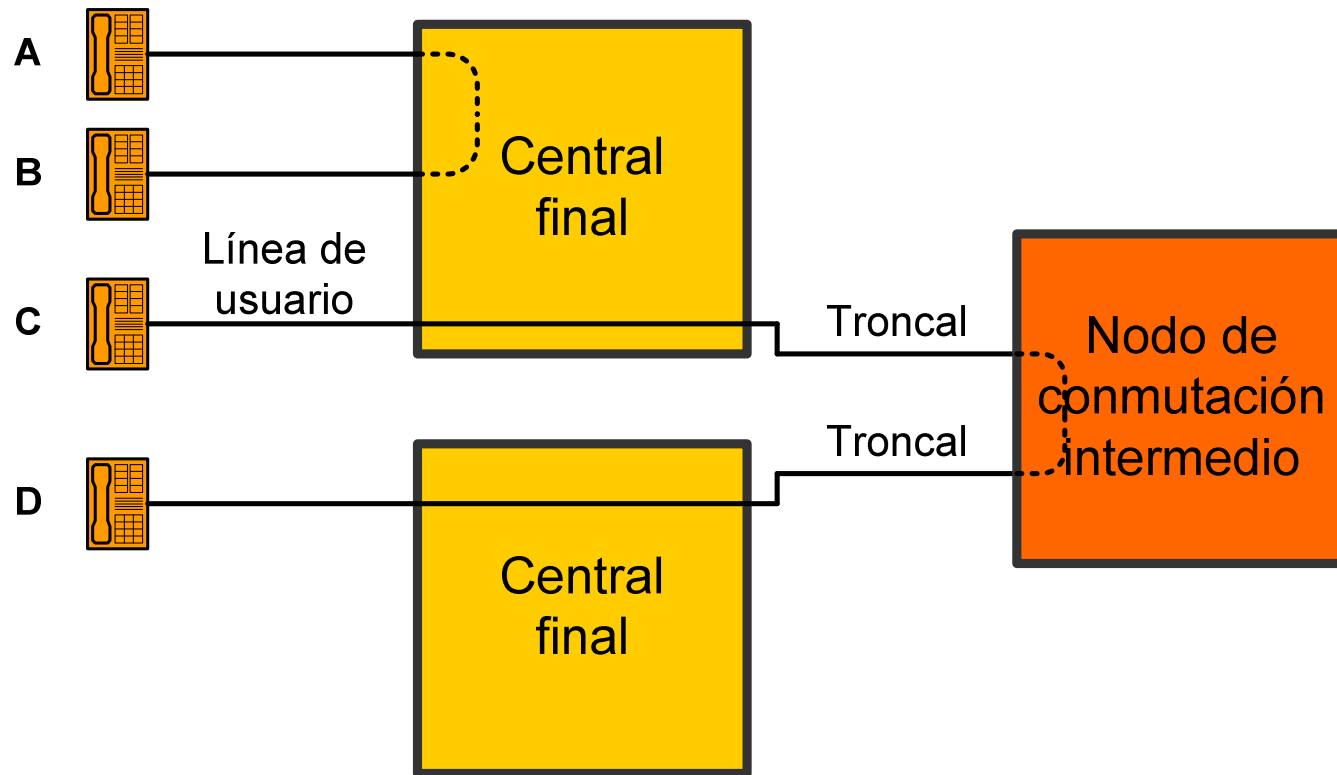
4. Línea Troncal

- ✓ Es el **enlace entre centrales públicas**
- ✓ Puede transportar hasta decenas o centenas de miles de canales de voz mediante **TDM sincrónica o DWDM** a través de **fibra óptica**.
- ✓ La **capacidad de cada línea troncal** responde a las **jerarquías digitales** desarrolladas en capítulo anterior
- ✓ El **transporte de los datos** de las líneas troncales es realizado por el sistema de transmisión público a través de su **backbone de fibra óptica**.



Conmutación de circuitos

Red de telefonía pública: Establecimiento de la conexión



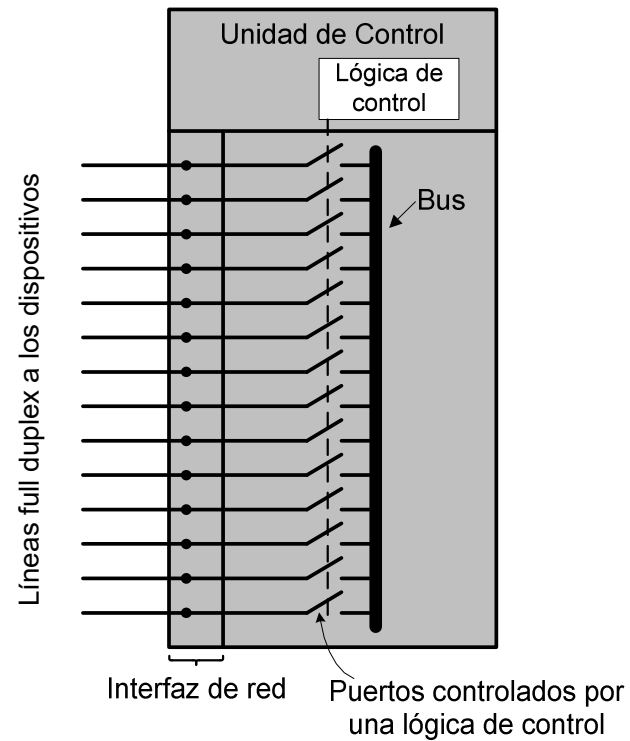
Conmutación de circuitos

Implementación

- La mayoría de los conmutadores de circuitos modernos utilizan **técnicas de multiplexión por división en el tiempo** para establecer y mantener los circuitos
- Implica la partición de la cadena de bits de menor velocidad en fragmentos que compartirán una cadena de mayor velocidad con otras líneas de entrada
- Los fragmentos se manipulan por la lógica de control para encaminar los datos desde la entrada a la salida

