

Contenido	página
1. Introducción	1
2. Ancho de Banda	3
3. Tecnologías de banda ancha de corto y mediano alcance	5
3.1 Extensiones de canal	5
3.2 FDDI y FDDI-II	7
3.3 IEEE 802.6 y SMDS	8
3.4 SONET / SDH.....	11
4. Tecnologías de banda ancha de largo alcance	13
4.1 Frame Relay	13
4.2 B-ISDN y ATM	15
5. Perspectivas en Costa Rica.....	18
6. Conclusiones	20
6.1 Plan de implementación de una red corporativa	20
7. Glosario de términos	24
8. Bibliografía	26

1. Introducción

Hoy en día están disponibles una gran variedad de servicios de comunicación y transmisión de alta calidad y alta velocidad con los cuales redes empresariales pueden ser implementadas más eficiente y sofisticadamente, de acuerdo con las necesidades y exigencias empresariales de los noventas. Los sistemas centralizados o computadores personales individuales no satisfacen completamente las necesidades de una empresa moderna. Los trabajadores empresariales requieren hoy en día estar conectados y comunicarse con otros eficientemente, ya sea a través de su misma oficina o en diferentes ciudades o a través del país.

En los años noventa, la idea de transportar la información manualmente a un cierto lugar para su procesamiento y análisis quedó atrás. Hoy día se desea capturar la información en el lugar donde esta es generada, procesarla y entregarla en el lugar exacto donde se necesita. En esto consiste el problema de comunicación de datos: cómo realizar el transporte de datos e información a los lugares exactos donde estos se originan y/o necesitan. Las redes empresariales, como una solución a este problema, son una necesidad primordial, tanto como lo es una red telefónica para resolver el problema de comunicaciones de voz.

Estas redes empresariales, sin embargo, deben no solo deben ser construidas en función de la ubicación geográfica de los orígenes y destinos de los datos a transportar, sino también del tipo y volumen de estos. Conforme el volumen de datos es mayor y estos son de carácter crítico, es necesario aumentar la capacidad en la red empresarial. Esta necesidad de mayor capacidad se traduce en mayor velocidad, la cual es medida en bits por segundo.

Actualmente, por el tipo de aplicaciones informáticas utilizadas en las empresas, las redes empresariales sobre las cuales estas aplicaciones funcionan requieren gran capacidad de transmisión de datos. Las tecnologías de banda ancha fueron desarrolladas para satisfacer este requerimiento. Este requerimiento desde ya es crítico para algunas empresas medianas y grandes, para otras es posible que lo sea en un mediano plazo.

Desde un punto de vista geográfico estas redes empresariales se podrían clasificar en cuatro categorías. Cada una de estas tiene características y utiliza tecnologías, servicios, y protocolos distintos; por esta razón estas redes cubren un espectro muy amplio de velocidades, capacidades y propiedades [Minoli1993]:

1. Redes de área local (LANs).
2. Redes de área metropolitana (MANs).
3. Redes de área ancha (WANs).
4. Redes de área global (GANs).

Las LANs son utilizadas en ambientes departamentales donde se tienen entre 10 y 50 estaciones de trabajo, normalmente localizadas a una distancia no mayor de 200 metros. El rango de velocidades para LANs podría variar desde 5 Mbps hasta 100 Mbps. Computadores personales, servidores, impresoras y otros dispositivos periféricos se conectan directamente a una LAN. La LAN se convierte en la plataforma sobre la cual funcionan los sistemas de información locales, se comparten archivos y otros recursos, y sobre la cual se basa la automatización de oficinas. Ejemplos de distintas tecnologías para LANs (no necesariamente compatibles entre sí) que se podrían mencionar son: *Novell Netware* (estandarizado por IEEE 802.3), *Banyan Vines* y *Apple Talk*.

Para conectividad empresarial total donde un número significativo de LANs están involucradas se tienen las MANs. Una MAN implica un número mayor de estaciones de trabajo, conectadas a LANs o estaciones de trabajo más sofisticadas y demandantes de ancho de banda, conectadas directamente a la MAN. Un buen parámetro para el alcance geográfico de una MAN es 50 kilómetros. El rango de velocidades podría variar desde 2 Mbps hasta 100 Mbps. Una red MAN que pretenda interconectar distintas LANs debe, además de proveer la plataforma física para el transporte de datos, proveer mecanismos para facilitar la interacción de dos o más tecnologías distintas que no necesariamente son compatibles.

Cuando los recursos computacionales están repartidos en un área mayor se requiere otro tipo de tecnología para lograr una conectividad satisfactoria. Con un rango de velocidades desde 14.4 Kbps hasta 10 Mbps o

incluso mucho más, las WANs y GANs satisfacen tales requerimientos. Al igual que una MAN, es de suponer que una red de este tipo interconecte recursos y tecnologías disímiles e incluso incompatibles entre sí.

La *Figura 1* muestra en contexto a LANs, MANs y WANs. La corporación ABC S.A. en el ejemplo, posee sus oficinas centrales en San José. Estas consisten de tres edificios adyacentes. Dentro de cada edificio se tienen redes de área local, estas junto con las LANs de los otros edificios se interconectan para conformar una MAN (la MAN de las oficinas centrales). Las redes de área local de las sucursales de la corporación ABC S.A. en Limón y Puntarenas son interconectadas por medio de una red de área ancha. Todas las LANs y MANs interconectadas por medio de la red de área ancha conforman la “Red Corporativa de ABC S.A.”

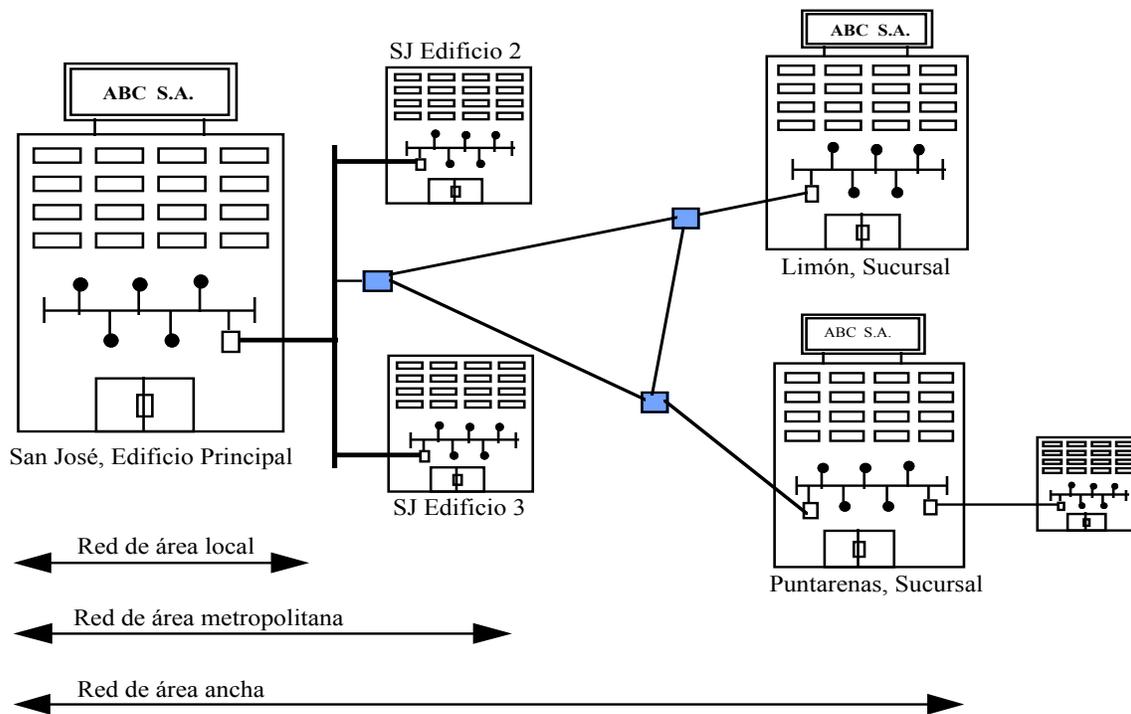


Figura 1: LANs, MANs y WANs.

2. Ancho de Banda

Una red de computadoras consiste primordialmente de tres elementos: los recursos computacionales a interconectar (computadores, impresoras, etc.), el medio de transmisión sobre el cual se transportarán los datos (fibra óptica, cable coaxial, microondas, etc.), y el software encargado de administrar e implementar el transporte de datos. Un medio de transmisión particular tiene características que lo distinguen de otro, entre estas están: seguridad, tasa de errores y capacidad.

