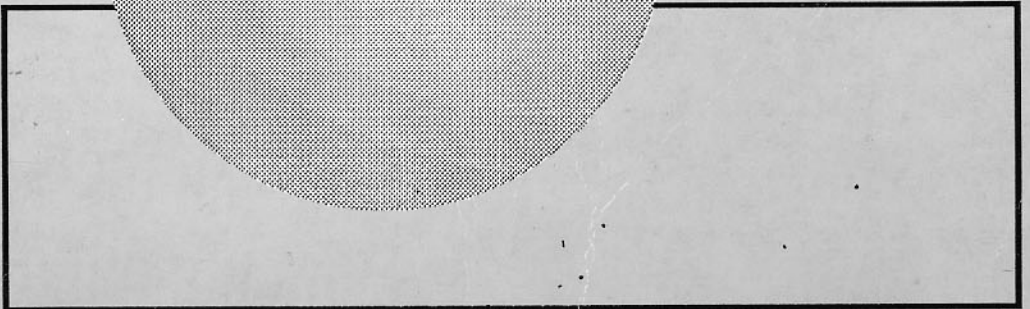
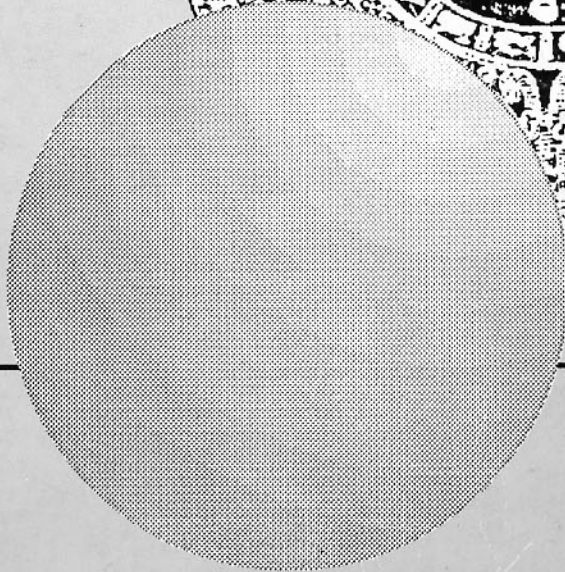
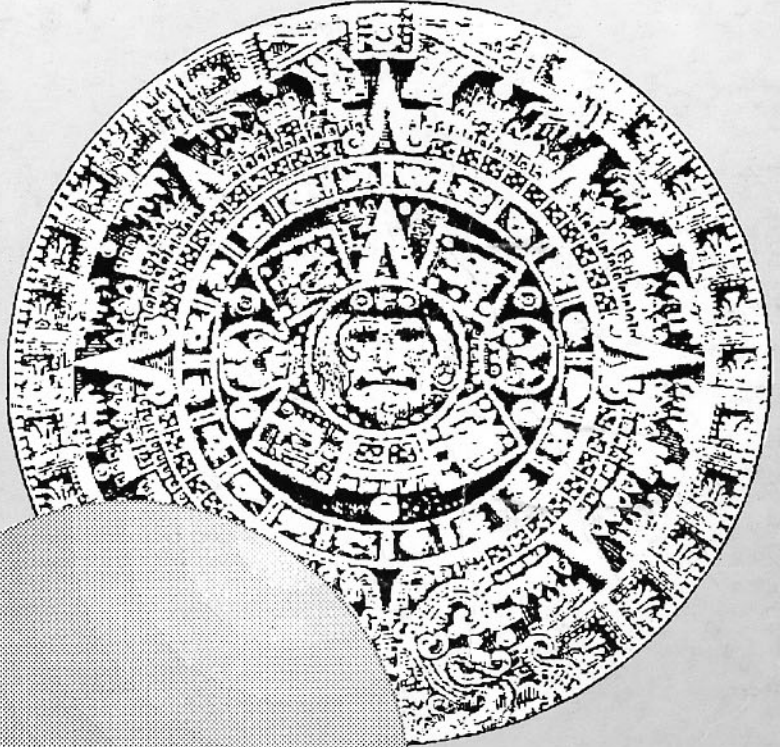


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1992 VOLUMEN 2 No. 1

620
In



INGENIERIA

1992

INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

Volumen 2 Enero-junio 1992 Número 1

DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

EDITOR

Victor Herrera C.

