

ESTUDIO DEL CANAL D Y SUS APLICACIONES EN UNA
RDSI DE BANDA ANGOSTA CON ACCESO BASICO



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

TC
1104
Luz Ele
B. 172
1990
C. 2

ESTUDIO DEL CANAL D Y SUS APLICACIONES EN UNA
RDSI DE BANDA ANGOSTA CON ACCESO BASICO

ANNELISSE BALSELLS CORDERO

Trabajo de investigación presentado para
optar al título de

Ingeniera Electrónica

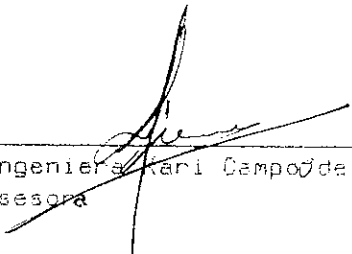
en el grado de

Licenciada

Guatemala

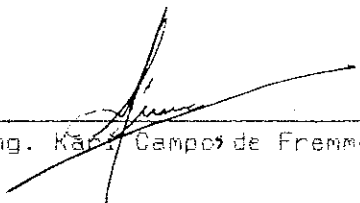
1990

(f)


Ingeniera Kari Campo de Fremme
Asesora

Tribunal:

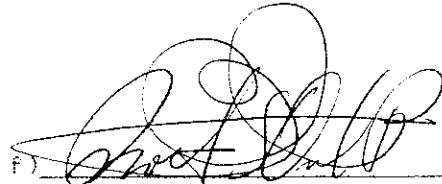
(f)


Ing. Kari Campo de Fremme

(f)


Ing. Roberto Lejada

(f)


Ing. Robert Duke

Fecha de aprobación: 18/10/90

A Dios

A mis padres, por darme el ejemplo de estudiar

A mi esposo, por el apoyo que me ha dado

A mis hermanos, abuelitos y

a mis amigos.

CONTENIDO

	Páginas
I. INTRODUCCION	1
II. DESARROLLO TEORICO	5
A. Transmisión de información por conmutación de paquetes	5
B. Modelo ISA, RDSI de banda angosta y acceso básico	25
1. Modelo ISA	25
2. RDSI de banda angosta y acceso básico	31
C. Definición del canal D y protocolo LAPD	41
1. Definición y características del canal D	41
2. Protocolo LAP-D	41
III. DESARROLLO PRACTICO	61
A. Administración del canal D	61
B. Aplicaciones del canal D	62
C. Modelo de RDSI en Guatemala	65
IV. DISCUSIONES	67
V. CONCLUSIONES	75
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77
APENDICES	79

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

Tabla		Página
II.1.1	Elementos de técnicas de enrutamiento	15
II.1.2	Elementos de técnicas de control de tráfico	21
Gráfica		
II.1.1	Red genérica de conmutación	7
II.1.2	Temporización de eventos para técnicas de conmutación	7
II.1.3	Circuitos virtuales y datagramas externos e internos	11
II.1.4	Tipos de paralización	22
II.2.1.1	Conceptos básicos del modelo ISA	26
II.2.1.2	Modelo de interconexión de sistemas abiertos ISA	26
II.2.2.1	Acceso básico punto a multipunto	33
II.2.2.2	Acceso básico punto a punto	33
II.2.2.3	Acceso velocidad primaria punto a punto	33
II.2.2.4	Bloques funcionales e interfases para un acceso básico	36
II.2.2.5	Configuración del bus pasivo para interfase S	36
II.2.2.5	Formato de trama RDSI para un acceso básico en el punto de referencia S	38
II.2.2.7	Trama de información de capa 2 en el canal 0	39
II.3.2.1	Formatos de trama	57

I. INTRODUCCION

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) es una sola red que provee facilidades universales de comunicaciones entre tipos diferentes de usuario. Una RDSI utiliza un sistema de transmisión común para todos los tipos de tráfico y provee un acceso estándar a la red para todos los diferentes tipos de equipo terminal que debe servir. Terminales existentes pero no compatibles se convierten para soportar el acceso estándar, por medio del uso de adaptadores de terminal (AT), mientras que las terminales diseñadas para la RDSI automáticamente se conforman a ella.

Las ventajas de la RDSI para administraciones de telecomunicaciones y usuarios son numerosas. Una Red Digital de Servicios Integrados es menos costosa que varias redes diferentes. Una red que utiliza el mismo equipo para todos los tipos de tráfico, usa todos los recursos de la red más eficientemente y además representa una reducción global en costos de mantenimiento. También alcanza un objetivo deseable; es capaz de comunicación universal multimodo y ofrece un mejoramiento significativo en la calidad de transmisión, comparada con las redes analógicas presentes. Las razones de transmisión (bit rate) más altas en una RDSI son de particular atractivo para los servicios de transmisión de datos.

Actualmente, las autoridades mundiales de telecomunicaciones proveen una gama de servicios de voz y datos (por ej. teléfono, télex, facsímil, videotexto y otros servicios de transmisión de datos de terminal a

terminal), distribuidos en un número de redes públicas diferentes. Estas redes son especializadas y difieren en las velocidades de transmisión y características, ya que son principalmente dedicadas a un tipo de servicio. Por ejemplo, la red telefónica es primordialmente diseñada para comunicaciones de voz, mientras la red de conmutación de paquetes y conmutación de circuitos son diseñadas para llevar información digital a alta velocidad en formatos relevantes. Además, los servicios de difusión (ej. televisión y videotexto) se proveen separadamente utilizando enlaces UHF terrestres, satelitales y redes de cable. En la actualidad, algunos servicios de datos se proveen en más de una red, es decir, el mismo servicio existe en dos o más redes. Pero el equipo terminal no es el mismo y, en general, un tipo de terminal no se puede comunicar con otro tipo de terminal. Esto se debe a que las características de transmisión se adaptan a las redes que les prestan servicio. Cualquier interfuncionamiento entre diferentes redes se puede lograr usando equipo especializado que convierte (o adapta) una forma de transmisión a otra.

Para el futuro es necesario eliminar este aislamiento entre redes y proveer "sistemas abiertos de interconexión y comunicación", utilizando una Red Digital de Servicios Integrados. Esto implica que, en general, las terminales de información compatibles se puedan comunicar via una sola red, independientemente de cualquier diferencia en parámetros de transmisión, sin importar si el equipo es analógico o digital, razones de transmisión de bits, formatos o protocolos. Las características de transmisión y velocidad de terminales no compatibles son adaptados para conformar el acceso a la RDSI, por medio de adaptadores de terminal

localizados en las premisas del abonado.

El principal alcance de la RDSI es proveer sistemas abiertos de interconexión y comunicación y es el paso siguiente e ineludible en la evolución de las redes mundiales de telecomunicaciones. Se intenta nacionalizar las redes actuales, las cuales se han desarrollado y evolucionado en su mayoría independientemente una de otra, y juntar en una sola red integrada todos los servicios que en la actualidad se ofrecen individualmente en los diferentes tipos de redes públicas.

La RDSI establece esta comunicación abierta proveyendo un juego de servicios portadores. Estos servicios transportan los diferentes tipos de datos a través de la red y son independientes de la aplicación. Como un resultado de esto, grupos diferentes de terminales compatibles pueden intercambiar datos sobre la RDSI utilizando el mismo juego de servicios portadores comunes.

Algunas restricciones obvias que se necesitan aplicar a la comunicación abierta son, por ejemplo, aquellas impuestas intencionalmente por razones de seguridad de información, donde se restringe el acceso a información como cuentas bancarias y aplicaciones similares.

La primera etapa de RDSI va a proveer servicios de "banda angosta" para canales digitales a 64 kbit/s. Luego se planean servicios de RDSI de banda ancha que cubre razones de transmisión de hasta 140 Mbit/s. La RDSI de banda ancha va a proveer servicios de difusión para televisión de alta calidad y otros.

Debido al gran capital invertido en las redes existentes, la RDSI no se puede introducir de la noche a la mañana. Por el contrario, se

hará por fases en un período de algunos años, inicialmente proveyendo una serie de conmutadores RDSI a los que pueden tener acceso la mayoría de suscriptores y redes existentes y adaptar las razones de transmisión y formatos de datos como sea apropiado. Este proceso, finalmente, va a resultar en una red totalmente integrada.

Para alcanzar una RDSI se debe cumplir un número de requisitos. Por ejemplo, las líneas de la red telefónica del suscriptor deben ser convertidas de una operación analógica a una digital y un protocolo común y una estructura de interfase se deben poner en práctica. Estos son requisitos para obtener comunalidad y compatibilidad adecuada entre características de operación de las redes públicas y el equipo terminal que sirven. Estos factores son objeto de acuerdos internacionales formalmente aprobados por varios cuerpos o entidades internacionales de estandarización, tales como ISO, CEPT, CCITT.

La RDSI de banda angosta es una red en la cual el usuario tiene acceso a los canales de 64 kb/s y a un canal de 16 kb/s. El objetivo del presente trabajo es investigar la factibilidad de uso del canal de 16 kb/s (canal D) para fines personales del usuario.

II. DESARROLLO TEORICO

A. Transmisión de información por conmutación de paquetes

Para la información intercambiada entre la RDSI y el suscriptor se han tomado decisiones acerca de la información, del contenido de la señalización y la localización de los diferentes canales de transmisión. Estos canales han sido definidos en términos de sus razones de transmisión de bits y los protocolos que utilizan. Inicialmente, para la RDSI de banda angosta y acceso básico se decidió utilizar dos canales B de 64 kbit/s para llevar información por conmutación de paquetes o por conmutación de circuitos, que podía ser información de voz o no voz y, adicionalmente, un canal D, que es definido, básicamente, como un canal de señalización que transporta información por conmutación de paquetes. Opcionalmente se puede utilizar también para transportar información de usuario de baja velocidad. Este canal emplea un único protocolo de niveles llamado LAP-D (Link Access Protocol on the D-channel) (6).

Definiciones del CCITT:

Paquete: Es un grupo de dígitos binarios incluyendo datos y señales de control de llamada que es conmutado como un todo compuesto. Los datos, señales de control de llamada e información de control de error están arreglados en un formato específico.

Conmutación de Paquetes: Es la transmisión de datos o información por medio de paquetes direccionados, donde un canal de transmisión está ocupado sólo por la duración de transmisión del paquete. El canal está

disponible, después, para ser usado por paquetes transportados entre equipos terminales de datos diferentes (1).

La conmutación por almacenamiento-envío (store and forward) ha existido por décadas en la telegrafía, donde se le denomina conmutación de mensajes. A finales de los '50s se experimentó una nueva conmutación de almacenamiento-envío, llamada conmutación de paquetes (1).

La conmutación de paquetes representa un intento de combinar las ventajas de conmutación de mensajes y conmutación de circuitos y atenuar las desventajas de ambas. En las situaciones en las que hay un volumen de tráfico substancial entre varias estaciones, el objetivo se cumple. La conmutación de paquetes es muy parecida a la conmutación de mensajes. La principal diferencia externa es el largo de las unidades de datos que se pueden presentar a la red. En una red de conmutación de paquetes este largo es limitado. La conmutación de mensajes acomoda mensajes mucho más largos. Del punto de vista de la estación, los mensajes con largo mayor que el máximo deben ser divididos en unidades menores y enviadas una por una. Estas unidades se denominan paquetes. Se definen dos procedimientos comunes para manejar mensajes dentro de una red de conmutación de paquetes (1).

Una estación tiene que enviar un mensaje que es de largo mayor que el tamaño máximo del paquete. Divide el mensaje en paquetes y envía estos paquetes. la pregunta es cómo maneja la red estos paquetes. Existen dos formas : datagrama y circuito virtual.

En datagrama, cada paquete se trata independientemente. Consideremos las implicaciones de esta forma. Notando la figura II.1.1, supongamos que la estación A tiene un mensaje de tres paquetes para enviar a la

FIGURA II.1.1 RED GENERICA DE CONMUTACION

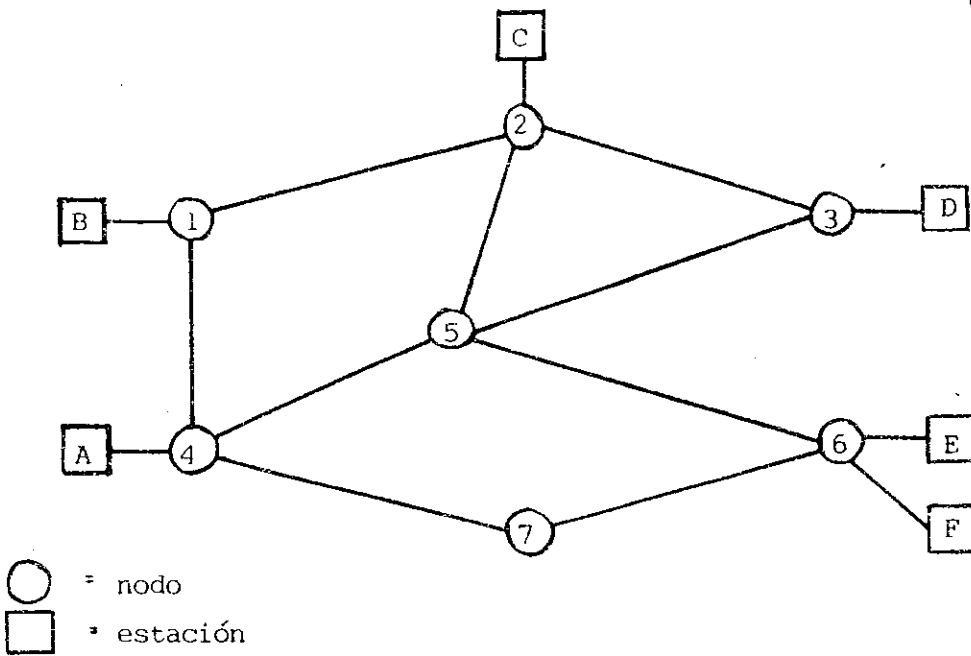
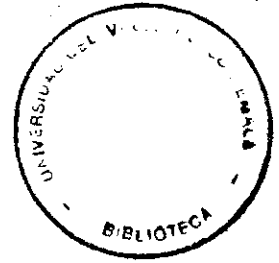
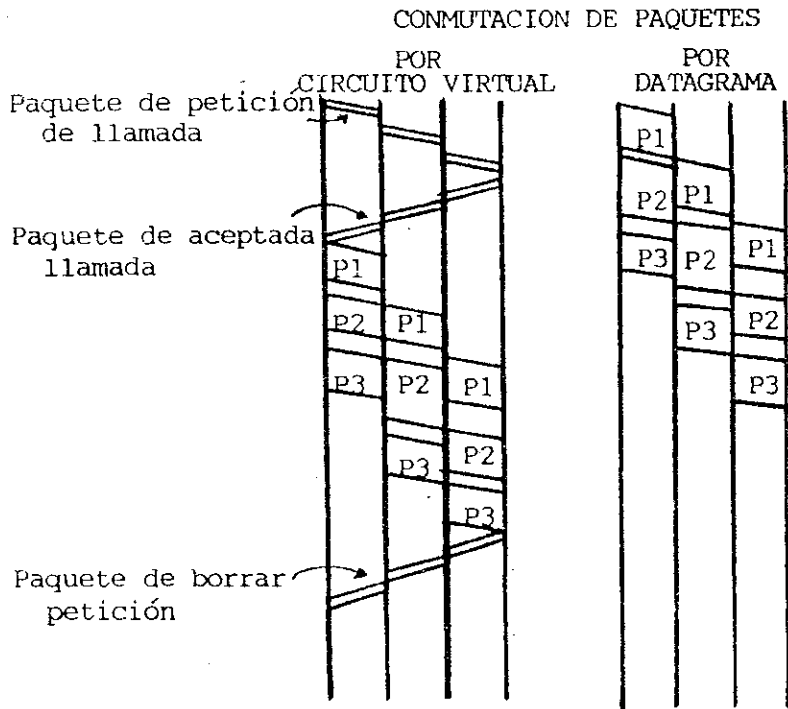


FIGURA II.1.2 TEMPORIZACION DE EVENTOS PARA DOS TECNICAS DE CONMUTACION



estación E. Envía los paquetes en el orden 1,2,3 al nodo 4. El nodo 4 debe hacer una decisión de enrutamiento para cada paquete. Entra el paquete 1 y el nodo 4 determina que la cola de paquetes para el nodo 5 es más corta que para el nodo 7, entonces pone el paquete 1 en la cola del nodo 5. Lo mismo para el paquete 2, pero para el paquete 3 el nodo 4 encuentra que la cola para el nodo 7 es más corta y envía el paquete 3 a esa cola. De tal forma los paquetes con la misma dirección de destino no siguen la misma ruta. Es posible que los paquetes no lleguen a E en el orden en que fueron enviados. Depende de E ver como los reordena. En esta técnica cada paquete se trata independientemente y se llama datagrama.

