Redes en educación 2

Capítulo 3
Redes WAN

Capítulo 3: Redes WAN

ÍNDICE

1.	**Introducción**	**3**
2.	**Dispositivos de interconexión**	**3**
	2.1. MODEM	*4*
	2.2. Bridge	*6*
	2.3. Enrutadores (Routers)	*6*
3.	**Tipos de redes WAN**	**8**
4.	**Tecnologías de acceso remoto.**	**9**
	4.1. Conexiones dedicadas.	*10*
	a) Bucle de abonado digital asimétrico (ADSL):	10
	4.2. Conexiones conmutadas.	*17*
	a) Red telefónica conmutada:	17
	b) Red digital de servicios integrados:	18
5.	**Protocolos de comunicación WAN**	**21**
	5.1. Frame Relay	*22*
	a) Los circuitos virtuales de Frame Relay.	22
	b) Hardware de Frame Relay.	23
	5.2. Asynchronous Transfer Mode (ATM).	*23*
	a) Un poco de historia.	24
	b) Arquitectura ATM.	25
6.	**Otras tecnologías**	**27**
	6.1. Red de cable:	*27*
	a) Características de las Redes de Cable:	27
	b) Esquema de conexión:	28
	c) Red de cable como red de acceso compartido	31
	d) Unidad de Acceso y Terminal de usuario:	31

Anotaciones

e) Aplicaciones del cable: 32

6.2. Sistemas de acceso vía radio terrestre *34*

a) Esquema de conexión: 36

Ilustraciones **37**

Anotaciones

1. Introducción

Cuando hemos hablado de las redes de área local LAN, hemos considerado sistemas cerrados, propios, de comunicación entre ordenadores, con la posibilidad de un acceso al exterior a través de un servidor de correo electrónico o Internet. Toda la infraestructura de la red: ordenadores, cableado, adaptadores, concentradores, pertenecía a la propia red. Sin embargo, llega un momento en el que, por la longitud de la conexión entre máquinas o conjuntos de máquinas, es imposible mantener una red LAN y se debe recurrir a otros sistemas de comunicación. Es, en este momento, en el que nos estamos refiriendo a las redes WAN.

Una red WAN (wide area network) es aquella que se encuentra formada por la interconexión de otras redes en un área geográfica amplia empleando, para ello, sistemas de telecomunicaciones. Normalmente, estos enlaces, no son administrados por los gestores de la red ya que son aportados por compañías externas, operadoras telefónicas. Generalmente, deberíamos hablar de conexiones WAN, más que de redes WAN, pues son los sistemas de conexión los que van a poder definir con más claridad este tipo de red. El sistema más sencillo de conectar dos redes LAN sería mediante un enlace dedicado contratado a una operadora.

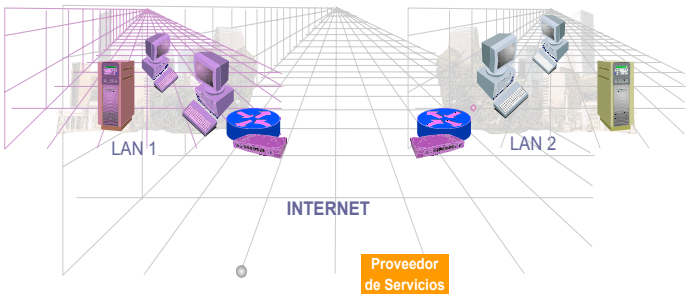

Ilustración 1: Redes LAN unidas mediante una conexión pública

Para pensar:

Una WAN estaría constituida, por ejemplo, por los ordenadores de administración de los centros educativos de una Comunidad autónoma, conectados con un ordenador central mediante un router y empleando una línea telefónica, por ejemplo, mediante RDSI.

Al ser las distancias entre máquinas considerablemente mayores en las redes tipo WAN es necesario una tecnología diferente que garantice adecuadamente la transmisión de datos. Es en este punto donde mencionamos la tecnología ATM o la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

En el caso de redes de tipo inalámbricas (Wireless) nacen nuevos conceptos como WWAN. Nosotros dejaremos de lado las redes inalámbricas de área extensa o WWAN ya que, por su complejidad, no se ajustan al objetivo de estos materiales.