CONSEJO EDITORIAL

Víctor Hugo Chacón P.

Ismael Mazón G.

Domingo Riggioni C.

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica

Apartado Postal 75

2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

CANJES

Universidad de Costa Rica

Sistemas de Bibliotecas, Documentación e información

Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Suscripción anual:

Costa Rica: ₡500,00

Otros países: US \$20,00

Número suelto:

Costa Rica: ₡250,00

Otros países: US \$10,00



COMPARACION DE RETARDOS EN REDES DE CONMUTACION DE PAQUETES Y CIRCUITOS

Ing. Eduardo A. Navas Carro, Msc.*

RESUMEN

En este artículo se hace una introducción de los diferentes tipos de redes de conmutación de paquetes y además se hace un análisis en cuanto a los tiempos involucrados para realizar una transmisión de un mensaje en este tipo de redes. Finalmente, se discute sobre diferentes tipos de aplicaciones para estas redes.

SUMMARY

In this article it is given an introduction of the different types of switching networks and an analysis of the delays involved in the transmission of a message in this type of networks. Finally, recommendations on the type of applications best suited for each type of network is made.

INTRODUCCION

Un sistema de comunicaciones puede conectar a dos usuarios en forma directa, sin embargo cuando este número de usuarios aumenta no es conveniente (o en algunos casos imposible) tener una conexión física directa entre todos los usuarios. De ahí que surge la necesidad de crear una red de computadores en la que todos los usuarios interesados se conectan y cada usuario pueda comunicarse con cualquier otro (usuario).

Los nodos que utilizan los usuarios para conectarse a la red se conocen como la frontera de la subred y los nodos internos, en caso de existir, son utilizados para establecer las comunicaciones entre usuarios con diferentes nodos de acceso a la red. Este conjunto de nodos forman la subred. La red, entonces, estaría formada por la subred y los usuarios. En la figura No.1 se muestra la conformación de una red.

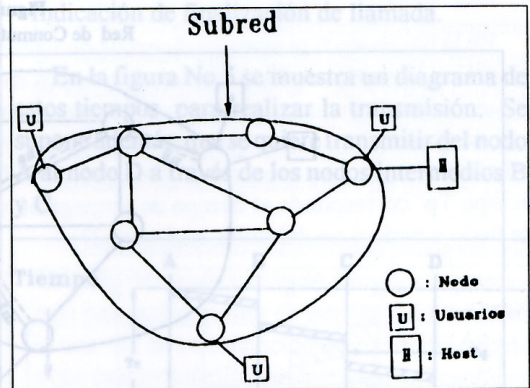


Figura No. 1
Conformación de una Red

TIPOS DE REDES

En general se pueden distinguir dos tipos de redes:

- Redes Conmutadas
- Redes de Propagación ("Broadcasting")

En este artículo se tratará solamente las redes conmutadas. Existen dos tipos principales de redes conmutadas: redes de conmutación de circuitos ("circuit switching") y redes de conmutación de paquetes ("packet switching").

*Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica

En redes de conmutación de circuitos se establece un camino dedicado y de antemano entre dos usuarios usando los nodos de la subred. Si este camino preestablecido no se puede obtener, entonces no se lleva a cabo la conexión (da tono de ocupado), es decir, existe una probabilidad de bloqueo. En la figura No.2 se muestra una red de este tipo.

para transmitir se divide en paquetes más pequeños. Estas redes transportan los paquetes en dos modos diferentes: el modo de circuito virtual, en el cual se encuentra un camino único para los paquetes pero no es dedicado (otros paquetes pueden hacer uso de ese camino) y el modo de datagrama en el cual no se establece ningún camino de antemano, es decir, cada paquete busca su camino. En las figuras No.3 y 4 se muestran estos dos tipos de redes.