La capacidad de transmisión de datos de un determinado medio de transmisión es su ancho de banda, el cual se mide en bits por segundo (bps). Es decir, ancho de banda es sinónimo de velocidad de transmisión. De esta forma, si se quiere transmitir 100 kbits de información, utilizando para ello un medio de transmisión con un ancho de banda de 10 Kbps, entonces se necesitarían 10 segundos para transmitir esa información en su totalidad.

Sin embargo, la velocidad de una red de computadores particular no solo depende del medio de transmisión; el software encargado de la administración e implementación del transporte de datos agrega retrasos y afecta directamente el rendimiento de la red. Es por eso que es importante hacer la distinción entre ancho de banda del medio de transmisión y ancho de banda real de la red. Por

ejemplo, en una LAN tipo *Novell Netware*, que utilice un medio de transmisión con un ancho de banda de 10 Mbps, y en condiciones de alto tráfico, podría obtenerse en el mejor de los casos un ancho de banda real de 6 Mbps.

Los sistemas de comunicación tradicionales tales como líneas dedicadas, conexiones conmutadas y otros, han dado soporte a los sistemas de comunicación de datos por más de dos décadas. Sin embargo, para nuevas aplicaciones, especialmente las más innovadoras como video-conferencia y multimedios, el ancho de banda que estos sistemas proveen no es adecuado. Estas tecnologías tradicionales, que podrían catalogarse como de “banda angosta”, no tienen capacidad para soportar velocidades de transmisión como las requeridas. Generalmente los sistemas de banda angosta soportan velocidades de hasta 64 Kbps.

La necesidad de mayores anchos de banda llevó al desarrollo de tecnologías de banda ancha, tales como *Frame Relay*, *Switched Multimegabyte Data Service* (SMDS) y *Asynchronous Transfer Mode* (ATM). El rango de las tasas de transmisión de estas tecnologías va desde 64 Kbps hasta más de 600 Mbps. La *Figura 2* muestra los diferentes anchos de banda para las tecnologías actuales de *Frame Relay*, SMDS y ATM.

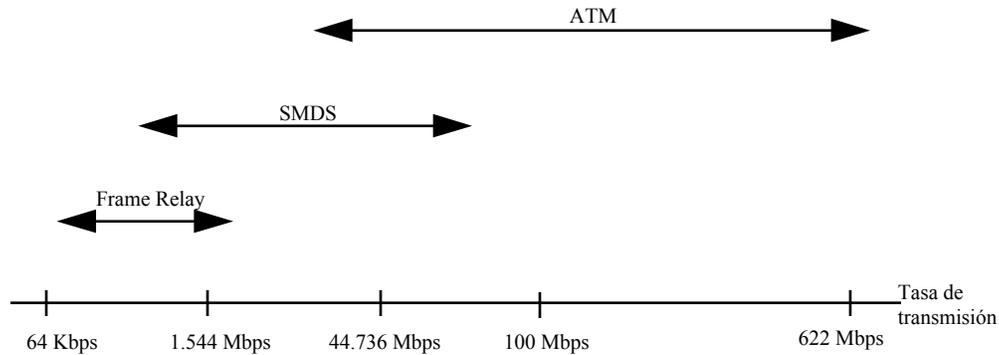


Figura 2: Tasas de transmisión de banda ancha.

Las tecnologías de banda ancha son la única solución para aplicaciones que demandan gran ancho de banda. Entre ellas se puede mencionar: transporte de voz e imágenes, aplicaciones de tiempo real, conectividad de LAN a LAN, conectividad de LAN a WAN. Algunas de estas tecnologías podrían tener aplicaciones en una red empresarial. En general, las redes empresariales, para cumplir con todas las exigencias de hoy en día, deben incluir [Minoli1993]:

- Conmutación a velocidades de banda ancha.
- Retrasos de red bajos.
- Soporte para transmisión de voz.
- Soporte para aplicaciones sensibles al tiempo de respuesta.
- Soporte de usuarios móviles (celulares) y usuarios que trabajan desde su casa.
- Habilidad de obtener enrutamiento alternativo en tiempo real.
- Arquitecturas auto-reconfigurables.
- Compatibilidad con compañías transportadoras de datos nacionales e internacionales.
- Control y administración de red simple y a la vez completo.

- Soporte de vídeo, imágenes y multimedia.
- Soporte de comunicaciones interempresariales.

Solo una tecnología de banda ancha con su capacidad para soportar velocidades de transmisión altas, con los mecanismos y flexibilidad para soportar interoperabilidad de distintas aplicaciones y/o tecnologías, podría brindar el soporte adecuado para todos estos requerimientos.

En los apartados que siguen se realiza una descripción general de algunas de las tecnologías de banda ancha existentes en el mercado hoy en día y de algunas que están todavía en estado experimental. Estas están clasificadas según su alcance geográfico. Esta descripción incluye conceptos básicos sobre su funcionamiento, características, capacidad, aplicabilidad y costos aproximados. Luego se describe la situación del panorama costarricense, es decir, qué opciones y/o posibilidades tienen las empresas costarricenses para lograr su conectividad empresarial.

3. Tecnologías de banda ancha de corto y mediano alcance

Las tecnologías clasificadas en esta categoría consisten de aquellas utilizadas en ambientes de oficina, para interconectar computadores personales, periféricos o estaciones de trabajo y *mainframes*. Las velocidades de transmisión que se utilizan tradicionalmente en redes de área local son relativamente bajas (2 Mbps a 10 Mbps). Con el surgimiento de nuevos requerimientos de comunicación, la banda ancha es cada vez más utilizada en LANs. Sin embargo, algunas de estas tecnologías fueron diseñadas con el objeto de ser utilizadas como MANs o incluso WANs y luego adaptadas para aplicaciones en áreas locales. Las tecnologías de banda ancha de mediano alcance son aquellas utilizadas como MANs o en áreas medianas (un campus u oficinas en una misma ciudad, por ejemplo).

Conforme las empresas y corporaciones extienden su ámbito de acción, se van creando redes locales y con esto la necesidad de interconectarlas por medio de servicios de datos conmutados de alta velocidad. Los servicios conmutados tienen muchas ventajas económicas sobre los servicios utilizando líneas dedicadas (se reduce la inversión y se aumenta la confiabilidad). Una MAN conmutada privada consiste de un sistema dedicado distribuido sobre un campus. FDDI (descrita adelante) es un ejemplo de esta tecnología; las limitaciones que esta tiene es que no es práctica para las condiciones de una ciudad, debido a que los requerimientos geográficos obligan que esta sea pública y no privada para que sea rentable. Por ejemplo, si los enlaces físicos tienen que atravesar calles públicas o utilizar tendidos eléctricos públicos, es más rentable compartir el costo con otros usuarios potenciales o establecer alianzas con las

compañías proveedoras de servicios de comunicación de datos.

Una MAN pública típicamente consiste de una red de transporte y de una red de acceso.

La red de transporte, que transporta la totalidad de la información, es administrada y pertenece al proveedor, es decir una compañía que vende servicios de comunicación de datos. El usuario se conecta a la red de transporte en uno o más “puntos de presencia” pertenecientes al proveedor, probablemente obedeciendo a la distribución geográfica de estos.

La red de acceso consiste en los enlaces utilizados para acceder la red de transporte. Estos pertenecen y son administrados por el usuario. Debe existir un mecanismo de traducción o de “compuerta” entre estas dos redes, ya sea realizado por el proveedor o por el usuario. Al punto donde la red de acceso termina y la red de transporte inicia se le llama “interfaz de red del usuario” (*Network User Interface / NUI*).

En un escenario típico, el usuario usaría un enrutador conectado a su LAN, que se denomina “equipo de comunicación del cliente” (*Client Communication Equipment / CCE*) y conectado a su vez a través de una línea dedicada al equipo de comunicación del proveedor, localizado en el punto de presencia.

3.1 Extensiones de canal

Una importante aplicación de la comunicación digital de alta velocidad es la extensión de canales de *mainframes*. Un canal es una interfaz de alta velocidad utilizada entre un *mainframe* y sus periféricos inmediatos (o entre dos

mainframes) como, por ejemplo, impresoras de alta velocidad, unidades de cinta, unidades de almacenamiento, etc.

Es fácil conectar estos periféricos cuando están localizados en el mismo “centro de cómputo”. Las complicaciones aparecen cuando es necesario conectar periféricos a *mainframes* localizados en extremos opuestos de un campus, por ejemplo. El problema aquí son limitaciones físicas y la alta velocidad requerida; para alcanzar esta

conectividad, es necesario una tecnología de “compuerta” (la extensión de canal) y una infraestructura de comunicaciones de alta velocidad, generalmente basada en fibra óptica.