En el método de circuito virtual se establece una conexión lógica antes de enviar algún paquete. Por ejemplo si se tiene uno o mas paquetes que enviar a E, primero se envía una petición de llamada a 4, pidiendo una conexión con E. El nodo 4 decide enrutar la petición y todos los datos subsiguientes al nodo 5, el cual decide enrutar la petición y los datos al nodo 6 que, finalmente, lleva la petición de llamada a E. Si E esta preparada para aceptar la conexión envía un paquete de aceptación de llamada a 6. Este paquete es pasado a través de los nodos 5 y 4 hasta A. Las estaciones A y E pueden ahora intercambiar datos sobre la conexión lógica o circuito virtual que se ha establecido. Cada paquete contiene, además de datos, un identificador de circuito virtual. Cada nodo, sobre la ruta preestablecida, sabe a donde dirigir esos paquetes y no se requieren más decisiones de enrutamiento. Eventualmente, una de las estaciones termina la conexión con un paquete de "borrar petición". En cualquier momento cualquier estación puede

9

tener más de un circuito virtual a otra estación. La característica principal de la técnica de circuito virtual es que se define y determina una ruta entre estaciones antes de haber transferencia de datos. Hay que notar que esto no significa que existe un camino dedicado como en conmutación de circuitos. La diferencia con datagrama es que el nodo ya no hace decisiones de enrutamiento con cada paquete. Se hace una vez para cada conexión (1),(2), (3), (4),(5).

Si dos estaciones desean intercambiar datos sobre un periodo extendido, el circuito virtual tiene ciertas ventajas. Las estaciones se alivian de funciones innecesarias de procesamiento. Una facilidad de circuito virtual es que puede proveer varios servicios incluyendo secuenciación, control de flujo y control de error.

Secuenciación se refiere al hecho que ya que todos los paquetes siguen la misma ruta, llegan en el orden original. Control de error es un servicio que asegura que no sólo todos los paquetes lleguen en la secuencia apropiada, sino también que los paquetes lleguen correctos. Finalmente, control de flujo es una técnica que asegura que un transmisor no envíe demasiados datos para el receptor.

Una ventaja de datagrama es que se elimina la fase de establecimiento. Por lo tanto, si una estación desea enviar tan sólo unos paquetes, datagrama es más rápido. Otra ventaja de datagrama es que ya que es más primitivo, es más flexible. Por ejemplo, si se desarrolla un congestionamiento en una parte de la red, datagramas que están llegando se pueden enrutar fuera del congestionamiento. Con el uso de circuitos virtuales los paquetes toman una ruta definida y, por lo tanto, es más difícil para la red adaptarse a la congestión. Una tercera

ventaja es que datagrama es más confiable. Con el uso de circuitos virtuales, si un nodo falla todos los circuitos virtuales que pasan por ese nodo se pierden. Con datagrama, si un nodo falla se encuentran rutas alternativas para los paquetes.

Los mecanismos o elementos claves por medio de los cuales las redes de conmutación de paquetes proveen servicios de datagrama y circuito virtual son:

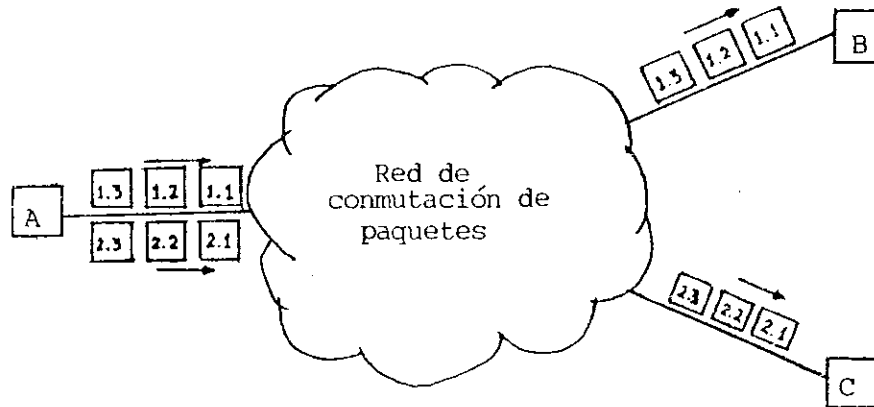
- Enrutamiento: Ya que las estaciones fuente y destino no están conectadas directamente, la red debe enrutar cada paquete de nodo a nodo a través de la red.
- Control de tráfico: La cantidad de tráfico saliendo y transitando la red debe ser regulado para un funcionamiento eficiente, estable y justo.
- Control de error: Inevitablemente algunos paquetes se perderán en la red. Algunas redes ignoran esto, muchas toman medidas para por lo menos aliviar el sufrimiento de las estaciones afectadas (4),(5).

Circuitos Virtuales y Datagramas

Operación Externa e Interna:

Una de las características más importantes de una red de conmutación de paquetes es si usa datagramas o circuitos virtuales. Hay dos niveles o dimensiones de estas características, como se ilustra en la figura II.1.3. En la interfase entre estación y nodo de red, una red puede proveer, ya sea servicio de circuito virtual o datagrama. Con una interfase de circuito virtual el usuario ejecuta la petición de llamada para establecer el circuito virtual y un número de secuencia para

FIGURA II.1.3 CIRCUITOS VIRTUALES Y DATAGRAMAS EXTERNOS E INTERNOS



- a) Circuito virtual externo. Se establece una conexión lógica entre dos estaciones. Los paquetes se etiquetan con el # de circuito virtual y # de secuencia. Los paquetes llegan en secuencia.



- b) Datagrama externo. Cada paquete se transmite independientemente. Los paquetes se etiquetan con la dirección de destino y pueden llegar fuera de secuencia

control de flujo y error. La red trata de llevar los paquetes en secuencia. Con servicio de datagrama la red sólo acepta manejar los paquetes independientemente. Internamente, la red puede establecer un circuito virtual o no. Estas decisiones de diseño externo e interno no necesitan coincidir.

Circuitos Virtuales y Datagramas Externos e Internos:

- Circuito virtual externo, circuito virtual interno: cuando el usuario solicita un circuito virtual y se construye una ruta a través de la red. Todos los paquetes siguen la misma ruta.
- Circuito virtual externo, datagrama interno: la red maneja cada paquete independientemente. Por lo tanto diferentes paquetes para el mismo circuito virtual pueden tomar rutas diferentes. Pero la red antes de entregar los paquetes al destino, los guarda en buffers en el nodo destino y los ordena en secuencia antes de la entrega.
- Datagrama externo, datagrama interno: Cada paquete se trata independientemente por el usuario y la red.
- Datagrama externo, circuito virtual interno: Esta combinación hace poco sentido, ya que se incurre en los costos de la implementación de un circuito virtual y no se obtiene ninguno de los beneficios.

Uno se pregunta como se escogen las técnicas internas y externas. Esto depende del objetivo específico de diseño de la red y van a prevalecer los factores de costo (4),(5).

Enrutamiento

Con redes de conmutación de paquetes, la función de enrutamiento es

más compleja que en las redes de conmutación de circuitos. Las redes de conmutación de paquetes tienden a ser "planas", en vez de jerárquicas, teniendo un número de rutas alternativas entre puntos finales, sin rutas preferenciadas.

Características:

La función primordial de una red de conmutación de paquetes es aceptar paquetes de una estación fuente y entregarlas a una estación destino. Para lograr esto, se debe seleccionar una ruta a través de la red; generalmente es posible más de una ruta y, por lo tanto, se debe ejecutar una función de enrutamiento. Se ha sugerido una serie de atributos para la función de enrutamiento: exactitud, simplicidad, robustez, estabilidad, ecuanimidad, optimidad y eficiencia. Los dos primeros atributos se explican por sí solos. Robustez tiene que ver con la habilidad de la red de entregar paquetes por medio de algunas rutas debido a de fallas y sobrecargas localizadas. Idealmente, una red puede reaccionar ante tales contingencias sin perder paquetes o romper circuitos virtuales. El diseñador que busca robustez debe prestar atención a la estabilidad. Las técnicas que reaccionan ante condiciones cambiantes tienen una desafortunada tendencia, ya sea de reaccionar muy lento ante los eventos o de sufrir variaciones inestables de un extremo a otro. Existe también una contraposición entre ecuanime y óptimo. Algunos criterios pueden favorecer el intercambio de paquetes entre estaciones cercanas, y desfavorecer el intercambio entre estaciones distantes. Esta política puede parecer injusta para la estación que necesita comunicarse con una estación lejana. La tabla II.1.1 presenta los elementos o dimensiones de enrutamiento. Estos elementos no son

completamente ortogonales y puede ser que no comprendan aún todos los aspectos de este complejo problema.

La selección de ruta está basada, generalmente, en un criterio de rendimiento. El criterio más simple es el de escoger la ruta más corta (una que pase a través de menos nodos) a través de la red. Esto resulta en el mínimo número de saltos del paquete (salto= de un nodo a otro). Una generalización de este criterio de la ruta más corta es el criterio del enrutamiento de menor costo. En este caso se asocia un costo a cada enlace y se toma la ruta a través de la red que acumule el mínimo costo. La asignación de costo podría estar relacionada con la capacidad del enlace (i.e. entre más grande la capacidad, menos costo) o con el retardo por colas para usar el nodo (i.e. ruta de menor costo implica un retardo) mínimo.

Las características claves de la decisión de enrutamiento son el tiempo y el lugar de decisión. El tiempo de decisión es ya sea a nivel de paquete o de circuito virtual. Cuando la operación interna de la red es datagrama se hace una decisión por cada paquete. Para operación interna de circuito virtual se hace una decisión en el momento que se establece el circuito. El lugar de decisión también varía entre redes. En algunas, cada nodo tiene la responsabilidad de seleccionar el enlace de salida para enrutar los paquetes que llegan (distribuido). La alternativa principal es que la decisión sea hecha por un nodo central (centralizado). El peligro de esta última alternativa es que la pérdida del nodo central puede bloquear la operación de toda la red. El enrutamiento distribuido es tal vez más complejo pero más robusto. Una alternativa, no usada frecuentemente, es que el nodo originador tome la

Tabla II.1.1

ELEMENTOS DE TECNICAS DE ENRUTAMIENTO

<ul style="list-style-type: none"> - Criterio de rendimiento <ul style="list-style-type: none"> # de saltos costo retardo capacidad de transporte - Tiempo de decisión <ul style="list-style-type: none"> paquete (datagrama) sesión (circuito virtual) - Lugar de decisión <ul style="list-style-type: none"> cada nodo (distribuido) nodo central (centralizado) nodo originador -Fuente de información <ul style="list-style-type: none"> ninguna local nodos adyacentes nodos a lo largo de la ruta todos los nodos 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategias de enrutamiento <ul style="list-style-type: none"> fija por inundación aleatoria adaptativa - Tiempo de actualización de enrutamiento adaptativo <ul style="list-style-type: none"> continuo periodico cambio mayor de carga cambio de topología
---	---

decisión. Hay que notar que el tiempo y el lugar de decisión son independientes.

El siguiente elemento de enrutamiento es la fuente de información de red. Depende del criterio de rendimiento, lugar de decisión y estrategia de enrutamiento. La información referida es la información acerca de la topología de la red, carga de tráfico y costos. Hay redes que no usan para nada información y logran llevar paquetes. Inundación (flooding), y otras estrategias aleatorias están en esta categoría. Con el enrutamiento distribuido el nodo puede hacer uso,

solamente, de la información local, tal como el costo para cada enlace de salida o el tamaño de la cola para cada enlace de salida. Finalmente hay algoritmos que permiten a los nodos obtener información de todos los nodos sobre las rutas de interés potencial. Con enrutamiento centralizado, el nodo central debe usar información obtenida de todos los nodos.

Como se puede ver, entre más información sea utilizada, la red podrá tomar mejores decisiones de enrutamiento. Por otro lado, la transmisión de esa información consume recursos de la red.

Un concepto también relacionado es el tiempo de actualización de información. Es una función de la fuente de información y de la estrategia de enrutamiento. Obviamente si no se usa información, no hay actualización. Si la única fuente de información es local, la actualización es continua. Para las otras categorías de fuente de información, el tiempo de actualización es una función de la estrategia de enrutamiento. Para una estrategia fija, la información nunca se actualiza, excepto cuando hay un cambio en la topología. Para una estrategia adaptativa, el tiempo de actualización es expresado en un tiempo adaptativo de actualización. Nuevamente se espera que al aumentar la frecuencia de actualización, mejoren las decisiones pero a expensas de un incremento en encabezamientos.

Estrategias de Enrutamiento:

- Enrutamiento fijo. Una de las estrategias de enrutamiento más simples es la fija. En este caso se escoge una ruta para cada par de nodos fuente-destino de la red. No usa ningún algoritmo. Las rutas están fijas o solamente cambian cuando cambia la topología de la red. Por lo tanto,

al diseñar rutas por costos no se puede basar en ninguna variable dinámica, tal como tráfico. Pero podría estar basado en costos o tráfico esperados. Con enrutamiento fijo no hay diferencia entre datagrama y circuito virtual. La ventaja de esta forma es la simplicidad, y debiera trabajar bien en una red con carga constante. Su desventaja es la carencia de flexibilidad. No reacciona a congestiones o fallas.

- Enrutamiento por Inundación (Flooding): Esta es otra técnica simple que no requiere información de red, en absoluto. Un paquete se envía de un nodo fuente a cada uno de sus nodos vecinos. En cada nodo, el paquete entrante es retransmitido a todos los enlaces de salida, excepto por el que llegó. Eventualmente un número de copias llegará al nodo destino. El paquete debe tener un identificador único (nodo fuente, # de secuencia; o # de circuito virtual, # de secuencia) para que el nodo destino pueda descartar todas las copias, excepto la primera. Es claro que, a menos que se haga algo para parar la incesante retransmisión de paquetes, el número de paquetes en circulación de una sola fuente, crece sin límite. Una forma de prevenir esto es que cada nodo recuerde el identificador de aquellos paquetes que ya transmitió, y cuando lleguen copias duplicadas del paquete puedan ser descartadas. Una técnica más simple es incluir en el paquete un campo de cuenta de saltos. La cuenta se puede poner originalmente a un valor máximo (como "diámetro" de la red). Cada vez que el paquete pasa por un nodo, se disminuye la cuenta en uno, y cuando la cuenta llega a cero, el paquete se descarta.

La técnica por inundación tiene dos propiedades interesantes:

* Se intentan todas las posibles rutas entre fuente y destino, por lo que no importa el nodo o enlace que falle, arribará un paquete, siempre

y cuando, por lo menos, exista una ruta entre fuente y destino.

* Todas las rutas son probadas, por lo menos una copia del paquete arribará al destino, usando la ruta de menos saltos.

Por la primera propiedad, la técnica de inundación es muy robusta y podría ser utilizada para enviar mensajes de alta prioridad en redes que están sujetas a daños extensivos. Por la segunda propiedad se podría usar inicialmente esta técnica para determinar la ruta para un circuito virtual. Por otro lado, la desventaja principal es la carga total de tráfico generada.

- Enrutamiento Aleatorio. Este enrutamiento tiene la robustez y simplicidad de "flooding", pero con mucho menos carga de tráfico. Con el enrutamiento aleatorio, un nodo selecciona sólo un camino de salida para retransmitir el paquete que arribó. El camino de salida se escoge en forma aleatoria, generalmente excluyendo el enlace por el que llegó. Como en "flooding" el enrutamiento aleatorio no requiere de información de red y la ruta que se tome no será la de menor costo o menos saltos. Con esta técnica la distribución de tráfico debería ser buena, pero la red debe transportar más que la carga de tráfico óptima. Por lo impredecible del tiempo de entrega de paquetes y el incremento de carga de tráfico, esta técnica no es usada comúnmente.

- Enrutamiento Adaptativo. Las estrategias discutidas anteriormente no reaccionan a condiciones cambiantes en la red. Esta característica no es necesariamente mala. Notemos las siguientes características de la estrategia adaptativa:

* La decisión de enrutamiento es más compleja, por lo que el procesamiento en la red se incrementa.