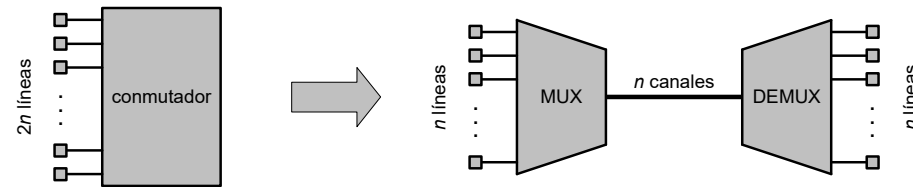
Conmutación de circuitos

Implementación: Conmutador Digital

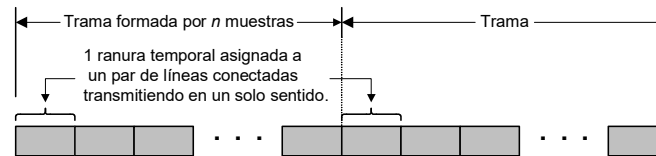


Conmutación de circuitos

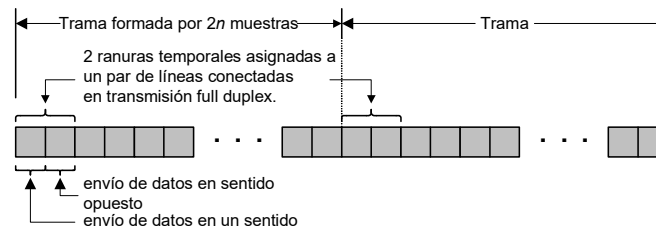
Implementación: Conmutador Digital, el bus TDM



(a) Funciones equivalentes entre un conmutador de bus TDM y un MUX TDM que mantienen n pares de conexiones dedicadas entre $2n$ líneas.



(b) Trama en una transmisión en un solo sentido.

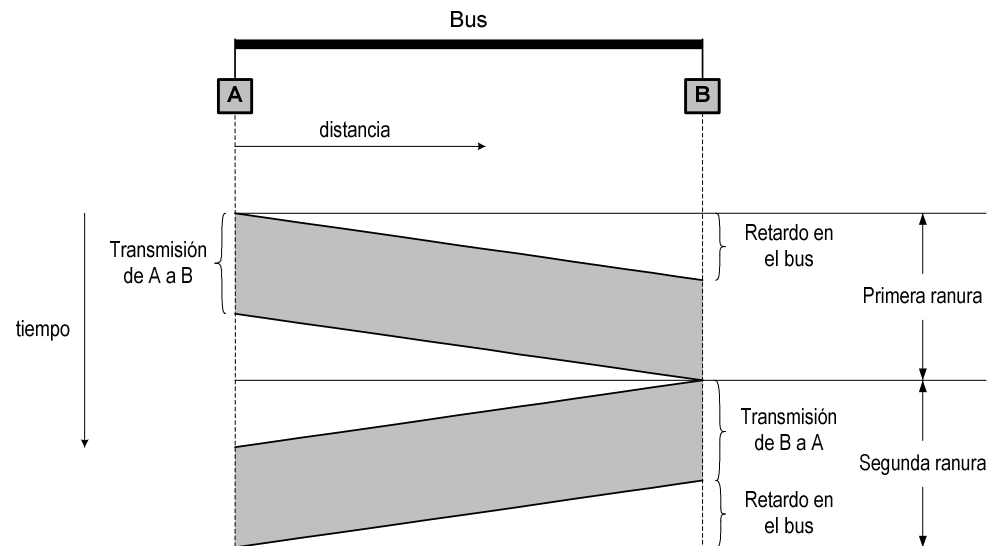


(c) Trama en una transmisión full duplex.

Conmutación de circuitos

Implementación: Conmutador Digital, el bus TDM

- ✓ Conmutador No Bloqueante
- ✓ Conmutador Bloqueante
- ✓ Conmutador con Retardo en el Bus



Conmutador con Retardo en el Bus (Full dúplex)

Conmutación de circuitos

Ejercicio 1 para aplicar la lógica de la conmutación de circuitos

Se quiere transmitir un fichero de 30 MBytes por una red que admite conmutación circuitos. El fichero debe atravesar cuatro conmutadores intermedios de circuitos . Cual es el tiempo total de intercambio de datos en Conmutación de circuitos: El tiempo de establecimiento de circuito es 0,5 s y la liberación del circuito es de 0,5 segundo. La capacidad de los enlaces es de 3 Mbps y el tiempo de procesamiento es despreciable. Cada uno de los enlaces mide 1 km, y el retardo de propagación por salto es de 5 μ seg.

Conmutación de circuitos

Ejercicio 2 para aplicar la lógica de la conmutación de circuitos

Considere una central telefónica sencilla, que tiene 5000 líneas telefónicas digitales que transmiten un 15% del tiempo.