2. Dispositivos de interconexión

En las redes LAN existe un estándar de comunicación con una implantación mayoritaria, LAN Ethernet, los dispositivos de interconexión presentan un abanico de posibilidades reducido, basado, fundamentalmente, en su funcionalidad. Sin embargo, en las redes WAN, si bien se encuentran rígidamente estandarizadas a nivel mundial, no existe un interfaz que predomine sobre el resto,

Anotaciones

esto supone que para una misma función existan distintos tipos de dispositivos en función de la tecnología de comunicación.

El estudio de todos estos dispositivos sería bastante complejo, de ahí que vayamos a afrontar aquellos que puedan ser más próximos al colectivo docente.

2.1. MODEM

Cuando se planteó la generalización de las comunicaciones entre equipos y la necesaria independencia de las redes privadas que empleaban medios propios de comunicación se comprobó que la solución más adecuada era el uso de las líneas telefónicas. Evidentemente, la extensión del teléfono es, prácticamente, mundial, la tecnología es muy conocida y no necesita de la implementación de nuevos dispositivos.

Sin embargo, se planteaba el problema de la señal que circula por las líneas telefónicas. Mientras que los ordenadores se comunican con señales digitales, la línea telefónica transmite información analógica en una banda de frecuencias audible.

Para solucionar este problema debemos utilizar un MODEM, cuya función consiste en transformar la señal digital que procede del ordenador a una señal analógica utilizable por las líneas telefónicas. Igualmente, realiza la operación inversa, transformar la señal analógica que procede de la línea telefónica en una señal digital "entendible" por el PC.

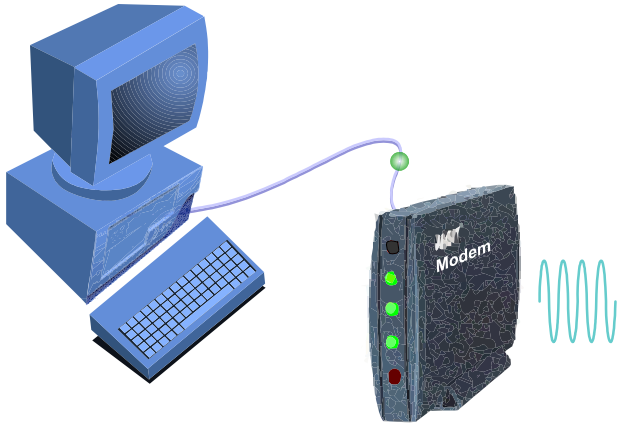

Ilustración 2: MODEM es el dispositivo que permite utilizar la tecnología RTC para transportar datos

Nota:

Los MODEMs fueron creados para la defensa aérea norteamericana en la década de los '50.El primer MODEM transmitía 75 bps y era de acople acústico. El primer MODEM comercial fue desarrollado por ATT, se denominaba BELL 103 y tenía una velocidad de 300bps.

Del mismo modo que dos personas hablan a la vez empleando una línea telefónica (aunque tal vez no se entienda muy bien), dos MODEMs pueden mantener comunicación simultánea en ambos sentidos (full-duplex). Esto es gracias a que en un MODEM los 1 y 0 se "oirán" de forma distinta que en el otro. No olvidemos que los MODEMs utilizan cable telefónico que transmite en frecuencias audibles para el oído humano (300 – 3400 Hz).

La transmisión de datos se realiza en la misma banda de frecuencias que la voz, por ello, no se pueden transmitir datos y voz simultáneamente por una única línea. La velocidad de acceso de estas líneas es de 33,600 bps aunque en las líneas modernas puede ser mayor.

Anotaciones

El MODEM realiza su función transformando los unos y ceros de la comunicación digital en dos tipos de tonos que son transmitidos por la red telefónica, la forma más sencilla de hacerlo es que un tono represente los 1 y otro los 0. No obstante, existen varios métodos para transmitir datos digitales mediante una señal analógica, por ejemplo diferenciando un estado de otro por la frecuencia (modulación FSK), por el desplazamiento de fase (modulación PSK), o por otros sistemas que se han ido desarrollando a lo largo de la historia con el fin de mejorar la velocidad de transmisión.

