

**RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS  
(RDSI/ISDN)**

**Seminario de Telefonía Digital**

**Elkin Darío Flórez Dávila  
Gonzalo Alfredo Romero Borda**

**Universidad de los Andes  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Especialización en Telemática  
Segundo Módulo**

**Bogotá D.E., Noviembre 7 de 1990**

## Tabla de Contenidos

Red Digital de Servicios Integrados (RDSI/ISDN) .....	1
Servicios de RDSI.....	1
Evolución de RDSI.....	4
La Arquitectura RDSI .....	7
PBX Digital.....	11
La interfaz RDSI.....	13
Perspectivas del RDSI.....	16
BIBLIOGRAFIA .....	17

## **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI/ISDN)**

Por más de un siglo, toda la infraestructura de comunicaciones ha sido el sistema telefónico, sistema diseñado primordialmente para transmitir señales análogas; sin embargo, los avances tecnológicos han generado la urgente necesidad de transmitir no sólo señales como la voz humana, sino también datos, fax y video. Los requerimientos de los usuarios y sus demandas crecientes por estos y muchos otros servicios han llevado a acuerdos internacionales para reemplazar la mayor parte del sistema telefónico de los países por un sistema digital avanzado que permita acceder a todos los servicios que los usuarios requieren. Este nuevo sistema es lo que se conoce como **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)**, sistema avanzado cuyo propósito primario radica en la integración de servicios de voz y datos.

Dado que RDSI es básicamente el rediseño del sistema telefónico a nivel mundial, su estandarización y coordinación esta siendo llevada a cabo por los grupos de estudio de la CCITT y no por la ISO, aunque en los últimos años se destaca el desarrollo y la integración de esta última entidad, dentro de los evolución misma del sistema. Las recomendaciones sobre RDSI fueron aprobadas en 1984 y se refinaron en 1988. A continuación se describirán a grandes razgos los objetivos, la evolución, la arquitectura básica y el diseño que involucra RDSI.

### **Servicios de RDSI**

RDSI ha tomado fuerza gracias a la creciente demanda de los usuarios por nuevos y mejores servicios, además del deseo de integrarlos a la telefonía convencional. Veamos rápidamente los planes que la CCITT ha ido desarrollando en este campo con respecto a la prestación de servicios tanto en las empresas como en los hogares modernos. Uno de los primeros resultados dentro del cambio fué la llegada al mercado de teléfonos digitales programables por medio de los cuales la persona podía marcar automáticamente cualquier otro número en cualquier parte del mundo; estos teléfonos tenían a su vez la capacidad de desplegar el número del telefono, el nombre y la dirección del conectante mientras se marcaba; una versión aún más sofisticada de estos aparatos consistía en la posibilidad que ofrecían de conectarlo a una terminal de datos y trabajar en un computador al mismo tiempo que hace su llamada telefónica.

Otros servicios avanzados son la transferencia de llamadas, el reenrutamiento a cualquier otro número, la conferencia, digitalización de voz, entre muchos otros. De otro lado, muchos abonados que no poseían un contestador automático pueden ahora utilizar este servicio por un bajo costo a través del nuevo sistema. De otro lado, los hoteles se beneficiaron del servicio automático para despertar a sus inquilinos, ahorrándole así a sus operarios el hacer cientos de llamadas manualmente.

Los servicios de transmisión de datos de RDSI están permitiendo a los usuarios conectar su terminal RDSI de datos a cualquier otra en el mundo. Hasta hace poco este tipo de conexiones eran prácticamente imposibles debido a la incompatibilidad de los sistemas telefónicos de los países. Ahora las conexiones pueden tener más de dos abonados y cada uno de ellos puede incluso enviar mensajes en "broadcast" a los otros usuarios conectados.

Otra característica importante en la transmisión de datos es la posibilidad de crear grupos cerrados de usuarios en los cuales uno de sus miembros puede llamar a otros en su grupo, o que llamadas entrantes puedan ser denegadas para el grupo. Esta característica hace posible que una compañía pueda usar el sistema telefónico convencional como una red privada de transmisión de mensajes o información de cualquier tipo. Las redes privadas son importantes para efectos de privacidad y seguridad en las empresas tanto del sector público como privado.

Un nuevo servicio de comunicación que será ampliamente utilizado es el de **videotex**, i.e., el acceso interactivo a un sistema de información remoto por una persona desde una terminal de datos, algo así como tener un "directorío de páginas amarillas" en línea, que reemplazará a los libros que periódicamente se reparten a los abonados; otras aplicaciones de este servicio son, entre otras, la reserva remota de pasajes, las carteleras electrónicas, etc.

Otro servicio RDSI que seguramente causará sensación será el **teletex**, una forma muy sencilla de correo electrónico para hogares y oficinas. En la mayoría de los países, el sistema telefónico constituye un gran beneficio mientras que el servicio postal genera grandes pérdidas; es mucho más barato enviar bits de información electrónicamente, que transportarla físicamente en avión, en camión, a pie, etc.

Por consiguiente, será económicamente factible el poseer no un teléfono, sino más bien una estación de trabajo que actúe como teléfono y como terminal, no sólo para videotex, sino también para editar, transferir, archivar o imprimir correo electrónico, reduciendo de esta manera la carga del sistema postal.