Responda:

1. Cuál debe ser la velocidad mínima del bus TDM bloqueante para una transmisión half dúplex
2. Cual debe ser la velocidad mínima del bus TDM bloqueante para una transmisión full dúplex
3. Cual debe ser la velocidad mínima del bus TDM no bloqueante para una transmisión half dúplex
4. Cual es la velocidad mínima del bus TDM no bloqueante para una transmisión full duplex

B R E A K

Conmutación de Paquetes

Conmutación de paquetes

Introducción

Objetivo:

Hacer **más eficiente** el **servicio** que provee la **Conmutación de Circuitos**

Limitación de la Conmutación de Circuitos: Ineficiencia de línea

Característica de la transmisión de datos entre computadores y, en general, entre dispositivos digitales: es en forma de ráfagas, de relativa corta duración:

- ✓ Presencia de datos en la línea entre dispositivos digitales: normalmente, es menor que el 20% del tiempo total; por lo que la línea permanece la mayor parte del tiempo desocupada
- ✓ Cantidad de recursos comprometidos: la conmutación de circuitos debe comprometer alta cantidad de recursos para proveer un canal dedicado

Conmutación de paquetes

Funcionamiento

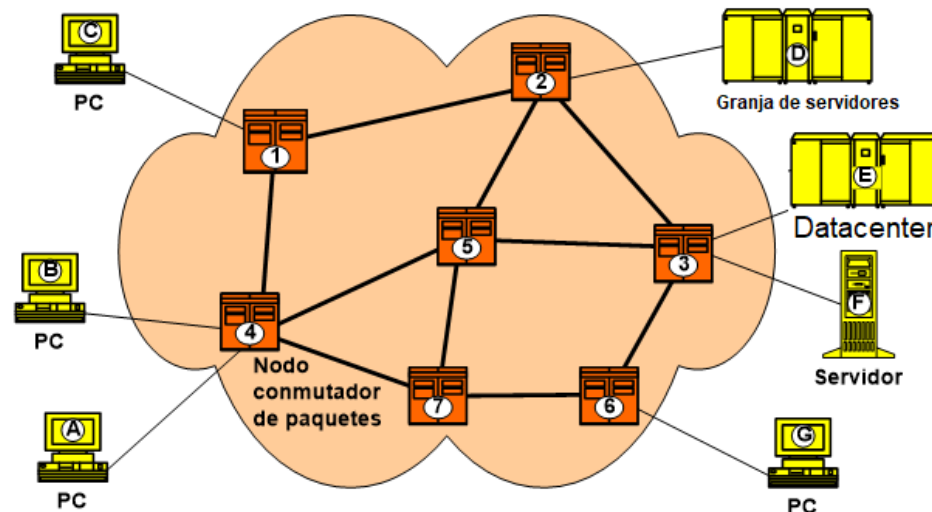
Envío del mensaje desde una fuente a un destino

- ✓ Normalmente los dispositivos digitales trafican datos en forma de **ráfagas**
- ✓ Los **datos** son **fraccionados** en varios paquetes. Longitud típica del paquete: entre 50 y 1.500 bytes (depende de la tecnología de red)
- ✓ Composición del paquete: contiene una porción de los **datos** de **usuario** y una **cabecera** con **información de control** que es necesaria para el envío del paquete a través de la red.
- ✓ Envío de los paquetes: son enviados por el **dispositivo de usuario** al **nodo conmutador de paquetes** de red al que está conectado
- ✓ El nodo **inspecciona** la **cabecera** de cada paquete y, en base a este dato y a información que contiene el propio nodo, lo **reenvía (rutea)** al nodo siguiente, en dirección al **destino final**.

Conmutación de paquetes

Funcionamiento

- ✓ A envía una paquete a la estación E. El paquete debe incluir información de control que indique a la red que su destino es E.
- ✓ El paquete es enviado de A al nodo 4 que lo almacena; luego determina el próximo tramo de la ruta (por ejemplo el nodo 5) y luego encola el paquete para enviarlo por el enlace 4-5.
- ✓ Cuando el enlace está disponible, el paquete es transmitido al nodo 5 el que, a su vez, lo enviará al nodo 3, si el enlace está disponible y, éste, finalmente lo enviará al datacenter D



Conmutación de paquetes

Ventajas sobre Conmutación de circuitos

1. Mayor eficiencia de línea

- ✓ En **CP**: el enlace nodo-nodo es un **único canal** que puede ser **dinámicamente compartido** por paquetes de diferentes fuentes. Éstos son encolados y transmitidos lo más rápidamente posible por el enlace
- ✓ En **CC**: el enlace nodo-nodo consta de varios canales TDM, donde cada canal es asignado a una conexión específica.
Importante notar: En **CC** con TDM pueden haber canales desocupados debido a que fueron asignados a conexiones que no los usan, o envían pocos datos (¿qué pasa con STDm?)

2. Conversión de velocidad de transmisión de los datos

Puede ser realizada por una red de paquetes conmutados: **estaciones de diferentes velocidades pueden intercambiar paquetes** debido a que cada estación establece con el nodo de la red una velocidad apropiada para ambos

Conmutación de paquetes

Ventajas sobre Conmutación de circuitos

3. Aceptación de paquetes en condiciones adversas

- ✓ En una red de **CC**: algunas **llamadas pueden ser bloqueadas** cuando el alto tráfico congestiona la red. En este caso la red rehúsa aceptar nuevos pedidos de conexiones debido a que las conexiones existentes ocupan toda la capacidad disponible
- ✓ En una red de **CP**: en la misma situación anterior los **paquetes son aceptados**, pero a costa de incrementar el retardo del envío. La no aceptación de paquetes - bloqueo - por parte de la red **CP** puede existir sólo en condiciones muy extremas como, p/ ejemplo, la caída del nodo al cual está conectada la estación

4. Uso de prioridades

Cuando un nodo tiene una cantidad de paquetes en cola para ser enviados, él puede decidir **enviar primero los paquetes de mayor prioridad**. Por lo tanto, estos paquetes tendrán menos retardo que los de baja prioridad. (puede manejar diversidad de QoS)

Conmutación de paquetes

Técnicas: Datagrama

Característica principal: cada paquete es tratado por los nodos en forma independiente del resto de los otros paquetes