Nota:

La velocidad de transmisión de datos se mide en bits por segundo. En ocasiones podemos oír hablar de baudios. Los baudios son el número de veces que cambia el estado del medio de transmisión por unidad de tiempo. Los primeros MODEMs enviaban un sólo bit en cada baudio. Cuando se alcanzó el límite de baudios por unidad de tiempo (1200 baudios por segundo) que permitían las líneas telefónicas, la velocidad de transmisión mejoró aumentando el número de bits que se incorporaban en un periodo de transferencia de datos.

Para pensar:

Entre dos ciudades hay una comunicación en tren. Las máquinas no pueden superar una velocidad determinada debido al trazado de las vías. Para mejorar el transporte se fueron incorporando vagones al tren. Sin embargo, se llegó al límite máximo de vagones. Para aumentar el número de pasajeros que podían viajar en el mismo tren, se quitaron los asientos de manera que podían realizar más personas el mismo viaje.En la analogía anterior, ¿Sabrías decir qué representa los bits y qué los baudios?

Además de las funciones de modulación y demodulación, los MODEM deben ponerse de acuerdo en cómo va a realizarse la conexión y qué protocolos van a utilizar.

El equipo de usuario necesario para conectarse es un PC, un módem de 56 kbps y una línea telefónica convencional. Además, necesitaríamos instalar software que permita este tipo de conexión y los protocolos de comunicación adecuados.

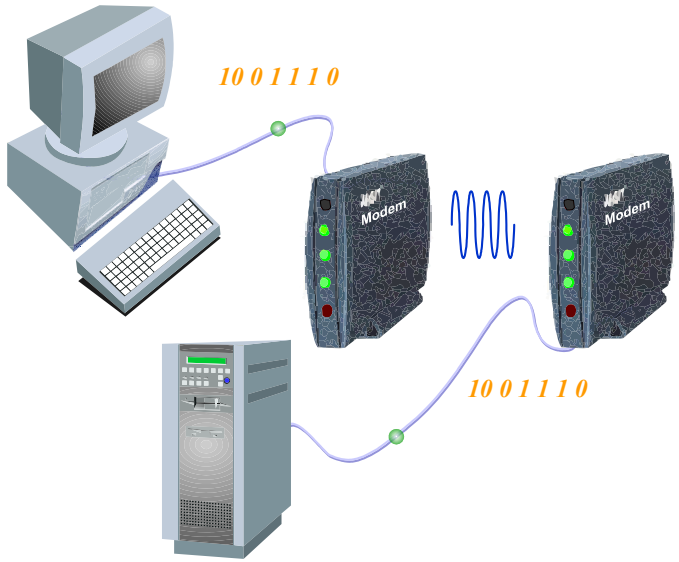

Ilustración 3: Modulación y Demodulación: MODEM transforma el formato digital de datos analógico, de manera que se aprovecha el cable telefónico para la comunicación entre ordenadores

Anotaciones

Por regla general, un MODEM da acceso a un único ordenador, sin embargo, los sistemas operativos actuales permiten que exista un ordenador servidor de acceso, que facilita que el resto de los equipos de la red se conecten con un proveedor de servicios de Internet.

2.2. Bridge

Estos dispositivos ya han sido tratados en el capítulo anterior, sus funcionalidades y tecnología son, por lo tanto, conocidas. Al situar un puente en cada una de las redes conectado a un MODEM, se puede filtrar en gran medida el tráfico que se va a dirigir a través de la conexión WAN, a la vez que permite mensajes de broadcast, algo que los enrutadores no permiten (salvo escasas excepciones).

Al existir una gran diferencia entre las velocidades de transmisión de las tecnologías WAN y LAN, un puente remoto (como son conocidos estos tipos de puente) debe contener un buffer interno (memoria de almacenamiento) que recoja la información de la red LAN y la transmita a través de la conexión WAN a menor velocidad.

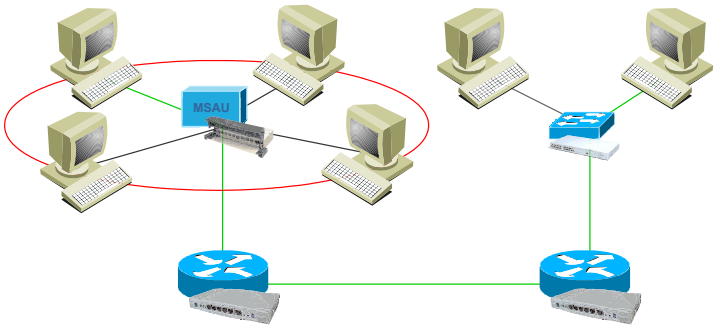

Ilustración 4: Routers en redes LAN: pueden hacer compatibles redes LAN de tecnologías distintas

Analogía:

El buffer haría las mismas funciones que un embudo con una gran capacidad que pudiera recoger gran cantidad de líquido, para irse vaciando poco a poco.