Sobra indicar que este servicio de teletex deberá ser adsequible para que tenga la aceptación que merece por parte de los abonados, dado que deberá estar diseñado para transferir no solo mensajes de texto, sino también reportes gráficos, firmas electrónicas, diagramas, ilustraciones y en general material gráfico a sitios distantes. Es así como se ha impuesto en nuestro medio el fax ó fascimil, un mecanismo RDSI ágil, rápido eficaz que permite digitalizar electrónicamente cualquier documento o imagen; el flujo de información (bits) resultante es luego transmitido a su destino y reimpresso en una hoja de papel. El fax constituye sin embargo un ejemplo de servicio que requiere gran ancho de banda; por ello existen también servicios potenciales que contrariamente requieren poco ancho de banda; es el caso de los servicios de alarma y telemetría. Por ejemplo, resultaría mucho más eficiente y barato que la compañía de energía eléctrica pueda leer los contadores de luz con solo hacer una llamada telefónica, en lugar de contratar una gran cantidad de personas para recolectar esa información casa por casa.

Los servicios de alarma antes mencionados incluyen detectores de fuego en hogares y oficinas, que son dispositivos integrados al conmutador telefónico con tecnología RDSI y que gracias a ello pueden llamar automáticamente a los Bomberos en caso de emergencia. Si el teléfono de la estación de Bomberos puede desplegar automáticamente el número telefónico, el nombre y la dirección de quien llama, podrán atenderse los casos de una manera inmediata; además, el costo de los dispositivos será reducido pues los detectores no tendrán que identificarse cuando hacen la llamada.

Otra aplicación importante la constituye la alarma médica, en la cual un paciente delicado puede tener un botón en cada cuarto de su casa; si presiona un botón, la alarma activa un mecanismo que hace una conexión inmediata con el centro de asistencia más cercano, desplegando en su terminal el nombre del paciente, su dirección, su historia médica, la mejor ruta para ir desde el centro hasta su casa, tomando incluso en cuenta el patrón normal de tráfico en el momento de la llamada.

Algunos de estos servicios propuestos RDSI están disponibles en el momento y gozan de gran aceptación por parte de los abonados; muchos otros están en vía de desarrollo y otros hasta ahora están siendo integrados como alternativas futuras. El propósito de RDSI es, como se vé, integrar todos los servicios descritos anteriormente y hacer de ellos algo tan común y fácil de utilizar como lo fué el telefono, hace unos años.

### **Evolución de RDSI**

El futuro de las Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSIs) es bastante promisorio. Sin embargo, la inversión tecnológica y económica que tendrá que hacerse para modificar el sistema telefónico convencional para adecuarlo a las necesidades modernas y futuras hace de RDSI un proyecto a largo plazo y que por ende tendrá mientras tanto que coexistir con el sistema análogo presente, por unos buenos años. Estos requerimientos tienen su mayor influencia en la forma definitiva que RDSI tomará más adelante y en el modo como el sistema actual se traduzca gradualmente hacia RDSI. Aquí se intentará explicar el porqué se diseñó así la arquitectura RDSI, que se describirá un poco más adelante.

La red pública conmutada originalmente enviaba su información de control a través del mismo canal (4 KHz) que usaba para transmitir las señales de voz; tonos a diferentes frecuencias eran usadas por el sistema mismo para señalización. Este esquema se conoce como señalización "in band" que significa que los usuarios podían, en un momento dado, interferir con la señalización intrínseca del sistema; es así como antiguamente se presentaban problemas de caída de llamadas ocasionadas por la emisión de sonidos con cierto rango de frecuencias a través de la línea telefónica; otro de los problemas graves de ese sistema era que usuarios sofisticados podían manipularlo para evitar el cobro del abonado; por mucho tiempo, la forma como los teléfonos públicos detectaban cuáles monedas se depositaban, era el sonido que ellas hacían sobre una campana dentro del aparato. He ahí un ejemplo típico de la necesidad de reestructurar el sistema análogo convencional.

Para eliminar estos y otros problemas causados por tal tipo de señalización, la compañía AT & T diseñó e instaló en 1976 una red de conmutación de paquetes separada de la red pública existente. Esta red, denominada Señalización por Canal Común (CCIS), trabajaba a 2.4 Kbps y fue desde un principio diseñada para mover el tráfico de señalización "out band". Con este nuevo sistema, cuando alguien necesitaba hacer una llamada, el sistema se encargaba de escoger un canal de alguna troncal de salida de la red; entonces la persona enviaba su "paquete" al siguiente nodo conmutado de la red, paquete que indicaba a lo largo de la ruta cuál de los canales de troncal le había sido asignada. Este nodo escogía a su vez el siguiente nodo en la ruta y lo reportaba igualmente a todos los nodos de la red. De esta manera, las conexiones análogas eran manejadas por una red conmutada de paquetes independiente, a la cual los usuarios no tenían acceso.

Las redes CCIS serán recordadas por mucho tiempo como un gran efecto de cambio dentro del sistema; fueron siendo rápidamente usadas por muchas aplicaciones. Quedan en la mente cuatro (4) grandes ventajas por ella ofrecidas:

1. Establecimiento, enrutamiento y cierre de llamadas.
2. Acceso interno a bases de datos
3. Soporte y operaciones en red.
4. Cobro y recargo de tarifas.

El establecimiento de llamadas está estrechamente relacionado con la escogencia de troncales y canales en cada nodo de la ruta para llamadas que debían pasar a través de múltiples sitios. Las bases de datos se utilizan para verificar los números de teléfono, el enrutamiento y el recargo de llamadas, entre muchas otras aplicaciones. El soporte y la operación de la red dependen en gran parte de las muestras que se tomen del desempeño de la red, la utilización marginal de troncales, la instalación o remoción de nodos intermedios y/o líneas, la redistribución física de nodos, etc.

Finalmente, el cobro y el recargo son herramientas de red para evitar el fraude de los abonados. Como se puede ver, el éxito de CCIS influyó grandemente en el diseño y la necesidad de RDSI, sistema que maneja igualmente señalización fuera de banda "out band".