* En muchos casos las estrategias adaptativas dependen de información de estado, que es recolectada en un lugar, pero usada en otro, por lo que el tráfico en la red se incrementa.

* Una estrategia adaptativa puede reaccionar muy rápido causando congestiones, produciendo oscilaciones; o muy lenta, siendo irrelevante.

A pesar de todos estos peligros reales, las estrategias de enrutamiento adaptativo son las más prevalentes, por dos razones:

- * puede mejorar el rendimiento del punto de vista del usuario
- * puede ayudar al control de tráfico

Estas estrategias se pueden caracterizar por el hecho que se pueden adaptar a las condiciones cambiantes y otros factores. Los elementos que sirven más para diferenciar las distintas estrategias son: lugar de decisión y la fuente de información de red. Basados en esos dos parámetros casi todas las estrategias están basadas en una combinación de las siguientes categorías:

- * Adaptativa aislada: información local, control distribuido
- * Adaptativa distribuida: información de nodos adyacentes, control distribuido
- * Adaptativa central: información de todos los nodos, control central.

La adaptativa aislada no se usa generalmente porque hace poco sentido usar información local. Comúnmente se encuentran las otras dos estrategias (4),(5).

Control de Tráfico

Al igual que el enrutamiento, el concepto de control de tráfico es complejo en una red de conmutación de paquetes. Se debe mencionar

antes dos puntos. Control de tráfico como se usa aquí, trata con el control del número de paquetes entrando y usando la red. Está intencionado para prevenir que la red se convierta en un cuello de botella y para usarla eficientemente. No sirve directamente al usuario final (i.e. las estaciones conectadas a la red), pero éste sí necesita un control de flujo de extremo a extremo, que es proveído a un nivel más alto. Segundo, hay que notar que muchas técnicas de enrutamiento adaptativo tratan de balancear el tráfico en la red. Esto no es control de tráfico en sí y no se puede sustituir por control de tráfico.

Tipos de Control de Tráfico:

La tabla II.1.2 resume los elementos claves o características del control de tráfico en una red de conmutación de paquetes. Los mecanismos de control de tráfico son de tres tipos, cada uno con objetivos diferentes. El control de flujo es para regular el flujo de datos entre dos puntos, también se puede usar entre dos puntos conectados indirectamente, tal como dos nodos en una red de conmutación de paquetes que son puntos finales de un circuito virtual. El propósito básico del control de flujo es permitir al receptor controlar la velocidad a la que recibe información.

Otro tipo diferente de control de tráfico es el control de congestión. El objetivo es mantener el número de paquetes en la red o parte de la red, bajo un nivel en el que los atrasos por colas "estallan". En esencia, una red de conmutación de paquetes es una red de colas. En cada nodo hay una cola de paquetes para cada canal de salida. Si la velocidad a la que llegan los paquetes y hacen cola, se

Tabla II.1.2

ELEMENTOS DE TÉCNICAS DE CONTROL DE TRAFICO

Tipo	Nivel
control de flujo	salto
control de congestión	acceso a red
evasión de paralización	entrada a salida

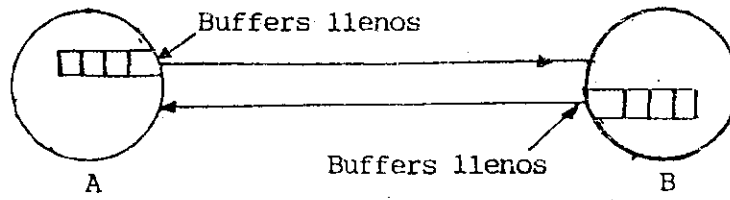
Campo
paquete (datagrama)
chorro (circuito virtual)

acerca o excede a la velocidad con que los paquetes son retransmitidos, la cola crece sin límite y el tiempo de atraso se hace infinito. El propósito del control de congestión es evadir estos eventos catastróficos, i.e. limitar el largo de las colas en los nodos para evitar colapsos de tráfico.

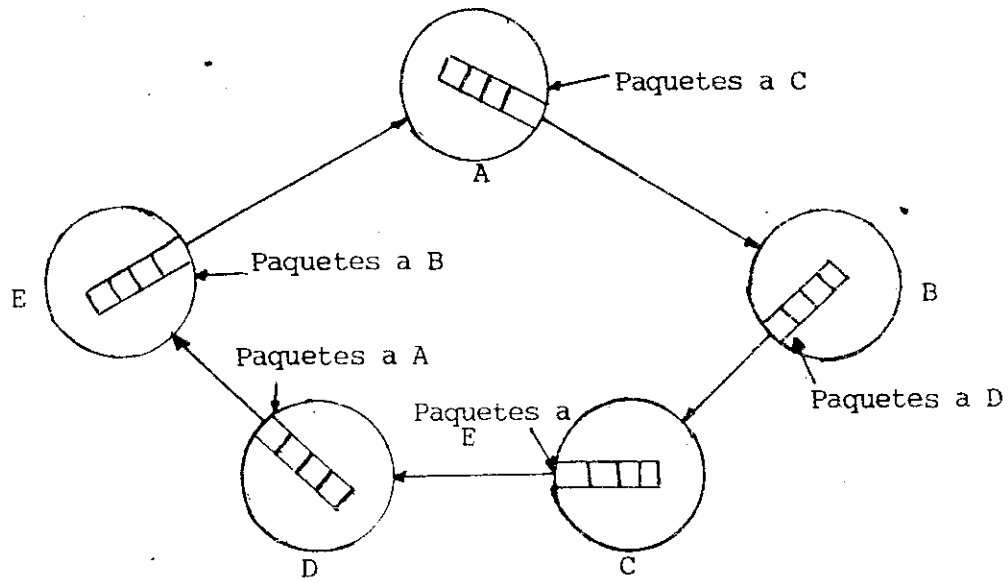
Un problema igualmente serio es la paralización (deadlock), una condición en la que una serie de nodos no son capaces de enviar paquetes porque no tienen buffers disponibles. Esto puede suceder aún cuando no existe una carga pesada. Las técnicas de evasión de paralización son usadas para diseñar la red de tal forma que no ocurra una paralización. A continuación se presentan tres tipos de paralización a que pueden estar sujetas las redes de conmutación de paquetes:

- Paralización de almacenamiento-envío. La fig II.1.4(a) muestra esta situación. El espacio de buffers de A está lleno con paquetes para B, y lo inverso para B; ninguno de los nodos puede aceptar ni recibir más

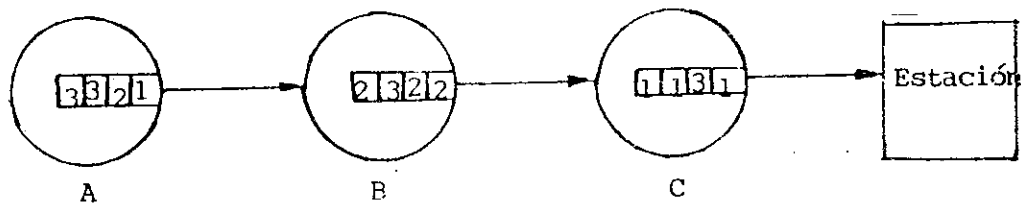
FIGURA II.1.4 TIPOS DE PARALIZACION



a) Paralización directa de almacenamiento-envío



b) Paralización indirecta de almacenamiento-envío



c) Paralización de reensamble

paquetes porque sus buffers están llenos. La paralización de almacenamiento-envío puede ser prevenido no permitiendo que todos los buffers estén dedicados a un solo enlace.

- Paralización indirecta de almacenamiento-envío ilustrado en la fig II.1.4(b). En cada nodo, la cola al nodo adyacente en una dirección está llena con paquetes para el siguiente nodo.

- Paralización de reensamble. La figura II.1.4(c) muestra la situación en la cual el nodo C tiene tres o cuatro paquetes del mensaje 1, y uno del mensaje 3. Todos sus buffers están llenos y no puede aceptar más paquetes, pero como no tiene mensajes completos no los puede reensamblar y enviar.

Técnicas:

Las técnicas de control de tráfico se pueden categorizar por su campo de aplicación. Las técnicas de paquetes tienen que ver con controlar el flujo de paquetes individuales (permitido en una red de datagrama y a veces usado en una red de circuito virtual). Las técnicas de chorro tienen que ver con controlar el torrente de paquetes a través del circuito virtual. Una tercera dimensión del control de tráfico es el nivel al que se aplica. El nivel de salto tiene que ver con controlar dos nodos adyacentes, control de congestión y paralización. Finalmente, el control de entrada a salida tiene que ver con el control de flujo de paquetes entre dos puntos finales (4),(5).

Control de Error

Requerimientos: Una función final de una red de conmutación de paquetes

es el control de error. Puede suscitarse una serie de errores que resultan en la pérdida de paquetes en la red:

- se puede descartar un paquete por ayudar al control de tráfico
- falla de un enlace
- falla de un nodo y
- falla de la estación destino

Las últimas tres contingencias son manejadas parcialmente por mecanismos de control de enlace de datos entre nodos o entre nodo-estación. Pero aún esto no es suficiente para asegurar que los paquetes pasen a través de la red. Idealmente no se pierden paquetes por congestionamientos o fallas. En relación a esto se deben poner ciertos requisitos en la red en orden de dificultad:

1. Si un enlace o nodo falla, la red puede enrutar los paquetes subsecuentes alrededor de la falla.
2. Si un enlace o nodo falla, todos los circuitos virtuales que pasan por la falla son reconstruidos automáticamente. Se pueden perder algunos paquetes y la estación es responsable de resolver eso.
3. Si un enlace o nodo falla todos los circuitos virtuales se reconstruyen automáticamente, y los paquetes son recobrados por la red, no la estación.
4. Ningún paquete es perdido en una red datagrama.

Casi todas las redes satisfacen el requisito 1. La mayoría de la redes de circuito virtual satisfacen el 2, y algunas el requisito 3. Ninguna red satisface aún el requisito 4 (4),(5).

B. Modelo ISA, RDSI de banda angosta y acceso básico

1. Modelo de interconexión de sistemas abiertos "ISA"

La RDSI se ha modelado tomando en consideración los principios de la arquitectura de Interconexión de Sistemas Abiertos ISA, definidos por la Organización Internacional para la Estandarización ISO y el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico CCITT (Recomendación X.200) (6).

En el análisis de un sistema de interconexión se utiliza, habitualmente, una estructuración según una jerarquía de niveles o estratos. ISO ha adoptado esta solución en su modelo de referencia. En la figura II.2.1.1 aparecen los elementos constitutivos de dicha jerarquía (7).

El sistema de interconexión está formado por un conjunto de entes situados a diferentes niveles estructurales, denominados, igualmente, estratos, niveles o capas (7). Cada nivel, con excepción de la capa superior, provee servicios a la capa de arriba. Un servicio es una capacidad de la capa-(N) que es proveída a los entes (N+1). Es importante notar que no todas las funciones realizadas en la capa-(N) proveen servicios. Una función-(N) es parte de la actividad de un ente-(N). Las funciones-(N) soportan directamente los servicios-(N). Solamente aquellas funciones-(N) cuyo comportamiento es visible desde la capa de arriba, soportan servicios-(N) (5). Los servicios-(N) se ofrecen a los entes-(N+1) en los puntos de acceso al servicio (N) o PAS-(N), que representan una interfase lógica entre entes-(N) y entes-(N+1). Un ente-(N+1) se comunica con un ente-(N) del mismo sistema a través de los PAS-(N). Un PAS-(N) puede ser servido por un solo ente-(N) y usado

FIG. II.2.1.1 CONCEPTOS BASICOS DEL MODELO ISA

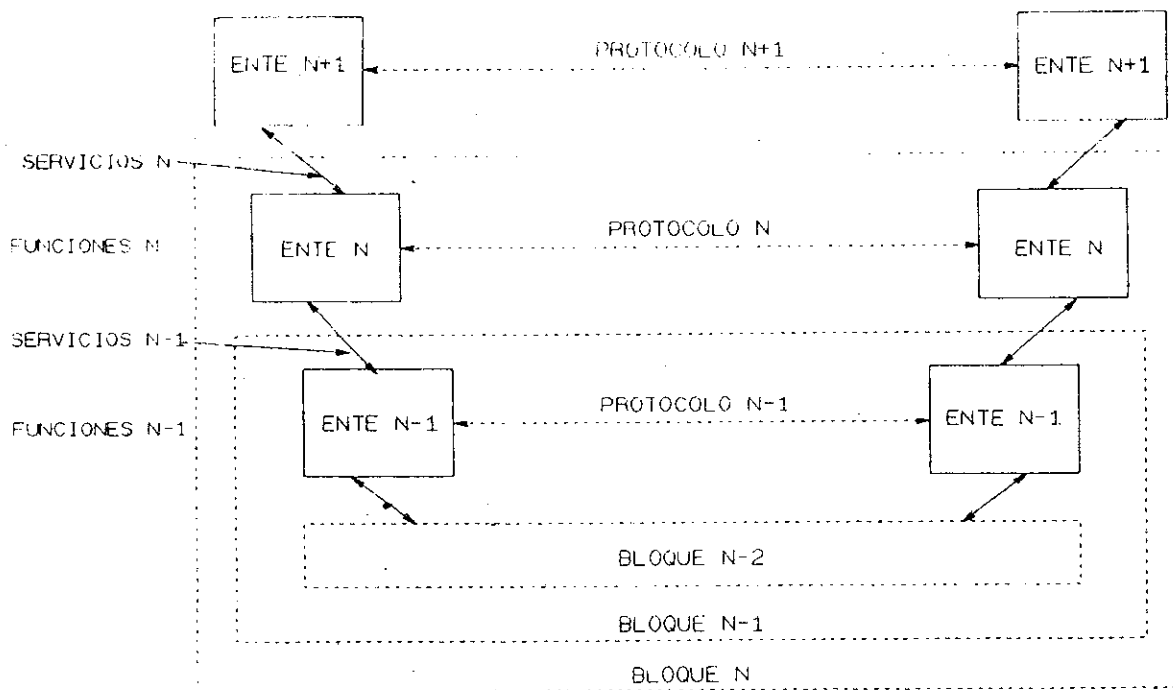
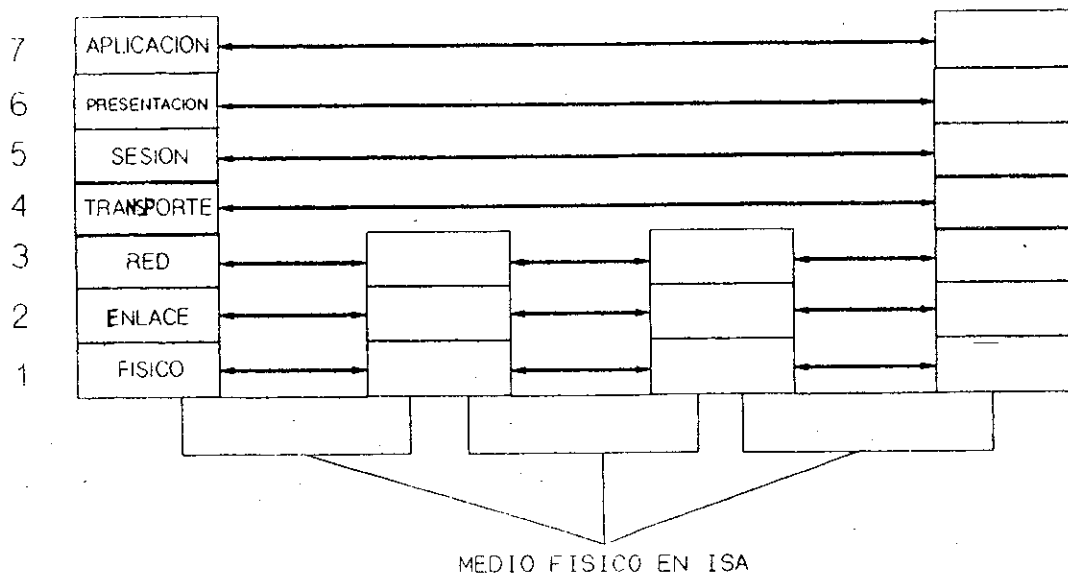


FIG. II.2.1.2 MODELO DE INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS ISA

NIVEL



sólo por un ente-(N+1), pero un ente-(N) puede servir a varios PAS-(N) y un ente-(N+1) puede utilizar varios PAS-(N). Un PAS-(N) es localizado por su dirección-PAS-(N).