2.3. Enrutadores (Routers)

Podríamos definir al enrutador como el dispositivo básico de comunicación entre redes. Un enrutador es un dispositivo inteligente (similar a una computadora) que determina la trayectoria a lo largo de la cual se puede establecer un enlace, y transmite los paquetes a lo largo de dicha trayectoria. Mientras que los conmutadores y concentradores tienen puertos donde se conectan los equipos independientes, los enrutadores tienen interfaces a las que se conectan los segmentos LAN.

Es un dispositivo de entrada y salida que, a través de un interfaz (puerto), enlaza distintas redes. Este interfaz es físico, es decir, se debe emplear un medio de interconexión (cable, microondas, etc). Esta interconexión permite el paso de información en forma de datagramas de una red a otra, ofreciendo un servicio de calidad, ya que busca el mejor camino por el que dirigir el datagrama para llegar a su destino.

Anotaciones

Los routers trabajan en la capa de red (capa 3) y utilizan las direcciones IP (direcciones de red) de los mensajes para dirigir el tráfico. Básicamente lo que hace un enrutador es mover paquetes de datos entre segmentos LAN adjuntos.

Nota:

Cuando intentamos enviar un mensaje de correo, visitar una página web, etc. los datos que se transmiten por la red deben ser fragmentados para facilitar su transmisión. Este proceso, mejorado con la inclusión de una serie de bits que permiten averiguar la dirección IP de destino y de origen de cada uno de los fragmentos en los que se ha dividido el mensaje, se conoce como la ***conmutación de paquetes****.*

De esta forma, se consigue que por un mismo segmento de red puedan circular "simultáneamente" datos enviados desde distintos host. Además, se evita que el deterioro de una parte de los datos, altere la recepción de toda la página o todo el mensaje de correo.

Dos ordenadores desean enviar un mensaje. Si el mensaje no se fragmenta, el primero que enviara los datos mantendría ocupada la red durante mucho tiempo si no se dividiera la información. Además, el mensaje se podría deteriorar y debería volver a enviarlo, lo que provocaría todavía más tiempo "comunicando" la línea.

Sin embargo, si los mensajes se fragmentan en paquetes, se puede alternar entre uno y otro equipo el momento de enviar sus datos. Al ser paquetes más pequeños, si uno se deteriora se puede reenviar sin problemas.

Esta técnica permite un uso optimizado de las líneas de comunicación entre redes. Sin embargo, todos estos paquetes deben ser conducidos a lo largo de distintas redes interconectadas en varios nodos. Estos nodos son los routers, que se encargan de averiguar hacia dónde se dirige un paquete de datos y darle el camino más adecuado.

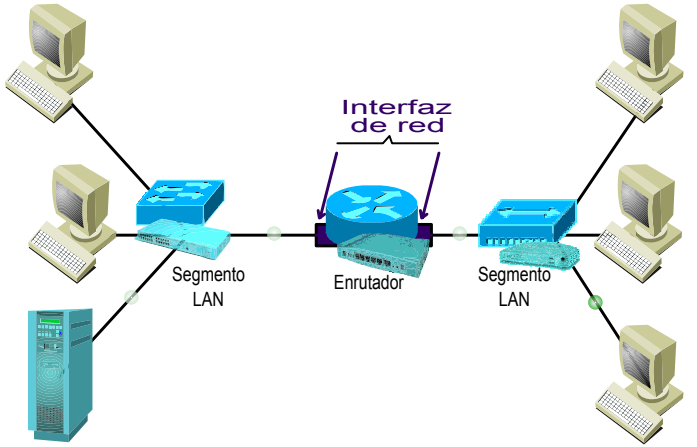

Ilustración 5: Un router es un dispositivo que conecta dos redes LAN

Las funciones de un router son:

- Interconectar redes (física y lógica),
- Recibir los paquetes de datos y almacenarlos para distribuirlos progresivamente en función de la situación de la red.
- Averiguar las direcciónes IP de las redes y host que están conectados a sus puertos para realizar un envío óptimo de los paquetes.
- Evitar la congestión de las redes.