En redes de conmutación de paquetes el mensaje

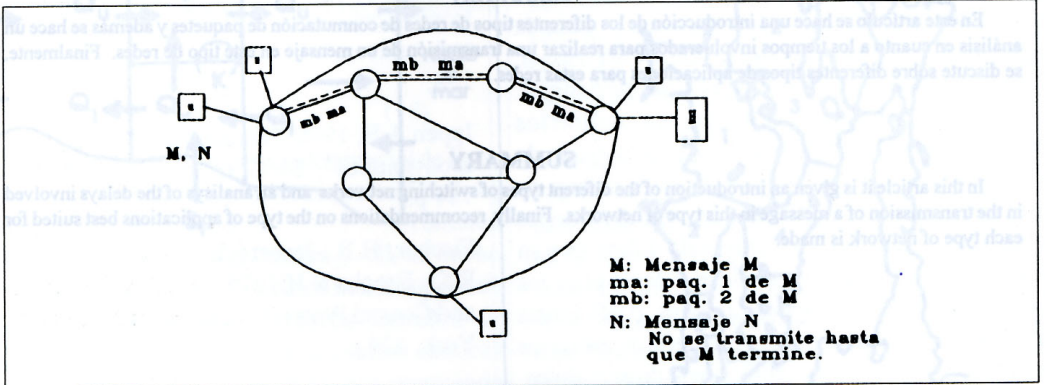


Figura No. 2
 Red de Conmutación de Circuitos

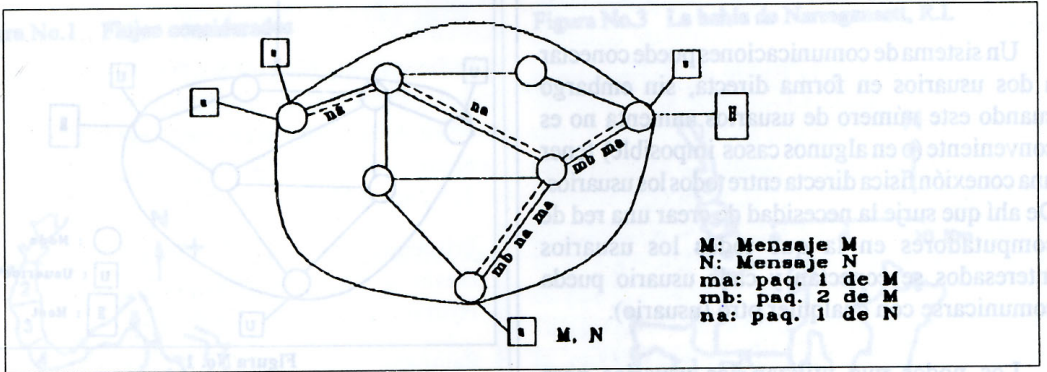


Figura No. 3
 Red de Conmutación de Paquetes (Circuito Virtual)

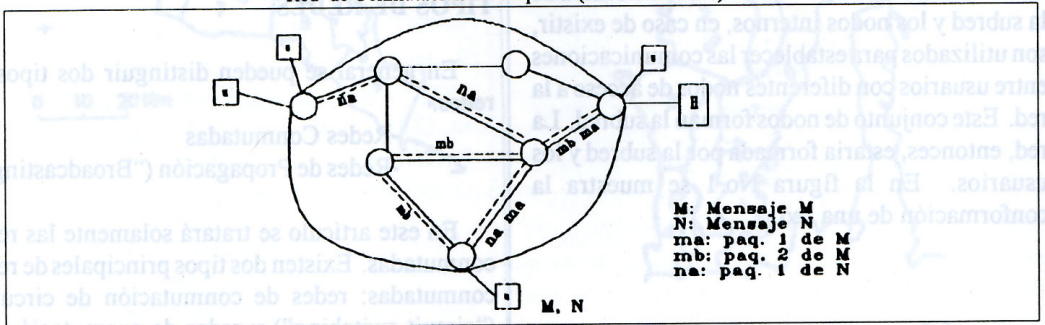


Figura No. 4
 Red de Conmutación de Paquetes (Datagrama)

Debido a que en el caso del circuito virtual el camino no es dedicado y en datagrama no se preestablece un camino, no hay probabilidad de bloqueo. No obstante, si aumenta mucho el tráfico en la red, el tiempo de atención de un paquete en un nodo aumenta (tiempo de cola) y por consiguiente la transmisión tomará mayor tiempo. En síntesis, cuando aumenta el tráfico en la red, una red de conmutación de circuitos presenta el problema de la probabilidad de bloqueo, mientras que la red de conmutación de paquetes presenta el problema de que los mensajes tomarán más tiempo en llegar a su destino.

Las redes mostradas en las figuras No.2, 3 y 4 tienen una forma irregular, sin embargo, se pueden tener redes más estructuradas como redes estrella, o árbol.