Otro desarrollo que ha crecido en auge desde 1975 lo constituyen las redes de conmutación de paquetes comercialmente disponibles. La red convencional es una red de conmutación de circuitos, lo cual significa que una conexión física permanece enganchada extremo a extremo durante toda la llamada. Para tráfico interactivo, tal como el acceso remoto vía terminal a una base de datos o a un sistema que comparte su tiempo de procesador, resultaría bastante costoso utilizar este tipo de conexión; dicha alternativa es bastante adecuada cuando se tiene tráfico en lotes (batch), ya que sólo se hace la llamada para transmitir la información. De esta manera, muchos abonados prefieren utilizar este tipo de red y no la red telefónica, basados en que su recargo será por volúmenes de tráfico en la red y no por el tiempo de conexión requerido para transmitirla.

Así el sistema telefónico actual realmente tiene tres (3) componentes intrínsecos diferentes: la red pública conmutada análoga, para transmitir señales de voz, CCIS para efectos de señalización y control de red, y redes de conmutación de paquetes, para transferencia de datos. Ahora, la instalación y adecuación de nuevas líneas telefónicas puede llegar a costar varios cientos de billones de dolares; reemplazar los "local loops" con fibra óptica para satisfacer los requerimientos de RDSI, por solo citar un ejemplo, es algo ni siquiera pensable. De otro lado, sin embargo, el reemplazo progresivo de troncales de intercambio entre centrales con enlaces de fibra óptica es más factible debido a que hay pocas de ellas por ahora y pueden ser fácilmente readecuadas poco a poco.

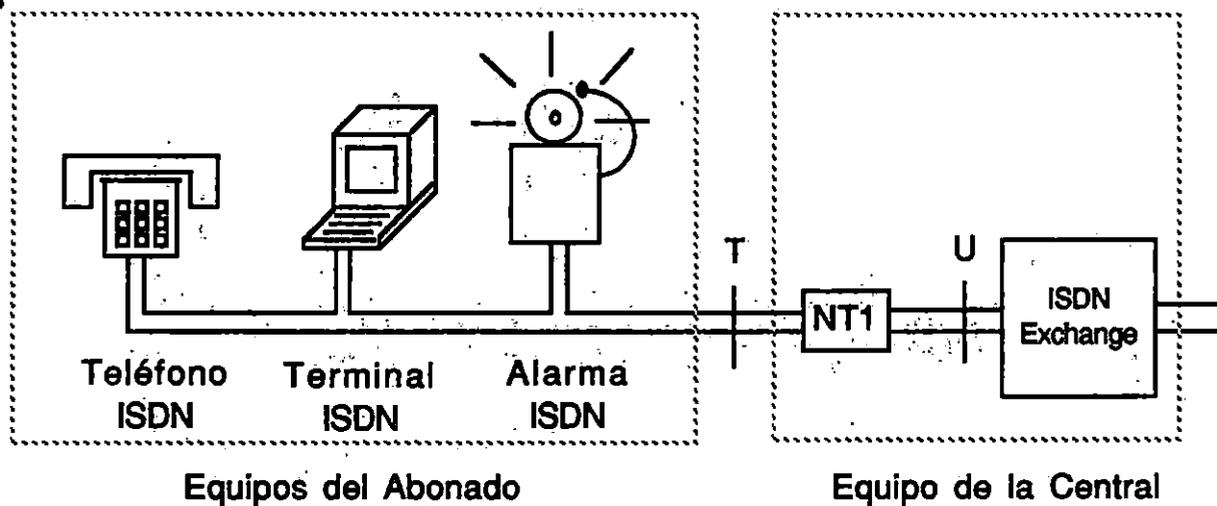
Los hechos anteriormente mencionados muestran que RDSI fue diseñada desde un principio para coexistir con las limitaciones de los "local loops" existentes, y a su vez con las redes CCIS, las redes análogas y las redes de paquetes. En particular, el ancho de banda disponible sobre los "local loops" es de unos 2 Mbps para el 80% de los "loops" con longitud menor a 8 Km., y un poco menor para enlaces mas largos.

El primer paso hacia RDSI fué definir y estandarizar la interfaz entre el usuario y la red. El siguiente paso fué comenzar a reemplazar lentamente los dispositivos de extremo de las líneas, por dispositivos que soportaran la interfaz RDSI. De esta manera, aquellos usuarios conectados a una interfaz de intercambio de mensajes RDSI puede llegar a utilizar los servicios RDSI sobre llamadas a otros abonados RDSI, aunque utilizando las facilidades y/o restricciones de las redes existentes. Eventual y gradualmente, las redes de conmutación de voz y datos existentes serán reemplazadas por una red integrada, hecho que sólo ocurrirá completamente a comienzos del siglo XXI.