La *Figura 3* muestra la función de un dispositivo para extensión de canal.

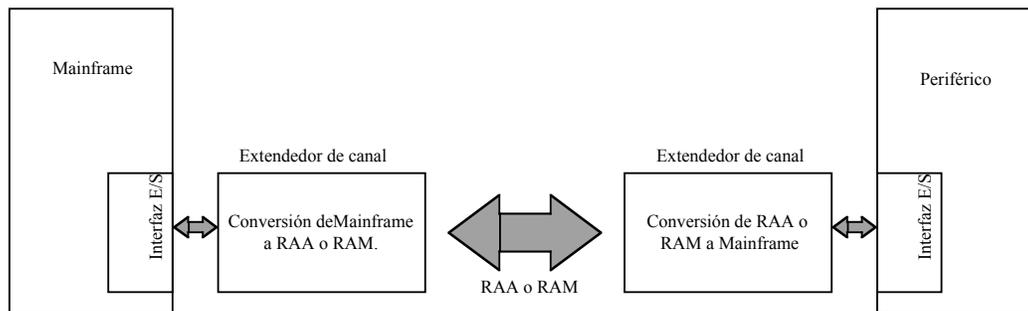


Figura 3: Funcionamiento de un extendedor de canal.

Las interfaces de E/S tradicionales operan a 4.5 Mbps (hoy en día existen sistemas de E/S que operan a mayores velocidades). Sin embargo, sin un dispositivo de extensión de canal estos tienen un límite entre 60 y 80 metros.

Estos dispositivos han estado disponibles en el mercado por varios años, pero solo recientemente, gracias al decremento en los costos de líneas de alta velocidad dedicadas, están siendo utilizados en grandes cantidades.

Las aplicaciones de los dispositivos de extensión de canal más populares son: conectar procesadores distantes en una red de alta velocidad, conectar terminales remotas que requieren tiempos de respuesta rápidos, conectar impresoras de alta velocidad distantes, y conectar dispositivos remotos de cinta o discos para aplicaciones

de recuperación en planes de contingencia. Como ejemplos existentes de tecnologías de extensión de canales se pueden citar: ESCON, HPPI, y HSSI.

- ESCON (Enterprise Systems Connection), desarrollado por IBM. Opera a 17 Mbps. Esta tecnología permite el establecimiento y reconfiguración de conexiones de canal dinámicamente. Permite una distancia entre unidades de hasta 60 kms (sobre líneas de fibra óptica).
- HPPI (High Performance Parallel Interfaz) fue inicialmente propuesta por el Laboratorio Nacional Los Alamos, en EU, como sustitución de la interfaz paralela común. HPPI provee un ancho de banda de hasta 800 Mbps sobre un cable metálico (cobre) simple y 1600 Mbps sobre dos cables, operando a una

distancia de hasta 35 metros.

Actualmente se han desarrollado productos HPPI con adaptadores para fibra óptica por IBM, DEC y Unisys, entre otros.

- HSSI (High Speed Serial Interfaz) es una interfaz para extender el alcance de las interfaces V.35. V.35 provee transferencia entre *Data Terminal Equipment* (DTE) y *Data Communication Equipment* (DCE) hasta 6 Mbps; HSSI extiende esa capacidad a 52 Mbps. Esta tecnología fue desarrollada originalmente por Cisco Systems.

3.2 FDDI y FDDI-II

Fiber Distributed Data Interchange (FDDI) es una red de alto rendimiento para múltiples estaciones distribuidas en un área

de tamaño mediano (el tamaño de un campus universitario, por ejemplo). Puede considerarse como una tecnología para MANs.

Esta tecnología provee una infraestructura base de fibra óptica para la interconexión de múltiples LANs, la cual es independiente de los protocolos utilizados por las LANs que forman parte de la red. Además puede ser utilizada como tecnología LAN para la interconexión de estaciones de trabajo de gran velocidad. Su utilización como MAN no es tan popular hoy en día debido al surgimiento de tecnologías más poderosas; más bien FDDI es descrita por muchos expertos como una tecnología LAN de segunda generación.

La *Figura 4* muestra las aplicaciones típicas de FDDI.

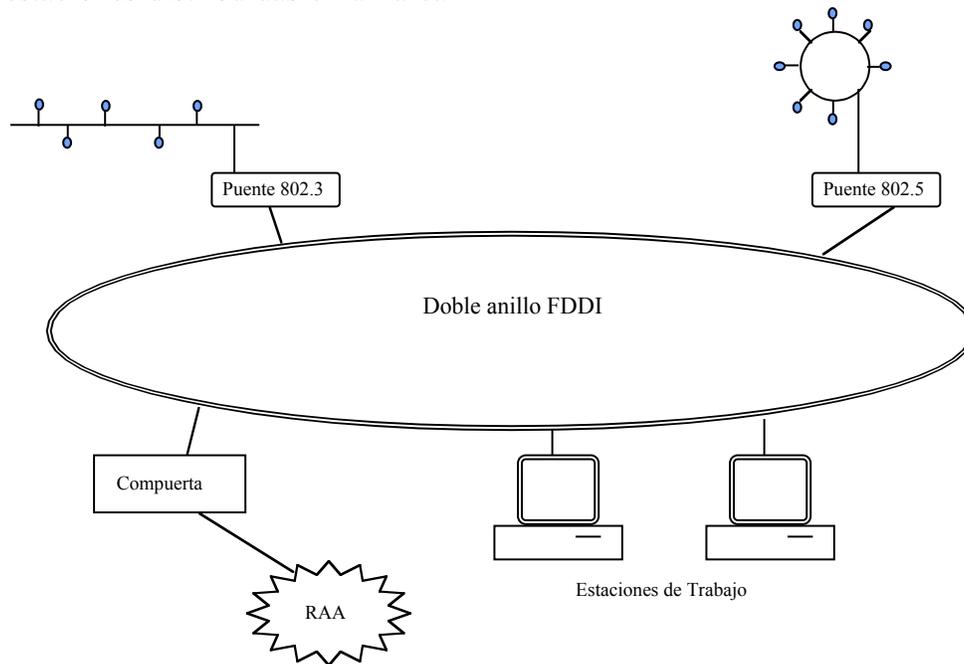


Figura 4: Aplicaciones de FDDI.

La tecnología FDDI consiste de dos pares de fibra óptica dedicada, instalada en forma de

dos anillos paralelos, sobre los cuales se implementa un mecanismo de “paso de

testigo¹”. Opera a 100 Mbps y tiene la posibilidad de soportar distancias de hasta 2 kilómetros entre dos estaciones y de 100 kilómetros de circunferencia del anillo, al cual pueden conectarse hasta 500 redes o dispositivos (sean estaciones de trabajo o LANs).

En 1990 el costo promedio para conectar un dispositivo (*mainframe*, estación de trabajo, concentrador, etc.) a una red FDDI era de aproximadamente US\$12.000; actualmente este costo ha disminuido y está entre US\$1.000 y US\$2.000.

FDDI se desarrolló, originalmente, para dar cabida a la transmisión de datos sobre el anillo de fibra óptica. Actualmente la transmisión de datos no es suficiente, es necesario tener la posibilidad de transmitir imágenes, vídeo y voz. El añadir información sincrónica, como voz, no es trivial.

FDDI-II fue desarrollado con el propósito de proveer integración de voz y datos, también para permitir que redes FDDI se conectaran con una mayor variedad de redes. Esta extensión a FDDI consiste en equipar cada nodo con dos controladores, uno para datos sincrónicos (como voz) y otros para datos asincrónicos.

FDDI-II tiene dos modos de operación: básico e híbrido.

En el modo básico el sistema solo provee soporte a FDDI propiamente; en el modo híbrido los datos sincrónicos y asincrónicos son transmitidos en la red. Esto permitiría utilizar FDDI en aplicaciones actuales; sin embargo, eso implica un costo agregado al de

una interfaz FDDI pura.

3.3 IEEE 802.6 y SMDS

SMDS (*Switched Multimegabyte Data Service*) es un servicio público conmutado de alta velocidad que no utiliza conexiones. Fue desarrollado por Bellcore como un subconjunto de otra tecnología, DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*), definida por el estándar IEEE 802.6. Actualmente se tienen servicios SDMS disponibles corriendo a 155.5 Mbps² [Miller1995].

La red de transporte de SMDS es un servicio de conmutación de paquetes sin conexiones fijas. Permite a los usuarios intercambiar unidades de datos (paquetes) de un tamaño de hasta 9.188 bytes. Estos paquetes son transmitidos independientemente unos de otros, por lo que cada uno contiene las direcciones del emisor y el receptor. Las direcciones son asignadas por el proveedor e identifican la interfaz entre la red de transporte y la red de acceso del usuario, es decir la NUI.