RETARDOS DE REDES CONMUTADAS

Los tipos de redes mencionadas anteriormente se utilizan con menor o mayor grado de eficiencia en diferentes tipos de aplicaciones. Es decir, existen aplicaciones que son idóneas para un tipo de red. Se desarrollarán los parámetros de los retardos ocurridos en estas redes antes de discutir sus aplicaciones idóneas.

En redes de conmutación de paquetes cuando se envía un mensaje de un nodo a otro indirectamente (a través de nodos intermedios) el mensaje es recibido completamente en cada nodo intermedio. Ahí es almacenado y se transmite al siguiente nodo cuando sea posible. Este principio es conocido como "Store and Forward" (almacene y envíe). Las redes de conmutación de paquetes también se conocen como redes de "Store and Forward".

A continuación se explicarán los retardos experimentados en las redes de conmutación. En cualquier transmisión siempre existen el tiempo de propagación (T_p), que es el tiempo que tarda una señal para ir de un punto a otro y el tiempo de transmisión del mensaje (Trm o Trp). Se hará el análisis transmitiendo mensajes de M bits y a una velocidad de R bps.

En el caso particular de conmutación de paquetes también existe el tiempo de espera o de cola (T_q) para transmitir un paquete al siguiente nodo. Este tiempo de espera se debe al tiempo de procesamiento del paquete por parte del nodo, para determinar por cual línea de salida debe transmitirlo. Este tiempo puede variar mucho y depende del tráfico que esté pasando por el nodo, ya que por ejemplo, la línea de salida que se necesita puede estar ocupada con la transmisión de un paquete de otra conexión.

CONMUTACION DE CIRCUITOS

En esta red cuando se quiere hacer una llamada se realiza el siguiente procedimiento:

- Indicación de establecimiento de llamada por parte del usuario.
- Establecimiento del camino dedicado durante el tiempo de la llamada entre los diferentes nodos de la subred (T_s).
- Transmisión del mensaje (Trm).
- Indicación de finalización de llamada.

En la figura No.5 se muestra un diagrama de estos tiempos para realizar la transmisión. Se supone además, que se quiere transmitir del nodo A al nodo D a través de los nodos intermedios B y C.

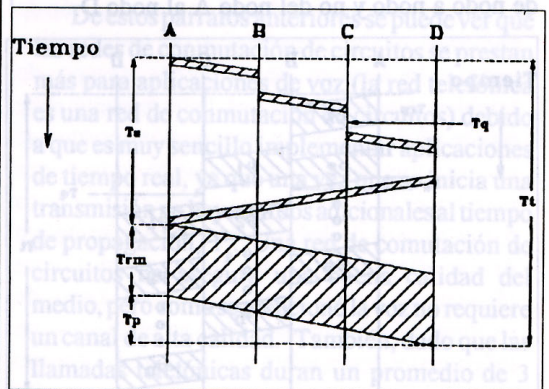


Figura No. 5
 Diagrama de Tiempos
 (Commutación de Circuitos)

CONMUTACION DE PAQUETES MODO CIRCUITO VIRTUAL

En este método cuando se quiere hacer una llamada se realiza el siguiente procedimiento:

- Indicación de establecimiento de llamada por parte del usuario.
- Establecimiento del camino durante el tiempo de la llamada a través de los nodos intermedios de la subred (T_c).
- Transmisión de cada paquete (T_p).
- Indicación de finalización de llamada.

CONMUTACION DE PAQUETES MODO DATAGRAMA

En este método cuando se quiere hacer una llamada se realiza el siguiente procedimiento:

- Indicación de establecimiento de llamada por parte del usuario.
- Transmisión de cada paquete (T_p)
- Indicación de finalización de llamada.

En la figura No.6 se muestra el correspondiente diagrama de tiempos. El diagrama de tiempos de conmutación de paquetes, modo circuito virtual, es una combinación de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, modo datagrama. El tiempo T_p' corresponde al tiempo de propagación de nodo a nodo y no del nodo A al nodo D.