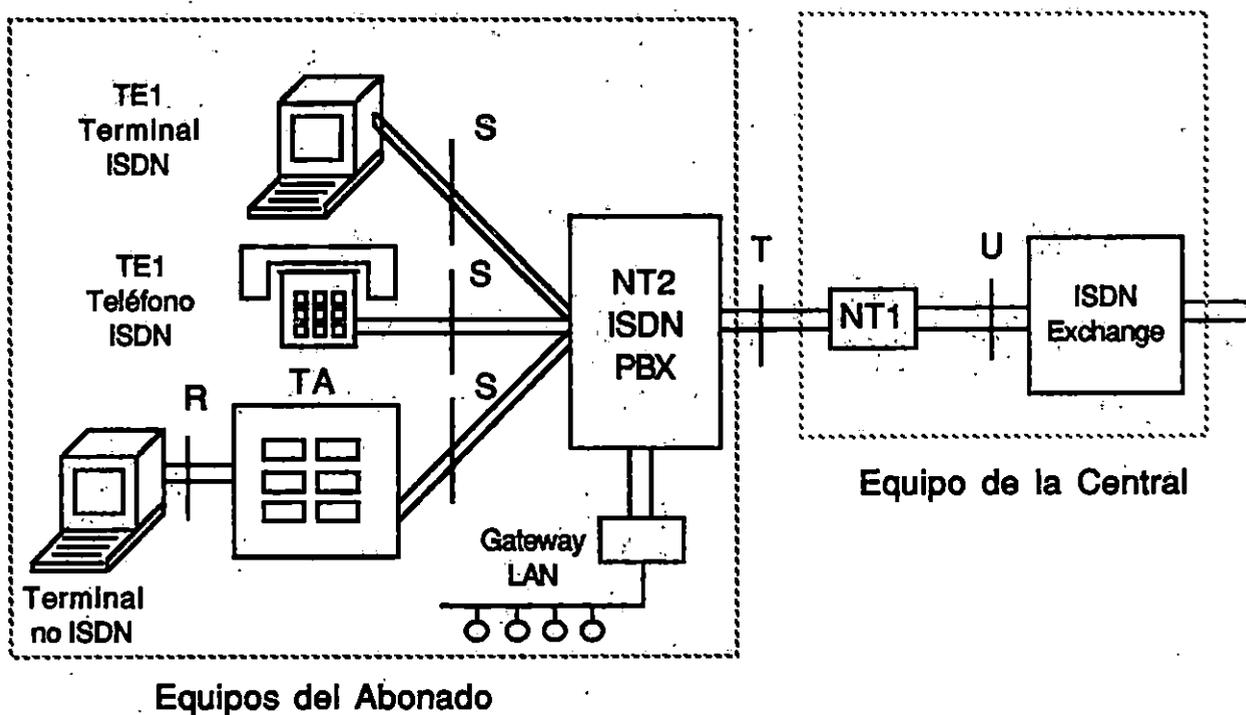
### **La Arquitectura RDSI**

A continuación se describirá la arquitectura RDSI, en particular el equipo que requiere el abonado y la interfaz entre el abonado y la compañía de teléfonos, llamada PTT. La idea de RDSI se basa en lo que se denomina un "pipe digital de bits", un tubo conceptual entre el abonado y una portadora a través de la cual fluye la información. El hecho de que los datos se originen desde un teléfono digital, una terminal de datos, una máquina de facsimil, o algún otro dispositivo, resulta irrelevante; lo que le interesa al sistema es que la información (bits) pueda viajar a través del "tubo" en ambas direcciones.

El "pipe" digital de bits puede, y normalmente lo hace, soportar múltiples canales independientes entre sí por TDM (Multiplexación por División de Tiempo) del flujo de datos. El formato exacto de la corriente de datos y su multiplexación es una parte cuidadosamente definida dentro de las especificaciones de la interfaz para el tubo. Se han desarrollado dos (2) estándares básicos para el "pipe" (tubo): un estándar de bajo ancho de banda para uso casero y uno de gran ancho de banda para oficinas, que soporta múltiples canales, cada uno de ellos idéntico al canal de uso casero. Adicionalmente, las empresas pueden llegar a obtener múltiples "pipes", si en un momento dado requieren de mayor capacidad, pero siempre ajustándose a lo que estándar provee para este tipo de tubos.



**Figura 1a - RDSI para uso casero**



**Figura 1b - RDSI para servicio especializado**

En la figura 1a se muestra la configuración normal para uso casero o para una empresa pequeña. La compañía generadora de la portadora de red (su dueña) coloca un dispositivo de terminación de red, llamado NT1 en el predio del abonado y lo conecta al nodo de intercambio RDSI ubicado en la central generadora de portadora, bastante distante si se quiere, usando un par enrollado usado previamente para conectarlo al teléfono del abonado. La caja NT1 tiene un conector al que se inserta un cable (bus) pasivo. Hasta ocho (8) terminales, teléfonos, alarmas, y otros dispositivos, pueden llegar a ser conectados a este bus, algo parecido a la forma como se conectan las estaciones a una red local (LAN). Desde el punto de vista del abonado, el extremo de la red es el conector sobre el NT1.

Actualmente, el NT1 es mucho más que un simple terminador; contiene mecanismos electrónicos para administración de red (HW), mecanismos de revisión de realimentación locales y remotos, mantenimiento y monitoreo de desempeño. Por ejemplo, cada nuevo dispositivo pegado al bus debe tener una dirección propia y única para poder ser accedido; para evitar conflictos, la asignación de dicha dirección se hace dinámicamente a través de una "petición" al NT1 por parte del dispositivo a ingresar; el NT1 chequea su lista actual de direcciones y le asigna una nueva.

El NT1 contiene además lógica para resolución de estados de contención, arbitrando el acceso al bus cuando dos (2) o mas dispositivos quieren accederlo. En términos del modelo OSI, el NT1 es un dispositivo primario del nivel físico: se restringe a la forma de conexión y a los voltajes utilizados para representar los bits, pero desconoce totalmente la forma y el tamaño de los paquetes que sean transmitidos a través del tubo.

Para propósitos más especializados, el modelo de la figura 1a resulta inadecuado debido a que es muy común tener muchas conversaciones telefónicas simultáneamente, las cuales deberán ser todas manejadas por el bus. Por ello, se utiliza el modelo de la figura 1b. En este modelo se encuentra un nuevo dispositivo, el NT2, denominado un PBX (Private Branch eXchange), conectado al NT1 para proveer una interface real para teléfonos, terminales y otros equipos.

