

REDES Y SERVICIOS

PANORÁMICA DE LAS TELECOMUNICACIONES

CONMUTACIÓN

<u>1. TÉCNICAS BÁSICAS DE CONMUTACIÓN.....</u>	<u>2</u>
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS.....	2
1.3 CONMUTACIÓN DE MENSAJES	4
1.4 CONMUTACIÓN DE PAQUETES.....	5
1.4.1 ORIENTADO A CONEXIÓN O DE CIRCUITO VIRTUAL	6
1.4.2 NO ORIENTADO A CONEXIÓN O DATAGRAMA	7
<u>2. COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN</u>	<u>8</u>
2.1 RETARDOS	8
2.2 TIPOS DE TRÁFICO	9
2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	11
<u>3. CONMUTACIÓN INTEGRADA.....</u>	<u>13</u>
3.1 INTRODUCCIÓN	13
3.2 CONMUTACIÓN HÍBRIDA, CIRCUITOS Y PAQUETES	13
3.3 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS PARA VOZ Y DATOS	14
3.4 CONMUTACIÓN DE PAQUETES PARA VOZ Y DATOS	15

1. TÉCNICAS BÁSICAS DE CONMUTACIÓN

1.1 Introducción

Para hacer llegar la información transmitida desde su origen al destino se deberán utilizar los distintos recursos de la red (nodos y enlaces). Estos recursos deberán compartirse con las demás comunicaciones que se vayan a realizar en la red. Para compartir los enlaces se utilizarán técnicas de multiplexión que se vieron en el tema anterior. Cuando la información llega a un nodo, del que salen distintos enlaces, se debe elegir el enlace de salida adecuado. Por supuesto la elección dependerá del origen y el destino de la información, y existen numerosas técnicas para realizarla. La tarea de pasar la información de un enlace a otro se conoce como **conmutación**. Existen tres técnicas básicas de conmutación:

- Conmutación de circuitos
- Conmutación de mensajes
- Conmutación de paquetes. Dentro de esta técnica se distinguen
 - Orientada a conexión
 - No orientada a conexión

Según la técnica de conmutación elegida el tratamiento del tráfico que se cursa en la red será distinto. Para medir cómo trata la red al tráfico cursado se utiliza el concepto de calidad de servicio (QoS, Quality of Service). Hay muchos parámetros que se utilizan para cuantificar la calidad de servicio ofrecida por la red. En redes de conmutación de circuitos, por ejemplo, se suele hablar de la probabilidad de bloqueo en llamada, es decir, la probabilidad de que se rechace una llamada que está intentando establecerse. En redes de conmutación de paquetes se utiliza el retardo de los paquetes en la red, la latencia o el jitter. Cada tipo de tráfico en concreto necesitará un grado de calidad de servicio determinado y por tanto se deberá elegir la técnica de conmutación que se adapte mejor a sus necesidades.

Apoyándose en las técnicas básicas de conmutación se han desarrollado otras nuevas que introducen mejoras sustanciales. Podría denominárselas como técnicas de conmutación integrada, ya que su principal finalidad es la de conseguir ofrecer un grado de calidad de servicio aceptable para tráficos con distintas necesidades, utilizando una misma red de telecomunicación, es decir, una única técnica de conmutación.

1.2 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

En este caso, a cada comunicación, es decir, al tráfico generado entre cada par origen destino, se le asignan recursos de red de forma fija. De esta manera se reserva capacidad en los enlaces o medios de transmisión y en los nodos de conmutación, que se utilizarán única y exclusivamente para esta comunicación. Así, cuando dos terminales necesitan comunicarse deben, en primer lugar, establecer un camino o circuito reservado extremo a extremo. Para compartir la capacidad de los medios se utilizan técnicas de multiplexión por división de frecuencia o, más usualmente, de multiplexión por división de tiempo, de este

modo se reserva, para cada comunicación, una región del espectro o un intervalo de tiempo determinado en las tramas de cada enlace, como indica la figura 1 que representa un ejemplo de conmutación de circuitos.

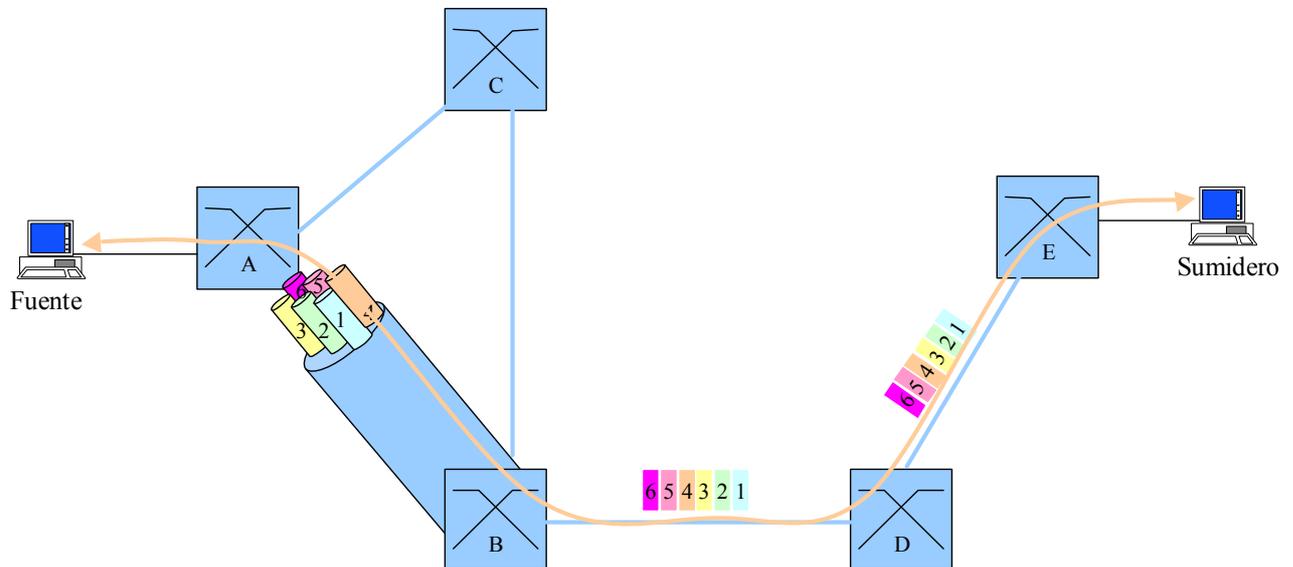


Fig. 1: Conmutación de circuitos

Para realizar esta reserva de recursos de extremo a extremo se necesita señalización, es decir, es necesario intercambiar información entre los terminales y la red y entre nodos de la red. Así una conexión constará de tres fases:

Establecimiento de la conexión:

En el momento en que se vaya a comenzar la comunicación, por ejemplo una conversación telefónica, se recorrerán todos los recursos (nodos y enlaces) que formen parte del trayecto entre el origen y el destino y se reservará la capacidad necesaria en los mismos, estableciéndose así el circuito reservado entre origen y destino. En caso de que los recursos estén ocupados y no sea posible esta reserva, la conexión será rechazada.

Transferencia de información:

En esta fase se realiza la transmisión de datos, voz... a través del camino o circuito reservado en la fase anterior.

Liberación de la conexión:

Una vez terminada la fase de transferencia se liberan todos los recursos reservados, de forma que puedan ser utilizados para cualquier otra conexión que se quiera establecer.

Con esta técnica de conmutación se logra tener una calidad de servicio garantizada en la fase de transferencia de información, ya que los recursos permanecen reservados (en exclusiva) para esa conexión. El retardo de la transmisión extremo a extremo y la cantidad de información perdida serán mínimos. Sin embargo también presenta algunas desventajas como son:

- Uso ineficaz de los recursos durante los periodos de inactividad: Si en una conexión existen periodos de silencio los recursos siguen estando reservados pero no se utilizan,

con lo que se está desperdiciando capacidad en el canal de comunicación. Un ejemplo claro es una conversación telefónica, en la que los periodos de silencio pueden ser bastante significativos.

- Si todos los circuitos están ocupados la comunicación es imposible: Como ya se ha dicho, la conexión puede ser rechazada en caso de que no exista capacidad suficiente en alguno de los recursos que se deben atravesar a lo largo de la red.
- Nunca se utiliza la capacidad máxima del canal para un solo circuito, aunque en realidad sea éste el que lo está utilizando de forma exclusiva. Un subcanal sólo utiliza la capacidad reservada para esa conexión.
- Se necesita señalización para establecer la conexión, lo que conlleva un tiempo de establecimiento de conexión y que los datos no se empiecen a enviar hasta que no esté establecida la conexión.

1.3 CONMUTACIÓN DE MENSAJES

Esta es, en realidad, la técnica de conmutación más antigua que existe, ya que era la utilizada con el sistema telegráfico. En este caso se transmite a la red la información completa, formando lo que se conoce como mensaje. Al llegar a cada nodo el mensaje espera en una cola de entrada hasta que le llegue su turno para ser procesado y le sea asignado un enlace de salida para continuar su camino. Se realiza por tanto almacenamiento y reenvío del mensaje en cada nodo de red, como se representa en la figura 2.

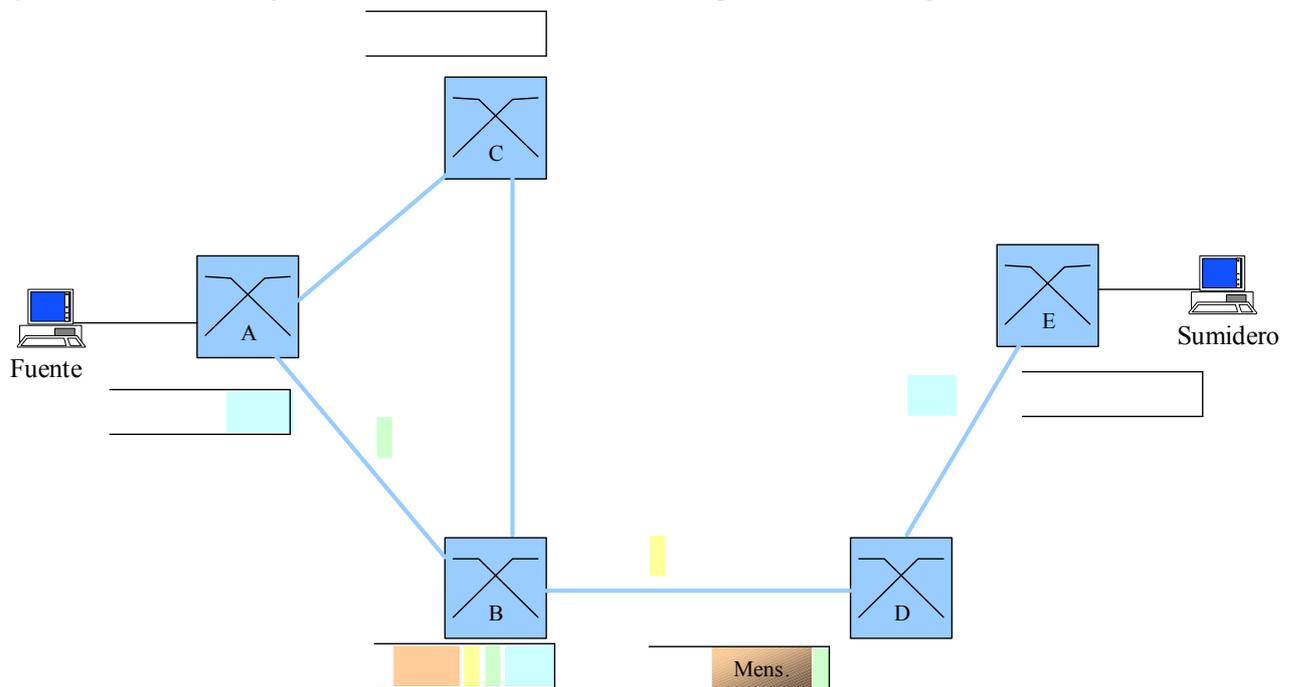


Fig. 2: Conmutación de mensajes

De este modo el retardo en cada nodo, es decir el intervalo de tiempo desde que llega el mensaje hasta que sale por el enlace adecuado, dependerá de la cantidad de mensajes que hayan llegado antes que él, del tamaño de los mismos y de su propio tamaño. Este retardo

puede aumentar considerablemente, de tal forma que puede resultar imposible utilizar esta técnica para tráfico en el que los retardos deban mantenerse muy acotados, por ejemplo para tráfico que necesite respuesta en tiempo real, como sería el caso de las conversaciones telefónicas.

