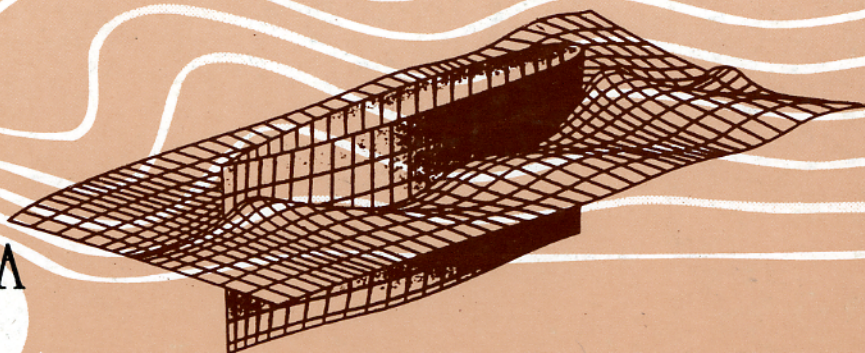
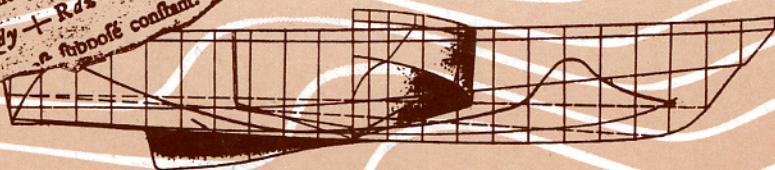
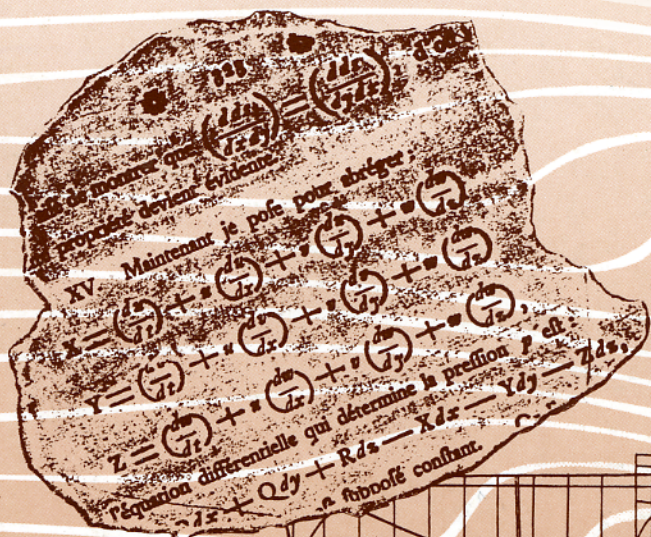


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 1993 VOLUMEN 3 No. 2



INGENIERIA
1993

ESTUDIO DE LA ETAPAS DE DESARROLLO DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA (BISDN) (PRIMERA PARTE)

Luis Diego Marín Naranjo

Resumen

Este documento es el primero de dos que cubre una revisión en la evolución de las redes de comunicaciones hacia el BISDN. La primera parte trata acerca de diferentes tópicos como son: evolución hacia los servicios digitales, aspectos tecnológicos de comunicación de datos, la estandarización, el creciente uso de la fibra óptica en telecomunicaciones de alta capacidad y comunicación de datos y el papel del ISDN.

Summary

This paper is the first of two covering a review in the evolution of communication networks towards BISDN. The first part deals with different topics to consider: evolution towards digital services, technology aspects, standardization, the growing use of optical fiber in telecom and datacom applications., and the growing role of ISDN.

1. INTRODUCCION

Es generalmente aceptado que la primera red de comunicación que usó medios eléctricos fue la red telegráfica. En ella se tenían enlaces dedicados punto a punto entre dos localidades y es de sobra conocido que esta forma de comunicación permite una transmisión muy inflexible de un volumen reducido de información, dada la naturaleza no conmutada de los enlaces.