Un PBX RDSI no dista conceptualmente de lo que es un nodo de intercambio RDSI, aunque es usualmente más pequeño y sólo puede manejar un número limitado (porcentualmente grande) de llamadas simultáneas. Las llamadas entre dos teléfonos y/o terminales (puertos) dentro de la empresa, usualmente hechas marcando un número de extensión de hasta cuatro (4) dígitos, se conectan dentro del PBX, sin intervención de ningún nodo de intercambio RDSI. Cuando un abonado marca "9" (o algún otro código) para obtener una troncal de salida, el PBX asigna uno de los canales del "pipe" digital de bits y lo conecta al abonado; si no hay ningún canal disponible, el abonado recibe una señal de "ocupado". En esencia, un PBX comprende los tres (3) primeros niveles del modelo OSI.

Un PBX RDSI puede interactuar directamente con terminales y teléfonos digitales; sin embargo, existen aún muchos dispositivos no-RDSI tales como terminales de datos con interfaces RS-232C. Para resolver esto, el abonado puede instalar uno o varios adaptadores de terminales, que son dispositivos que hablan RS-232C con la terminal y RDSI con el PBX.

Un ejemplo de este tipo de interacción puede ser observado en UniAndes, debido a que allí se cuenta con un conmutador telefónico digital. Como parte de este conmutador, existen unos teléfonos digitales que cuentan con un puerto serial RS-232C. La conexión de estos teléfonos al conmutador se realiza a través de dos (2) hilos a una velocidad de 144 Kbps, dividida en tres (3) canales, uno de 64 Kbps para transmisión de datos, otro equivalente para voz, y un canal de 16 Kbps para señalización y control (lo que más adelante distinguiremos como acceso RDSI básico 2B+1D). De esta forma, es posible conectar un equipo terminal de datos al puerto serial del teléfono digital y tener comunicación simultánea de voz y datos con extremos diferentes.

En resumen, la figura 1b muestra cinco (5) tipos de dispositivos en el extremo del abonado y que son:

1. NT1: Extremo terminador inteligente de red
2. NT2: PBX del abonado

3. **TE1:** Terminal RDSI
4. **TE2:** Terminal no-RDSI
5. **TA :** Adaptador de Terminal

La CCITT ha definido cuatro (4) **puntos de referencia**, llamados **R, S, T y U**, entre los diferentes dispositivos; ellos se marcan en la figura 1b. El punto **U** es la conexión entre el nodo de intercambio RDSI en el extremo del abonado y el NT1. Actualmente es un par enrollado de dos (2) hilos pero será reemplazado en el futuro completamente por fibra óptica. El punto **T** es lo que provee el conector del NT1 al abonado. El punto **S** es la interfaz entre el PBX RDSI y las terminales RDSI. El punto **R** es la conexión entre el adaptador de terminal y las terminales no-RDSI; muchos tipos diferentes de interfaces pueden llegar a ser utilizadas en **R**.

La situación de RDSI es bastante complicada: las políticas de los países deberán fomentar la competencia en la industria de las telecomunicaciones para que el proyecto pueda llegar a buen término. En los países europeos al igual que sucedía con Colombia, por citar un simple ejemplo, el PTT tiene aún el monopolio de las telecomunicaciones; de esta manera cada país tiene sus propias ideas y dá origen a controversias entre los países. Primero, quien es el dueño del NT1 y NT2? ellos sugieren tres (3) posibilidades:

1. El abonado costea sus propias NTs.
2. El Portador RSDI comparte el NT1 con el abonado, pero este último compra el NT2.
3. El Portador RDSI (la compañía encargada de la red) comparte ambas NTs con el abonado.

Las propuestas (1) y (3) conllevan a ideas económicas con respecto a integrar las dos NTS en una sola unidad, lo que se ha dado en denominar dispositivo NT12 o "PBX modificado".

En los E.U.A. muchas compañías querrán comprar este tipo de equipo para evitar tener que compartir el NT1 con el abonado. En los países europeos en los que el monopolio del PTT se extiende a la posesión de los PBXs, el PTT puede proveer el NT12 para reducir sus propios costos. La ventaja del NT1, sin embargo, radica en el hecho de ser un dispositivo que aísla al abonado de cambios que puedan llegar a requerirse en la tecnología del "local loop". Cuando se tenga fibra óptica por todas partes, la adecuación

del NT1 será mucho más simple que la readecuación o el reemplazo, en últimas, de todo el PBX. De otro lado, algunos abonados afirman que, dado que el "local loop" no ha cambiado en los últimos cien (100) años, ellos se tomarán los próximos cien para cambiarlo, prefiriendo así los beneficios inmediatos del NT12 en oposición a los beneficios tecnológicos de tener ambos, NT1 y NT2.

Otro aspecto de discusión se centra en el punto de referencia S. Los PTTs quieren una sola interfaz estándar para todos los teléfonos y terminales, pues es mucho más simple y además adecuado trabajar con una sola interfaz. Muchas fábricas de PBXs quieren ofrecer PBXs que no solo ofrezcan interfaces RDSI; también alternativas de enlaces RS-422, X.21, teléfonos análogos (bajo costo), fibra óptica, Ethernet, y más aún, todo lo que sus clientes estén dispuestos a pagar. Como resultado de todo este lío, nunca dejaremos de encontrar sistemas RDSI diferentes e incompatibles entre sí, en los diferentes países.