Existen dos tipos de direcciones: direcciones individuales y de grupo. Una dirección individual es asignada de forma única a una NUI. Cada NUI puede tener un máximo de 16 direcciones asignadas. Las direcciones grupales, a su vez, permiten que los paquetes SMDS sean entregados a múltiples NUIs; para esto se asigna una única dirección grupal a un grupo de NUIs.

La red de transporte de SMDS define distintas clases de acceso mediante las cuales los usuarios se garantizan una calidad de servicio de acuerdo con sus necesidades, además sirven a la red a la hora de asignar los recursos necesarios para lograr esa calidad de servicio. La *Tabla 1* resume las características de las clases de acceso de los

¹ Se pasa un testigo, o paquete de información especial, de una estación a otra. Solo la estación que posee el testigo puede transmitir en un momento determinado. Esto permite tener transmisiones libres de colisiones. El término en inglés es “token”.

² Por ejemplo Ameritech, Bell Atlantic, BellSouth, US West, entre otros.

servicios SMDS.

Clase de Acceso	Ancho de Banda	Aplicación
1	4 Mbps	Interconexión de LANs IEEE 802.5 (token ring)
2	10 Mbps	Interconexión de LANs IEEE 802.3 (ethernet)
3	16 Mbps	Interconexión de LANs IEEE 802.5 (token ring)
4	25 Mbps	Varias aplicaciones
5	34 Mbps	Varias aplicaciones

Tabla 1: Clases de Acceso de SMDS

Los protocolos que operan en la NUI para una red SMDS se distinguen con la sigla SIP. Son tres protocolos que se implementan tanto en el CCE como en el equipo de conmutación del proveedor: el SIP de nivel 3 maneja el direccionamiento y la detección de errores; el SIP de nivel 2 maneja el enmarcado y la detección de errores; el SIP de nivel 1 maneja el transporte físico de los datos. Las funciones de estos tres niveles son equivalentes a las funciones de las capas física y de enlace de datos de OSI.

Por ser un servicio público, la relevancia para el usuario es con la interfaz con la red de transporte y no tanto con el funcionamiento de la red de transporte en sí. La operación interna de la red de transporte es vital para el proveedor, pero no debería ser de interés para el usuario final. La forma en que el usuario se conecta a la red de transporte, en la NUI, es mediante líneas dedicadas conectadas del CCE al equipo del proveedor.

Las conexiones físicas que actualmente están definidas para SMDS incluyen 56 kbps o 64 kbps, 1.544 Mbps, y 44.736 Mbps. El

CCE puede consistir de un módem estándar que, en combinación con un computador (que provea soporte a los protocolos de SMDS), se conecte directamente a la red de transporte; o bien, de un módem especial para SMDS en combinación con un enrutador, los cuales proveerían el soporte a los protocolos de SMDS.

La *Figura 5: Interfaces del usuario con red SMDS* muestra la forma en que se pueden implementar las NUIs entre el usuario y una red SMDS.

En los casos en que las estaciones de trabajo o el enrutador, desde donde la red del usuario se conecta, tengan capacidad para SMDS, es decir, que implementen los protocolos SIP, solo es necesario un equipo de interfaz de canal estándar (por ejemplo módem).

Es posible también tener en la NUI un equipo de interfaz de canal con capacidades para SMDS (módem SMDS en la figura), de tal forma que enrutadores o estaciones de trabajo estándares podrían ser conectados a la red SMDS.

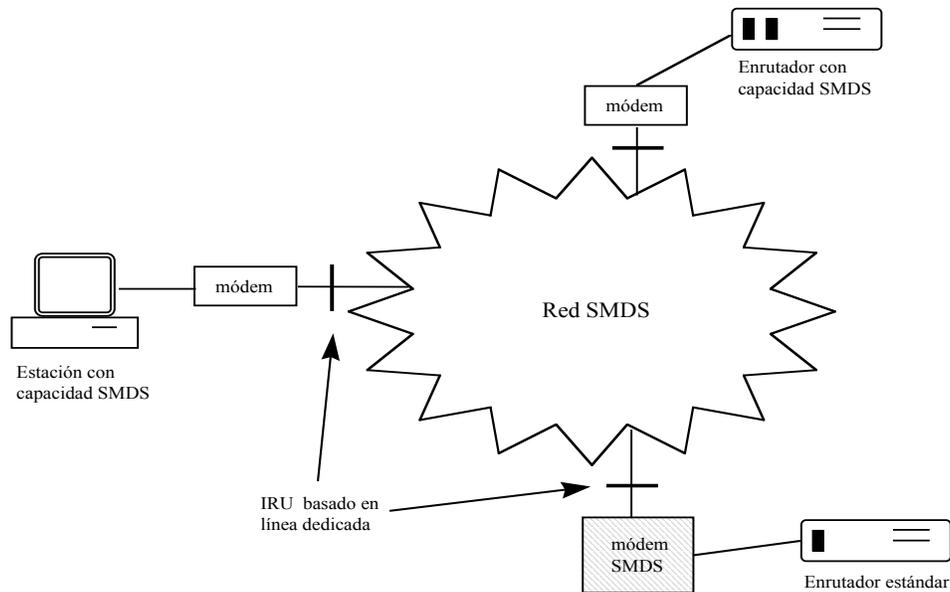


Figura 5: Interfaces del usuario con red SMDS

La aplicación más importante de una red SMDS es la interconexión de LANs. Para esto se deben considerar dos configuraciones: utilización de puentes y utilización de enrutadores.

Un puente es necesario cuando los protocolos de las LANs a conectar no llevan a cabo funcionalidades de la capa de red de OSI. Tal es el caso de redes como LAT de DEC y NetBIOS. En este caso la labor de interconexión es llevada a cabo por la capa de enlace de datos; debe utilizarse un puente para conectar la capa control de acceso al medio (MAC) de la LAN, por un lado, y la red SMDS por el otro. Este puente realiza una función de traducción entre el conjunto de protocolos SIP y MAC³, convirtiendo o encapsulando los paquetes de información.

Protocolos de nivel mayor que SIP son pasados transparentemente por la red, este escenario se muestra en la *Figura 6*, donde la función de traducción es representada por las flechas en la capa de más alto nivel del puente.

La otra configuración es utilizada cuando las LANs en cuestión sí proveen funcionalidades de la capa de red. Las redes TCP/IP son un ejemplo donde esta configuración es necesaria. En este escenario, la conexión lógica entre la LAN y la red SMDS es hecha a nivel de la capa de red, utilizando un enrutador que conecta por un lado el protocolo MAC de la LAN y por el otro los protocolos SIP de la red SMDS; protocolos de más alto nivel son pasados transparentemente por la red.

La *Figura 7* ilustra este otro posible escenario.

³ Vea significado de acrónimos en el glosario de términos.

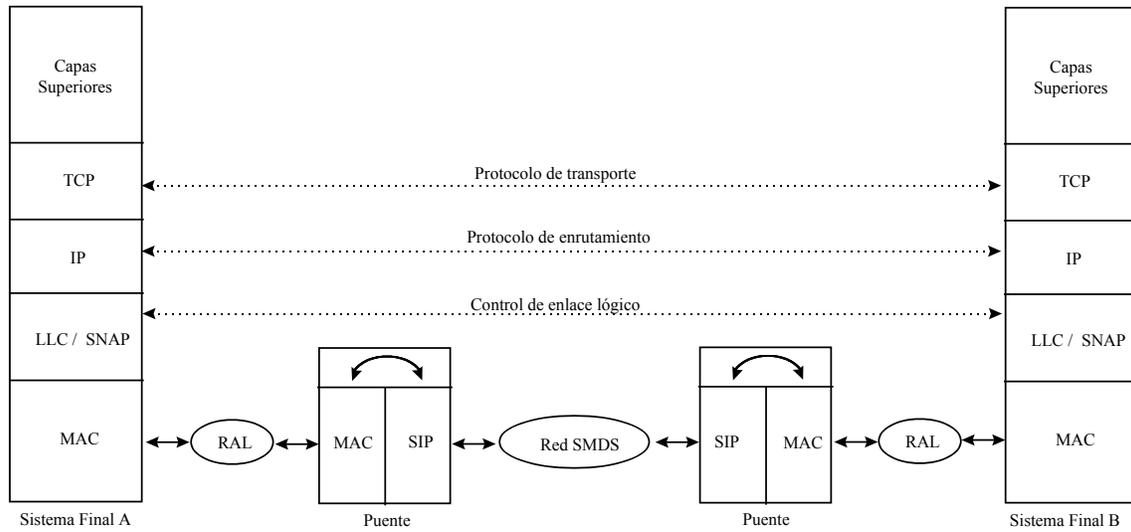


Figura 6: Conexión de LANs a través de SMDS usando puentes.