El advenimiento de las redes conmutadas de comunicación se produce con la aparición del teléfono. Inicialmente la conmutación se realizaba

en forma manual, luego se utilizó la forma mecánica y por último la electrónica se realiza desde hace unos 15 años.

Las redes telefónicas son sin lugar a dudas, las redes de comunicación más difundidas a nivel mundial. Con la aparición y expansión de los sistemas de cómputo, se entrevió la posibilidad de enlazar computadores entre sí por medio de una línea telefónica. Es así como se desarrolló la tecnología de *modems* para transmitir datos por la línea telefónica. La velocidad de transmisión por este medio varía desde unos pocos cientos de bits/segundo a unos cuantos millones de bits/segundo. Circuitos dedicados no conmutados pueden operar hasta casi 45 Mb/s, pero resultan muy caros.

La red telefónica y las redes locales de computadoras son muestras de redes *multiplexada*. Bajo este esquema, varios abonados o computado-

* Profesor Asociado. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica.

res proporcionan información a un único enlace de alta capacidad con la red, red a la que a su vez hay conectados otros abonados o computadores.

En cualquier tipo de red *multiplexada*, hay dos formas de procesar la información: por conmutación de circuitos (*circuit switching*) y por conmutación de paquetes (*packet switching*).

Los circuitos conmutados tienen la desventaja de que no tienen un desempeño aceptable cuando un computador que ejecuta varias tareas necesita comunicarse con varios computadores a la vez.

La conmutación por paquetes evita esta desventaja, ya que está diseñada expresamente para acomodarse a las comunicaciones "por ráfagas" y multiproceso, típicas de un ambiente de cómputo distribuido.

Precisamente, los avances en las tecnologías de transmisión de datos, junto con el rápido crecimiento de las redes de computadoras y la introducción de fibra óptica como medio de transmisión (la cual de hecho ya se utiliza en redes de cómputo de alta velocidad y enlaces telefónicos de larga distancia), han hecho a los investigadores poner la mira en las redes de comunicación de banda ancha, y sobre este tema se centra la presente investigación.

2. EVOLUCION DE LA TRANSMISION (SISTEMAS PLESIOCRONOS Y SINCRONOS)

Las redes digitales actuales están basadas en las velocidades binarias de la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH - *Plesyochronous Digital Hierarchy*), definida por el CCITT en su recomendación G.702.

En esta recomendación, el CCITT define dos conjuntos de normas, según la velocidad binaria del primer nivel jerárquico. Comúnmente, estas dos normas son conocidas como el estándar europeo y el americano. (Ver tabla #1)

Como se puede observar en la tabla #1, la velocidad binaria de 64 kb/s es común para ambos estándares.

El primer nivel jerárquico se obtiene multiplexando en sincronismo 24 señales de 64 kb/s en el estándar americano y 30 para el estándar europeo, que es el que se emplea en Costa Rica.

A partir de este primer nivel, y de acuerdo con el estándar europeo, las velocidades jerárqui-

Tabla N° 1

Jerarquía Digital Plesiócrona, según recomendación CCITT G.702

Nivel de Jerarquía digital	Velocidades binarias Jerárquicas	
	EU 64 (kb/s)	CCITT 64 (kb/s)
1	1544	2048
2	6312	8448
3	32064 44736	34368
4	97728	139264

cas de niveles superiores se obtienen por la multiplexación plesiócrona de grupos de cuatro tributarios procedentes del nivel jerárquico inferior.

La técnica de multiplexación se conoce como "*pulse stuffing*" o rellenado de pulsos (positivo/cero/negativo).

Para el caso de relleno positivo mayormente empleado, la técnica consiste en igualar las frecuencias de tributario mediante la adición de bits de relleno, que no contienen información y que permiten la transmisión de las señales de tributario sin alterar su velocidad.

No cabe ninguna duda que los estándares actuales han contribuido enormemente al desarrollo de las redes digitales. La normalización de interfaces y la transmisión de las señales de reloj como parte de la información han posibilitado la interconexión entre equipos de distintos fabricantes.