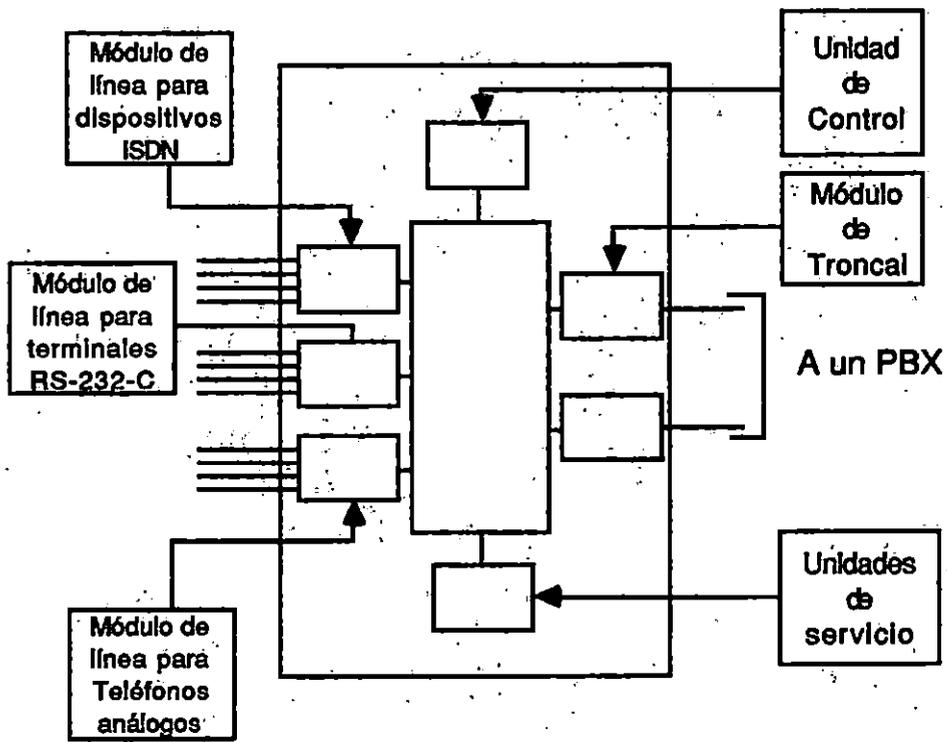
### **PBX Digital**

PBX (Private Branch exchange) es un sistema de conmutación de llamadas. En la actualidad se utiliza una versión de este sistema denominada Private Automatic Branch eXchange (PABX) o Computerized Branch eXchange (CBX).

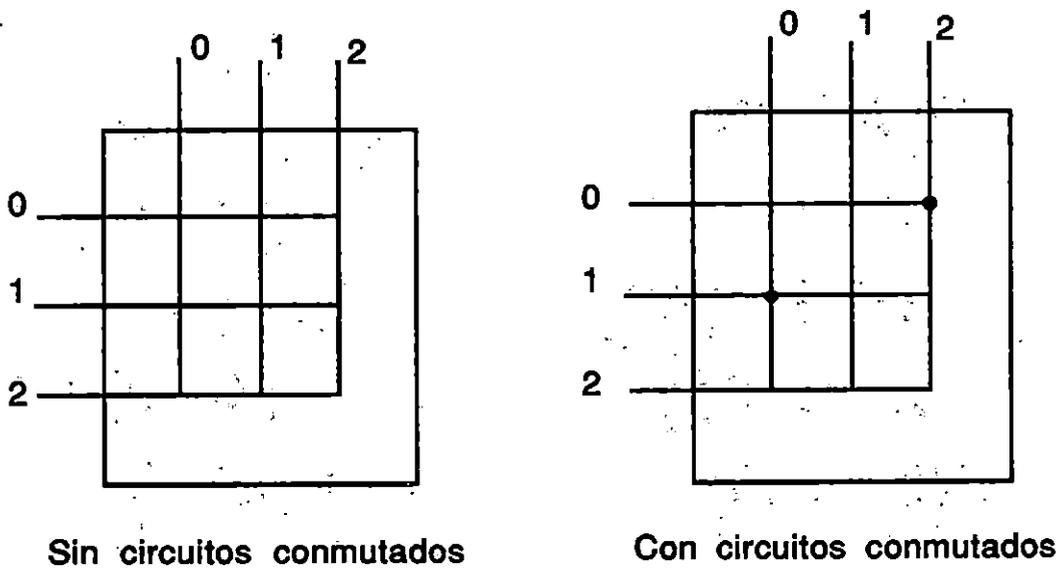
El sistema moderno PABX es catalogado como un sistema de tercera generación; contando desde el sistema manual de paneles de control operados por humanos, pasando por el sistema electromecánico de conmutación, para llegar al sistema electrónico de conmutación actual.

El corazón del PABX es un circuito de conmutación al cual se le pueden colocar módulos de interfaz con dispositivos de diferentes clases, para así producir señales digitales con formato RDSI (ver figura 2).

La unidad de control es un computador de propósito general que corre un software de PBX. Cuando se levanta un teléfono, o se prende un equipo conectado a la unidad de control, mediante los módulos de interfaz, se produce una interrupción del proceso que se esté realizando allí, se recolectan los números marcados y se realiza una orden de conexión entre los 2 puntos en proceso: llamante y llamado. Las señales de tono y otros servicios las provee otra unidad de servicios.