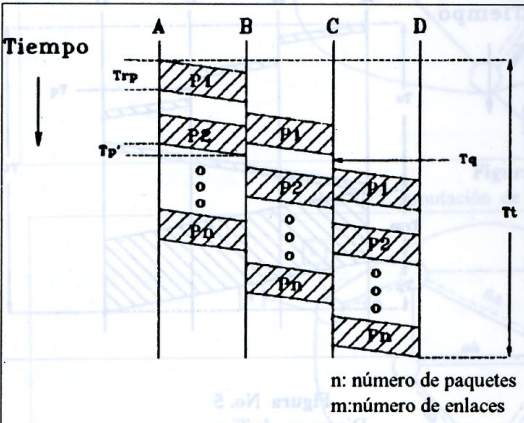


Figura No. 6
Diagrama de tiempos
(Datagrama)

Para calcular el tiempo total de transmisión, y para efectos de comparación de un mensaje en estos tres tipos de redes conmutadas es conveniente hacer la suposición de que las redes no tienen congestión (hay relativamente poco tráfico). Esto facilita el análisis sin perder el punto de vista de la comparación de estas redes.

Entonces, de la figura No.5 el tiempo total (T_t) de la opción de conmutación de circuitos es:

$$T_t = T_c + T_m + T_p \tag{1}$$

$$\text{donde } T_m = M/R \tag{2}$$

entonces,

$$T_t = T_c + M/R + T_p \tag{3}$$

Para la opción de conmutación de paquetes hay que recordar que el mensaje de M bits es dividido en paquetes de L bits, y el número de paquetes necesarios es n , por lo tanto y suponiendo que M es divisible entre L , se tiene que $M = N * L$. La variable m se refiere al número de enlaces necesarios para completar la transmisión, en este ejemplo con cuatro nodos, m sería tres. El tiempo total para el modo datagrama es obtenido de la figura No.6:

$$T_t = m * T_p + (m-1) * T_q + m * T_p' + (n-1) * T_p + (n-1) * T_q \tag{4}$$

debido a que se supone que la red está descongestionada se puede despreciar el tiempo de cola T_q , ya que al haber poco tráfico los paquetes van a tener que esperar poco tiempo. En el caso de redes conmutadas de circuitos no existen tiempos de cola, sin embargo, la suposición de que hay poco tráfico permite concluir que la probabilidad de bloqueo (recibir tono de ocupado) es mínima y no hay que tomarla en cuenta.

Por lo tanto se puede simplificar (4) a:

$$T_t = m * T_p + m * T_p' + (n-1) * T_p \tag{5}$$

reordenando se tiene,

$$T_t = (m-1) * T_p + n * T_p + m * T_p \quad (6)$$

arreglando los datos de (6), sabiendo $m * T_p$, tiende a T_p , y que $n * T_p = M/R$ se llega finalmente a:

$$T_t = (m-1) * T_p + M/R + T_p \quad (7)$$

De forma que si se compara conmutación de circuitos (3) con conmutación de paquetes (7) se deduce que ocurre un mayor retardo en conmutación de circuitos cuando

$$T_c > (m-1) * T_p \quad (8)$$

Los tiempos de T_c son grandes, alrededor de 5 segundos típicamente. Estos tiempos aumentan si la llamada es internacional y cuando se está en horas pico.

Para el caso de conmutación de paquetes en modo circuito virtual, el tiempo total es simplemente:

$$T_t = T_c + (m-1) * T_p + M/R + T_p \quad (9)$$

COMPARACION DE LAS REDES DE CONMUTACION

En realidad no se puede decir que alguna de estas redes sea mejor que otras, más bien, se puede hablar en términos de cuáles aplicaciones tendrán un mejor desempeño. Otra diferencia entre las redes conmutadas de circuitos y paquetes, es que las primeras no realizan métodos de control de errores para el usuario y las segundas si tienen inherentemente un método de control de errores.

Se pueden definir tres tipos principales de aplicaciones que pueden ser manejados en una red:

- voz
- datos interactivos
- datos en masa

La voz es una aplicación de tiempo real, por lo que requiere de un retardo muy pequeño o ninguno entre transmisiones de mensajes o paquetes, es

decir, que una vez que se inicie la transmisión, lo ideal es que ésta sea fluida sin ningún retardo. Sin embargo, la voz permite que la calidad del canal sea regular (tasa de errores de hasta 1 bit erróneo por cada 1.000 bits transmitidos).