El ISA especifica los servicios de una capa en términos de primitivas abstractas de servicio. Estas primitivas de servicio se definen utilizando la forma de llamada a un procedimiento. El servicio define una interfase abstracta, el ISA sólo define primitivas y parámetros que son requeridos para la operación del protocolo en la capa. Existen cuatro tipos de primitivas de servicio definidas para la operación de conexión: petición, indicación, respuesta y confirmación (5).

Los entes de un determinado nivel (N) cooperan entre sí de acuerdo a un determinado protocolo-(N) (7). Un protocolo-(N) es un juego de reglas y formatos que gobiernan la comunicación entre entidades-(N) (5).

La estructura de estos niveles inferiores es desconocida para el nivel-(N), el cual, nuevamente, tiene en cuenta los servicios proporcionados, y por lo que se ha denominado bloque-(N-1). Los entes de un nivel-(N) realizan determinadas funciones-(N), utilizando los servicios de los entes del nivel-(N-1) y proporcionando a su vez servicios a los entes del nivel-(N+1) (7).

Para permitir que los procesos de aplicación inicien, mantengan y terminen una comunicación, los entes-(N) en el sistema iniciador deben ser capaces de referirse a los nombres de los entes-(N) con que necesita comunicarse. Los entes-(N) utilizan la dirección del punto de acceso de servicio (PAS) para denominar estos entes. La arquitectura ISA define identificadores para los entes, puntos de acceso de servicio y

conexiones, como también las relaciones entre estos identificadores. Cada ente-(N) se identifica con un título global, que es único e identifica el mismo ente-(N) en cualquier lugar de la red de sistemas abiertos. Dentro de dominios más limitados, un ente-(N) se puede identificar con un título local que identifica al ente-(N) sólo en ese dominio. Por ejemplo, dentro del dominio que corresponde a una capa-(N), los entes-(N) son identificados con títulos globales-(N), que son únicos dentro de esa capa (5).

Como resultado de todo lo anterior, ISO elaboró un modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos, estructurado en siete niveles, como se ve en la figura II.2.1.2. A continuación se da una descripción del contenido funcional de cada nivel:

Nivel 7, NIVEL DE APLICACION: Este es el nivel superior, el cual tiene contacto directamente con los programas del usuario que soporta. Ejemplos de funciones incluidas en este nivel son el soporte de bases de datos distribuidas, soporte de sistemas de cómputo y operativos distribuidos. El término distribuido se refiere a múltiples facilidades de usuario comunicándose a través de la red (5),(6),(7),(8).

Nivel 6, NIVEL DE PRESENTACION: Este nivel gobierna las reglas acerca de como se representará la información (o formato) para intercambiarse en un lenguaje común. Esto permite la comunicación entre sistemas similares que escogen la sintaxis más eficiente; mientras que permite a sistemas disímiles negociar una sintaxis que ambos puedan entender (5). Ejemplos de funciones que se encuentran en este nivel son: transformaciones criptográficas, compresión de texto, transferencia de archivos y manejo de terminal (5),(6),(7),(8).

Nivel 5, NIVEL DE SESION: Este nivel define funciones requeridas para iniciar o abrir una sesión de comunicación, intercambio de la información en una forma ordenada y la finalización de la sesión. Ejemplos de funciones en este nivel son identificación del originador de la llamada, enganchamiento en el extremo remoto de la red, y hacer las conexiones para los niveles 6 y 7 exentos de interrupciones. Para la conmutación de paquetes, una función potencial del nivel 5 o 6 es separar en paquetes la información a enviarse y reensamblar los paquetes en bloques completos de datos en el otro extremo (5),(6),(7),(8).

Nivel 4, NIVEL DE TRANSPORTE: Este nivel ejecuta las funciones que establecen una conexión terminal-terminal exenta de errores de un usuario a otro. Define las conexiones lógicas a través de la red, en términos de las direcciones originadora y destino de los dos extremos (opuesto a las conexiones físicas ejecutadas por el nivel 3). Una sola conexión de transporte pueda incluir varias secuencias de establecimiento físico de llamada (conexiones de red de nivel 3), como por ejemplo en el caso de conmutación de paquetes. Las funciones del nivel 4 conciernen con aspectos de la administración y supervisión del establecimiento de la llamada, en vez de las conexiones físicas a través de la red. También incluyen procedimientos de revisión y corrección de errores extremo a extremo (5),(6),(7),(8).

Nivel 3, NIVEL DE RED: Este nivel define de qué forma se ensambla el camino de comunicación, a partir de una serie de enlaces protegidos de error. El nivel 3 incluye el protocolo de señalización de red que determina las rutas a tomar, a través de la red, por la información a enviarse de un ente a otro. Esta capa sólo debe interesarse con la

capacidad del servicio y sus costos, no se interese en si se va utilizar fibra óptica u otros (5),(6),(7),(8).

Nivel 2, NIVEL DE ENLACE: Este nivel define las funciones necesarias para proteger de errores cada enlace que forma parte del camino de transmisión. Cada enlace, de nodo a nodo del camino, detecta y corrige errores usando técnicas tales como procedimientos HDLC (High Level Data Link Control). HDLC usualmente se implementa en firmware y hardware, y organiza la transmisión de información en tramas de información de formato estándar. Ejecuta funciones, tales como inserciones de ceros después de cinco unos consecutivos para evitar la simulación de una bandera de inicio o fin en la trama de información. También utiliza técnicas de revisión ciclica de redundancia (CRC, Cyclic Redundancy Check), y provee control de flujo y retransmisiones (5),(6),(7),(8).

Nivel 1, NIVEL FISICO: Determina las características físicas de transmisión en un enlace nodo a nodo, por ejemplo, son voltaje y convenciones de señalización como V.24, V.21, pero no incluye el medio físico para la transmisión (ej. el par de alambres). Por lo tanto, provee las características básicas de transmisión para enviar una gran cantidad de información vía el medio físico de transmisión. Las facilidades de protección de errores son implementadas en el nivel 2 y superiores. Los niveles 1 a 3 constituyen los servicios portadores para transportar la información (5),(6),(7),(8).

Los niveles 1 a 4 del modelo ISA se denominan bloque o protocolos de transporte que gobiernan el transporte seguro de información por la red de un extremo a otro (i.e. usuario a usuario). Los niveles 5 a 7 se llaman protocolos de aplicación y son los protocolos que gobiernan el

intercambio de información entre dos terminales en los extremos. Dentro de la red, el reparto físico de la información a lo largo del camino es controlado por los servicios portadores que comprenden los protocolos hasta el nivel 3 (bloque de red) (5).

Es de particular importancia reconocer que un juego de niveles envueltos en una transacción puede ser diferente para la fase de señalización y la fase de intercambio de información. En el caso de conmutación de paquetes, los niveles 1, 2 y 3 están envueltos. Durante el intercambio de información de usuario el número de niveles envueltos dependerá del tipo de llamada (6).

2. RDSI de banda angosta y acceso básico

Con el fin de cumplir los primeros objetivos de la RDSI, se impuso una restricción técnica de diseño. La restricción limita la razón de transmisión en la interfase usuario-red a 2Mbit/s, de aquí viene el nombre RDSI de "banda angosta". Posteriormente, la RDSI ofrecerá razones de transmisión mucho más altas, como las necesarias para servicios de comunicación de video y transferencia rápida de grandes archivos, esta es la RDSI de "banda ancha". Esta diferencia basada en razones de transmisión es derivada de consideraciones técnicas y económicas. No es posible transmitir a razones arriba de 2 Mbit/s en el medio de cobre existente en las líneas de red del abonado, hoy en día. Para eso es necesario mejorar el medio de transmisión y hacer uso de fibras ópticas. La instalación universal de este nuevo medio requiere una inversión considerable. De hecho, los alambres de cobre en la

parte local de la red telefónica representa más del 40% del total de la inversión. La introducción de fibra óptica deberá ser progresiva.

Se debe tener cuidado de no decepcionarse por la naturaleza aparentemente restrictiva que implica el término "banda angosta". Los servicios potenciales que ofrece dando y combinando datos, voz e imágenes estáticas o poco animadas son considerables y adecuados para un gran número de requerimientos de comunicaciones.

Hay dos tipos de acceso definidos por el CCITT para RDSI de Banda Angosta. Un Acceso Básico (AB) para suscripciones convencionales y un Acceso de Velocidad Primaria (Primary Rate Access, PRA) para suscriptores con un volumen grande de tráfico, como PABXs digitales, redes locales y proveedores de bases de datos.

Un acceso básico localiza dos canales B de 64 kbit/s de información y un canal D de 16 kbit/s para señalización y transmisión de información de baja velocidad. Esto provee un total de información útil y razón de transmisión de 144 kbit/s a través de los 3 canales por abonado. Si, además, se añade a la información bits de control, sincronización y temporización, se provee un total de 192 kbit/s en la interfase del abonado con la red. El acceso básico, usualmente, se refiere a una configuración de abonado multipunto, donde un número de terminales de abonado se conectan a la línea del abonado en un arreglo de bus o estrella, es decir el intercambio al enlace de abonado es un acceso punto a multipunto como se muestra en la figura II.2.2.1. Igualmente, un acceso básico se puede referir a una configuración punto a punto, donde sólo una terminal como un PABX se conecta al conmutador, como se muestra en la figura II.2.2.2. El PABX puede usar un grupo de

FIG. II.2.2.1 ACCESO BASICO PUNTO A MULTIPUNTO

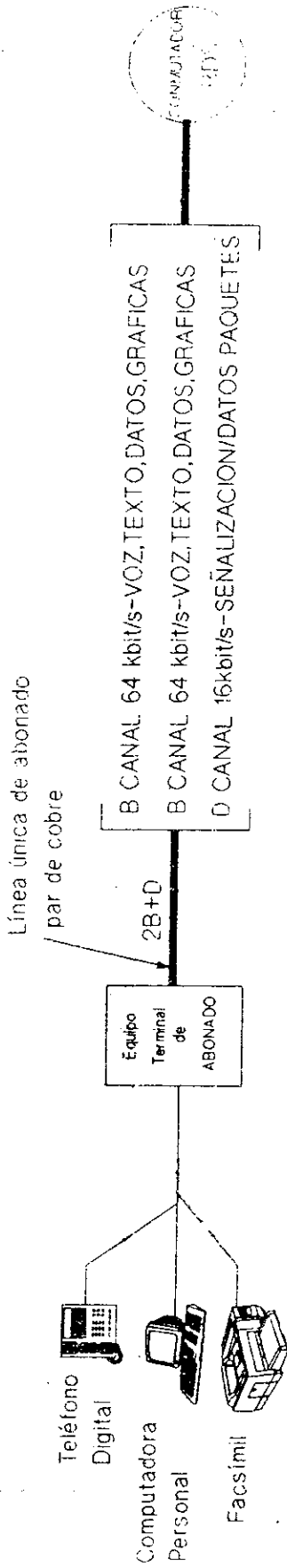


FIG. II.2.2.2 ACCESO BASICO PUNTO A PUNTO

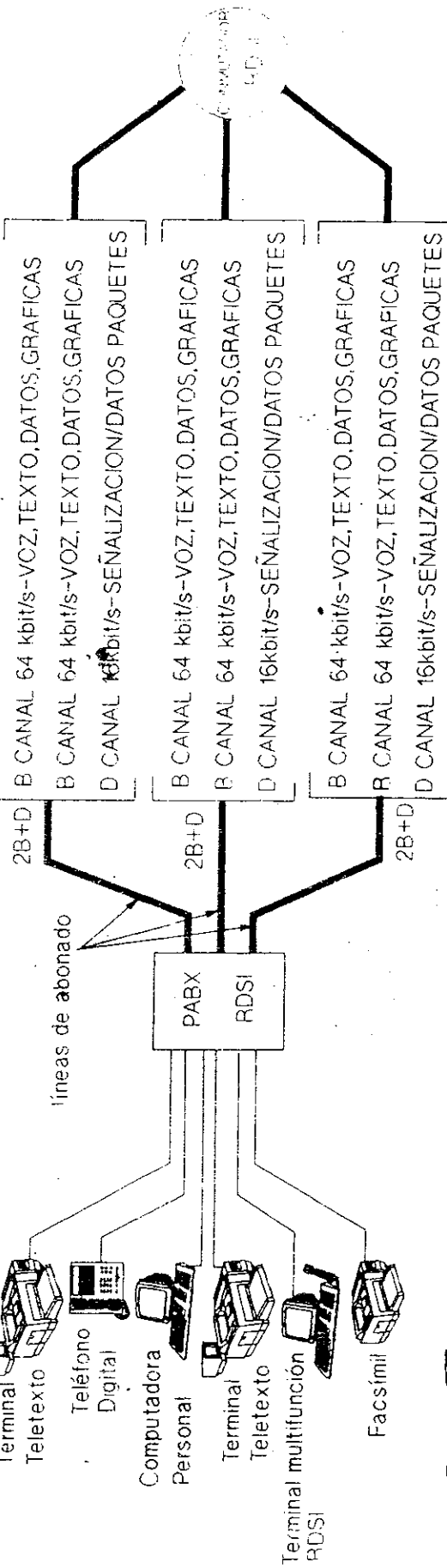
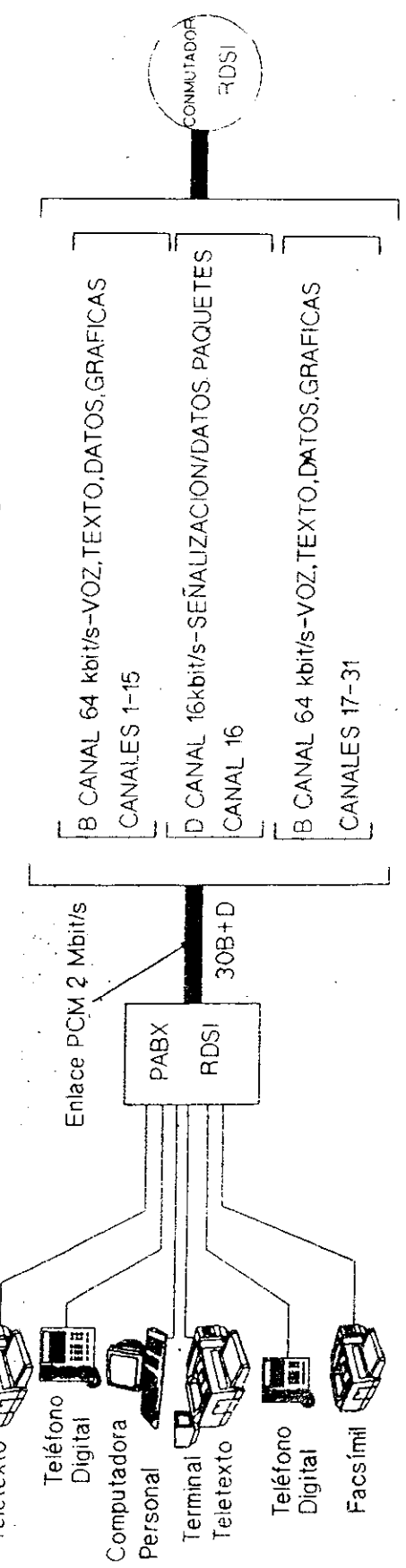


FIG. II.2.2.3 ACCESO VELOCIDAD PRIMARIA PUNTO A PUNTO



líneas (cada una con acceso básico) para tener acceso al conmutador de la RDSI (6).

El Acceso de Velocidad Primaria se refiere únicamente a la configuración punto a punto del conmutador de la RDSI con un solo gran abonado, tal como es un PBX digital, como se muestra en la figura II.2.2.3. Un PRA comprende 30 (o 23 canales en USA y Japón) canales B de 64 kbit/s de información y un canal D de 64 kbit/s de señalización. En Europa se utilizan 30 canales B y Suecia adopta este sistema. El PRA provee un total de información utilizable y razón de transmisión de 1920 kbit/s (o 1536 kbit/s) a través de los 31 (o 24) canales (6). En las premisas de un abonado con acceso básico existe una variedad de tipos de equipo terminal que requieren acceso a la RDSI. Al inicio de una red RDSI, pocas de estas terminales habrán sido diseñadas para trabajar con una RDSI, por esto requerirá una forma de adaptador de terminal para convertir la interfase y las características de transmisión de las terminales a las del acceso básico a la RDSI. Esto comprende adecuar las razones de transmisión de bits a operación de 64 kbit/s en el canal B (con conversión análoga-digital PCM donde sea necesario) y convertir los protocolos de señalización (ej. X.21, X.25, Q.21) a protocolos del canal-D o LAP-D. En el conmutador de RDSI se requieren funciones para terminar la línea de abonado, extraer e interpretar la información de señalización del canal-D y conmutar la información de los canales B para enrutar las llamadas hacia la red (6).