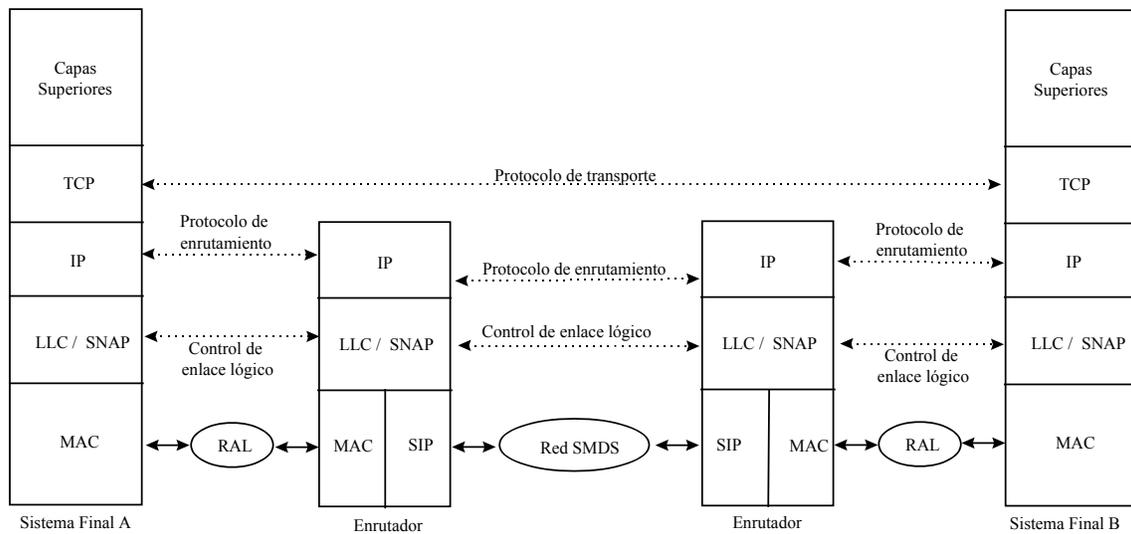


Figura 7: Conexión de LANs a través de SMDS usando enrutadores.

3.4 SONET / SDH

Synchronous Optical Network (SONET) o *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH), es una nueva jerarquía digital que está siendo introducida en los Estados Unidos y en algunos países de Europa. SONET permite manejar señales ópticas de gran ancho de banda y al mismo tiempo permite la

extracción de señales de ancho de banda menores.

En la actualidad la transmisión de datos utilizando fibra óptica es casi un estándar entre los proveedores. Los proveedores utilizan sistemas de transporte de datos con velocidades muy variadas y que además difieren en el medio, mecanismos de monitoreo, de respaldo, de recuperación, etc.

Todas estas diferencias obligan a los proveedores o compañías telefónicas a comprar equipo de diferentes fabricantes. SONET elimina estas diferencias definiendo una jerarquía de multiplexión que tiene como objetivo asegurar la compatibilidad de los equipos ofrecidos por fabricantes distintos. Equipos SONET están siendo utilizados en distintas aplicaciones, que van desde LANs hasta redes corporativas de alcance nacional y se espera que muy pronto reemplacen la infraestructura utilizada actualmente en las compañías telefónicas.

La jerarquía SONET empieza con tasas de transmisión de 51.840 Mbps y actualmente contempla tasas de hasta 2.48832 Gbps. La unidad básica, llamada *Synchronous Transport Signal-level 1* (STS-1), es de 51.850 Mbps. La jerarquía define una estructura de multiplexión que crea un grupo de tasas de transmisión estándares a N veces la tasa STS-1 a las cuales se les llama STS-N.

No solo las compañías telefónicas o los proveedores de transporte de datos se beneficiarían de la introducción de SONET. En la actualidad algunos fabricantes ofrecen equipos y servicios SONET dirigido a los

usuarios finales. Algunas de las ventajas que los usuarios finales podrían obtener del uso de SONET son [Minoli1993]:

- SONET/SDH ofrece estándares internacionales, permitiendo al usuario comprar equipo de diferentes fabricantes, particularmente ventajoso si el usuario instala equipo en distintos países, algo muy común con las tendencias actuales de globalización. Usualmente los fabricantes locales proveen mejor soporte en términos de mantenimiento que un fabricante de otro país.
- SONET/SDH provee un medio de integración entre los estándares europeos y los norteamericanos.
- SONET haría posible, para el usuario, la utilización de B-ISDN⁴ y super LANs con capacidades de transmisión en el orden de gigabits.
- SONET permite mayor ancho de banda, comparado con sistemas actuales, para proveer soporte a aplicaciones de usuario como extensiones de canal, discos espejos, interconexiones FDDI, televisión de alta definición, etc.
- SONET tiene la capacidad de permitir a los usuarios una migración fácil hacia arriba en términos de ancho de banda.

⁴ Broadband ISDN. Ver sección 4.2.

4. Tecnologías de banda ancha de largo alcance

4.1 Frame Relay

El mercado de *Frame Relay* y SMDS combinados, excedió \$1.200 millones en 1995 [Miller1995]. *Frame Relay* es una tecnología de principios de los años 90s que permite a los usuarios compartir enlaces y que asigna ancho de banda por demanda. Es un protocolo orientado a conexiones para ser utilizado entre DTEs y DCEs, que representa la próxima generación de conmutación de paquetes pero con mayor simplicidad y mayor eficiencia que su predecesor X.25.

Frame Relay es visto como la sustitución de las líneas dedicadas y como medio de transición a ATM en el futuro. Actualmente este tipo de redes soporta anchos de banda desde 56 kbps hasta 1.544 Mbps, algunos fabricantes están tratando de extender esta capacidad hasta 45 Mbps.

Comparado con los servicios de conmutación de paquetes tradicionales (X.25 por ejemplo), *Frame Relay* puede reducir los retrasos de la red, proveer una utilización de ancho de banda más eficiente y decrementar el costo del equipo de comunicación.

La transmisión de paquetes en los servicios de conmutación tradicionales sufre un retraso de 200 ms o más en la red, mientras que el retraso con *Frame Relay* puede ser reducido hasta 20 o 40 ms. *Frame Relay*, a diferencia de X.25, opera solo a nivel de tramas (*frames*) y no tramas y paquetes.

El protocolo de frame relay opera únicamente a nivel de la capa de enlace de datos y no incluye funciones de la capa de red o de las capas superiores. Como resultado, los retrasos introducidos por la red son menores y el tiempo real de procesamiento se reduce. Sin embargo, esta reducción de funcionalidades se realiza suponiendo que el transporte de datos a nivel físico es libre de errores, esa es la razón por la que la mayoría de las veces se supone la fibra óptica como el medio de transmisión utilizado.

La *Figura 8* muestra una comparación de las funcionalidades y componentes de las redes de X.25 y Frame Relay. Incluso a nivel de enlace de datos, la red Frame Relay no realiza la totalidad de las funciones que realiza el protocolo LAPF de X.25 sino que solamente un subconjunto de estas.

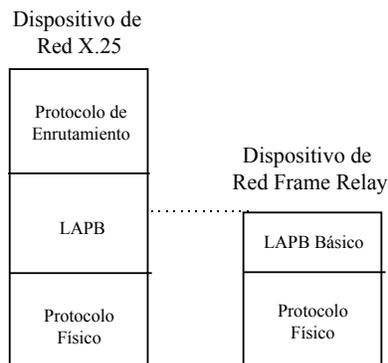


Figura 8: Comparación de dispositivos de red X.25 y Frame Relay.

En la primera mitad de la década de los 90, la mayoría de las redes privadas utilizaron líneas dedicadas para conectar enrutadores y puentes de sus LANs. Sin embargo, este enfoque rápidamente se volvió impráctico, ya que el número de líneas necesarias crece cuadráticamente con el número de sitios o nodos por ser interconectados⁵. Frame Relay surgió como una de las soluciones al problema de adquirir enlaces dedicados de alto costo.