Además, que existan colas en los nodos implica que sea necesario almacenar los paquetes que llegan y aún no han sido procesados. Si en un nodo toda la memoria destinada a este fin está ocupada y llega un nuevo mensaje, este se perderá sin remisión.

Existe el inconveniente añadido de que si un terminal genera un mensaje de un tamaño pequeño y llega a la cola antes un mensaje muy grande, el primero se ve retrasado de forma innecesaria, cuando puede que incluso el emisor esté esperando una respuesta (por ejemplo cuando el tráfico es interactivo). Existen algunos mecanismos para aliviar este problema, dando prioridad a los mensajes más cortos de la cola, aunque es la conmutación de paquetes la que soluciona más eficientemente este inconveniente.

Por supuesto la conmutación de mensajes también tiene ventajas. Al no reservar capacidad en enlaces y nodos y ser la asignación de la capacidad dinámica, se aprovecha la capacidad total del canal, no existiendo nunca periodos de silencio mientras alguna comunicación necesite el enlace. Por tanto la multiplexión que se realiza aquí es estadística por división de tiempo. Cada mensaje utilizará toda la capacidad del enlace cuando le toque el turno de ser transmitido, instante que dependerá de las características de las demás comunicaciones que pretendan utilizar el enlace.

1.4 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Esta técnica está especialmente diseñada para cursar tráfico de datos. Se consigue utilizar los recursos de la red sólo cuando hay tráfico que transmitir, por lo que no se desperdicia capacidad en los periodos de inactividad. Es muy parecida a la técnica anterior. Aquí los datos a transmitir entre origen y destino se dividirán en paquetes. El tamaño de estos paquetes puede ser variable y dependerá de diversos factores, pero se suele establecer una longitud máxima que nunca se deberá superar. De esta forma se asegura que ninguna comunicación se vea perjudicada frente a otra por el tamaño de los paquetes que utilizan. También existen colas en los nodos, de forma que cada paquete espera hasta que pueda ser transmitido a un enlace de salida.

Como en la conmutación de mensajes los retardos vendrán dados por el tamaño de las colas y el tiempo de tratamiento de los paquetes, que será función del tamaño de los mismos, ya que también se usa la técnica de almacenamiento y reenvío. Estos retardos por lo tanto son variables y dependerán de la carga de tráfico en la red.

Como el tamaño de las colas es limitado, la memoria en los nodos de conmutación no es infinita: cuando se llenen habrá que descartar paquetes si llegan nuevos, de manera que se da también el problema de pérdidas de paquetes, es decir de información, lo que degrada la QoS ofrecida. En este caso la multiplexión realizada es también estadística por división de tiempo, se utiliza la capacidad del enlace según se va necesitando y de forma exclusiva para cada paquete.

Cada paquete deberá llevar una cabecera en la que aparecerán datos como:

- La dirección del destino, para poder realizar el correcto encaminamiento de los paquetes hasta el mismo.
- La longitud del paquete, en caso de que los paquetes puedan tener distinta longitud, para poder saber dónde termina un paquete y empieza el siguiente. También hay veces que se utilizan secuencias de bits determinadas (FLAGS) que identifican el fin del paquete.
- El número de secuencia del paquete, es decir, la posición que ocupa dentro del total de la información. Permitirá reensamblar en el destino los paquetes en el orden correcto para obtener la información transmitida, en el caso de que los paquetes puedan llegar desordenados.
- Información de control, por ejemplo para indicar el tipo de paquete que es, si es de datos entre fuente y sumidero, o para mantenimiento y gestión de la red.

Al paquete se suele añadir una serie de bits que se utilizan para detección y corrección de errores. La técnica más utilizada para esto es el código de redundancia cíclico (CRC)

Existen dos modalidades de conmutación de paquetes.

1.4.1 Orientado a conexión o de circuito virtual

Sólo el primer paquete de cada mensaje tiene que llevar la dirección destino. Con este paquete se establece la ruta que deberán seguir todos los paquetes pertenecientes a esta conexión. Cuando llega un paquete que no es el primero se identifica a que conexión pertenece y se envía por el enlace de salida adecuado, según la información que se generó con el primer paquete y que permanece almacenada en cada conmutador o nodo. Como todos los paquetes siguen la misma ruta llegarán en secuencia al destino, aunque, por supuesto el retardo de cada uno puede ser variable. De esta forma en la cabecera no será necesario que aparezca la secuencia del paquete, pero sí un identificador de conexión para poder realizar la conmutación en cada nodo. El protocolo X.25, definido por la ITU_T, sigue este modelo de conmutación que se representa en la figura 3.