Para asegurarse que la conversión de características de transmisión, conversión de protocolo y funciones de interfase se ejecuten consistentemente en los mismos puntos en el equipo terminal de abonado y

equipo de conmutación, el CCITT ha definido una cantidad de protocolos funcionales e interfases claves. Esto se aplica en el enlace de acceso básico entre abonado, línea de abonado y conmutador RDSI, como se muestra en la figura II.2.2.4 (6).

Los bloques funcionales definen las funciones del equipo que se deben realizar en los puntos de referencia de interfase R, S, T, V, U. Estos puntos de referencia representan las interfases físicas entre bloques, los cuales se definen a continuación.

ET1, Equipo Terminal Tipo 1, que representa las funciones de las terminales RDSI, es decir terminales de un único servicio o multiservicio diseñadas para trabajar con la interfase usuario-red para un acceso básico de RDSI según recomendaciones del CCITT (6).

ET2, Equipo Terminal Tipo 2, representa terminales no RDSI, es decir aquellas terminales utilizadas actualmente y que no están diseñadas para las recomendaciones del CCITT para la interfase de RDSI usuario-red. Estas terminales trabajan con una variedad de características de transmisión, protocolos y formatos. Los equipos ET2 requieren adaptadores de terminal para convertir su operación para la interfase usuario-red de la RDSI (6).

AT, Adaptador de Terminal, representa las funciones que un equipo adaptador de terminal debe realizar para adaptar terminales no RDSI (ET2) a la interfase usuario-red de un acceso básico. Hasta ahora el CCITT ha identificado algunos estándares de ATs para el soporte de terminales de conmutación de circuitos como X.21 y X.21(bis), terminales de modo paquete X.25, terminales de la serie-V (6).

FIG. II.2.2.4 BLOQUES FUNCIONALES E INTERFASES PARA UN ACCESO BASICO

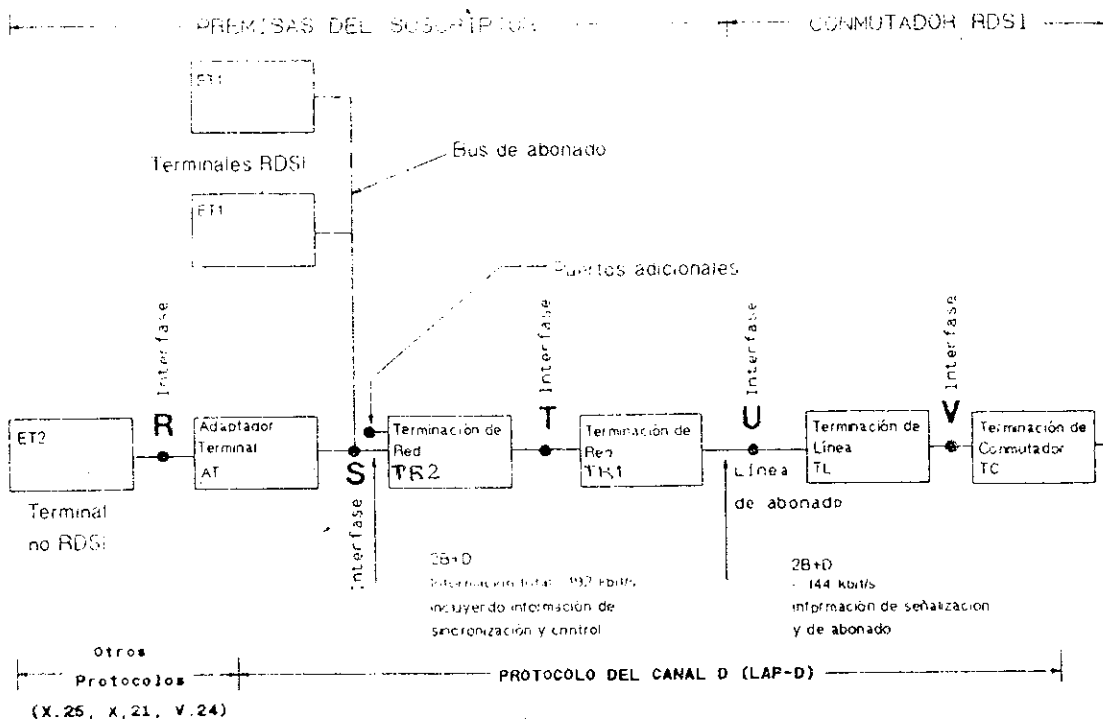
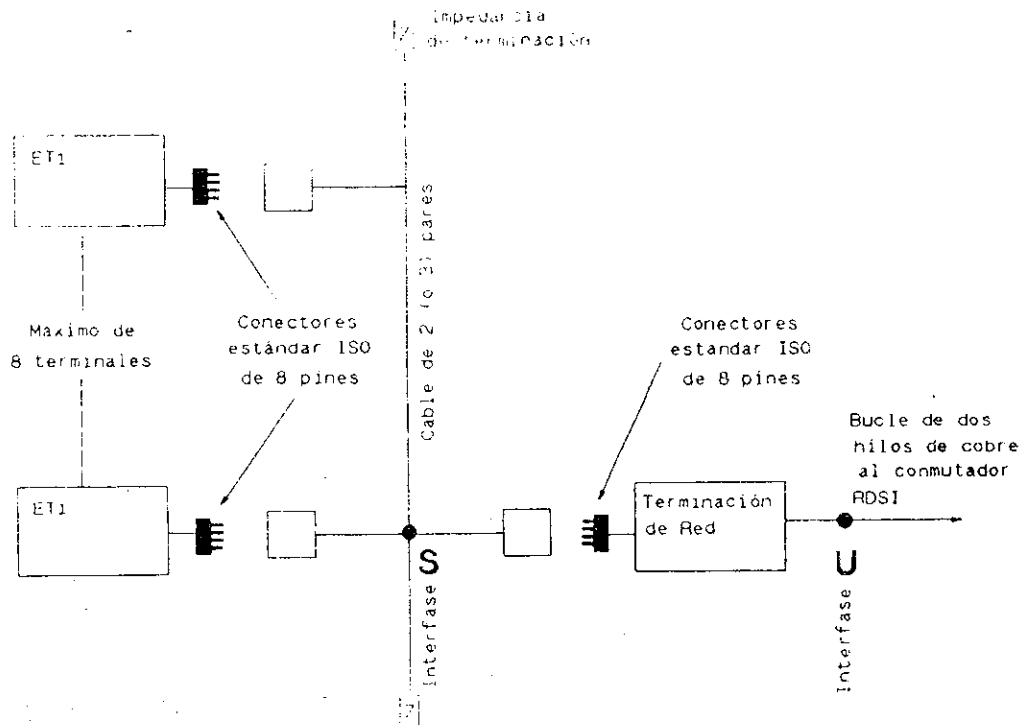


FIG. II.2.2.5 CONFIGURACION DEL BUS PASIVO PARA INTERFASE S



TR1, Terminación de Red, denota el equipo proveído por el administrador para terminar física y eléctricamente la línea (6).

TR2, Terminación de Red 2, representa las funciones de conmutación y concentración de un número de terminales de abonado (ej. un PABX o LAN). Se le pueden conectar hasta ocho terminales a un puerto de interfase S TR1 (configuración de bus). El TR2 tiene más de un puerto, como se muestra en la fig. II.2.2.4. Cuando se requiere únicamente un puerto, coinciden las interfases S y T. En este caso no se provee TR2, solo TR1 (6).

TL, Terminación de Línea, denota la función de terminación de línea en el lado de conmutación de la línea de abonado (6).

TC, Terminación de Conmutador, que representa la función de terminación de conmutación para un conmutador RDSI. Estas funciones despachan la información de señalización al proceso de manejo de llamadas del conmutador, que a la vez intercambian señalización acorde a la información de señalización de la llamada recibida de lo tipos alternativos de acceso a la RDSI (6).

La figura II.2.2.5 muestra un ejemplo de la conexión de la interfase S bus pasivo a un juego de terminales RDSI.

Para el acceso básico en el punto de referencia S (o T) se usa una trama de información de 250 microsegundos, que contiene 48 bits anegladados, como se muestra la figura II.2.2.6. Hay una pequeña diferencia entre los formatos usados para las dos direcciones de transmisión, es decir de TR a ET y de ET a TR. Esto permite que se

FIG. II.2.2.6 FORMATO DE TRAMA RDSI PARA UN ACCESO BASICO EN EL PUNTO DE REFERENCIA S

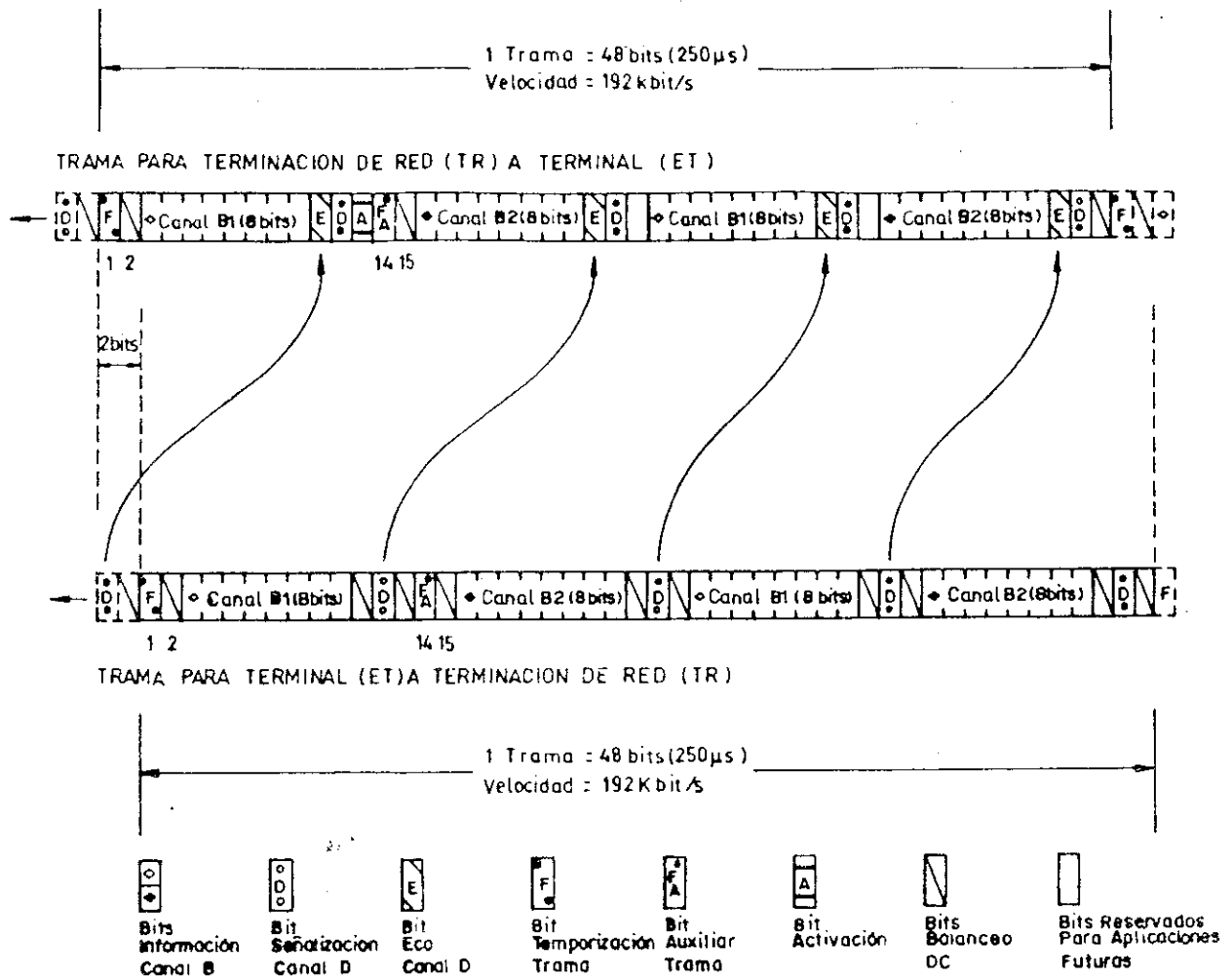
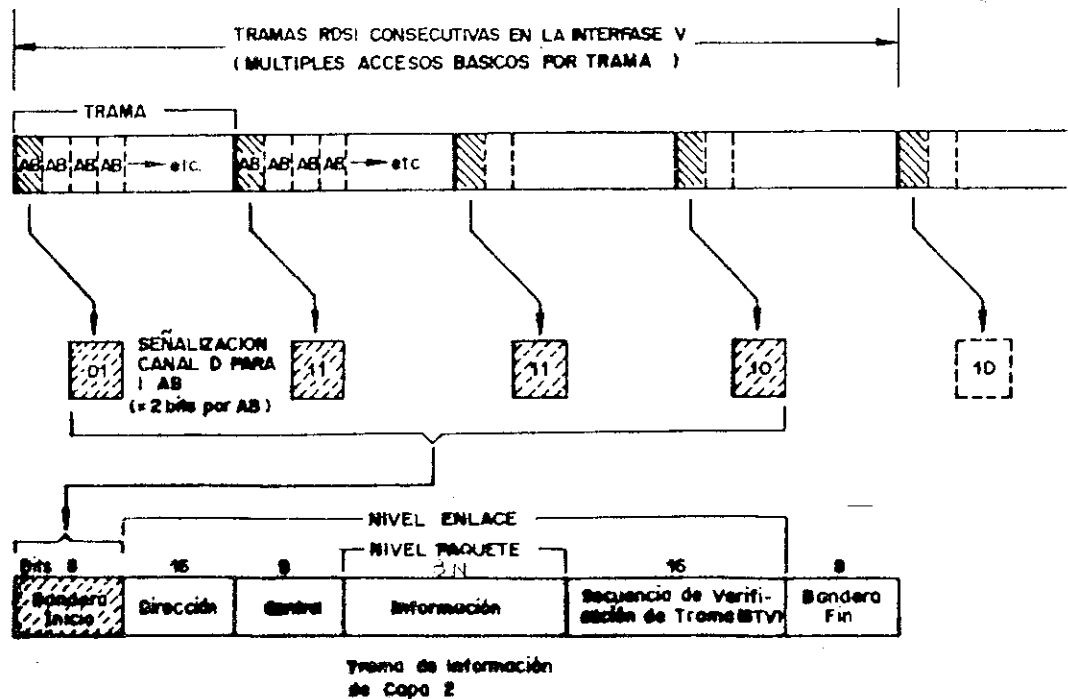


FIG. II.2.2.7 TRAMA DE INFORMACION DE CAPA 2 EN EL CANAL D



envíe información adicional de control del conmutador RDSI a la terminal. Para los dos formatos, la trama contiene dos pares consecutivos de 8 bits juntos, cada uno para un par de canales B y 4 bits del canal D de señalización o información de usuario, en otras palabras dos grupos consecutivos de información de acceso básico. El resto del contenido de la trama provee alineación de trama, funciones de control y balance de CD para la línea. Los bits de balanceo CD son necesarios para limitar la componente CD de la señal de la línea. Una señal transmitida es atenuada en proporción al largo de la línea de transmisión. Para transmisiones digitales, este no es, normalmente, un problema significativo, ya que la amplitud no es de gran importancia. Pero en la operación full-duplex, donde ocurren transmisiones simultáneas en cada dirección, la reflexión de una señal transmitida en una línea larga puede ser mayor que la señal débil y atenuada recibida de la línea. La técnica de cancelación de eco está basada en el método de cómputo automático de la señal reflejada (eco), producida por la señal transmitida, y substrayendo esto de la información recibida para cancelar la componente de eco. La temporización de tramas para la trama de ET a TR se deriva de las tramas TR a ET, es decir la temporización de tramas generada por el equipo terminal se deriva de las tramas recibidas del conmutador, pero con un desplazamiento de 2 bits. En las tramas recibidas por la terminal TR, las funciones de control adicional proveen:

- Los bits de "eco" del canal D (4 bits que reflejan las señales del canal D enviadas previamente al TR).
- Activación y desactivación de la terminal por el conmutador (pone la

terminal en ON al inicio de una llamada, o en OFF cuando no está recibiendo ni transmitiendo llamadas).

- Dos bits reservados para aplicaciones futuras.