Algunos de los beneficios de utilizar Frame Relay en redes corporativas privadas, en vez de redes basadas en líneas dedicadas, son enumerados a continuación [Miller1995]:

- Posibilidad de compartir puertos y enlaces: una de las capacidades de frame relay es multiplexar estadísticamente las tramas provenientes de múltiples LANs en una única NUI y enlace de comunicación asociado, tramas que van a distintos destinos pueden compartir el mismo puerto del enrutador.
- Ancho de banda por demanda: todo el ancho de banda en la NUI puede estar disponible al usuario final cuando este lo necesita para transmitir datos a través de la red. El dispositivo de acceso a la red puede ser configurado para asignar a los usuarios un ancho de banda máximo pre-negociado.
- Uso mejorado del ancho de banda: la asignación de ancho de banda dinámicamente reduce el ancho de banda que el administrador necesita asegurarse para realizar sus labores.
- Bajo retraso y alto rendimiento: dado que todo el ancho de banda está disponible un alto rendimiento de la red es posible. Los retrasos en la red son muy bajos debido a

que el procesamiento de las tramas en la red es mínimo.

- Fácil expansión de la red: agregar un nuevo enrutador a la red requiere únicamente la asignación de un puerto de acceso en el nodo de la red y la conexión de este con el nuevo enrutador vía el enlace de comunicación apropiado.
- Fácil transición desde redes existentes: los enrutadores de las redes existentes usualmente solo necesitan una actualización de su software para poder conectarse a una red frame relay.
- Cohesión y simbiosis con LANs: la cantidad de tiempo dedicado a la conversión o mapeo de protocolos es mínimo dado que la tecnología de frame relay es en muchos aspectos similar al protocolo de enlace de datos de una LAN.
- Administración de la red simplificada: la administración de una red *frame relay* puede ser realizada desde un sistema central de administración; los movimientos, cambios y agregados se manejan típicamente por medio del mecanismo automático de circuitos virtuales permanente que la red utiliza.
- Basada en estándares: los requerimientos y diseño de la NUI de frame relay es un estándar estable y aceptado por ANSI y CCITT, con un amplio soporte técnico de fabricantes y proveedores.
- Ahorro en costos de comunicación: como consecuencia de tener puertos y enlaces compartidos los costos de comunicación implicados son reducidos.

La interfaz del usuario con una red Frame Relay se realiza por medio de un dispositivo de acceso a Frame Relay (*Frame Relay Access Device / FRAD*). El FRAD puede ser un enrutador con capacidades de Frame Relay conectado directamente a la LAN del usuario.

⁵ Suponemos una topología que no es en forma de estrella.

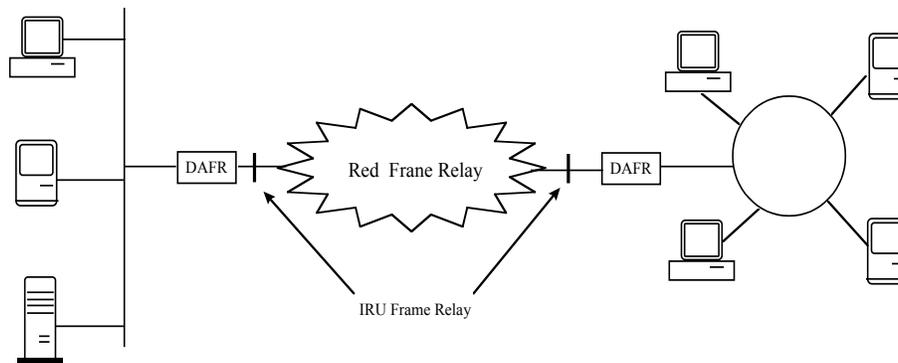


Figura 9: Componentes de la red Frame Relay.

La *Figura 9* muestra los componentes de una red frame relay. Las funciones que la red provee están claramente definidas, por esa razón los requerimientos de los dispositivos a ambos lados de la NUI son idénticos. Estas funciones incluyen:

- Transferencia bidireccional de las tramas.
- Preservación del orden en que fueron transmitidas las tramas.
- Detección de errores de transmisión, de formato y operacionales.
- Transporte transparente de los datos del usuario.
- No envío de boletas de recibido⁶.

4.2 B-ISDN y ATM

La red digital de servicios integrados (RDSI o ISDN en inglés) ha sido reconocida desde hace ya bastante tiempo como la interfaz del futuro de las redes públicas de telecomunicaciones. ISDN es la interfaz que el usuario utiliza para obtener servicios de un proveedor de servicios de comunicación de datos.

Esta tecnología está basada en una red integrada donde la voz, vídeo, datos y otros

servicios pueden compartir un canal en común.

La configuración básica de ISDN, llamada BRI (*Basic Rate Interface*), idónea para usuarios individuales y casas de habitación, consiste en tres canales: dos canales de 64 kbps y otro canal de 16 kbps (utilizado para señalización). Por ejemplo, si se requiere hacer una llamada telefónica, el canal de 16 kbps establece la llamada y luego alguno de los otros canales transporta la voz. Existen otras variantes de esta configuración que permiten tener acceso a un ancho de banda mayor. Sin embargo, aún estas otras variantes son insuficientes para algunas aplicaciones que requieren anchos de banda mayores. De ahí que, incluso antes de que ISDN se pudiera popularizar o su uso se generalizara, otro estándar, basado en ISDN ha surgido: *Broadband ISDN* (B-ISDN).

B-ISDN es la versión de banda ancha de ISDN. Las interfaces para el usuario de B-ISDN van desde 51 Mbps hasta 622 Mbps. Debido a este gran ancho de banda, se debe usar fibra óptica hasta el equipo terminal del usuario en vez del cable de dos hilos utilizado más frecuentemente por las compañías proveedoras de telecomunicaciones.

En contraste con ISDN, que está dirigido a usuarios residenciales, B-ISDN está dirigido

⁶ En algunos sistemas o redes existe un mecanismo de envío de paquetes especiales al emisor para avisarle de la recepción correcta de los paquetes enviados.

a empresas y corporaciones.

Una gran variedad de servicios de banda ancha interactivos y de distribución están contemplados en B-ISDN, estos incluyen [Minoli1993]:

- vídeo-telefonía y vídeo-conferencias
- monitoreo y seguridad por vídeo
- transporte digital de imágenes médicas a alta velocidad
- transmisión de datos a alta velocidad
- transferencia de archivos a alta velocidad
- envío de fax de alta resolución a color a alta velocidad
- servicio de recuperación de vídeo y documentos
- distribución de televisión y televisión de alta definición
- interconexión de LANs

- distribución de sonido de alta fidelidad

La red de transporte utilizada para transmitir los datos o información a altas velocidades de B-ISDN está basada en dos tecnologías: *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) y *Synchronous Optical Network* (SONET o SDH). Ambas tecnologías han sido introducidas ya en países desarrollados, aunque su uso en conjunto con B-ISDN aún está iniciándose. ATM es la tecnología base de la red de transporte mientras que SONET implementaría la capa física de esa red.

La Figura 10 muestra cómo se integran SONET (capa física en la figura), ATM y las capas superiores del servicio B-ISDN [Handel1991].

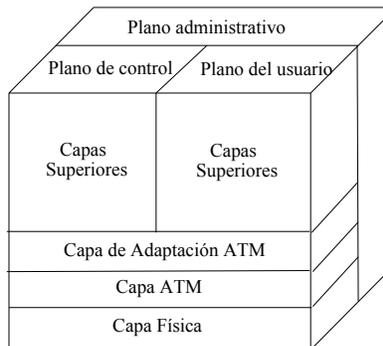


Figura 10: Estructura de capas de B-ISDN

ATM es una tecnología de conmutación y multiplexión de paquetes de banda ancha. Es una tecnología orientada a conexiones pero tiene la capacidad de dar soporte a servicios sin conexión y orientados a conexiones.

ATM posee mecanismos para asignar ancho de banda por demanda, de tal forma que la asignación de este recurso es independiente para cada servicio y usuario.

La asignación por demanda es necesaria e

indispensable cuando se combinan servicios tan diferentes como la transmisión de televisión de alta resolución y la interconexión de LANs en un mismo medio. Este mecanismo de asignación se basa en la conmutación y multiplexión de celdas.

En ATM, la información es transportada en celdas de 53 bytes, de los cuales 5 corresponden a información de encabezado y 48 de información pura. Las celdas son identificadas y conmutadas por medio de una etiqueta en el encabezado. Este etiqueta está compuesta por un identificador de ruta virtual (*Virtual Route Identifier / VRI*), un identificador de canal virtual (*Virtual Channel Identifier / VCI*) y un campo para la detección de errores del encabezado.