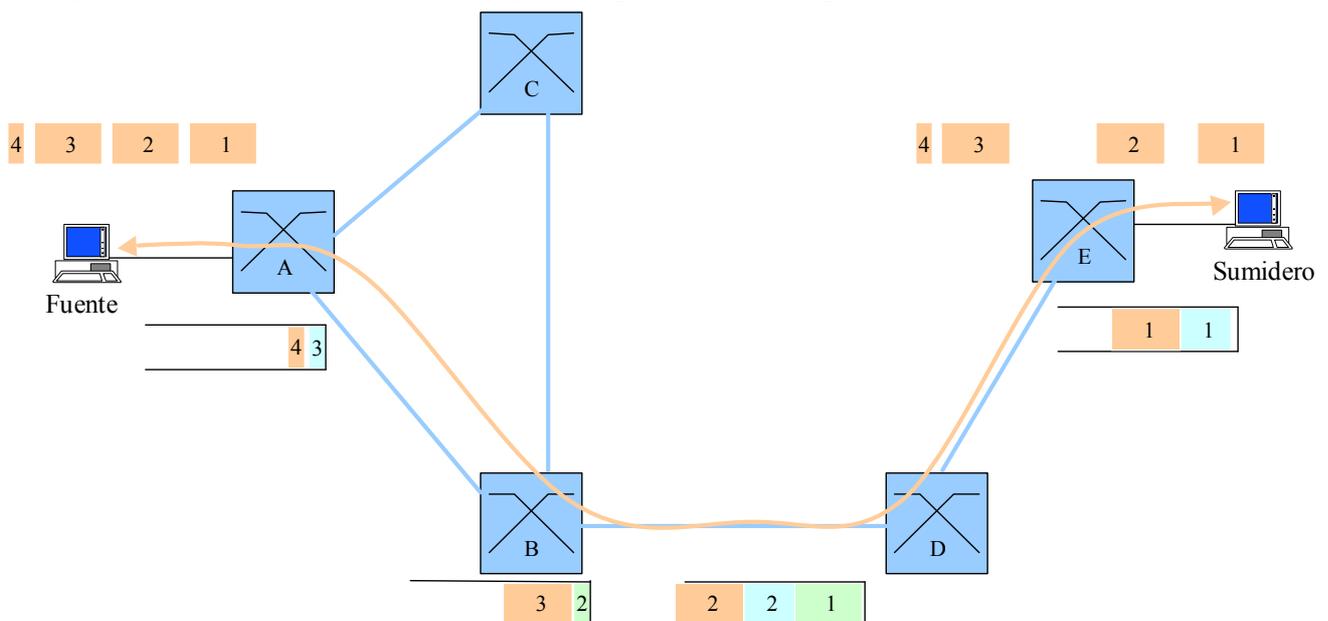


Fig. 3: Conmutación de paquetes orientada a conexión

1.4.2 No orientado a conexión o datagrama

En este caso cada paquete debe llevar la dirección destino y con cada uno los nodos de la red deciden el camino que se debe seguir. Existen muchas técnicas para realizar esta decisión, como por ejemplo comparar el retardo que sufriría en ese momento el paquete que se pretende transmitir según el enlace que se escoja. Las técnicas de encaminamiento suelen basarse en el estado de la red, que es dinámico, por lo que las decisiones tomadas respecto a los paquetes de la misma conexión pueden variar según el instante de manera que éstos pueden seguir distintas rutas. En el caso de que esto ocurra los retardos pueden variar en las distintas rutas elegidas, y por tanto los paquetes se pueden recibir en el destino en orden distinto a como fueron transmitidos. Por tanto en cada paquete se deberá incluir el número de secuencia del mismo para poder ordenarlos en el destino e interpretar correctamente la información. La figura 4 representa este tipo de conmutación.

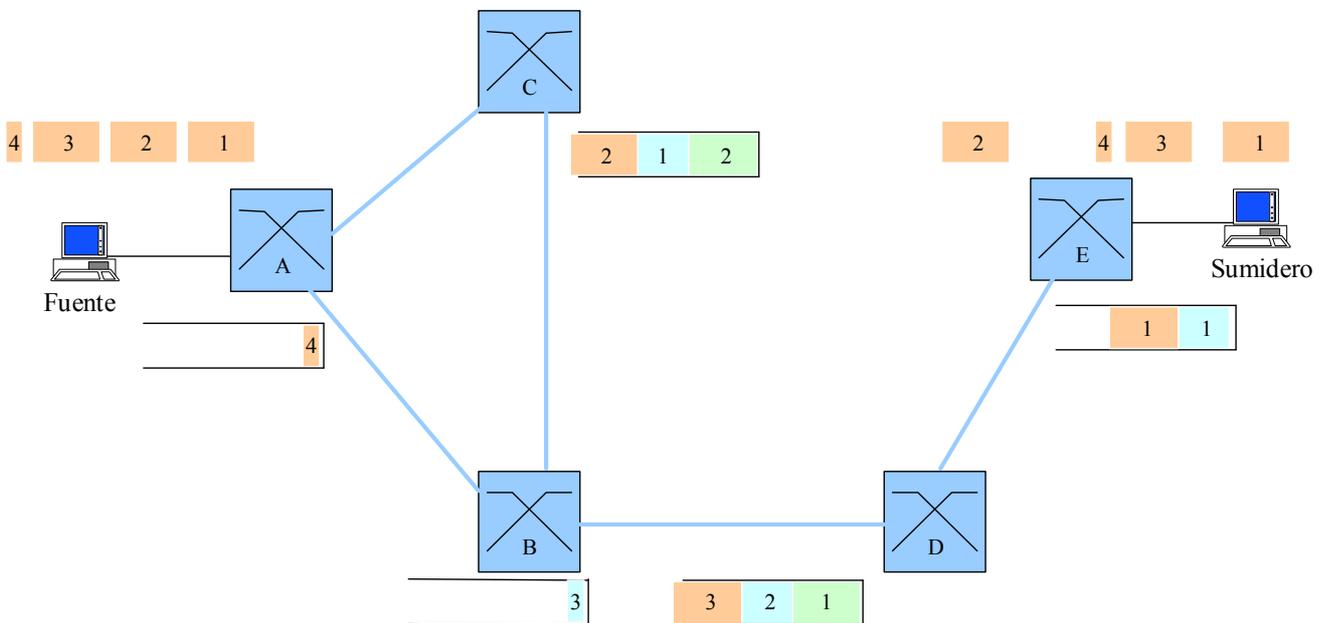


Fig. 4: Conmutación de paquetes no orientada a conexión

2. COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN

2.1 Retardos

A continuación se compararán las técnicas básicas de conmutación vistas en apartados anteriores. La primera comparación que se va a realizar será referente a los retardos de tránsito sufridos por la información a transmitir, es decir, el tiempo transcurrido desde que el origen decide que va a enviar una información hasta el instante en que el receptor la recoge.