Los mensajes de señalización se transfieren entre el usuario y la red en tramas de nivel 2, dentro del canal-D. La información de canal D (2 bits por acceso básico) se extraen por el TE y se ensamblan en un buffer para proveer la trama de capa 2, como se muestra en la figura II.2.2.7 (6).

C. Definición del canal D y protocolo LAP-D

1. Definición y características del canal D

Según la recomendación I.412 del CCITT, se denomina canal a una parte especificada de la capacidad de transmisión de la información de un interfaz. Los canales se clasifican en tipos de canales que tienen características comunes. Los canales se combinan en estructuras de interfaz, que definen la capacidad máxima de transmisión de la información digital a través de un interfaz físico (10).

Un canal D puede tener diferentes velocidades binarias: 16 kbit/s o 64 kbit/s. Está previsto, principalmente, para transmitir información de señalización para la conmutación de circuitos por la RDSI. El canal D utiliza un protocolo estratificado de conformidad con las recomendaciones del CCITT I.440, I.450, Q.920, Q.921. En concreto, el procedimiento de acceso al enlace está orientado a tramas. Además de la información de señalización para la conmutación de circuitos, puede también transmitirse en él información de telesección y de datos con conmutación de paquetes. En ciertos casos en que no se utiliza dicha señalización, es posible que el canal D acepte sólo información de telesección o de datos con conmutación de paquetes (10).

2. Protocolo LAP-D

En un acceso básico el canal D es de 16 kb/s y en un acceso de velocidad primaria el canal D es de 64kb/s. Dentro del canal D existen protocolos adicionales que especifican la señalización necesaria para originar, recibir, modificar y borrar llamadas. La información de

señalización se llama información-s. Los protocolos del canal-D permiten también la transmisión de información de usuario en paquetes, siempre y cuando no esté en espera información de señalización. La información de usuario en paquetes se denomina, generalmente, información-p. En otros documentos también se menciona telemetría de baja velocidad, que se denomina información-t (11).

Esta sección, en particular, trata del protocolo usado en la interfase usuario-red. La estratificación del protocolo del canal D sigue los principios generales de estratificación del modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos ISA (Rec. X.200). Hay que mencionar que el ISA describe un ambiente de operación más sencillo, por ejemplo los principios ISA se aplican solamente a la operación punto a punto; en una interfase de acceso básico, el canal D opera en un modo multipunto. En estos casos el desarrollo del protocolo del canal D ha extrapolado los principios ISA (11).

Los ambientes de operación usuario-red e intercomunicación ponen algunos requisitos conflictivos sobre el protocolo de señalización. Por ejemplo en las interfaces de acceso básico, la configuración de bus pasivo requiere que el canal D trabaje en el modo multipunto. Una llamada al usuario se debe "presentar" a múltiples equipos de usuario y varios equipos pueden intentar contestar la llamada entrante. Un bus pasivo de este tipo es inherentemente asimétrico. Usualmente, cada conmutador tiene la misma responsabilidad en el procesamiento de llamadas y la operación general de conectar una interfase a otra. El protocolo de señalización del canal D resuelve esta dicotomía relegando algunas funciones asimétricas (como resolución de contención) a la capa

física de la interfase. Las instancias múltiples del protocolo de la capa de enlace de datos operan independientemente del equipo del lado de la red y del equipo del lado del usuario; cada instancia opera en forma simétrica. Una interfase punto a punto representa un caso especial de una configuración multipunto (11).

Una trama de bits del canal D, extraída de la capa física de la estructura multiplexada en el tiempo, encuentra, primero, procesamiento del canal D de la capa de enlace de datos. La familia de protocolos de alto nivel de enlace de datos (HDLC), definida por la Organización Internacional de Estándares (ISO) durante los años 70, incluye estos protocolos de la capa de enlace utilizados en el canal D. El protocolo del canal D de la capa de enlace de datos opera acorde a los principios generales de la clase de procedimientos balanceados de HDLC, donde cada equipo tiene responsabilidad igual para operar el enlace de datos. Esta clase de protocolos se escogió por su robustez, amplio uso y otras razones. Los procedimientos HDLC del ISO cubren tres clases generales de procedimientos más una docena de opciones que se combinan con cada clase general para describir una variante de protocolo en particular. Las redes públicas de datos estuvieron entre las primeras en usar un protocolo específico HDLC, bautizado LAP (Link Access Procedure) en 1976 (Rec. X.25 del CCITT, libros amarillos). En 1978 se publicó (rec. X.25 libro gris) una versión actualizada de la recomendación X.25 que incluyó LAP-B (Link Access Procedure - Balanced), un miembro de la clase balanceada de los procedimientos HDLC. Para la operación del canal D se hicieron algunos refinamientos del LAP-B, produciendo un protocolo de capa de enlace de datos propio para ROSI: LAP-D (Link Access Procedure

- D Channel).

Todos los procedimientos HDLC utilizan ráfagas de transmisión, llamadas tramas. Cada trama contiene uno o más octetos que identifican el equipo recibiendo o transmitiendo la trama (campo de direccionamiento). La configuración multipunto, como la encontrada en el bus pasivo de acceso básico, requiere múltiples flujos independientes y paralelos de información. Por ejemplo, supongamos que tres equipos de usuario están conectados al bus pasivo del acceso básico. Se debe intercambiar información de señalización entre el equipo del lado de red y cada uno de los tres equipos de usuario, dentro del mismo canal D. Cada equipo de usuario transmite su información de señalización a la red vía una ráfaga independiente de tramas de capa de enlace de datos, sin importarle la existencia de otro equipo del lado usuario. En la interfase del lado de la red, el equipo de red recibe tres ráfagas de información de enlace de datos. El campo de dirección de la capa de enlace de datos permite que estas ráfagas sean separadas y procesadas independientemente. Esta capacidad de intercalar múltiples enlaces de datos, cada uno de diferente fuente, distingue a LAP-D de LAP-B (existen otras diferencias en la operación de protocolo, pero son generalmente de interés para el especialista de diseño del protocolo de enlace de datos y los implementadores) (11).

Para lograr la capacidad de múltiples enlaces de datos paralelos, el LAP-D se expande en el uso del campo de dirección. El campo de dirección del LAP-D ocupa dos octetos, contiene el identificador de punto de acceso al servicio (IPAS) y el identificador de punto extremo de terminal (IET). A cada equipo del lado del usuario en una

interfase en particular se le asigna un único IET. La asignación de IET ocurre ya sea, automáticamente, cuando se conecta el equipo a la interfase o manualmente, una tercera opción es al fabricarse. En los dos últimos casos se debe tener cuidado que varios equipos con el mismo IET no se conecten a la misma interfase. Existen procesos automáticos de asignación de IET para alcanzar un propósito importante en el diseño de la interfase RDSI: la capacidad de permitir al usuario cambiar, agregar o eliminar equipo a su antojo sin tener que notificar, previamente, a los administradores de la red. Sin este principio, el lado de red de la interfase puede requerir un gran conjunto de bases de datos para poder conocer la configuración exacta de equipo de usuario en cada interfase usuario-red. Además, estas bases de datos requerirían un sistema para actualizarlas, como también personal para manejar las peticiones y notificaciones de cambios. Al hacer estos procedimientos en la interfase usuario-red lo más automático posible, todos estos gastos se pueden llevar al mínimo (11).

Generalmente, cada equipo de usuario utiliza sólo un IET. Las tramas transmitidas por el equipo de usuario a la red contienen el IET del equipo. Similarmente, las tramas transmitidas por la red a un equipo de usuario en particular contienen el IET del equipo de usuario receptor. Cuando se ve la interfase del lado de la red y viendo hacia el usuario, no se puede distinguir entre el caso en el que dos equipos de usuario usan dos IETs y el caso en el que un equipo de usuario utilice dos IETs. Del punto de vista de operación del protocolo, ambas interfaces aparecen idénticas a la red. No es un caso usual que un equipo de usuario utilice varios IETs, pero por ejemplo un dispositivo

actuando como adaptador de terminal para varios terminales no RDSI puede usar varios IETs. La especificación de LAP-D reserva un IET en particular que se usa para difusión del lado de la red a todos los equipo del lado del usuario. Cada equipo responde para su IET asignado como también al IET de difusión (11).

Dentro de la entidad (o ente, ver ISA) del lado usuario designado por sólo un IET, el identificador de punto de acceso al servicio IPAS provee más discriminación. Valores particulares estandarizados de IPAS especifican una capacidad particular de LAP-D. No hay asignación dinámica de IPAS por el LAP-D. Como ejemplo, el valor IPAS "0000 00" designa las capacidades de LAP-D para el transporte de mensajes de señalización a través de la interfase. El IET de difusión se aplica individualmente dentro de cada IPAS. En este ejemplo una trama transmitida con el IET de difusión e IPAS=0000 00 se recibiría por todos los equipos que contienen un proceso de señalización, usando el punto de acceso al servicio del enlace de datos adecuado para señalización (11).

La combinación de IET e IPAS identifica cada enlace de datos independiente.

Capacidades del LAP-D:

La secuencia de verificación de trama (campo SVT), está constituida por dos octetos en cada trama del LAP-D y provee detección de error. El receptor descarta todas las tramas recibidas en error. El LAP-D usa temporizadores y números de secuencia para disparar la recuperación de tramas perdidas. El campo de control define la función a realizar por cada transmisión de trama. El LAP-D soporta las siguientes funciones:

- 1) Transferencia de información secuencial usando tramas de información (I).
- 2) Control de flujo de transferencia de información secuencial para eliminar buffers en el equipo receptor. El control de flujo utiliza tramas RR (Receive Ready) y RNR (Receive Not Ready) y otros protocolos especiales.
- 3) Rechazo REJ (Reject) dispara la retransmisión de información perdida.
- 4) Tramas de Información no numerada UI proveen transferencia no secuencial de información de difusión.
- 5) Inicio de operación de enlace usando tramas SABME (Set Asynchronous Balanced Mode Extended) y UA (Unnumbered Acknowledgment).
- 6) Paro de operación de enlace usando tramas DISC (Disconnect), DM (Disconnect Mode) y UA.
- 7) Notificación opcional de parámetros de enlace de datos via la trama XID (Exchange Identification).

Para poder garantizar la recepción correcta de información, los números de secuencia identifican cada trama I transmitida y luego reportan la recepción correcta. Generalmente el HDLC contiene dos tipos de números de secuencia. El primer tipo es numeración módulo 8 que corre a través de valores 0 a 7 una y otra vez, nunca permitiendo que se transmitan más de 7 tramas sin reconocimiento. El segundo tipo de números de secuencia, conocidos como numeración extendida, operan módulo 128 y corre de 0 a 127. Para incrementar la escala de economía para la implementación del LAF-D se llegaron a acuerdos internacionales, en 1985, que especifican únicamente la numeración extendida. También se eliminó la transmisión de modo "trama única". La eliminación de la

numeración módulo 8 y los procedimientos de transmisión tipifican las presiones para eliminar soluciones alternativas en los estándares usuario-red de RDSI, especialmente cuando estas alternativas no ofrecen un incremento significativo en capacidades o economía a la red o usuario (11).

LAP-D según CCITT Recomendaciones Q.929 y Q.921

En la recomendación Q.920 se describe en términos generales el procedimiento de acceso al enlace en el canal D (LAP-D). En la recomendación Q.921 se trata con más detalle.

El LAP-D tiene por objeto transferir información entre entidades de capa 3 a través de la interfase usuario-red de la RDSI, utilizando el canal D. El LAP-D es un protocolo que opera en la capa de enlace de datos de la arquitectura ISA.

Conceptos y Terminología:

Cada capa contiene entidades. Las entidades de una misma capa, pero de sistemas diferentes que deben intercambiar información para realizar un objetivo común se denominan "entidades pares". Los servicios proporcionados por la capa de enlace de datos son el resultado de los servicios y funciones proporcionados, tanto por la capa de enlace de datos, como por la capa física (12).

Las unidades de mensaje de capa de enlace de datos se transfieren entre entidades de capa enlace de datos por medio de una conexión física. La capa 3 pide servicios a la capa de enlace mediante primitivas de servicio, lo mismo para la interacción entre la capa de enlace de datos y la capa física. Las primitivas representan, de forma abstracta, el intercambio lógico de información y control entre la capa

de enlace y capas adyacentes. Las primitivas que se intercambian entre la capa de enlace y capas adyacentes son:

- a) Petición, cuando la capa superior solicita un servicio de la inferior siguiente.
- b) Indicación, cuando la capa inferior notifica a la superior siguiente, cualquier actividad específica con el servicio proporcionado.
- c) Respuesta, para acusar recibo de primitiva de indicación.
- d) Confirmación, para confirmar la completación de actividad.

De forma específica el LAP-D actuará con:

- instalaciones terminales múltiples en la interfase usuario-red
- entidades de capa 3 múltiples.

Todos los mensajes de la capa de enlace de datos se transmiten en tramas delimitadas por indicadores. La estructura de trama se define en la recomendación Q.921.

El LAP-D incluye funciones para:

- a) La provisión de una o varias conexiones de enlace de datos en un canal D. La discriminación entre las conexiones de enlace de datos se efectúa por medio de un identificador de conexión de enlace de datos (ICED) contenido en cada trama.
- b) La delimitación, alineación y transparencia de tramas, permitiendo el reconocimiento de una secuencia de bits transmitida por un canal D como una trama.
- c) El control de secuencia, a fin de mantener el orden secuencial de las tramas a través de una conexión de enlace de datos.
- d) La detección de errores de transmisión, formato y operacionales en una conexión de enlace de datos.

e) La notificación a la entidad de gestión de los errores que no puedan corregirse.

f) El control de flujo.

La transferencia de información puede hacerse por conexiones de enlaces de datos punto a punto o por conexiones de enlaces de difusión (hacia uno o varios puntos extremos) (12).

Descripción general de funciones y procedimientos:

Para la transferencia de información de capa 3 se definen dos tipos de funcionamiento de la capa enlace de datos: sin acuse de recibo y con acuse de recibo. Ambos tipos pueden coexistir en un solo canal D.

Funcionamiento sin acuse de recibo: la información de capa 3 se transmite en tramas de información no numeradas (UI). En la capa de enlace de datos, las tramas UI no son objeto de acuse de recibo. Aún cuando se detectan errores de transmisión y de formato, no se define ningún mecanismo de protección contra los errores. No se definen mecanismos de control de flujo. Este funcionamiento se aplica para la transferencia de información punto a punto y de difusión, es decir: se puede enviar una trama UI a un extremo específico o múltiples puntos extremos asociados con un identificador de punto de acceso al servicio (IPAS) específico (12).

Funcionamiento con acuse de recibo: con este tipo de funcionamiento, la información de capa 3 se transmite en tramas que son objeto de acuse de recibo de esta capa. Se han especificado procedimientos de recuperación de errores basados en la retransmisión de tramas sin acuse de recibo. En el caso de errores que no pueda corregir la capa 3, se envía notificación a la entidad de gestión. Se han definido procedimientos de

control de flujo. Este funcionamiento se aplica a la transferencia de información punto a punto (12).

La información de capa 3 se transmite en tramas de información numeradas (I). Puede haber pendientes, a la vez, varias tramas (I). El funcionamiento multitrama se inicia mediante un procedimiento de establecimiento del modo multitrama que utiliza una instrucción del modo equilibrado asincrónico SABME (12).

Establecimiento de los modos de transferencia de información

Identificación de la conexión de enlace de datos:

Se identifica mediante un identificador de conexión de enlace de datos (ICED) transferido en el campo de dirección de cada trama, el cual va asociado al identificador de punto extremo de conexión en los dos extremos de la conexión de enlace de datos. El identificador de punto extremo de conexión se utiliza para identificar unidades de mensaje intercambiadas entre la capa de enlace de datos y la capa 3. Está constituido por el IPAS y el sufijo de punto extremo de conexión (SEC). EL ICED consta de dos elementos: el IPAS y el identificador de punto extremo terminal (IET). El IPAS se utiliza para identificar el punto de acceso al servicio en el lado red o en el lado usuario de la interfase usuario-red. El IET lo asigna generalmente la red e identifica a un solo equipo terminal en la conexión bus pasivo del acceso básico. El ICED es un concepto puro de capa de enlace de datos, no es conocido por otras capas (12).

Estados del enlace de datos:

Una entidad de enlace de datos, punto a punto, puede estar en uno de los

tres estados básicos:

- a) Estado de IET no asignado. No es posible efectuar transferencia de información de capa 3.
- b) Estado de IET asignado. Se puede transferir información sin acuse de recibo.
- c) Estado de Multitrama establecida. Se establece por medio de un procedimiento de establecimiento de modo multitrama y se puede transferir información con acuse de recibo y sin acuse de recibo (12).