ATM es muy similar a otras técnicas de conmutación de paquetes, las diferencias más notorias son [Minoli1993]:

1. Protocolos simplificados: no existe control de errores del campo de información y tampoco existe control de flujo en los enlaces (la responsabilidad de esto se deja a la fuente y al destino).
2. Las celdas (equivalente a paquetes en otras tecnologías) tienen un tamaño fijo y corto, no se permiten celdas de tamaño variable. Esto permite nodos de conmutación de muy alta velocidad ya que las decisiones lógicas son casi automáticas.
3. ATM no incorpora funcionalidades de capas superiores, sino que sus funcionalidades se limitan a la segunda

capa del modelo OSI. Como resultado, la transferencia de información puede realizarse más rápidamente, comparada con otros protocolos, pues los protocolos de ATM pueden ser implementados en hardware.

La capa de adaptación ATM que se muestra en la *Figura 10*, es un protocolo que depende del servicio por utilizar en las capas superiores: da soporte a las funciones de las capas superiores de los planos del usuario y de control y además, soporta conexiones entre B-ISDN e interfaces no B-ISDN. En resumen, realiza la función de adaptar el servicio utilizado a la estructura ATM.

Un dispositivo que implemente la NUI es lo único necesario para acceder los servicios de B-ISDN o ISDN. En la actualidad se encuentran disponibles en el mercado los llamados *módem ISDN* o *módem B-ISDN* que simplemente se conectan al equipo terminal del usuario (computador, servidor, enrutador, "switch", multiplexor, etc.) y a la red, de la misma forma que un teléfono se conecta a la red telefónica.

El costo de un *módem ISDN* se encuentra entre US\$500 y US\$2.000 dependiendo del equipo terminal del usuario y de la velocidad de la interfaz. Un *módem B-ISDN* tiene un costo de US\$1.000 a US\$10.000.

5. Perspectivas en Costa Rica

En Costa Rica, la venta de servicios de telecomunicaciones está sujeta a un monopolio del Estado desde hace varias décadas. Solamente dos instituciones, ICE y RACSA, pueden arrendar facilidades de comunicaciones y vender servicios de transporte de información, sea voz, datos o imágenes.

Con la aparición de nuevos servicios y facilidades de comunicaciones como telefonía celular y televisión por cable, entre otros, se han creado nuevas situaciones o escenarios que del todo no son contemplados en la legislación vigente, lo que posibilita una rápida expansión de la infraestructura de comunicaciones, por parte del sector privado. Además, es prácticamente un hecho que el proceso de apertura del ICE, iniciado por este gobierno, también afectará directamente el desarrollo de las telecomunicaciones.

Sin embargo, la infraestructura de comunicaciones en manos de empresas privadas es todavía minúscula comparada con la infraestructura del ICE. El proceso de digitalización de centrales telefónicas que inició esta institución en la década de los 80s está bastante avanzado. La red de fibra óptica en la actualidad alcanza ciudades intermedias tan alejadas de San José como Liberia y Turrialba.

El desarrollo de tecnologías de banda ancha es posible solo mediante la utilización de fibra óptica, por lo que podría decirse que el ICE está preparando el medio básico sobre el cual se construirán y ofrecerán nuevos servicios en el futuro.

En la actualidad dos servicios no tradicionales están a disposición de los

usuarios de la red nacional de telecomunicaciones:

- La red *Frame Relay* que ofrece RACSA y que está sustituyendo a la tradicional red X.25 (RACSAPac).
- El servicio ISDN del ICE.

La red *Frame Relay* tiene una muy buena cobertura nacional que incluye puntos como Liberia, Ciudad Quesada y Paraíso, además de varios puntos de presencia en el área metropolitana de San José. En junio de 1996, el ICE empezó a ofrecer el servicio de ISDN. Este servicio está disponible en todos los lugares que cuentan con centrales digitales, que son cada vez más conforme avanza el proceso de digitalización del ICE.

Para la implementación de otras tecnologías como ATM, SMDS y BISDN, es necesario que la infraestructura de comunicaciones esté basada en SONET/SDH. Según la planificación del ICE, se espera que entre 1997 y 1998 se inicie el proceso de migración a esta tecnología, por lo que se espera que después de 1997 el ICE o RACSA empiece a incursionar en ATM, SMDS o BISDN. Esto, sin embargo, podría variar drásticamente si la apertura del ICE permite la inversión privada en este sector.

Por otro lado, en la actualidad algunas compañías grandes o instituciones nacionales han incursionado o están empezando su incursión en tecnologías de banda ancha de mediano alcance o a nivel de campus.

Ejemplos concretos de esto son las redes institucionales en proceso de implementación de la Universidad de Costa Rica y el Instituto Tecnológico de Costa Rica, que probablemente utilicen FDDI o alguna otra tecnología basada en fibra óptica. Otro ejemplo es el CATIE, en Turrialba, que posee una red institucional basada en fibra óptica desde hace un par de años y en la actualidad está incursionando en *Ethernet* a 100 Mbps y ATM.

En el ámbito empresarial, La Nación, S.A., ha sacado provecho de las tecnologías de banda ancha para montar una IntraNet que da soporte a un sistema editorial de avanzada así como a varios sistemas administrativos. Esta empresa también ha utilizado fibra óptica para establecer enlaces de banda ancha con algunos de sus principales clientes. En ambos casos la banda ancha fue una tecnología determinante, dada la necesidad de transmitir grandes cantidades de imágenes (fotografías, telefotos, artes) con rapidez.

6. Conclusiones

Las grandes compañías y corporaciones nacionales tarde o temprano se darán cuenta que la implementación de una red corporativa será una necesidad primordial para su éxito en los 90s y con mucho más razón en el siglo 21. Estas redes corporativas tendrán que ser implementadas utilizando tecnologías de banda ancha como las mencionadas en las secciones anteriores. Sin embargo, esta necesidad, que en algún momento deberá ser satisfecha, acarreará también algunas desventajas o costos. Entre estos se pueden mencionar los siguientes:

- Seguridad y vulnerabilidad de información. La información contenida en un computador será mucho más vulnerable si este computador es conectado a algún tipo de red. En este sentido se deben adoptar medidas de seguridad adecuadas para minimizar los daños potenciales que se podrían tener.
- Dependencia y robustez de la red. Una vez implementada una red corporativa y construidas aplicaciones y sistemas que funcionen sobre esta plataforma, significará automáticamente depender de esta. Si la red fallara se afectarían los procesos basados en la red, que podrían ser críticos para la compañía. En este sentido es necesario tener los mecanismos de previsión y de mantenimiento adecuados para maximizar la robustez de la plataforma.
- Alta inversión inicial. Partir de la nada y construir una red corporativa con todo el equipo, software, recurso humano, tiempo y esfuerzo que esto demanda podría significar una inversión prohibitiva o arriesgada para algunas compañías. Se deben evaluar y cuantificar muy cuidadosamente las

ventajas que se podrían obtener para así asegurar la factibilidad económica de un proyecto de esta magnitud.

En la siguiente sección se propone un esquema de plan para la implementación de una red corporativa.

6.1 Plan de implementación de una red corporativa

A continuación aparece un esquema que podría servir como guía para la implementación de una red corporativa. Aunque el esquema se presenta en pasos, ningún proyecto se realiza linealmente en la realidad. Algunas actividades o pasos requieren reiteraciones y retroalimentación de actividades posteriores, de igual forma algunas actividades o pasos pueden ser más o menos importantes para el escenario en el cual se desean aplicar. Este plan es adaptado de [Miller1995].

1. Designar un administrador de sistemas y un responsable de red (podría ser la misma persona) en cada sitio de la empresa que se conectará. Aparte de tener las calificaciones técnicas, el administrador del sistema debe tener interés personal y el deseo de que el proyecto sea exitoso. Adicionalmente, definir un comité de implementación.
2. Determinar la disponibilidad de presupuesto para el proyecto. Este debe incluir los costos de personal, equipo, cableado y un porcentaje adecuado para contingencias (10%-15%). Parte de este proceso es establecer cómo los distintos departamentos o unidades de la empresa van a pagar por los servicios