Ejemplo de envío usando la técnica de datagrama

A debe enviar un mensaje de 3 paquetes al datacenter. A transmite los paquetes 1-2-3 al nodo 4:

- ✓ Para cada paquete recibido, el nodo 4 debe tomar una decisión de ruteo. El paquete 1 puede ser enviado al nodo 1, 5 ó 7 como próximo paso en la ruta. El nodo 4 determina que, por ejemplo, la cola de paquetes para el nodo 5 es menor (o que el enlace está menos congestionado) que para los nodos 1 y 7. Lo mismo sucede con el paquete 2.
- ✓ Cuando el nodo 4 debe enviar el paquete 3, encuentra que la cola de salida (o el retardo por el enlace) hacia el nodo 1 es ahora la menor, procediendo a enviar el paquete 3 a ese nodo

Conmutación de paquetes

Técnicas: Datagrama

Ejemplo de envío usando la técnica de datagrama

- ✓ Se observa entonces que los 3 paquetes con el mismo destino final no siguen la misma ruta. Puede ocurrir, incluso, que los tres paquetes lleguen a E en distinto orden al que fueron enviados. Esto implica que E deberá reordenarlos
- ✓ También es posible que un paquete se destruya en la red. Un ejemplo de esto es: supóngase que el nodo que lo tiene en ese momento se cae, perdiéndose todos los paquetes de las colas. Si en el ejemplo considerado esto sucediera con el nodo 1, al levantarse este nodo no tendría forma de saber que el paquete 3 se ha perdido. Nuevamente, la estación E debe ser capaz de detectar el pérdida del paquete 3 y de recuperarlo por algún medio.

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual

Característica principal: consiste en establecer una ruta predefinida antes de enviar los paquetes del mensaje. La operación de envío es como sigue:

Ejemplo de envío usando la técnica de circuito virtual

- ✓ La estación A debe enviar varios mensajes al datacenter (E). A primero envía al nodo 4 un paquete especial de control llamado **Paquete de Pedido de Llamada (Call Request Packet)** solicitando una conexión lógica con E.
- ✓ El nodo 4 decide **rutear** el pedido al nodo 5; éste, a su vez, al nodo 3, el cual finalmente envía el pedido a E.
- ✓ Si E está preparado para aceptar la conexión, envía un **Paquete de Aceptación de la Conexión (Call Accept Packet)** al nodo 3.

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual

Ejemplo de envío usando la técnica de circuito virtual

- ✓ Este paquete de aceptación es pasado sucesivamente hacia los nodos 5 y 4 y a la estación A. A partir de este momento **queda establecida la conexión lógica entre A y E.**
- ✓ Recién ahora las estaciones A y E pueden intercambiar datos a través de la ruta que ha sido establecida a tal efecto
- ✓ Esta ruta queda fija mientras dura la conexión lógica establecida, que se denomina **circuito virtual**

Obsérvese que esta conexión es similar a un circuito en una red de conmutación de circuitos

- ✓ En la técnica de circuito virtual, la **cabecera de cada paquete** contiene, **un Identificador de Circuito Virtual**, entre otros parámetros

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual

Conclusiones

- ✓ En esta ruta preestablecida, cada nodo ya tiene decidido por dónde dirigir los paquetes; es decir, **no necesita tomar decisiones de ruteo** para los paquetes del mensaje. Cada paquete de datos enviado desde A con destino a E en esta conexión lógica, atravesará indefectiblemente los nodos 4, 5 y 3
- ✓ Eventualmente, una de las estaciones en los extremos finalizará la conexión enviando un **Paquete de Finalización de Pedido (Clear Request Packet)**. Recordar que la conexión puede ser transitoria o permanente
- ✓ Circuito Virtual: se llama así porque todos los paquetes de **una misma conexión siguen la misma ruta (definida por el circuito virtual)**, pero esto no implica que esta ruta sea un canal dedicado como es en la conmutación de circuitos

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual vs. Conmutación de Circuitos

Similitudes

- ✓ Los datos del mensaje siguen la misma ruta por la red
- ✓ Para enviar el mensaje, antes debe establecerse una conexión

Diferencias

1. Conexión entre dispositivos de usuario

- ✓ Tipo: en CC es física (señales); en CV es lógica (mediante protocolos)
- ✓ Disponibilidad: En CC la conexión es total y exclusiva para un canal, en CV se comparte todo el enlace con paquetes de distintos circuitos virtuales.
- ✓ Cantidad: En CC hay una única conexión entre 2 dispositivos extremos, en CV una estación puede tener a la vez más de un circuito virtual con otra estación o con varias estaciones simultáneamente

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual vs. Conmutación de Circuitos

Diferencias

2. Almacenamiento de datos del mensaje en los nodos

- ✓ En **CC**: **no hay almacenamiento en los nodos**. Al haber una conexión física entre el canal de entrada al nodo y el canal de salida del mismo, éste simplemente se comporta como una vía de paso del mensaje
- ✓ En **CV**: **sí hay almacenamiento de paquetes en los nodos**. El nodo inspecciona la cabecera del paquete para, según el CV al que pertenece, ponerlo en cola para ser enviado por el enlace correspondiente.