Establecimiento del funcionamiento multitrama:

Antes de que se pueda iniciar la transferencia de información con acuse de recibo punto a punto, se tiene que efectuar un intercambio de una trama SABME y de una trama de acuse de recibo no numerada (UA). Este procedimiento se especifica detalladamente en la Recomendación Q.921 (12).

Características de Servicio

Servicios proporcionados a la capa 3:

La especificación de las interacciones con la capa 3 (primitivas) proporciona una descripción de los servicios que la capa de enlace de datos mas la capa física ofrecen a la capa 3. Asociadas a la capa 3 se definen dos formas de servicio de transferencia de información. La primera está basada en la transferencia de información sin acuse de recibo en la capa enlace de datos, mientras el segundo servicio está basado en la transferencia de información con acuse de recibo en la capa de enlace (12).

Servicios proporcionados a la gestión de capa:

Se proporciona a la gestión de capa solamente el servicio de transferencia de información sin acuse de recibo, a fin que la gestión de capa de enlace pueda comunicarse con su gestión de capa par (12).

Servicios administrativos:

Se considera que estos servicios son proporcionados por entidades de gestión en el lado usuario o en el lado red. El método de descripción de estas funciones administrativas emplea primitivas de servicio (12).

Servicios requeridos de la capa física:

Los servicios proporcionados por la capa física se describen detalladamente en la Recomendación I.430 y se pueden resumir como sigue:

- a) conexión de capa física para la transmisión transparente de bits en el mismo orden en que se han entregado a la capa física
- b) indicación del estado físico del canal D
- c) transferencia de unidades de mensaje de capa de enlace de datos de conformidad con su respectiva prioridad de capa de enlace (12).

Estructura de la capa enlace de datos - Gestión:

La entidad de gestión de capa (EGCA) se ocupa de la gestión de recursos que tienen amplias repercusiones en la capa. El acceso a la EGCA se efectúa por medio de un IPAS específico. Las funciones de la EGCA son:

- asignación de IET
- prueba de IET
- supresión de IET

La entidad de gestión de conexión (EGC) se ocupa de la gestión de recursos que influyen en conexiones individuales. La selección de EGC

se basa en un tipo de trama de capa de enlace de datos específica, que no se utiliza en los servicios de transferencia de información con y sin acuse de recibo. Las funciones de la EGC son:

- iniciación de parámetros (opcional)
- procesamiento de errores
- invocación de control de flujo de conexión (12)

Procedimiento de enlace de datos:

Este procedimiento analiza el campo de control de la trama recibida y proporciona respuestas entre pares e indicaciones capa a capa adecuadas. Además analiza las primitivas de servicio de capa enlace de datos y transmite las instrucciones y respuestas entre pares adecuados (12).

Procedimientos múltiplex:

Este procedimiento analiza el indicador, la secuencia de verificación de trama (SVT) y los octetos de dirección de trama recibida. Si la trama es correcta entrega la trama al bloque de procedimiento de enlace de datos adecuado, basado en el ICED. En la transmisión de tramas este procedimiento puede proveer la resolución de la contienda de capa de enlace entre diversos bloques de procedimiento de enlace de datos. La resolución de la contienda se basa en el valor IPAS, dándose prioridad a la información asociada a un IPAS=0 (12).

Estructura de Trama para las Comunicaciones entre Pares

Secuencia de Bandera:

Todas las tramas deben comenzar y terminar con la secuencia de bandera (o indicador) consistente en un bit "0" seguido de seis bits "1"

consecutivos y un bit "0". La bandera que precede al campo de dirección se define como bandera de apertura. La bandera que sigue al campo de la secuencia de verificación de trama (SUT) se define como bandera de cierre. En algunas aplicaciones, la bandera de cierre puede también utilizarse como bandera de apertura de la trama siguiente (12).

Campo de Dirección:

El campo de dirección consiste en dos octetos en la forma ilustrada en la figura II.3.2.1. El campo de dirección identifica al receptor deseado de una trama de instrucción y al transmisor de una trama de respuesta. Un campo de dirección de un solo octeto se reserva para la operación del LAP-B, de forma que una conexión de enlace de datos LAP-B única pueda multiplexarse junto con conexiones de enlace de datos LAP-D.

Campo de Control:

Comprende uno o dos octetos. La figura II.3.2.1 ilustra a los dos formatos de trama (A y B), cada uno de ellos con un campo de control de uno o dos octetos, según el tipo de trama (12).

Campo de Información:

El campo de información de una trama, cuando aparece, sigue al campo de control y precede a la secuencia de verificación de trama. El contenido del campo de información comprenderá un número entero de octetos, con número máximo de 255 octetos. En este campo es donde va la información de señalización o de usuario (12).

Campo de Secuencia de Verificación de Trama:

Este campo contiene un código en un polinomio de 16 bits que provee verificación de errores en el contenido de la trama (12).

Transparencia:

Una entidad de capa enlace de datos transmisora examina el contenido de la trama contenida entre las secuencias de banderas de apertura y cierre e inserta un bit "0" después de todas las secuencias de cinco bits "1", para asegurarse que no se simule dentro de la trama una secuencia de bandera o una de aborto. La capa enlace de datos receptora debe examinar el contenido de la trama entre las secuencias de la bandera de apertura y cierre y descartar todo bit "0" que siga a cinco bits "1" consecutivos (12).

Tramas no válidas son aquellas que:

- a) no están correctamente delimitadas por dos banderas
- b) contienen menos de seis octetos entre bandera en tramas que contienen números de secuencia y menos de cinco octetos entre banderas en tramas que no contienen número de secuencia.
- c) no están constituidas por un número entero de octetos antes de la inserción de bits "0" o después de la extracción.
- d) contienen un error en la SVT
- e) contienen un campo de dirección de un solo octeto
- f) contienen un identificador de punto de acceso al servicio que no es soportado por el receptor

Las tramas no válidas se descartan sin notificación al emisor (12).

Aborto de trama:

La recepción de 7 o más bits "1" consecutivos se interpreta como un aborto y la capa de enlace de datos hace caso omiso a la trama que esté recibiendo (12).

Figura 11.3.2.1 FORMATOS DE TRAMA

A								B									
8	7	6	5	4	3	2	1	OCTETO	8	7	6	5	4	3	2	1	OCTETO
BANDERA									BANDERA								
0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
DIRECCION (octeto de orden superior)								2	DIRECCION (octeto de orden superior)								2
DIRECCION (octeto de orden inferior)								3	DIRECCION (octeto de orden inferior)								3
CONTROL a)								4	CONTROL a)								4
CONTROL a)								.	CONTROL a)								.
CONTROL a)								.	INFORMACION								.
CONTROL a)								.	INFORMACION								.
SVT (1er. octeto)								N-2	SVT (1er. octeto)								N-2
SVT (2do. octeto)								N-1	SVT (2do. octeto)								N-1
BANDERA									BANDERA								
0	1	1	1	1	1	1	0	N	0	1	1	1	1	1	1	0	N

a) Funcionamiento sin acuse de recibo: un octeto

Funcionamiento Multitrama: -dos octetos para tramas con números de secuencia
 -un octeto para tramas sin números de secuencia

Formato del Campo de Dirección:

8	7	6	5	4	3	2	1	
						I/R	ED	
IPAS								octeto 1
						ED		
IET								octeto 3

ED = Bit de extensión del campo de dirección
 I/R = Bit de campo de instrucción/respuesta
 IPAS = Identificador de punto de acceso al servicio
 IET = Identificador de punto extremo terminal

Valor de IPAS:

- 0 - procedimientos de control de llamada
- 1 - reservado para comunicaciones en modo paquete utilizando procedimientos de control de llamada de la Rec. Q.931
- 16 - comunicación de paquetes conforme a procedimientos de nivel 3 de la Rec. X.25
- 63 - procedimientos de gestión de la capa 2
- demás - reservados para normalización futura

Valor de IET:

- 0-63 - equipo de usuario de asignación IET no automática
- 64-126 - equipo de usuario de asignación IET automática (12)

Formato del Campo de Control:

El campo de control identifica el tipo de trama que será una instrucción o una respuesta. Se han especificado tres tipos de formato de campo de control: transferencia de información numerada (I), funciones de supervisión (S) y funciones de control y transferencia de información no numerada (U).

Bits del campo de control (módulo 128)	8	7	6	5	4	3	2	1	
FORMATO I				N(S)				0	octeto 4
				N(R)				P	octeto 5
FORMATO S	X	X	X	X	S	S	0	1	octeto 4
									octeto 5
FORMATO U	M	M	M	P/F	M	M	1	1	octeto 4

N(S) Número secuencial en emisión del transmisor

M Bit de la función modificación

N(R) Número secuencial en recepción del transmisor

P/F Bit de petición cuando se transmite como instrucción;
bit final cuando se transmite como respuesta

S Bit de la función supervisión

X Reservado y puesto a "0"

(12)

Nota: Para más detalle del LAP-D revisar referencia (12).

En el apéndice A se da un resumen de los tipos de trama (instrucción o respuestas) y los elementos para la comunicación entre capas.

III. DESARROLLO PRACTICO

A. Administración del Canal D en una RDSI con acceso básico

Cualquier equipo de usuario puede transmitir en el canal D, pero debe resolver para ello la contención. La resolución de contención está basada en las características eléctricas únicas de la interfase y del eco del canal D. El lado de la red transmite el eco del canal D, repitiendo en el canal D cada bit recibido. Cada bit transmitido por el equipo de usuario en el canal D, es transmitido de regreso por la red, antes que se pueda transmitir el siguiente bit del canal D. Este arreglo permite los siguientes principios de resolución de contención:

- Ningún equipo de usuario empieza a transmitir en el canal D hasta que el canal haya estado desocupado por un número específico de bits. La condición de canal desocupado se define como una serie de más de siete bits "1". El protocolo del canal D de la capa enlace de datos previene que este patrón de desocupado aparezca en medio de una transmisión.

- Después que el periodo especificado de desocupado haya pasado, cualquier equipo de usuario puede empezar a transmitir. Después que cada bit ha sido enviado, el mismo valor de bit debe ser recibido como el siguiente bit de eco del canal D. Si se recibe el mismo valor de bit, el equipo de usuario puede continuar la transmisión, si esto no sucede debe interrumpirse inmediatamente la transmisión en el canal D y esperarse por el periodo de desocupado, antes de intentar transmitir nuevamente.

Para prevenir que un equipo de usuario acapare el canal D, el equipo que completa con éxito una transmisión debe esperar por un periodo de desocupado ligeramente mayor (generalmente un bit extra) antes de intentar una nueva transmisión. Después de esperar este periodo más largo, el equipo se inicializa para esperar por el periodo normal de desocupado.

Otra convención garantiza prioridad al tráfico de señalización sobre cualquier otro tráfico del canal D. Cuando un equipo de usuario desea transmitir información de señalización, espera por un periodo más corto de desocupado (8 bits generalmente) comparado con los otros tipos de información (10 bits) (1).

B. Aplicaciones del canal D

Las aplicaciones del canal D o los servicios que se pueden prestar utilizando el canal D en una RDSI de banda angosta y acceso básico se pueden describir como sigue:

- Señalización
- Transmisión de información de usuario en forma de paquetes a baja velocidad.
- Telemetría:

- * Alarmas o servicios de emergencia en la casa u oficina, con un rango de razón de transmisión de 10 a 100 b/s. Estas alarmas pueden ser alarmas de humo, fuego, médicas o servicio policial.

- * Medición de servicios en la casa u oficina, con un rango de 0.1 a 1 kb/s. Los servicios pueden ser agua, gas, electricidad, etc.

- * Administración o manejo de energía en un rango de 0.1 a 1 kb/s.

- Videotexto: es un servicio de información interactivo, proveído via una red telefónica y una línea de abonado. La terminal de abonado, que puede ser una computadora personal o un receptor de televisión convencional junto con un teclado inteligente simple, conectada a la línea por medio de un modem. La terminal de abonado puede ser también un equipo dedicado para videotexto. El servicio de videotaxto funciona a 2400 b/s en su capacidad básica. El acceso a los servicios de información del sistema se controla por medio de computadoras centrales de videotexto, conectadas a la red, que proveen una serie de menús. Las computadoras centrales son las fuentes de información. Los menús indican los códigos de dirección para cada servicio. El abonado puede elegir el servicio que requiera, ya sea directamente (si ya sabe la dirección codificada) o usando menús, y recibir y enviar información de y hacia las computadoras centrales en un modo totalmente interactivo (6). Por ejemplo, un viajero puede determinar si hay asientos disponibles en un avión en particular, hacer su elección y luego colocar su reservación. Un bibliotecario puede revisar el catálogo de un editor, seleccionar el libro que desea y colocar su orden (13). El usuario o abonado también puede obtener noticias, noticias climatológicas, compartir precios, revisar estados de cuenta bancarios y muchos otros servicios de información proveídos por las computadoras de los "proveedores de información" conectadas al sistema. El abonado también puede enviar información a las computadoras videotexto para ofrecer servicios como un proveedor de información registrado (8). La información que videotexto provee está disponible todo el tiempo y se puede obtener en segundos. Videotexto es fácil de usar y envuelve poca

o ninguna inversión de capital en los hogares u oficinas equipados con un teléfono y televisión. Su utilidad y popularidad se demostró en Francia, donde la red nacional de videotexto (Teletel) fue lanzada en 1983 y alcanzó 2.3 millones de abonados en 1987. Se concibió como una alternativa a los directorios telefónicos del país (las terminales se dan sin costo alguno y se diseñó como una red "abierto" basada en la recomendación CCITT o estándar X.25) (13). Otros ejemplos de sistemas comerciales de videotexto son Prestel en el Reino Unido y Bildschirmtext en la República Federal de Alemania (6).

- Teletex: con el advenimiento de los procesadores de palabras apareció una nueva forma de telex mejorado, llamado teletex (no se debe confundir con teletext, que es una forma de difusión de información en un solo sentido en forma de páginas y recibidas en una televisión doméstica). Las terminales teletex son, básicamente, máquinas de escribir con memoria electrónica, que transmiten páginas preformateadas de texto de la memoria de una terminal a la otra a través de la red. Las ventajas sobre telex son mayor velocidad, juego de caracteres completo de máquina de escribir y recepción de la información en el formato original. Teletex también ofrece mayor integridad de la información por el uso del protocolo de alto nivel de control de enlace de datos HDLC, para la transmisión a 2400 b/s. Las terminales de teletex están disponibles para usarse a través de redes telefónicas convencionales o redes de datos conmutadas (6).

- Telefonía mejorada: las nuevas centrales digitales dan a la telefonía, avanzadas funciones. Estas funciones o servicios pueden ser registro de llamadas "hook flash", rastreo de llamadas maliciosas, conferencias,

control de abonado ausente, línea expresa "hot line", servicio envejado de marcación, sígueme "follow-me", comunicación tripartita "two-way system", control de "barring" y muchas otras más. La señalización necesaria para brindar estos servicios puede ser transmitidos por el canal D de un acceso básico.

C. Modelo de RDSI en Guatemala

En Guatemala, está en proceso de planeamiento un proyecto de introducción de 300,000 líneas telefónicas, dentro del cual Guatel incluyó el proyecto piloto de RDSI. El plan piloto de RDSI consiste en dar capacidad de RDSI a centrales digitales de tránsito del proyecto de las 300,000 líneas.

Entre los objetivos generales más importantes de este proyecto se pueden mencionar: la determinación de cómo van a evolucionar nuestras redes de datos y telefónicas hacia una RDSI, establecer la potencial demanda de una RDSI y dar a conocer sus facilidades y sus breves capacidades entre el público.

La primera fase o fase intermedia I está planeada para iniciarse en 1992 y comprende capacidad de RDSI en la central Centro, que cubre las zonas urbanas 1, 2, 3, 6 y 18 y en la central Tivoli, que cubre las zonas urbanas 4, 5, 9, 10, 13, 14, 15 y 16. En 1992 se introducirán 256 accesos básicos RDSI a la central Tivoli y 128 accesos básicos RDSI a la central Centro.

En 1994 se planea dar capacidad RDSI a las centrales digitales de tránsito de Monte Verde y el Carmen. Esta segunda fase no ha sido dimensionada, ya que se esperarán los resultados de la primera fase.