- que la red proveerá. El costo de operación y mantenimiento de la red debe ser compartido por todos los beneficiados.
3. Analizar la disponibilidad de personal capacitado y decidir si se necesita consultores o asesores externos que formen parte de su equipo. Algunas áreas críticas en este sentido podrían ser la planeación de la capacidad de telecomunicaciones y otras proyecciones de crecimiento, estudio de tráfico de datos, optimización de protocolos y diseño de infraestructura.
 4. Organizar una reunión de arranque del proyecto, asignar responsabilidades y desarrollar un calendario del proyecto. Es necesario que todos los miembros vayan en la misma dirección.
 5. Confeccionar un documento de requerimientos funcionales para revisión de los miembros del equipo de trabajo y para aprobación de la administración superior. Estos requerimientos deben ser bien analizados y deducidos de los requerimientos individuales del personal clave.
 6. Consultar con las autoridades correspondientes o con la legislación de telecomunicaciones vigente para identificar cualquier limitación que pueda afectar la instalación de la red. Estas limitaciones deben usarse como retroalimentación en el momento de revisar los documentos funcionales.
 7. Generar una lista completa de tareas necesarias, utilizando el documento de requerimientos, las limitaciones existentes y la ubicación geográfica de los sitios por interconectar. Se deben calendarizar estas tareas y distribuir este calendario entre los miembros del equipo de trabajo.
 8. Determinar la complejidad del diseño de la red. Esto incluye: número de máquinas y servidores por sitio a conectar, LANs y protocolos por utilizar, tecnologías de banda ancha por explorar, estrategias de administración de la red, niveles de confiabilidad de la red, seguridad de la red, etc.
 9. Diseñar la red y dibujar un esquema completo del sistema. Con este esquema se puede proceder a solicitar cotizaciones del hardware, software, equipo de comunicaciones, diseño del cableado o incluso un diseño detallado de la red hecha por expertos externos.
 10. Diseñar un plan de contingencia en el caso de que el nuevo sistema esté sustituyendo a uno ya existente. Se deben identificar el máximo número de imprevistos potenciales que podrían ocurrir cuando el nuevo sistema entre en funcionamiento. Revisar el calendario y presupuesto del proyecto para incluir el plan y costos de contingencia así como reuniones periódicas del equipo de trabajo.
 11. Conseguir permisos de construcción, remodelación o de cableado, según corresponda.
 12. Iniciar el proyecto con construcciones o remodelaciones mayores, tales como oficinas de cómputo, instalaciones eléctricas, etc.
 13. Obtener una dirección de Internet de la autoridad correspondiente. En Costa Rica sería RACSA/ICE para corporaciones o empresas privadas, Casa Presidencial para instituciones gubernamentales y CRNet para

- instituciones académicas.
14. Seleccionar un proveedor de las facilidades de comunicaciones. Dependiendo de la tecnología que se haya seleccionado como más idónea para la implementación de la red, se debe seleccionar la compañía proveedora de la red de transporte. Lo mismo debe realizarse para la conexión a Internet. Los plazos de entrega e instalación deben ser tomados en cuenta en el calendario del proyecto.
 15. Seleccionar los proveedores de los componentes de hardware y software. Se debe tener especial cautela cuando varios fabricantes distintos estén involucrados, debe considerarse cuidadosamente los beneficios que se podrían tener si se decidiera por una única marca para todos los componentes o, en su defecto, contratar a un integrador de tecnologías que haya tenido experiencia integrando componentes heterogéneos. Los plazos de entrega e instalación del equipo deben ser tomados en cuenta en el calendario del proyecto.
 16. Iniciar la instalación de nuevo cableado. Este debe ser probado minuciosamente y se debe tomar en cuenta el crecimiento que la red pueda tener en el futuro.
 17. Calendarizar cursos y capacitación en instalación y mantenimiento de todo el hardware, software y sistemas de administración. Es posible que exista un lapso entre el momento en que el equipo y software se ordene y cuando este es instalado. Ese periodo de tiempo puede ser aprovechado para la capacitación.
 18. Instalar y probar las líneas de comunicación alquiladas o contratadas. Se debe tomar medidas del ruido y errores para asegurarse de la calidad de las líneas y su potencial impacto en la confiabilidad de la red.
 19. Instalar los sistemas de hardware y probarlos separadamente. Se deben instalar también UPSs y otros dispositivos de energía que pudieran ser necesarios.
 20. Instalar el software de red necesario, tal como sistemas operativos, protocolos TCP/IP, software de enrutadores, convertidores de protocolos, etc. En este punto los dispositivos deben ser probados individualmente y en conjunto y cualquier falla debe ser reportada al proveedor respectivo.
 21. Es posible que aparezcan en este punto nuevos requerimientos o problemas. Se debe desarrollar una lista de asuntos pendientes. Junto con el equipo de trabajo del proyecto se deben definir los responsables de resolverlos y las fechas en que esto se realizará.
 22. Diseñar un procedimiento de reporte de problemas y mantenimiento de la red. Este puede consistir en un solo centro (*help desk*) que capte todos los reportes o en diversos contactos en cada sitio geográfico donde llegue la red. Este procedimiento debe incluir responsabilidades técnicas y administrativas de los involucrados en el mantenimiento de la red.
 23. Capacitar a todos los usuarios de la red con base en sus necesidades de información. Es recomendable tener sesiones de entrenamiento separadas para el personal de apoyo, el personal profesional y los jefes y gerentes.
 24. Completar toda la documentación de la

red. Esta debe incluir por lo menos un

esquema del diseño de la red, cableado, localización del equipo, direcciones de las máquinas y otros asuntos específicos que se consideren importantes.

25. En este punto la red está lista para pasar de la etapa de implementación a la etapa de operación.

7. Glosario de términos

Ancho de banda: Cantidad de datos que puede ser transportada en un enlace de comunicación particular.

Asincrónico: Se refiere a tecnologías o protocolos que presentan un patrón de transferencia irregular.

CCE (Client Communication Equipment): Dispositivo(s) de comunicación que forman parte de la LAN del usuario y que son de su propiedad.

Compuerta: Dispositivo que hace posible la interconexión de dos redes de tecnologías distintas.

Concentrador: Dispositivo utilizado para conectar múltiples dispositivos a un enlace de red único.

Conmutación de paquetes: Tecnología que transmite datos empaquetados en segmentos o grupos de bits, lo cual permite un mejor aprovechamiento del ancho de banda.

DCE (Data Communication Equipment): Dispositivo que utiliza un usuario para acceder una red (un módem es un ejemplo de DCE).

DTE (Data Terminal Equipment): Dispositivo que el usuario utiliza y que puede estar conectado a una red (por ejemplo un computador).

Enrutador: Dispositivo de hardware dedicado a enrutar tráfico en una red.

Equipo de comunicación de datos: Vea DCE.

Equipo de comunicación del cliente: Vea CCE.

Equipo terminal de datos: Vea DTE.

IEEE 802. Se refiere a las tecnologías para LANs adoptadas como estándar por el Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE).

Interfaz de E/S: Interfaz en un computador utilizada para la entrada y salida de datos (el puerto paralelo o de impresora de un computador es un ejemplo de este tipo de interfaces).

Interfaz de Red del Usuario: Ver NUI.

Kbps: kilobits por segundo.

LLC: Protocolo de control de enlace lógico (*logical link control*), utilizado en LANs.

MAC: Protocolo de control de acceso al medio (*medium access control*), utilizado en LANs.

Mainframe: Computadoras de tercera generación, de alta capacidad.

Mbps: Megabits por segundo.

NUI (Network User Interface): Es el punto donde el usuario o su LAN se conecta a una WAN.

OSI: Modelo de capas *Open Systems Interconnection* de la ISO.

Puente: Dispositivo dedicado a interconectar dos LANs distintas.

Punto de presencia: Se refiere al sitio físico donde un proveedor de servicios de comunicaciones tiene sus equipos instalados.

Servicio orientado a conexiones: Servicio que utiliza las fases de conexión, de transmisión y de desconexión.

Servicio sin conexiones: Servicio que solamente utiliza la fase de transmisión de datos y que no establece conexión.

Sincrónico: Se refiere a tecnologías o protocolos que presentan un patrón de transferencia regular.

SIP: Protocolo de interfaz en redes SMDS.

TCP/IP: Protocolos utilizados en Internet.

8. Bibliografía

[Handel1991] Rainer Handel y Manfred N. Huber. *Integrated Broadband Networks. An Introduction to ATM-based Networks*. Addison-Wesley, 1991.

[Miller1995] Mark A. Miller. *Internetworking. A Guide to Network Communications LAN to LAN; LAN to WAN*. M&T Books, 1995.

[Minoli1993] Daniel Minoli. *Enterprise Networking*. Artech House, 1993.

Otra bibliografía consultada

Andrés Fortino y Jerry Golick. *Multivendor Networking*. McGraw-Hill, 1996.

Benjamin Lisowski. *Frame Relay: What it is and how it works*. BCR, October 1991.

Jean-Yves Le Boudec. *The asynchronous transfer mode: a tutorial*. *Computer Networks and ISDN Systems*, (24), 1992.

Carl Malamud. *Stacks. Interoperability in Today's Computer Networks*. Prentice Hall, 1992.

Aníbal Mayorga. *A Gateway Design For Frame Relay/ATM Interoperability*. University of Delaware, 1993.

Jean Walrand. *Communication Networks: A First Course*. Aksen Associates, 1991.