La transmisión de datos interactivos requiere que el retardo para iniciar la conexión (T_c) sea pequeño, es decir, que no tome mucho tiempo el poder establecer una conexión, porque el volumen de datos por transmitir es muy poco y se necesita establecer esa conexión muchas veces. A diferencia de la voz, esta aplicación si requiere un canal de muy buena calidad (tasa de errores de al menos 1 bit erróneo por cada 100.000 o 1.000.000 bits transmitidos). Este tipo de aplicación puede ser la consulta a una base de datos de un sistema de reservaciones de una aerolínea o una verificación del estado de una tarjeta de crédito.

La transmisión de datos en masa es una aplicación que requiere alta eficiencia, esto es, que no exista mucho retardo después de empezar la transmisión. También, esta aplicación requiere de un canal de transmisión de muy buena calidad. Aplicaciones de este tipo son: las transferencias de archivos grandes. Esta aplicación, así como la anterior no son aplicaciones de tiempo real.

De estos párrafos anteriores se puede ver que las redes de conmutación de circuitos se prestan más para aplicaciones de voz (la red telefónica es una red de conmutación de circuitos) debido a que es muy sencillo implementar aplicaciones de tiempo real, ya que una vez que se inicia una transmisión no hay retardos adicionales al tiempo de propagación, T_p . Una red de conmutación de circuitos no asegura una buena calidad del medio, pero como se mencionó la voz no requiere un canal de alta calidad. También, dado que las llamadas telefónicas duran un promedio de 3 minutos, el tiempo de establecimiento, T_c , no es significativo.

Para datos interactivos la red ideal sería conmutación de paquetes modo datagrama, ya que el volumen de información es muy pequeño y por lo tanto el tiempo de transmisión (M/R) con respecto al tiempo de establecimiento (T_c)

que existe en las otras dos redes es muy pequeño. También, es conveniente una red de conmutación de paquetes porque ofrece métodos de control de errores que ayudan a mejorar la calidad del canal.

Para datos en masa la situación no es tan clara, una red de conmutación de circuitos ayuda a no tener retardos una vez que empezó la transmisión y el tiempo de establecimiento de la conexión, T_c , se vuelve despreciable si la transferencia de datos está en el orden de minutos u horas. Sin embargo, el usuario podría tener que proveer un método de control de errores para mejorar la calidad del canal. Una desventaja de esta red es que las líneas utilizadas para la transferencia van a ser utilizadas sólo para esta conexión y no se le da oportunidad a otros usuarios. Una red de conmutación de paquetes modo circuito virtual tiene el tiempo de establecimiento que se considera despreciable, pero permite que varios usuarios puedan utilizar la misma línea. El precio de esta característica es que eventualmente se pueden aumentar los tiempos de cola (T_q). Pero debido a que esta aplicación no es de tiempo real, ese retardo extra no perjudica la transferencia.

En esta aplicación, la red de conmutación de paquetes, modo datagrama, no es tan atractiva porque la ventaja de no tener tiempo de establecimiento (T_c) no es determinante y se pierde eficiencia en la transmisión, porque se necesita una cantidad muy grande de paquetes para hacer la transferencia y cada uno de estos paquetes debe de llevar la información completa de las direcciones del destino (se pierde eficiencia). Mientras que en el caso de conmutación de circuitos no se necesita ninguna información extra sobre direcciones del destino y en conmutación de paquetes, modo circuito

virtual, sólo se necesita una información reducida de la información de direcciones del destino porque los nodos intermedios, por medio de tablas internas de direcciones creadas durante el tiempo de establecimiento de conexión, T_c , complementan esa información reducida.

CONCLUSIONES

Se puede observar que estos tipos de redes de conmutación pueden ser eficientes con más de un tipo de aplicación. Sin embargo, en general las redes de conmutación de paquetes tienen la ventaja de que están más orientadas para transmisión de datos por los protocolos de comunicaciones desarrollados para ellas. Es decir, fueron desarrolladas para transmitir datos.

Estas comparaciones son válidas para aplicaciones con accesos conmutados, ya que para accesos dedicados el tiempo de establecimiento de conexión se elimina.

BIBLIOGRAFIA

- 1) McDonald, J.C. "Fundamentals of Digital Switching". Plenum Press, EUA, 1983.
- 2) Monma, C.L., Shing, D.D. "Backbone Network Design and Performance Analysis: A Methodology for Packet Switching Networks". IEEE Journal of Selected Areas in Communications, pg. 946-965, vol SAC-4, setiembre 1986.
- 3) Tanembaun, A. "Computer Networks". Prentice Hall, EUA, 1988.