Sin embargo, los sistemas plesiócronos tienen sus limitaciones:

Complejidad de la multiplexación/demultiplexación: una señal de alto nivel jerárquico debe formarse obligatoriamente a partir de cuatro tributarios de nivel inmediatamente inferior, lo que significa que para formar un cuarto nivel, deben estructurarse las tramas del 2° y 3° nivel. Si a lo largo de la ruta es necesario acceder a un tributario, se debe realizar la completa demultiplexación del mismo, con lo que esto representa en coste por equipos.

- Dificultad en la gestión de red: la capacidad auxiliar de bits de servicio es mínima, lo cual nunca ha permitido una estandarización que permitiera su uso generalizado.

Para superar los problemas anteriormente citados, ha nacido la propuesta de una jerarquía

sincrónica, y por consiguiente, una nueva generación de sistemas de transmisión, que también ha sido posible gracias a la rápida evolución de algunas tecnologías (fibra óptica, microelectrónica y software), y de la reducción de costos de los osciladores de alta precisión.

La propuesta se presentó inicialmente en el entorno ANSI (*American National Standardization Institute*) con el estándar SONET (*Synchronous Optical Network*), basado en un número entero de flujos básicos, múltiplos de 51,84 Mb/s.

Sucesivamente, la propuesta de utilización de sistemas síncronos se presentó en el ámbito del CCITT, al empezar el período de estudio 1985-1988, y ha llevado a la aprobación del estándar SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), definido en tres recomendaciones (G.707, G.708 y G.709) referidas a los nodos de la red y al interfaz nodo-red (NNI- *Network Node Interface*). Estas recomendaciones describen respectivamente la jerarquía sincrónica, la estructura de trama del nivel básico STM-1 (*Synchronous Transport Module 1st order*) a 155,520 Mb/s, y el método de multiplexación "mapping" de las señales de información correspondientes a los niveles jerárquicos anteriormente definidos para las jerarquías plesiócronicas.

Los objetivos principales de las citadas recomendaciones son los siguientes:

- Definir nodos universales como soporte de transmisión para un entorno de fabricantes múltiples (multivendedor) y del sistema de gestión de red (TMN- *Telecommunication Management Network*).
- Armonizar las dos jerarquías plesiócronicas, europea y americana, creando de esta forma un estándar mundial.
- Normalizar los datos auxiliares (overhead).

La jerarquía de transmisión se obtiene partiendo del nivel básico STM-1, y está prevista la formación de flujos agregados STM-n, con $n > 1$, para:

$n = 4$, correspondiente a 622,08 Mb/s

$n = 16$, correspondiente a 2,48832 Gb/s.

La multiplexación de varias señales STM-1, en el supuesto que tengan la misma frecuencia y fase, se realiza mediante un sencillo "byte interleaving" (entrelazado de bytes).

La señal que se transmite por línea (tanto en el caso STM-1, como en el caso STM-n, con $n=4$ o $n=16$) es de tipo binario NRZ, convertida en pseudoaleatoria con un *scrambler* de 7 etapas. Esta sencilla estandarización facilita la compatibilidad de los interfaces ópticos de los distintos fabricantes.

3. GENERALIDADES SOBRE REDES DE COMUNICACION DE DATOS

La red telefónica y las redes locales de computadoras son muestras de redes multiplexadas.

En cualquier tipo de red multiplexada, hay dos formas de procesar la información: por conmutación de circuitos (*circuit switching*) y por conmutación de paquetes (*packet switching*). La conmutación de circuitos (redes telefónicas por ejemplo), usada en transmisión de datos, tiene sentido cuando dos computadores deben estar conectados por un tiempo largo para transferir cantidades grandes de información.

Los circuitos conmutados tienen la desventaja de que no tienen un desempeño aceptable cuando un computador que necesita ejecutar varias tareas necesita comunicarse con varios computadores a la vez.

La conmutación por paquetes evita esta desventaja, ya que está diseñada expresamente para acomodarse a las comunicaciones "por ráfagas" y multiproceso, típicas de un ambiente de cómputo distribuido.

Los paquetes, o "trozos" de información tienen un encabezado, el cual contiene información de enrutamiento que identifica el origen y destino. Computadores pequeños, llamadas conmutadores de paquetes (*packet switches*) se enlazan para formar la red. Cada "conmutador" examina el encabezado de cada paquete y decide adonde enviar el paquete hasta llegar a su destino.