Conmutación de paquetes

Técnicas: Circuito Virtual vs. Datagrama

Diferencias

CV: los nodos no necesitan tomar decisión de ruteo para cada paquete porque ya está la ruta fijada

Datagrama: los nodos, necesariamente deben tomar decisión de ruteo para cada paquete

La decisión de ruteo en **CV** se toma una sola vez, y es para determinar el circuito virtual que recorrerán todos los paquetes de una conexión lógica entre dispositivos

Conmutación de paquetes

Ventajas del Circuito Virtual vs. Datagrama

Las ventajas se ponen de manifiesto cuando dos estaciones intercambian datos por un tiempo prolongado. Estas son:

a) **Provisión de servicios de red.**

- ✓ **Control de Secuenciamiento:** al seguir una misma ruta, los paquetes deben llegar a destino en el mismo orden de partida
- ✓ **Control de error y de pérdidas:** asegura que todos los paquetes lleguen correctamente. El control de pérdidas es más sencillo. Por ejemplo, si los nodos 4 y 3 pertenecen a un mismo CV, y se pierde un paquete, el nodo 4 puede pedir la retransmisión del paquete al nodo 3

b) **Tránsito veloz**

Una vez establecida la conexión, los paquetes **transitarán más rápidamente una red con circuito virtual que una con datagrama**, al no tener que demorar en decidir el ruteo para cada paquete en cada nodo

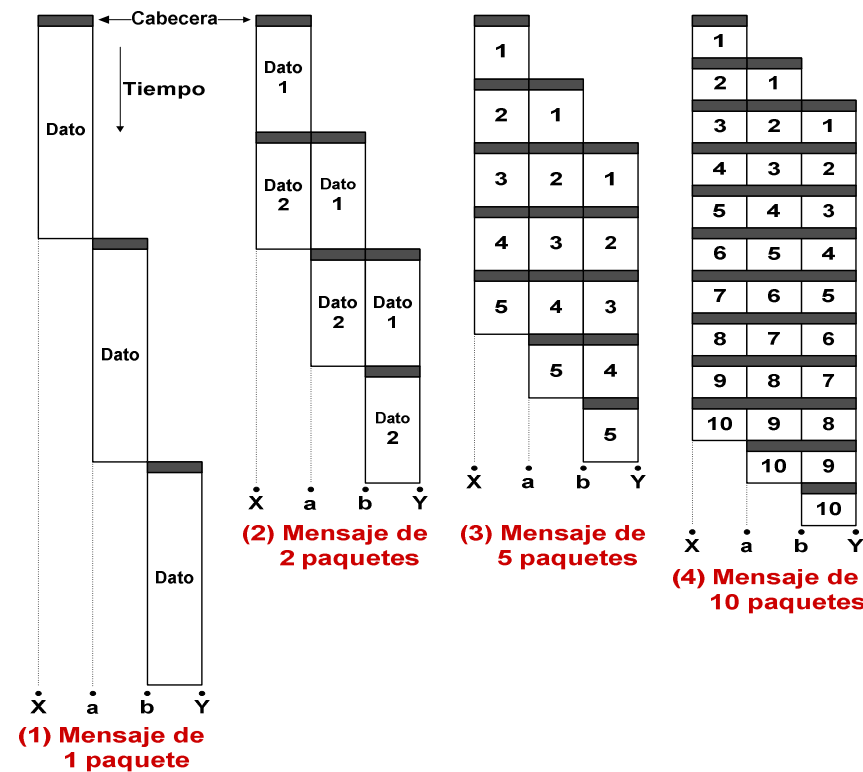
Conmutación de paquetes

Ventajas Datagrama vs. el Circuito Virtual

- a) **Evita la fase de establecimiento de llamada.** Esto es especialmente ventajoso cuando una estación debe enviar pocos paquetes (comunicación de corta duración)
- b) **Al ser la técnica de datagrama más primitiva es más flexible.** Por ejemplo, si aparece una congestión en un sector de la red, los datagramas no enviados pueden rutearse por otro lugar menos congestionado. Con **circuito virtual**, a la red le es más difícil adaptarse a la congestión
- c) **Mayor confiabilidad.** Una red de datagramas es inherentemente más confiable que una red de **CV** en situaciones de caídas de nodos o enlaces. Cuando un nodo o un enlace se cae:
 - ✓ En circuito virtual: se caen todos los circuitos virtuales que pasan por ese nodo o ese enlace
 - ✓ En datagrama: los paquetes siguientes pueden encontrar una ruta alternativa que no contemple el nodo o el enlace caído

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Influencia del tamaño del paquete en al transmisión de datos



Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Influencia del tamaño del paquete en la transmisión de datos

Caso 1. El mensaje se envía en un único paquete de 40 bytes (40 de datos + 3 de cabecera), éste va de la estación X al nodo a. Recién cuando el paquete entero es recibido, a lo puede transmitir a b, y luego éste a la estación Y. El tiempo total de transmisión de X a Y, en este caso, es $43 \times 3 = 129$ tiempo-byte. (Tiempo-byte: tiempo de transmisión de un byte). Es el gráfico (1) del slide anterior

Caso 2. Supóngase ahora que se fracciona el mensaje en dos paquetes, cada uno conteniendo 20 bytes de mensaje y 3 bytes de información de control. En este caso el nodo “a” puede comenzar a transmitir el primer paquete (Dato1) ni bien éste ha llegado desde X, sin esperar la llegada del segundo paquete (Dato2). Como consecuencia, el tiempo total de transmisión cae a 92 tiempo-byte (23 bytes x 4 transmisiones). Se observa que este fraccionamiento permite ganar tiempo en la transmisión. Es el gráfico (2) del slide anterior

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Influencia del tamaño del paquete en la transmisión de datos

Caso 3. De manera similar, si se fracciona el mensaje en 5 paquetes el tiempo total es de 77 tiempo-byte (11 bytes x 7 transmisiones). En el gráfico, el (3).