En cada enlace utilizado se sufren siempre dos retardos fijos, el de transmisión y el de propagación. El primero dependerá de la cantidad de información a transmitir y de la capacidad del enlace utilizada para ello y será el número de bits transmitidos dividido por la capacidad, en bits por segundo, utilizada para la transmisión. Evidentemente si se está utilizando conmutación de circuitos esta capacidad será la reservada para esa comunicación, aunque el resto no se esté utilizando. Si se está utilizando conmutación de mensajes o paquetes la capacidad utilizada es la totalidad de la ofrecida por el enlace. De esta manera, ante una red poco cargada la conmutación de circuitos será menos eficiente en cuanto al retardo de transmisión en cada enlace, ya que se está desaprovechando la capacidad del mismo. El retardo de propagación dependerá de la velocidad de propagación de la señal en el medio y de la longitud del enlace. Como estos parámetros no dependen de la técnica de conmutación utilizada no existen diferencias entre las distintas técnicas.

Si se utiliza conmutación de circuitos existe un retardo al establecer la conexión, consecuencia del intercambio de información de señalización que se lleva a cabo entre los terminales y la red y entre los nodos de conmutación, para establecer el circuito. A partir del momento en que está establecido el circuito los únicos retardos sufridos son los inevitables de transmisión y propagación por los enlaces. En redes de conmutación de mensajes y paquetes no existe este retardo de establecimiento del circuito, ya que no hay que establecerlo.

Si se está utilizando conmutación de paquetes o de mensajes en cada nodo de red la información se almacena en una cola, dónde ésta espera su turno para ser procesada y transmitida al enlace. Esto provoca retardos en cada nodo que dependerán de la longitud de los mensajes o paquetes que están delante en la cola y de la longitud del propio mensaje o paquete. Estos retardos tienen la característica de depender de la carga del sistema y por tanto son variables y difíciles de predecir y acotar. Si se utiliza conmutación de circuitos no existen colas en los nodos, por lo que no se da este problema.

Por último señalar que, como ya se ha explicado, al utilizar conmutación de mensajes o paquetes se introduce información de control para el encaminamiento de los datos. Esta información debe, por supuesto, transmitirse junto a los datos, por lo que consume capacidad en los enlaces aumentando el retardo en cada enlace. Será necesario establecer la relación entre el tamaño de la información de control y el de los datos útiles para que el rendimiento de la comunicación sea óptimo y los retardos provocados no sean excesivos.

La figura 5 representa los retardos sufridos por la información cuando se utilizan redes con distintas técnicas de conmutación. T1 y T2 son los terminales fuente y sumidero, A y B los nodos de conmutación que es necesario recorrer entre el origen y el destino. El eje

vertical representa el tiempo. La información dibujada en color más oscuro representa información de señalización o control y la presentada en color más claro los datos útiles.