**Figura 2 Diagrama de Bloques de un PBX**



**Figura 3 - Conmutador espacial**

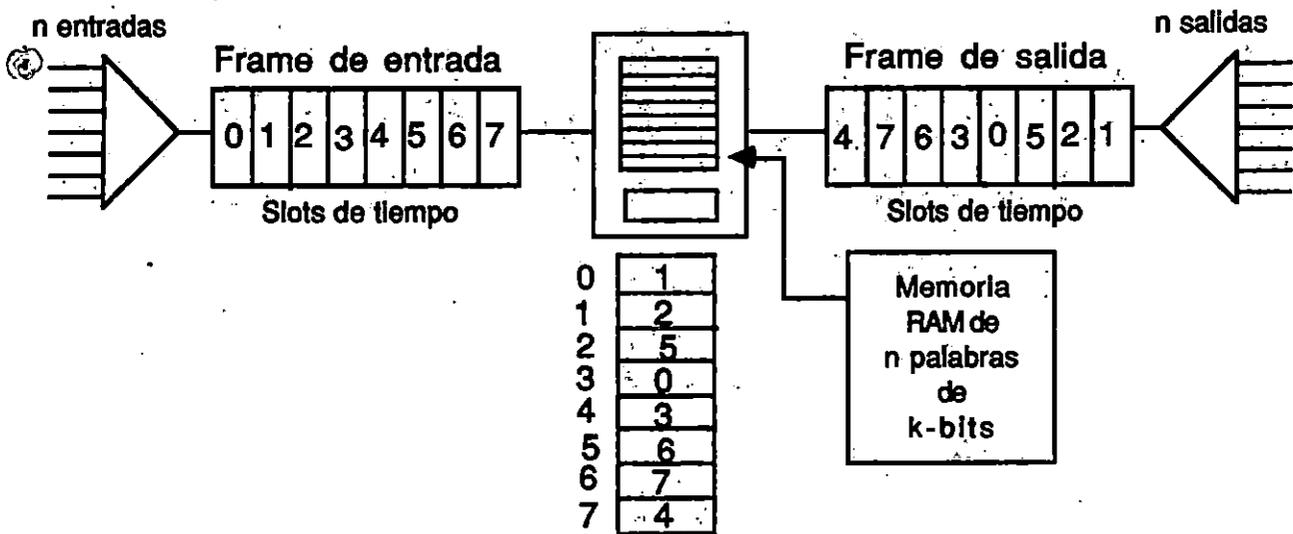
Para realizar la conmutación de los circuitos se utilizan 2 tipos de conmutadores a saber: Conmutadores espaciales (Crosspoint Switch) y conmutadores por asignación de tiempo (Time División Switch).

Los primeros, con  $n$  líneas de entrada y  $m$  de salida (normalmente  $n=m$ ) funcionan con una matriz de conmutación de dimensión  $n * m$ . En cada intersección que se presente en la matriz, se tiene una lógica, manejada por la unidad de control, que permite el paso de la información de una línea de entrada a una de salida; utilizando exactamente la misma filosofía que en la conmutación PBX de primera generación, sólo que sin humanos y con tiempos de conmutación de alrededor de microsegundos (ver figura 3).

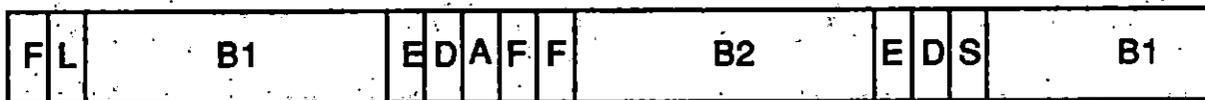
Este sistema tiene el gran problema de que entre más grande sea el número de líneas de entrada y/o salida, más grande debe ser la matriz (en forma cuadrática). Una solución sencilla a este problema, es partir estas matrices en unas más pequeñas y realizar una conmutación por pasos; es decir que la conmutación no se realiza en una sola matriz, sino que la conexión se realiza en varias matrices. Por ejemplo en cuatro pasos (la más usada).

Los conmutadores por asignación de tiempo son completamente diferentes a los anteriores. La idea es asignar un slot de tiempo a cada una de las líneas de entrada, para que estas transmitan. La cantidad de bits que se pueden transmitir en cada slot de tiempo, para RDSI, se cifie al estándar PCM de la CCITT, y que corresponde a 8 bits de información.

El corazón de este tipo de conmutación es el Time Slot Interchanger (TSI). Este dispositivo trabaja de la siguiente forma: cuando un frame de entrada está listo para ser procesado entra a un multiplexor por tiempo que le asigna un slot de tiempo a cada uno de los abonados que por aquí entren. Cada slot (i.e. byte) se escribe en un buffer RAM, de manera que el mensaje que se encuentra en el slot 1 quede en el buffer 1, el mensaje que quede en el slot 2 quede en el buffer 2 y así sucesivamente. Una vez se realiza esta carga de información, se toma cada mensaje (byte) de un buffer y se asigna a otro slot de tiempo, el cual, en el momento de demultiplexarse, se irá a otro abonado de la red. Esta asignación del slot de salida la maneja la unidad de control, mediante el uso de una tabla de enrutamiento, permitiendo así establecer dinámicamente cada una de las conexiones necesarias entre los diferentes abonados (ver figura 4).



**Figura 4 - Conmutador por tiempo**



48 bits en 250 microsegundos = 192 kbps

F = Bit de Frame

L = Balance de carga

E = Eco del bit D previo (para contención)

D = Canal D (4 bits x 4000 frames/seg = 16kbps)

A = Bit de activación

S = Bit sobrante.