Caso 4. Si se continúa fraccionando el mensaje, por ejemplo en 10 paquetes de 4 bytes cada uno, en el gráfico, el (4), el tiempo total es de 84 tiempo-byte (7 bytes x 12 transmisiones), en lugar de bajar, aumenta debido a que la cabecera que deben llevar todos los paquetes es de longitud fija. El resultado se debe a que se han formado más paquetes con la misma cabecera, lo que incrementa el overhead

$$\text{Overhead} = (\text{tamaño de cabecera}) / (\text{tamaño total del paquete})$$

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Influencia del tamaño del paquete en la transmisión de datos

Conclusiones del Ejemplo

- ✓ En este ejemplo no se ha tenido en cuenta los retardos que, en cada nodo, se produce por el procesamiento y en las colas de entrada y de salida
- ✓ Estos retardos son mayores cuando mayor es el número de paquetes de un mensaje

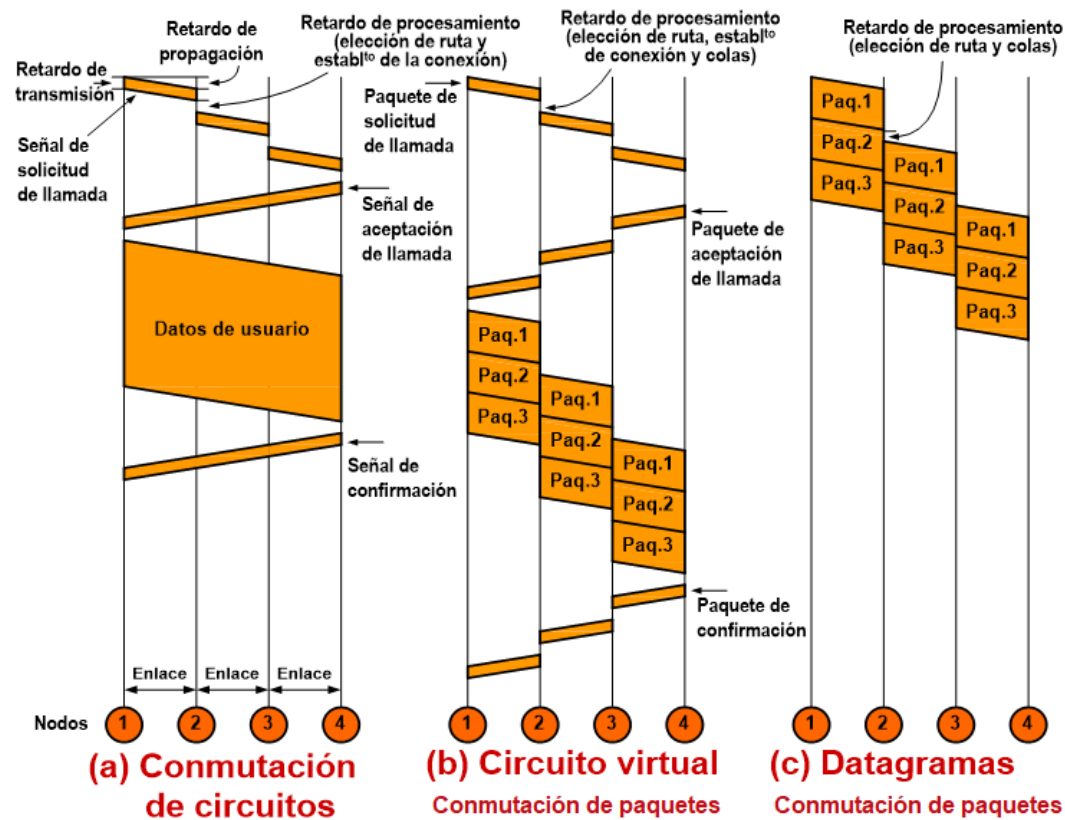
De todo lo evaluado se puede decir que lo óptimo es:

Tamaño mínimo de paquete: mayor fraccionamiento del mensaje, menor tiempo de envío del mismo. Pero tener en cuenta:

- ✓ Tamaño mínimo de cabecera: **mayor fraccionamiento** del mensaje, el **tamaño** de la **cabecera** puede neutralizar el beneficio del fraccionamiento
- ✓ Mínima información en cabecera: es necesario para **reducir** el **tiempo** de **procesamiento** por **cada paquete** y así reducir el retardo

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Análisis de los retardos: tiempo total de transmisión



Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Análisis de los retardos: tiempo total de transmisión

Conmutación de Circuitos

- ✓ **Tiempo de establecimiento de la conexión:**

1. Petición de Llamada: Tiempo transmisión + retardo de propagación + retardo de procesamiento en el nodo
2. Aceptación de Llamada: igual que Petición, pero sin retardo en el nodo, puesto que la ruta ya fue establecida cuando pasó el paquete de petición de llamada

- ✓ **Tiempo de envío del mensaje:** tiempo de transmisión + retardo de propagación

- ✓ **Tiempo de pedido de desconexión:** igual que Aceptación de Llamada, puesto que no hay retardo en los nodos

- ✓ **Tiempo total =**

T. Establec. Conexión + T. envío del mensaje + T. pedido de desconexión

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Análisis de los retardos: tiempo total de transmisión

Circuito Virtual Conmutado

- ✓ **Tiempo en el establecimiento de la conexión virtual:**

1. Petición de Llamada: tiempo de transmisión + retardo de propagación + retardo de procesamiento en el nodo
2. Aceptación de Llamada: aquí sí hay retardo de procesamiento en nodos (testeo en paquete de número de CV y retardo por colas)

- ✓ **Tiempo de envío del mensaje:** se transmite fraccionado en paquetes. Tiene todos los retardos, pero tiene menos retardo en los nodos que operan con datagrama porque en CV no hay ruteo por cada paquete.

- ✓ **Retardo de desconexión:** ídem Aceptación de Llamada. En CV se trata de un paquete de pedido de desconexión.