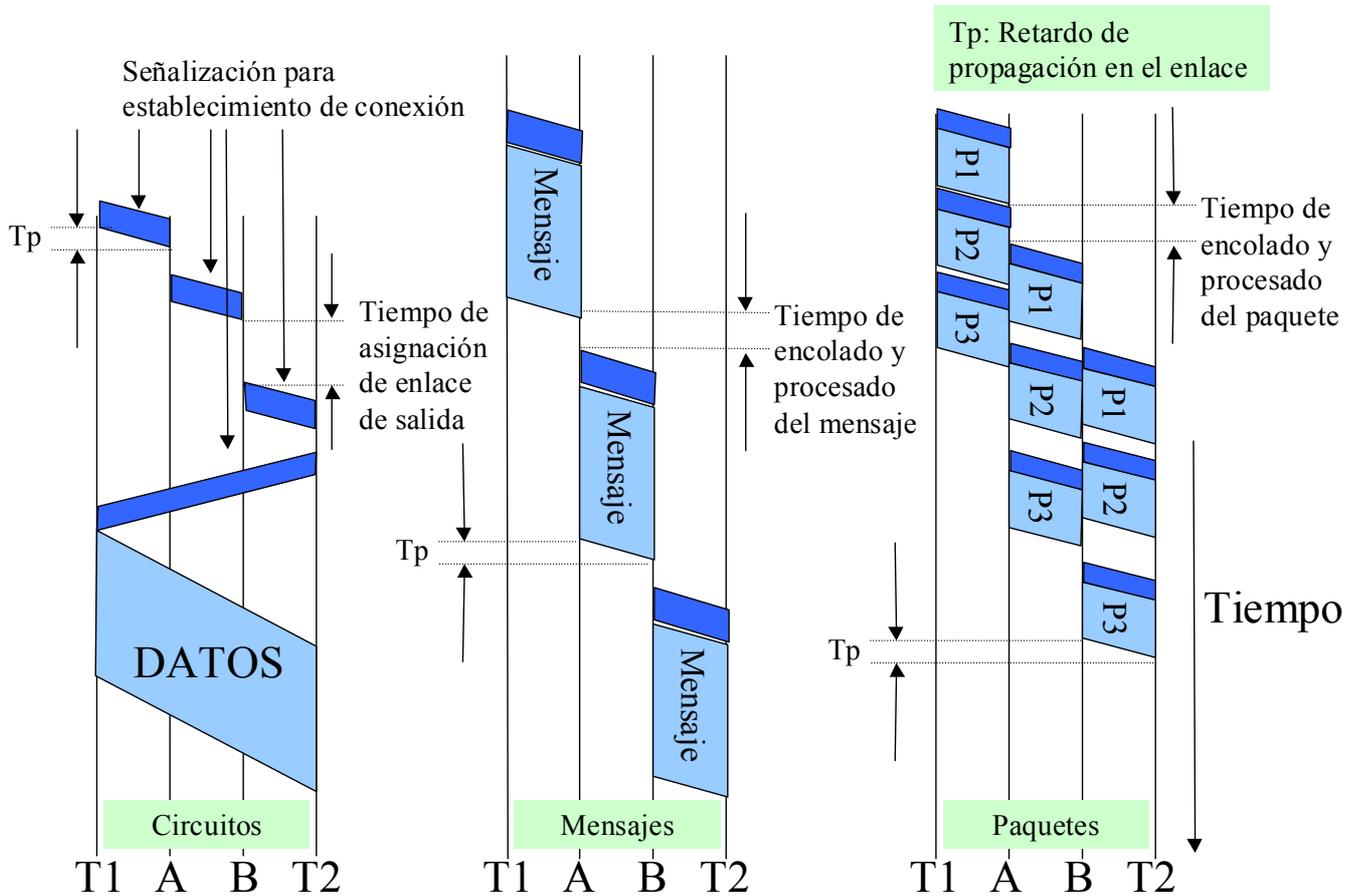


Fig. 5: Retardos en la red según el tipo de conmutación

2.2 Tipos de tráfico

Ninguna técnica de conmutación es óptima para todo tipo de tráfico, por lo que se han venido desplegando redes especializadas en cada tipo de tráfico. De esta manera cuando un usuario necesitaba transmitir voz utilizaba la red telefónica conmutada y si quería transmitir datos una red de conmutación de paquetes. Actualmente la filosofía es utilizar una única red para transmitir cualquier tipo de tráfico y presentar así un único interfaz al usuario.

Es difícil caracterizar el comportamiento del tráfico generado en la red, así como especificar las necesidades de QoS de cada uno de los flujos de datos. El comportamiento del tráfico sigue patrones aleatorios, difíciles de modelar en ocasiones y que se deben estudiar en términos estadísticos. La calidad de servicio se suele medir, como se comentó anteriormente, en función de los retardos permitidos, el jitter, la probabilidad de bloqueo etc.

Se podría hacer una clasificación sumamente sencilla de los tipos de tráfico, distinguiendo el volumen de información generado y los requisitos de tiempo de los distintos flujos de información. El tráfico de tiempo real tiene unos requisitos muy exigentes

de tiempo, ya no sólo en cuanto al retardo sufrido por una muestra o un paquete, sino que, además, se debe acotar la variación del retardo entre distintas muestras o paquetes, que puede ocasionar pérdida de información, como muestra la figura 6 con los paquetes 2 y 3.

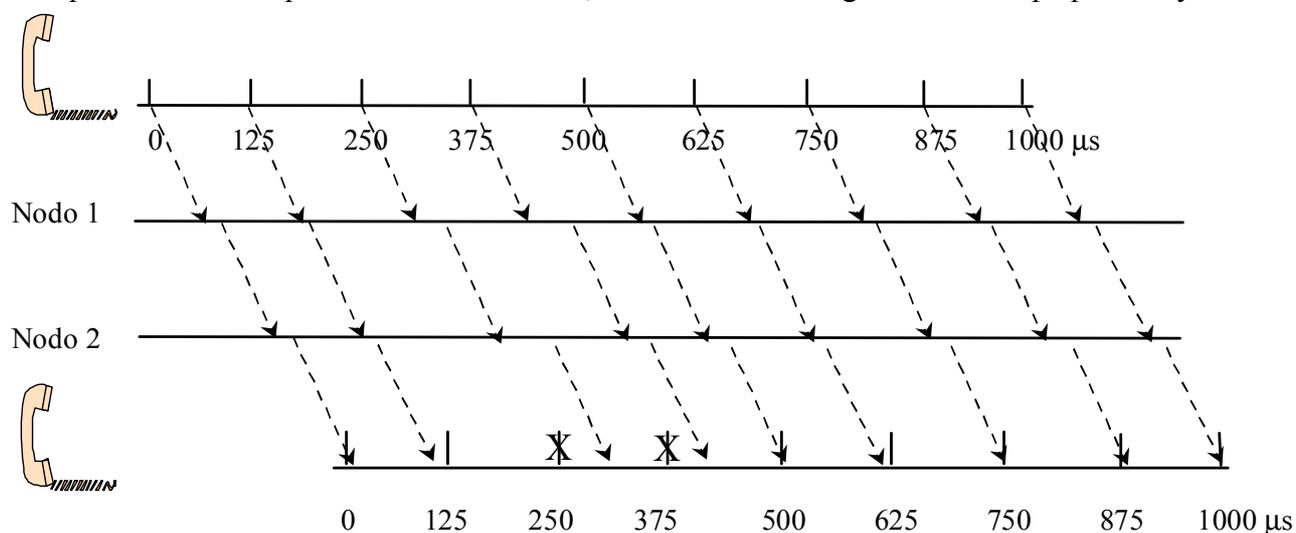


Fig. 6: Problemas de retardo para tráfico de tiempo real

Por ejemplo, para mantener una conversación telefónica inteligible el oído necesita recibir las muestras con una cadencia determinada, para poder interpretar correctamente la información recibida, y la respuesta del interlocutor debe recibirse inmediatamente, como si se estuviera manteniendo una conversación persona a persona y no a través de una red.

En el otro extremo estaría el tráfico diferible que permite que los retardos sean mayores, incluso de horas o días, y donde la variación del retardo no es un parámetro preocupante. Así la recepción de un fichero electrónico permite que los paquetes lleguen con distintos retrasos, e incluso desordenados, y no exige una respuesta instantánea. La tabla mostrada en la figura 7 resume las características de distintos tráficos y señala algunos ejemplos de cada uno.

	Volumen	Retardo
Masivo, tiempo real (voz, Fax, Telemetría, Vídeo)	Grande	<200ms
Interactivo/Transaccional (Teleproceso, Consulta de Bases de Datos)	Medio	< 1s
Masivo Diferible (Transferencia de ficheros, Correo electrónico, Transmisión de Imágenes)	Grande	Horas/Minutos

Fig. 7: Esquema simplificado de tipos de tráfico

2.3 Análisis comparativo

En 1978 el japonés Miyahara publica un trabajo en el que se analiza el retardo de tránsito sufrido por la información, en función de la longitud media de los mensajes transmitidos. Usando la misma topología de red mide la diferencia en los retardos sufridos al ir variando el tamaño de los mensajes utilizados. Esto lo hace para las tres técnicas clásicas de conmutación y luego compara los resultados.