IV. DISCUSIONES

Antes de proceder a la discusión de las aplicaciones del canal D, se mencionarán algunos puntos importantes del plan piloto de RDSI en Guatemala, ya que también el futuro de la RDSI en nuestro país influirá en la decisión de la comercialización del uso del canal D para transmitir información de usuario.

Al realizarse un proyecto piloto como lo es una RDSI, el administrador de la red, aquí en Guatemala, Guate., debe plantearse además de los objetivos generales, objetivos específicos del plan. No solamente basta con instalar el equipo y esperar a ver que pasa, sino que se debe planificar detalladamente la introducción de una nueva idea al público. Este público va a consistir en los proveedores de equipo, proveedores de servicios y los usuarios del sistema. Todos ellos deben saber con exactitud las capacidades de una RDSI, el equipo que puedan vender o adquirir y los servicios que puedan prestar u obtener, para así poder determinar la rentabilidad o beneficio económico u otros beneficios que puedan lograr. El administrador debe tener con anterioridad a la ejecución del proyecto, los métodos de tasación y tarificación que utilizará para establecer tarifas atractivas para el abonado. Definitivamente, el abonado no va a interesarse en la RDSI si las tarifas de utilización de la red, de un servicio y compra de equipo terminal o adaptador de terminal comprenden una inversión mayor que si se abona a diferentes redes existentes y utiliza su equipo existente.

para cubrir sus necesidades.

Sugiero que Guatel se limite a proveer la capacidad de acceso a la RDSI, prestando los servicios de cobro, mantenimiento de red, control de tráfico, etc. a los proveedores de servicios que, definitivamente, deben ser entidades privadas. Además debe concederse la venta de equipo para RDSI (equipo terminal, adaptador de terminal y terminación de línea) a compañías o entidades también privadas.

Todo lo referente a RDSI es aún un concepto relativamente nuevo, poco conocido y todavía habrá muchos avances por realizarse y muchos puntos que normalizar. Me atrevo a comentar que el plan piloto de RDSI, en Guatemala, está aún muy indefinido, porque ni siquiera en Guatel se sabe exactamente cómo funcionará, las capacidades que tendrá y mucho menos se sabe cómo se administrará, comercializará. Para que un proyecto tenga buenos resultados, los ejecutores o planificadores deben tener un conocimiento amplio y preciso del tema. Si se invertirá una cantidad considerable de dinero en la introducción de una RDSI, se debería antes invertir en entrenamiento de personal para la planificación del proyecto y que se puedan después establecer objetivos más específicos. Estamos en 1990 y se planea el inicio del proyecto en 1992, hay todavía tiempo para una mejor planificación.

Considero que si es necesario un plan piloto de RDSI en Guatemala para establecer las necesidades, pero insisto en que la introducción de la RDSI no sea tan solo para "poder decir" que Guatemala está con los últimos avances de la tecnología en comunicaciones y se apresura, por ello, a traer un equipo sin una adecuada planificación y con una mala administración desde el inicio, ya que esto podría llegar a eliminar la

posibilidad de la realización de una RDSI universal, (universo=Guatemala) que preste todos los servicios de comunicaciones posibles en una forma eficiente.

Un punto muy importante dentro de la introducción de la RDSI a Guatemala, debe ser la interconexión de la RDSI a la red telefónica nacional y a la red de datos Mayapac, ya que la idea de una RDSI es que el usuario no tenga límites en el acceso a diferentes tipos de información y a diferentes redes. Si no se conecta la RDSI plan piloto a las otras redes, el abonado sólo tendrá opción para conectarse con los otros abonados de la RDSI y no tendrá opción de comunicarse con los abonados de las otras redes, quedando así totalmente aislado dentro de una red digital de servicios NO integrados, que no resulta atractivo para el abonado, perdiéndose todo el concepto de RDSI.

En la introducción de este trabajo se menciona que al introducir en un país una RDSI de banda angosta, se puede aprovechar la planta externa existente, es decir se pueden utilizar los pares de cobre ya instalados. En el caso de Guatemala no se va a poder utilizar, en su mayoría, la planta externa instalada. Esto se debe a que gran parte de las líneas telefónicas han tenido mal mantenimiento y no están en buen estado para poder soportar transmisiones a la velocidad que lo requiere un acceso básico o de velocidades primaria. Cuando se quiera un acceso básico, es recomendable que se hagan mediciones de cada línea en particular, con el fin de determinar si es necesario cambiar el cable.

En los países en los que existe ya en funcionamiento una RDSI, los abonados son de todo tipo: residenciales, oficinas pequeñas y medianas, compañías grandes o almacenes. Para un acceso básico los abonados más

comunes son residencias y oficinas pequeñas y medianas. Para compañías grandes ya se requiere un acceso de velocidad primaria. En Guatemala considero que inicialmente sólo se deben introducir accesos básicos y el mercado puede consistir en oficinas o negocios pequeños, que pueden conectar una gran variedad de equipos a una sola línea física (par de cobre) y utilizarla al máximo, o bien compañías grandes que utilicen varios accesos básicos para conectar un PABX RDSI, con la capacidad de podersele conectar también una gran variedad de equipos (no RDSI). Observando el plan piloto en Guatemala, la ubicación de las primeras centrales con capacidad RDSI es la adecuada para atacar al inicio el mercado de las empresas.

En este estudio se ha notado que el propósito primordial del canal D es transmitir la señalización de los canales B. Cualquier equipo terminal puede utilizarlo para transmitir información diferente a la señalización, pero la información de señalización tiene prioridad sobre cualquier otro tipo de información. El equipo de usuario no puede disponer del canal D a su voluntad.

Actualmente a nivel mundial, no se está utilizando el canal D para transmitir información de usuario (no señalización). En 1991 se planea en Francia la utilización del canal D para este propósito. Aún no se tienen resultados acerca de si su utilización trae algún beneficio específico tanto al usuario como al administrador de la red.

Dado que a nivel mundial no se ha utilizado el canal D para la transmisión de información de usuario, no se ha definido si los equipos terminales que presenten los fabricantes, van a ser equipos que se deban configurar (ya sea por software o hardware) para que soliciten el uso

del canal D y no de los canales B. La configuración podría ser de fábrica o hecha por el usuario. Si la configuración fuera de fábrica, el equipo terminal sería comprado exclusivamente para usarse con el canal D y en el caso que el usuario pueda configurarlo, podría utilizarlo indistintamente para los canales B o el D.

En los países pioneros de la RDSI como Francia, el Reino Unido y Alemania, la primera fase de la RDSI consistió en la introducción de accesos básicos en su mayoría, ya que no se podía sustituir toda la red física instalada, de la noche a la mañana, por representar una inversión inicial demasiado grande. En esta primera fase se desarrollaron una gran variedad de equipos terminales que utilizan los canales E a 64 kb/s para la transmisión de información de usuario y el canal D sólo para señalización. En la segunda fase, la tendencia ha sido sustituir el acceso básico por el acceso de velocidad primaria con el uso de centralitas RDSI (PABX RDSI). En los accesos de velocidad primaria no se utiliza el canal D para la transmisión de información de usuario, es exclusivo para la transmisión de información de señalización de los 23 o 30 canales B.

Otros países, que han introducido recientemente la RDSI, por ejemplo Australia, iniciaron su plan con la introducción de solamente accesos de velocidad primaria.

Se puede observar que los accesos básicos y la idea del uso del canal D para transmisión de información de usuario, tienden a desaparecer rápidamente.

Si se fabricaran equipos terminales para utilizar únicamente el canal D para transmitir información de usuario, no valdría la pena

adquirirlos, ya que quedarían sin uso al sustituirse el acceso básico por el acceso de velocidad primaria. En el caso que el usuario configure el equipo para utilizar cualquiera de los canales B o D, podría utilizarse el canal D para el transporte de información de usuario mientras existan los accesos básicos, y al migrar hacia un acceso de velocidad primaria se podrían seguir utilizando el mismo equipo terminal. Es común que los equipos configurables sean más caros.

Para usar el canal D es importante determinar si el administrador de la red va a poder cobrar su uso. Definitivamente si lo va a poder hacer, ya que al llegar la información del canal D al primer conmutador RDSI, la información de señalización y la información de usuario tienen que ser separadas. El cobro va a consistir en el cobro por el uso o tránsito de la información de usuario a través de la red. Actualmente los conmutadores RDSI no están haciendo la función de separación de información del canal D, ya que únicamente está recibiendo información de señalización por ese canal. A nivel red será necesario darle algunas capacidades al conmutador para ejecutar la función de separación. Esto implica un gasto mayor en la introducción de la RDSI para que se pueda utilizar el canal D para transportar información de usuario.

Antes que un administrador de red pueda decidir si comercializar el uso del canal D para este propósito, hay varios puntos que debe tomar en cuenta y son:

- establecer el gasto que implica dar capacidad a los conmutadores RDSI para separar la información del canal D para poderlo utilizar para la transmisión de información de usuario.
- determinar con exactitud como serán los equipos terminales que lo

puedan utilizar para el transporte de información de usuario, tanto información entrante, como saliente.

- comprobar que el uso del canal D para estos fines va a traer beneficios de algún tipo tanto al abonado, como al administrador de la red.

- considerar el estado de las normas internacionales del uso del canal D en el momento que se haga la inversión.

V. CONCLUSIONES

A. El canal D se utiliza, principalmente, para el transporte de información de señalización.

B. El canal D también puede ser utilizado para el transporte de información de telemetría en general, videotexto, teletex e información de usuario en forma de paquetes a baja velocidad.

C. En la primera fase de RDSI, en Guatemala, no debe comercializarse el uso del canal D para la transmisión de información de usuario tipo p y t. Antes de la puesta en marcha de la segunda fase debe volverse a considerar la posibilidad, pero tomando en cuenta el estado de las normas internacionales para este propósito en particular, los resultados de la rentabilidad, tanto para el abonado, como para el administrador de la red, y los equipos que haya en el mercado para realizar esta función.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Martin, J. Telecommunications and the computer. 2nd. ed. USA, 1976 Prentice-Hall Inc.. 670pp.
- 2) McNamara, J. Technical aspects of data communications. 2nd. ed. 1982 USA, Digital Equipment Corporation. 330pp.
- 3) O'Neil, J. Principles of networking for private telecommunications networks. USA, General Data Comm Inc.. 272pp.
- 4) Feher, C. Advanced digital communications. USA, Prentice-Hall Inc.. 1987 726pp.
- 5) Sunshine, C. Computer network architectures and protocols. 2nd. ed. 1989 USA, Plenum Press. 543pp.
- 6) ISDN. Its philosophy, its characteristics, Alcatel n.v.'s Contribution to its implementation. Alcatel. Inglaterra. 1989 44pp.
- 7) Teleinformática y redes de computadores. 2a. ed. México, 1987 Publicaciones Marcombo, S.A. 349pp.
- 8) Diconet, G. Design and Prospects for the ISDN. USA, Artech House. 1987 286pp.
- 9) CCITT. "Modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos para aplicaciones del CCITT". Recomendación X.200.; 8 (4): 3-56.
- 10) CCITT. "Interfase usuario-red de la RDSI - estructuras del interfaz y capacidades de acceso". Recomendación I.412; 3 (5): 132-138.
- 11) Bartee, T. Digital communications. USA, Howard W. Sams & Co. 406pp. 1986
- 12) CCITT. "Sistemas de señalización digital de abonado N°.1 (SDA 1), capa enlace de datos". Recomendación Q.920 y Q.921.; 6 (10): 1-60.
- 13) Franco, G. World communications, ways and means to global integration. Italy, Geographic Institute De Agostini Officine Grafiche Novara. 365pp.

APENDICE A

Tipos de trama, instrucciones y respuestas

Las entidades de capa enlace de datos del lado usuario o del lado red utiliza las siguientes instrucciones y respuestas prepresentadas en la figura A.1. Cada conexión de enlace de datos debe soportar al conjunto completo de estas instrucciones y respuestas para cada aplicación realizada.

Elementos para las Comunicaciones entre Capas:

Las comunicaciones entre capas y en el caso particular entre la capa de enlace de datos y la gestión de capa, se efectúan por medio de primitivas. Las primitivas consisten en instrucciones y sus respectivas respuestas en relación con los servicios solicitados de una capa inferior. La sintaxis general de una primitiva es:

Tipo XX - Nombre genérico: parámetros

donde XX designa la interfase que atraviesa la primitiva. En la recomendación Q.921 aparecen los símbolos:

- ED para la comunicación entre la capa 3 y la capa enlace de datos
- FI para la comunicación entre la capa enlace de datos y la física
- GEU para la comunicación entre la gestión de capa y la capa de enlace
- GFI para la comunicación entre la entidad de gestión y la capa física

El nombre genérico especifica la acción que debe realizar la capa identificada, véase figura A.2 (12).

FIG. A.1

INSTRUCCIONES Y RESPUESTAS (modulo 128)

APLICACION	FORMATO	INSTRUCCIONES	RESPUESTAS	CODIFICACION								Oct.
				8	7	6	5	4	3	2	1	
Transferencia de información sin acuse de recibo y con acuse de recibo multitrama	Transferencia de información	I (información)		N(S)							O	4
				N(R)							P	5
	Supervisión	RR (preparado para recibir)	RR (preparado para recibir)	0	0	0	0	0	0	0	1	4
				N(R)							P/F	5
		RNR (no preparado para recibir)	RNR (no preparado para recibir)	0	0	0	0	0	1	0	1	4
				N(R)							P/F	5
		REJ (rechazo)	REJ (rechazo)	0	0	0	0	1	0	0	1	4
				N(R)							P/F	5
	No numerado		SABME (establecimiento del modo balanceado asíncrono ampliado)	0	1	1	P	1	1	1	1	4
			DM (modo desconectada)	0	0	0	F	1	1	1	1	4
			UI (información no numerada)	0	0	0	P	0	0	1	1	4
			DISC (desconexión)	0	1	0	P	0	0	1	1	4
			UA (acuse de recibo no numerado)	0	1	1	F	0	0	1	1	4
			FRMR (rechazo de trama)	1	0	0	F	0	1	1	1	4
XID (intercambio de identificación)			1	0	1	P/F	1	1	1	1	4	
Gestión de conexión		XID (intercambio de identificación) Véase la nota	XID (intercambio de identificación) Véase la nota	1	0	1	P/F	1	1	1	1	4

NOTA — El empleo de la trama XID para fines distintos de la negociación de parámetros (véase el § 5.4) será objeto de ulterior estudio.

Nombre genérico	Tipo				Parámetros		Contenido de las unidades de mensaje
	Petición	Indicación	Respuesta	Confir- mación	Indicador de prioridad	Unidad de mensaje	
C3 ← C2							
ED-ESTABLECI- MIENTO	X	X	—	X	—	—	
ED-LIBERACION	X	X		X			
ED-DATDS	X	X	—	—	—	X	Mensaje entre pares de capa 3
ED-DATO UNIDAD	X	X	—	—	—	X	Mensaje entre pares de capa 3
G ← C2							
GED-ASIGNACION	X	X	—	—	—	X	Valor IET, SEC
GED-SUPRESION	X	—	—	—	—	X	Valor IET, SEC
GED-ERROR	—	X	X	—	—	X	Motivo del mensaje de error
GED-DATO UNIDAD	X	X	—	—	—	X	Mensaje entre pares de función de gestión
GED-XID	X	X	X	X	—	X	Información de gestión de conexión
C2 ← C1							
FI-DATOS	X	X	—	—	X	X	Mensaje entre pares de capa de enlace de datos
FI-ACTIVACION	X	X	—	—	—	—	
FI-DESACTIVACION	—	X	—	—	—	—	
G ← C1							
GFI-ACTIVACION	—	X	—	—	—	—	
GFI-DESACTIVACION	X	X	—	—	—	—	
GFI-INFORMACION	—	X	—	—	—	X	Conectado/desconectado

C3 ← C2: Límite capa 3/capa enlace de datos

C2 ← C1: Límite capa enlace de datos/capa física

G ← C2: Límite entidad de gestión/capa enlace de datos

G ← C1: Límite entidad de gestión/capa física

APENDICE B

Las principales recomendaciones del CCITT referentes a RDSI y relacionadas con el presente trabajo son:

- I.310 Principios Funcionales de una RDSI
- I.320,24,25 y 26 Modelo de Referencia
- I.430,31 Interfases Usuario-Red de la RDSI. Recomendaciones relativas a la capa 1.
- I.440,41 Interfases Usuario-Red de la RDSI. Recomendaciones relativas a la capa 2.
- I.450,51,52 Interfases Usuario-Red de la RDSI. Recomendaciones relativas de la capa 3.