- ✓ **Tiempo total =**

T. Establec. Conexión + T. envío del mensaje + T. pedido de desconexión

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Análisis de los retardos: tiempo total de transmisión

Datagrama

- ✓ Retardo en el establecimiento de la conexión: No hay
- ✓ Tiempo de envío del mensaje =
tiempo de transmisión + retardo de propagación + retardo en el nodo
(colas de entrada y de salida + procesamiento por ruteo)
- ✓ Retardo de desconexión: no hay paquete de pedido de desconexión porque no existe una conexión previa.

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Consideraciones finales acerca de las tres técnicas

Conmutación de Circuitos

- ✓ **Mensaje:** al tener la conexión entre dos dispositivos un canal dedicado en toda la trayectoria, el mensaje no necesita ser fraccionado en paquetes con cabecera.
- ✓ **Velocidad de transmisión:** es constante entre las estaciones conectadas, debido a que el retardo de transmisión del mensaje es fijo. Solo depende de: **tiempo transmisión + retardo de propagación**
- ✓ **Almacenamiento en los nodos:** la red no almacena los datos del mensaje, por lo tanto, las señales pasan sin retardo por los nodos

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Consideraciones finales acerca de las tres técnicas

Conmutación de Paquetes

- ✓ Los nodos introducen retardos variables en los paquetes
- ✓ Si se necesita transmitir datos analógicos por una red de CP, los mismos deben ser convertidos en datos digitales y luego fraccionados en paquetes antes de ser transmitidos
- ✓ Con la técnica de datagrama, los paquetes pueden llegar a destino en diferente orden del que partieron, puesto que al tener cada paquete un tratamiento independiente en los nodos, existe la posibilidad de que sigan rutas diferentes y tener así diferentes retardos.
- ✓ Cada paquete debe incluir una cabecera conteniendo, como mínimo, la dirección destino o el número de circuito virtual

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión

1. Dibujo claro de esquema

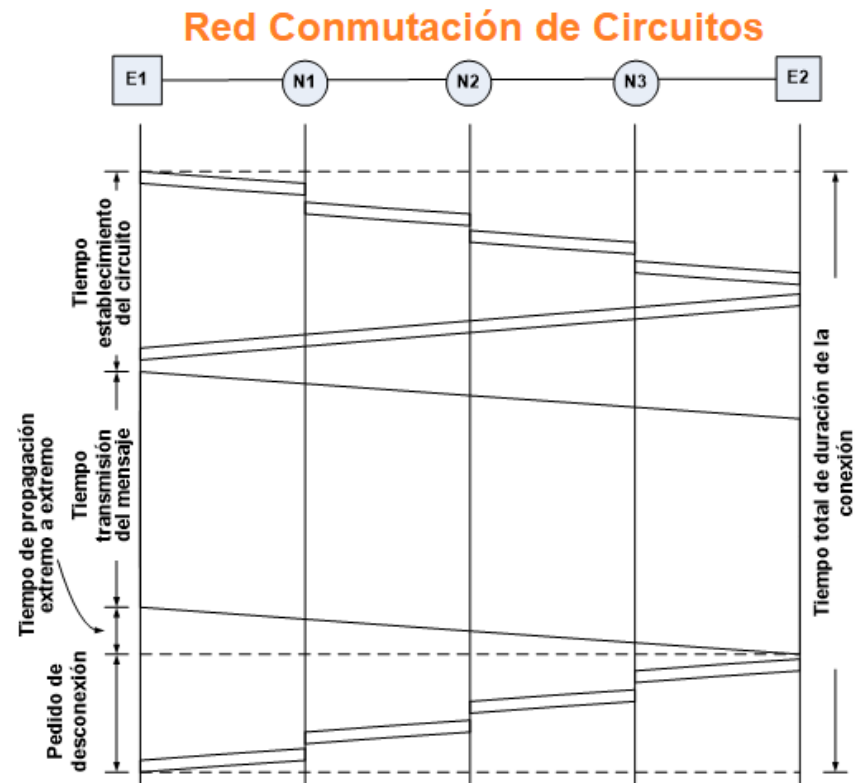
Como primera medida, se debe dibujar un esquema claro para cada tipo de técnica de conmutación para la que se solicita calcular el tiempo total de la operación de comunicación de datos:

- ✓ Conmutación de Circuitos
- ✓ Circuito Virtual Conmutado
- ✓ Conmutación de paquetes

En la figura del siguiente slide se muestra cómo se debe dibujar un esquema de tiempos prolijo y claro. Como ejemplo, se muestra un dibujo para Conmutación de Circuitos de acuerdo a las especificaciones del ejercicio anterior

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión



Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión

2. Análisis del tipo de retardo para cada técnica de conmutación

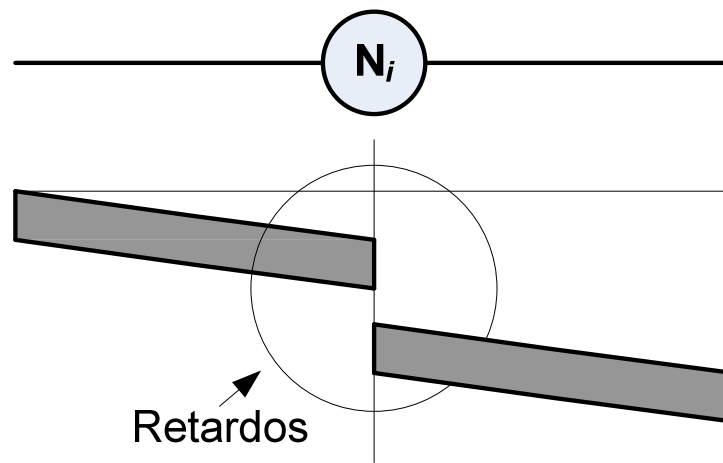
Tipos de retardo:

- ✓ Propagación (hay ejercicios en que se desprecia este retardo por ser muy bajo). Por ejemplo, comparar tiempo de propagación en línea de 100 Km con tiempo de transmisión de un archivo de 1 Mbyte a 10 Kbyte/seg)
- ✓ Establecimiento de la conexión (si corresponde)
- ✓ Transmisión del mensaje = retardo de transmisión + retardos en los nodos
- ✓ Confirmación y desconexión (si corresponde)

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión

2. Análisis del tipo de retardo para cada técnica de conmutación



Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión

3. Determinación del tiempo total de la operación

Comprende la suma de todos los retardos correspondientes a cada tipo de conmutación y sus variantes:

- ✓ **Conmutación de Circuitos**

Tiempo total = (establecimiento y confirmación del circuito) + (transmisión del mensaje) + (propagación) + (liberación de la conexión)

- ✓ **Conmutación de Paquetes mediante Circuito Virtual**

Tiempo total = (establecimiento y confirmación del circuito) + (transmisión del mensaje) + (propagación) + (liberación de la conexión)

- ✓ **Conmutación de Paquetes mediante Datagrama**

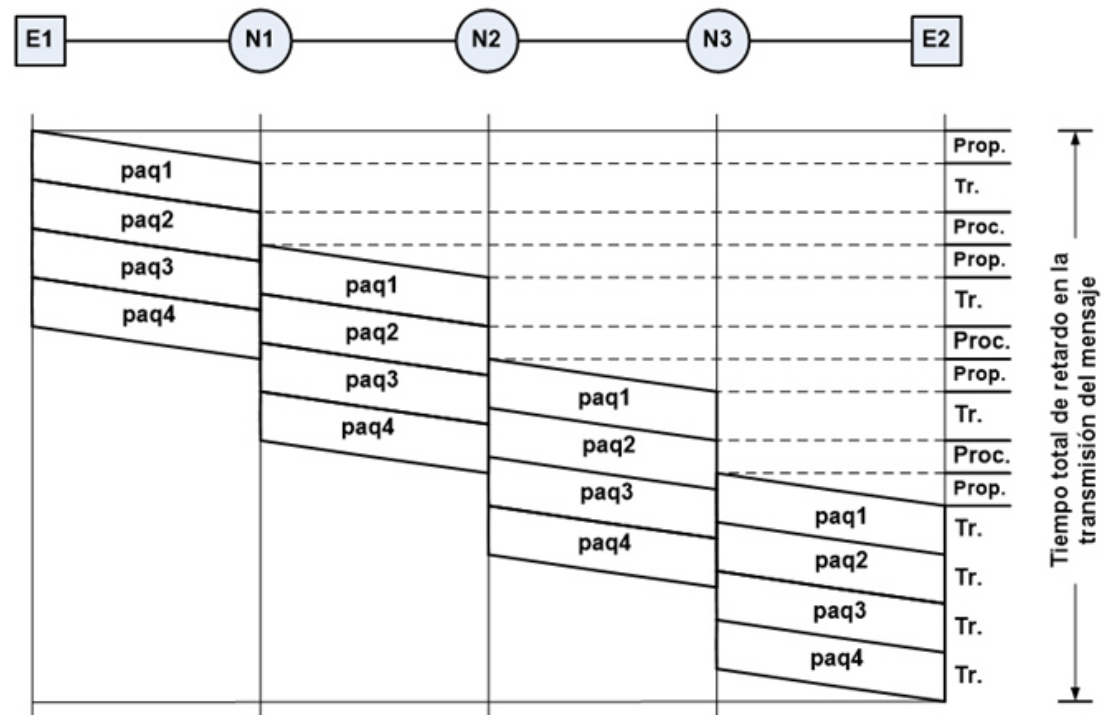
Tiempo total = (transmisión de mensaje) + (propagación)

Recordar que en Conmutación de Paquetes la transmisión del mensaje involucra:
retardo de propagación + retardo de transmisión + retardo en nodos

Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Cómo calcular el tiempo total de transmisión

Conmutación de paquetes usando datagrama



Prestaciones de CC, CV y Datagrama

Ejercicio

Una estación de usuario transmite a otra un mensaje a través de una red de conmutación de 3 nodos. Calcule el retardo de la transmisión total del mensaje entre los dispositivos de usuario para los siguientes tipos de redes:

a) Conmutación de circuitos, b) Conmutación de paquetes con circuito virtual y c) Conmutación de paquetes con datagrama

Los parámetros son los siguientes:

- ✓ L = Longitud del mensaje = 1.280 bits
- ✓ N = Número de Saltos entre dos sistemas dados
- ✓ B = Velocidad de transmisión = 64 Kbps
- ✓ P = Tamaño Fijo del Paquete = 256 bits
- ✓ H = Bits suplementarios en la cabecera de cada paquete = 10
- ✓ S = Tiempo total de establecimiento de la llamada (incluye confirmación y cierre de la conexión) = 0,1 seg
- ✓ D = Retardo de propagación por salto = 0,002 seg
- ✓ F = Retardo determinación de N° de CV y Cola en nodo: 0,001 seg.
- ✓ G = Retardo de ruteo y cola en nodo = 0,005 seg

Temas a tratados

1. Conmutación de circuitos

Introducción

Aplicación

Características

Implementación del conmutador digital

2. Conmutación de paquetes

Introducción

Aplicación

Características

Implementación

Comparación con conmutación de circuitos

3. Resolución de un ejercicio

FINAL DEL MÓDULO 4