La topología de red utilizada era muy sencilla, cuatro nodos unidos por enlaces de 48Kbps, que se dividen en 20 circuitos de 2,4 Kbps cuando la técnica utilizada es la conmutación de circuitos. Como se explicó anteriormente la carga de tráfico en la red influye en los retardos sufridos por los mensajes cuando se utiliza conmutación de mensajes o paquetes y, por supuesto, en la probabilidad de no poder establecer una nueva conexión si se está estudiando la conmutación de circuitos. Por ello, para la validez del experimento, era necesario controlar la carga en la red y estudiar las tres técnicas bajo las mismas condiciones. Se define un factor de utilización de los recursos del 50%. En caso de congestión de enlaces la red gestiona una cola de establecimiento de conexiones cuando sea necesario. Los resultados obtenidos están reflejados en la gráfica de la figura 8.

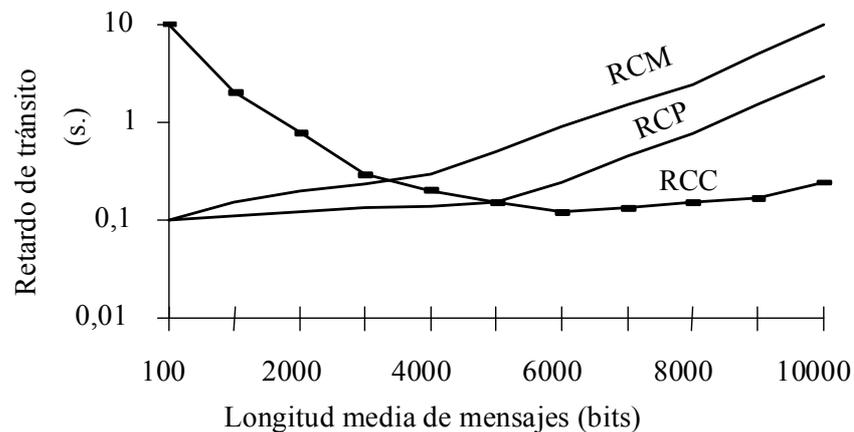


Fig. 8: Resultados obtenidos de la comparación de las tres técnicas de conmutación

Se observa que para minimizar el retardo de tránsito habrá que tener muy en cuenta la longitud media de los mensajes transmitidos. Cuando los mensajes son largos el retardo de tránsito con conmutación de paquetes o mensajes aumenta considerablemente, debido a que es necesario esperar en cada nodo a que se atiendan los mensajes que han llegado antes y que, al ser largos, necesitan mucho tiempo de proceso y transmisión. En conmutación de circuitos esto no ocurre.

Sin embargo para volúmenes de información medios o pequeños, si se utiliza conmutación de circuitos se está reservando más capacidad en los enlaces de la que realmente se necesita. Esto retrasa a otras conexiones, que tendrán que esperar a que se liberen estos circuitos, aumentando considerablemente el retardo de tránsito. Si se usa conmutación de paquetes la capacidad de los enlaces se aprovecha mucho mejor.

El retardo con conmutación de paquetes siempre se mantiene por debajo del retardo con conmutación de mensajes, así que la conmutación de mensajes sólo es adecuada para mensajes muy cortos, donde para ambas técnicas se obtienen resultados semejantes.

Así que recordando las características del tráfico y sus necesidades se podría decir que para tráfico masivo la conmutación de paquetes es adecuada sólo si no hay necesidades de tiempo real, porque se aprovecha mejor la capacidad de los enlaces pero los retardos pueden ser considerables. Para tráfico masivo con necesidad de tiempo real es preferible usar la conmutación de circuitos. Por último para tráfico Interactivo o Transaccional tanto la conmutación de paquetes como la de circuitos proporcionaría buenos resultados, sin embargo con la primera se aprovecha mejor la capacidad de los enlaces, por lo que sería preferible utilizarla.

3. CONMUTACIÓN INTEGRADA

3.1 Introducción

Una infraestructura de red distinta para cada tipo de tráfico supone fuertes inversiones económicas por parte de los operadores, lo que implica un coste más elevado de los servicios ofrecidos al usuario. Por otro lado al usuario le resulta mucho más cómodo utilizar una única interfaz de red, a través de la que enviará toda la información, sin necesidad de cambiar de red cada vez que quiera cambiar de aplicación. Esta filosofía de integración lleva a la idea de la Red Digital de Servicios Integrados, que se podría ver como la panacea de las telecomunicaciones. Pero una red que pretenda cursar tráfico de muy diversas características deberá utilizar una técnica de conmutación que optimice la QoS ofrecida a todos los flujos que se pretendan transmitir. Por tanto se busca lo que se podría definir como una conmutación integrada, en el sentido de que integra todo tipo de tráfico dentro de la misma red. Para ello se han dado algunas soluciones que se muestran a continuación.

3.2 Conmutación Híbrida, Circuitos y Paquetes

Una posible solución es combinar en la red distintas técnicas de conmutación, como se indica en la figura 9. Así en cada nodo habría funciones separadas de conmutación de paquetes y de conmutación de circuitos, cada una trabajando por separado tal y como lo hacían en su modalidad convencional. La capacidad de cada enlace se divide reservándose una parte para conmutación de circuitos, en la que se irán estableciendo conexiones a medida que se soliciten, y dejando el resto para conmutación de paquetes. Cada tipo de tráfico utiliza la técnica que mejor le conviene. Así la voz puede conmutarse en modo circuito mientras que los datos lo hacen en modo paquete. Por ejemplo, si un enlace entre dos nodos tiene una capacidad de 2 Mbit/s, es decir que cursa tramas E1 de la PDH europea, se podrían utilizar 15 canales, de 64 Kbps cada uno, para voz y dejar el resto 960 Kbps (15 x 64) para datos.