**Figura 5 - Frame del nivel físico**

Este sistema utiliza, como ya se vió, tablas de orden lineal con respecto al número de líneas a conmutar, pero tiene la limitante de que sólo se pueden manejar 625 conexiones, debido a que el tiempo circular de multiplexación es de tamaño (frame generado por los multiplexores) 125 microsegundos y se utilizan memorias con una tasa de acceso de alrededor de 100 nanosegundos. Es decir,  $n = 125 / 2 * T$ , donde 2 es el número de accesos por posición de memoria, T el tiempo de acceso de 100 nanosegundos y 125 el tiempo de multiplexación.

### **La interfaz RDSI**

A diferencia del estándar OSI, la CCITT encuentra un significado diferente para el término interfaz. Para la CCITT interfaz es el protocolo, en las etapas inferiores, que comunica dos niveles iguales de dos o mas equipos RDSI.

Las definiciones de los estándares dados para RDSI, por la CCITT, difieren, en algunos casos bastante, de los niveles definidos por la OSI. RDSI usa un nuevo tipo de conector, completamente diferente al los de 25, 37 y 9 pines usados para las interfaces RS 232-C y RS 449. Un conector de 8 pines, de los cuales 2 son utilizados para transmitir la información y la tierra; 2 para recibir la información y recibir la tierra, y los otros 4 se usan para dar energía a la terminal. Debido a que se está utilizando una interfaz con esquema de transmisión balanceada, (parecida a la interface RS 422-A), el cable RDSI puede ser de hasta 1 km de longitud con una buena inmunidad al ruido.

El estándar de RDSI define un manejo de múltiples canales por división de tiempo, especificando 6 tipos diferentes a saber:

- A - Canal análogo de 4 kHz.
- B - Canal digital PCM de 64 kbps para transmisión de voz o datos.
- C - Canal digital de 8 o 16 Kbps para datos.
- D - Canal digital de 16 o 64 kbps para señalización.
- E - Canal digital de 64kbps para señalización interna de RDSI.
- H - Canal digital de 384, 1536 o 1920 kbps.

Pero la idea de CCITT no es utilizar cualquier combinación de canales, sino, permitir una flexibilidad máxima en la utilización del sistema. Es por esto que definió estandares para 3 tipos diferentes de combinaciones :

- 1 - Acceso Básico :2B + 1D.

- 2 - Acceso Primario : 23B + 1D (E.E.U.U. y Japon) o 30B + 1D (Europa)
- 3 - Acceso Hybridado : 1A + 1C

La definición de la rata básica está dirigida a pequeños abonados, donde se digitaliza la voz en 8 bits a una rata de 8000 muestras por segundo.

El canal B puede ser submultiplexado, para poder conectar allí varios equipos simultáneamente.

El canal D se utiliza para enviar los requerimientos de llamadas por el subcanal *s*, para enviar información de telemetría por el subcanal *t* y para enviar paquetes de datos por el subcanal *p*.

La definición de la Rata Primaria está dirigida a ser utilizada con un sistema PBX. El canal D entonces sólo soporta información de control de llamadas, diferente a la definición del canal D para el caso de la Rata Base.

La configuración híbrida se pensó para abonados con teléfonos análogos, de manera que pudieran utilizar algunas ventajas adicionales a las que su teléfono pudiera darles normalmente.

Un frame enviado por un sistema 2B + 1D contiene una estructura similar a la mostrada en la siguiente figura, donde se notan varios bits diferentes de control, el canal de datos y voz (B) y el canal de control (D) (ver figura 5).

Los bits más importantes en este frame son:

- F: Utilizado para mantener la sincronización entre los 2 multiplexores.
- E: Utilizado para la resolución de contención cuando varios dispositivos intentan transmitir al mismo tiempo.
- A: Utilizado para la activación de los dispositivos.

En este nivel físico, no se chequean los errores, y se deja esta tarea para los niveles superiores al nivel físico.

RDSI está diseñado para trabajar la información en dos tipos de redes diferentes: conmutación de circuitos, o conmutación de paquetes, con todas las implicaciones que esto conlleva; es decir, en el caso de conmutación de circuitos, RDSI establece una conexión, que no se destruye sino hasta el momento en el que se "cuelga" uno de los equipos comunicados, entre los dos puntos que desean dialogar. En el caso de conmutación de paquetes, se

establece una llamada al IMP, el cual es, normalmente local, y se cobra tan sólo el número de paquetes transmitidos por la red.

### **Perspectivas del RDSI**

RDSI es una buena alternativa, puesto que es una interfaz estándar a nivel mundial. Esta estandarización viene a popularizar el servicio, y por lo tanto a bajar los costos de los equipos con esta tecnología.

Desafortunadamente, los adelantos tecnológicos van mucho más rápido que los estándares, produciendo un atraso de estos últimos con respecto a los primeros. Esto implica que los estándares se están volviendo cada vez más obsoletos, y por lo tanto atrasarían de una manera substancial el desarrollo de nuevas técnicas.

Ahora, RDSI es muy sencillo frente a otras tecnologías que están surgiendo en el mundo, y por lo tanto le sería muy difícil competir con ellas. Un ejemplo de esto lo constituyen las redes de área local (LANs), en las que se han alcanzado tasas de 10 MHz o más, contra las cuales RDSI no tiene nada que hacer. Otro ejemplo de esto, son las Redes Rápidas de Conmutación de Paquetes (FPSN), las cuales permitirán tasas de transmisión de paquetes equivalentes a las tasas de transmisión de las redes de área local.

**BIBLIOGRAFIA**

Tanenbaum, Andrew. Computer Networks. Second Edition.  
New Jersey, Prentice-Hall, 1988.

Lavandera, José. Seminario Internacional de RDSI. Bogotá,  
Ceina, 1990.

IEEE Communications Magazine. ISDN. April, 1990. Vol. 28,  
No. 4.