Los sistemas conmutados por paquetes se usan en una amplia variedad de medios de transmisión, incluyendo redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN), redes digitales de servicios integrados (ISDN) y redes que operan en velocidades de Gigabits.

Una de las primeras redes de área local en usar conmutación por paquetes fue desarrollada por Xerox a inicios de los años 70. El sistema, llamado Ethernet, todavía se usa. Una red Ethernet transmite señales por cable coaxial, las cuales son "oídas" por todos los receptores a una distancia de

entre 1 y 2 kilómetros. Inicialmente, este tipo de redes operaban a 3 Mb/s, actualmente trabajan hasta 10 Mb/s.

Paralelo a Ethernet, se desarrollaba otro concepto, Token Ring, bajo el cual, en un anillo de computadores interconectados, un "turno" (*token* en inglés) o una serie corta de bits, se pasa de computador a computador. El computador que recibe el turno es libre para enviar uno o más paquetes; los otros computadores deben esperar hasta que reciban la moneda para transmitir.

Más recientemente, se han desarrollado tecnologías por paquetes basadas en transmisión por fibra óptica. Estas operan a velocidades más altas y calzan mejor en el ámbito de redes de área metropolitana (MAN). Un ejemplo es el Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (FDDI-*Fiber Distributed Data Interface*), que opera a 100 Mb/s y usa una filosofía semejante al *token*.

4. COMUNICACION POR FIBRA OPTICA

En años recientes, tecnologías basadas en fibra óptica han estado abandonando los laboratorios y haciendo su aparición en forma experimental en el ámbito de área amplia (Wide Area Network). Estas nuevas tecnologías de transmisión y conmutación están diseñadas para operar por encima de 1 Gigabit/seg. Por el lado de transmisión, la Red Óptica Síncrona (SONET *Synchronous Optical Network*, versión norteamericana de SDH) soporta una jerarquía multiplexada de velocidades de transmisión variando de 51 Mb/s a 2400 Mb/s.

El sistema SONET permite que flujos de datos de velocidades variables sean combinados o extraídos sin primero tener que separar el flujo principal en sus componentes individuales. Para su implementación se usa fibra monomodo y tecnología Láser.

Como complemento a esta nueva tecnología de transmisión, está una técnica rápida de conmutación de paquetes, se llama conmutación en Modo de Transferencia Asíncrona (ATM-*Asynchronous Transfer Mode*), el cual puede conmutar pequeños paquetes llamados celdas a velocidades extremadamente altas. Las celdas, que contienen hasta 48 octetos (1 octeto = 8bits) de datos y 5 octetos de encabezado (fuente, destino e información de control), pueden llevar voz digitalizada, datos y hasta video digitalizado.

5. RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

Esta es una red de comunicaciones avanzada, que surgió a partir de una serie de recomendaciones del Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (CCITT), actualmente ya se encuentran en servicio redes de este tipo en los Estados Unidos, Europa y Japón.

Uno de los objetivos de la red es ofrecer al abonado o usuario una amplia variedad de servicios (que pueden requerir velocidades de transmisión variadas) a través de un único punto de acceso a la red.

En un sistema ISDN, toda la conmutación desde un usuario al otro, se efectúa bajo una plataforma digital. La conexión digital debe ser ampliada hasta el terminal de abonado, mediante los procedimientos de transmisión adecuados, para facilitar la integración de los distintos tipos de sistemas de comunicación existentes: voz, texto, datos y gráficos, así como las aplicaciones futuras (videotelefonía, correo de voz, correo de texto, distribución de voz, de texto, etc.). Además, es de enorme importancia que la extensión de la telefonía digital hasta el abonado se haga a través del par de hilos convencional.