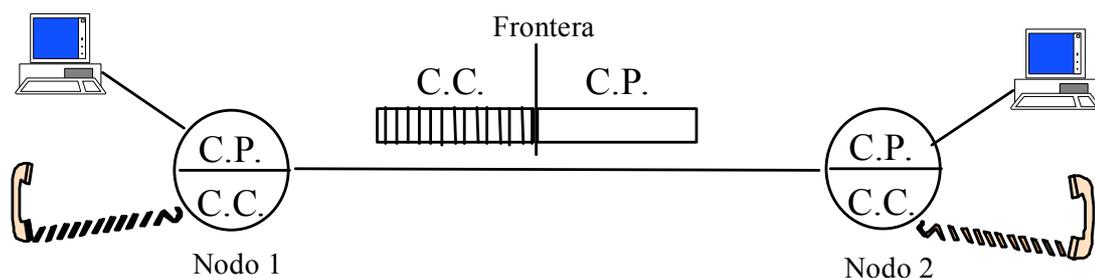


Fig. 9: Esquema de la conmutación híbrida

Según se haga el reparto de la capacidad de los enlaces se distinguen dos modalidades:

Frontera fija

El número de canales destinados a dar servicio de conmutación de circuitos así como la capacidad para conmutación de circuitos son fijos. Esta técnica tiene la desventaja de que si no todos los canales de conmutación de circuitos están establecidos se está desaprovechando capacidad del enlace, que se podría utilizar para transmitir datos por conmutación de paquetes. Sin embargo la gestión de los enlaces es muy sencilla, lo que, por supuesto, resulta ventajoso.

Frontera permeable

Con esta técnica los canales libres en el módulo de conmutación de circuitos pueden ser usados por el módulo de paquetes. Se puede ver como si toda la capacidad estuviera, en principio, destinada a conmutación de paquetes, pero se pudiera establecer un número determinado de conexiones, reservando la capacidad necesaria, que usaran la técnica de conmutación de circuitos. Se aumenta la eficiencia de los enlaces a costa de mayor complejidad.

3.3 Conmutación de Circuitos para Voz y Datos

Consistirá en integrar los distintos tráficos en una única infraestructura de conmutación de circuitos.

Ya se ha justificado que la conmutación de circuitos es apropiada para comunicaciones en tiempo real, como las transmisiones vocales, mientras que existen ciertas limitaciones a la hora de conmutar datos en modo circuito.

Para *Tráfico transaccional*, como puede ser una consulta a bases de datos, es importante la relación entre el tiempo de establecimiento del circuito y la duración de la transacción. Para transacciones cortas no sería eficiente conmutar en modo circuito si el tiempo de establecimiento no es también muy corto. La velocidad efectiva de transmisión está relacionada no sólo con el tiempo de la transmisión, que dependerá de la capacidad del enlace utilizada, sino también con el tiempo de establecimiento del circuito.

Con *Tráfico interactivo*, como puede ser un chat, existen pausas durante la transmisión, originadas por el “tiempo de reacción” de los usuarios en una aplicación interactiva, durante las que no se utiliza el circuito, con la consecuente ineficiencia del mismo.

Para intentar eliminar, o al menos mejorar estas limitaciones se propone la denominada *Conmutación Rápida de Circuitos* (“Fast Rapid Switching”) también conocida como *Conmutación de Ráfagas* (“Burst Switching”). Con esta técnica no se mantiene el circuito establecido durante toda la sesión, sino que en cada periodo de actividad o “ráfaga” el circuito se establece y libera automáticamente. Por supuesto sólo será viable si el tiempo de establecimiento de los circuitos es mucho menor que el tiempo de reacción del usuario.

$$\text{Velocidad} = \text{bits de datos} / (\text{tp establecimiento} + \text{tp transacción})$$

3.4 Conmutación de Paquetes para Voz y Datos

Consistirá en integrar los distintos tráficoes en una única infraestructura de conmutación de paquetes. Como se justificó anteriormente el problema en esta ocasión será ofrecer un retardo limitado para tráfico en tiempo real.

Para ello, por un lado se intentan adaptar estos flujos a la conmutación de paquetes, por ejemplo eliminando los periodos de silencio, cuya transmisión o conmutación resulta innecesaria. Y utilizando técnicas de compresión que reducen el volumen de información a transmitir y que se basan en el hecho de la gran redundancia existente en señales de voz y vídeo. De esta forma se pueden convertir flujos de voz o vídeo en flujos discontinuos, susceptibles de ser transportados en forma de paquetes. Por otro lado se adoptan medidas preventivas para minimizar el efecto del retardo variable, que impiden la reconstrucción periódica de las muestras con la pérdida de información consecuyente. Se intentará también reducir al máximo el tiempo de tránsito nodal.

Se han implementado mecanismos de control de QoS, para los flujos que lo necesiten, que permiten acotar los retardos en los nodos en redes tradicionales de conmutación de paquetes como Internet. Pero también se han desarrollado nuevas arquitecturas de redes de paquetes como la Conmutación Rápida de Paquetes (“Fast Packet Switching”), el Relé de Células o ATM (Modo de Transferencia Asíncrona).

ATM fue seleccionado en 1989 por la UIT-T como modo de transferencia en redes públicas de banda ancha y es usado por ejemplo en RDSI de banda ancha, como veremos en temas posteriores. Hasta 1993 en USA, 1994 en Europa y 1996 en España no aparecieron los primeros servicios comerciales de ATM, con presencia y prestaciones casi testimoniales. La transición desde el escenario clásico de redes de conmutación especializadas hasta un escenario de red de conmutación integrada con ATM será lento, principalmente por razones económicas. Esta técnica se basa en fragmentar la información a transmitir en paquetes de longitud fija (53 octetos) denominados células. La conmutación es orientada a conexión, de forma que en cada célula se identifica a qué conexión pertenece y todas las células de la misma conexión siguen el mismo camino. Para cada célula sólo hay que analizar el identificador de la conexión, por lo que la conmutación es muy rápida. Los enlaces entre nodos son de alta capacidad, entre 155 y 625 Mbps, por lo que los tiempos de transmisión son muy pequeños. Antes de establecer la conexión se especifica la QoS requerida de la red y sólo si se puede ofrecer se realiza la transmisión. Esta negociación entre el usuario y la red se realizará, por supuesto, intercambiando información de señalización. ATM se estudiará en más detalle cuando abordemos el tema de la RDSI de banda ancha.