El acceso básico (BA- *Basic Access*), que es el enlace más reducido dentro de la ISDN, permite transmitir una información útil de 144 kb/s. Está compuesto de dos canales B de 64 kb/s *full duplex* para la transmisión de información de forma transparente dirigida al bit (voz, texto, datos y gráficos) y del llamado canal D, que sirve para señalización a 16 kb/s *full duplex* entre el abonado y la central. Debido al bajo índice de utilización de este canal D (el mayor intercambio de información de señalización ocurre en el establecimiento de la llamada, antes de conmutar los canales B), puede también utilizarse para transportar "datos p". Estos son datos orientados al paquete, que se redirigen a equipos de conmutación de paquetes en las centrales. Los canales B pueden ser utilizados por distintos terminales simultáneamente, hasta un máximo de 8. Así, por ejemplo, un abonado telefónico está usando el canal B1, y un terminal de datos conectado a la misma línea de acceso básico, el canal B2. En este caso, el canal D señalará tanto la información de voz, entre el abonado telefónico y la central pública, como la información de datos, entre el terminal de datos y la central. En esta situación, si se recibiera una llamada entrante para un fax

Grupo 4, no sería posible este tercer enlace, sino hasta el momento en que cualquiera de los dos abonados (el teléfono o el terminal) colgara la línea.

Tanto los equipos de abonado como las pequeñas centralitas privadas (ISDN-PBX) se conectan a la central a través de uno o más líneas de acceso básico.

Las medianas y grandes PBX, así como los centros de procesamiento de datos, se conectan mediante circuitos especiales de acceso a la red, capaces de transmitir 2 Mb/s (1,5 Mb/s en EU, recuérdese la diferencia de jerarquías americana y europea); el acceso primario, PRI (*Primary Rate Interface*). La estructura del canal de acceso primario, según el estándar europeo, está compuesta por 30 canales B y un canal de señalización especial de 64kb/s (canal D), el otro canal de 64 kb/s, para llegar a los 2,048 Mb/s, sirve para la sincronización de trama.

6. CONCLUSIONES

Un análisis de los tópicos tratados presenta un panorama interesante para todo aquel involucrado con las telecomunicaciones actuales. Empezando por la red telefónica, actualmente las redes de computadores están guiando hacia el tipo de tecnología apropiado para el futuro de las telecomunicaciones al enlazarse con las redes públicas. El uso de fibra óptica supone la necesidad de gran ancho de banda para soportar la alta capacidad a ser transmitida y nuevos estándares ayudarán a simplificar el uso de protocolos y equipo. Por lo pronto el ISDN es una realidad tanto en centrales públicas como privadas, ya sea usando cobre como fibra. Es por eso importante comprender que la estandarización provocará por etapas el ingreso al BISDN. En la segunda parte se analizará con más detalle el BISDN, lo cual es el transporte de voz, datos y video.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Steven E. Minzer. *Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode (ATM)*. IEEE Communications Magazine. vol. 27, n. 9. setiembre 1989. pp. 17-24.
2. Kazuo Murano *et al. Technologies towards Broadband ISDN*. IEEE Communications Magazine. vol. 28, n. 4. abril 1990. pp. 66-70.
3. Dominique Delisle, Lionel Pelamourgues. *B-ISDN and how it works*. IEEE Spectrum. vol. 28, n. 8, agosto 1991. pp. 39-42.
4. Vinton G. Cerf. *Networks*. Scientific American. setiembre 1991. pp. 42-51.
5. Ignacio Pérez. *Redes de transporte usando equipos SDH*. Conferencia COSCOM '92. San José, Costa Rica. 28 ago. 1992.
6. Brosemer, Jeffery J. y Enright, Deborah J.. *Virtual Networks: Past, present and future*. IEEE Comm. Mag., vol 30, n 3, mar. 1992, pp. 80-85.
7. Cavanagh, James P.. *Applying the Frame Relay interface to private networks*. IEEE Comm. Mag., vol 30, n 3, mar. 1992, pp. 48-54, 63-64.
8. Taylor, Steven A.. *Frame Transport Systems*. IEEE Comm. Mag., vol 30, n 3, mar. 1992, pp. 66-70.
9. Gil Delicado, Emilio. *Evolución de la transmisión: sistemas síncronos*. Mundo Electrónico, n. 221, oct. 1991, pp. 68-75.