Anotaciones

Estas funciones las realizan gracias a que disponen de una memoria con unas tablas de enrutamiento, donde se han almacenado las rutas más apropiadas para dirigir los datagramas a través de las "marañas" de redes interconectadas.

Suelen implementar interfaces diversos y, por regla general, emplean protocolo IP y tecnologías de acceso WAN (RDSI, ADSL, Frame Relay), haciendo de forma efectiva virtualmente compatibles a todos los equipos en la capa de red. Para comunicarse con otros routers utilizan protocolos de enrutamiento (RIP, IGRP, OSPF) o rutas estáticas. Como ya hemos destacado, aprenden automáticamente nuevas trayectorias y configuran la mejor ruta entre dos máquinas.

En resumen, un router acepta paquetes de datos por uno de sus puertos y los envía por otro en función de la dirección de red que tenga ese paquete de datos.

3. Tipos de redes WAN

El criterio más eficiente para la clasificación de las conexiones WAN es la utilización o no de circuitos dedicados. Debemos considerar los circuitos dedicados, como aquellos en los que el medio de transmisión entre los puntos permanece permanentemente abierto. Por el contrario, cuando no existe un circuito abierto permanentemente, sino que se deben estar conectando los distintos canales físicos para establecer la conexión entre los puntos, hablamos de circuitos conmutados.

- WAN dedicada: Se trata de conexiones permanentes entre redes LAN, también se denominan enlaces punto a punto y proporcionan una ruta de comunicación específica implementando un router en cada red LAN. Los interfaces más habituales son:
  - XDSL. Hasta 51,84 Mbps.
  - G703
  - V35
- WAN Conmutada: Redes mediante conmutación de circuitos. Se crea, mantiene y finaliza un circuito físico de conexión dedicado, proporcionado por una compañía de telecomunicaciones (por ejemplo retevisión). Esta tecnología sería similar a la que se emplea en las llamadas telefónicas y mantiene un ancho de banda estable.
  - RTB. Hasta 56 kbps.
  - RDSI. Hasta 128 kbps o 1,544 Mbps
  - X25. De 64 kbps a 2 Mbps.

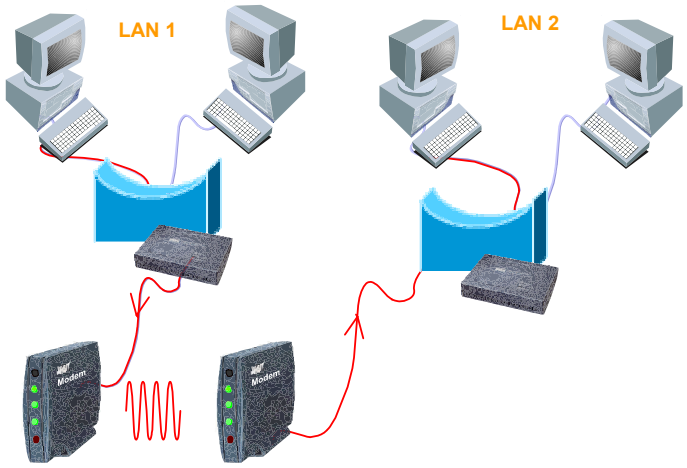

Ilustración 6: Comunicación WAN: esta comunicación entre dos LAN a través de MODEM permite, unida a la utilización de puentes, una mejor gestión de la Red

Anotaciones

Analogía:

Cuando hablamos de una línea dedicada no debemos entender que se trata de una única línea para un par de puntos, sino que existe un camino que siempre se encuentra abierto, por ejemplo, la red de carreteras. Para ir de Madrid a Logroño no se deben crear nuevas carreteras o abrir caminos, ya están hechos, y se puede ir de un lugar al otro directamente, eso sí, respetando el tráfico.

Sin embargo, una red conmutada requiere que se vayan estableciendo enlaces en las distintas centrales de conmutación. El mejor ejemplo para explicar esto son las líneas de tren. A una estación llega una vía y mediante un sistema de cambio de agujas el tren toma una vía que le dirige a otro lugar, cuando llega el siguiente, probablemente las agujas se volverán a cambiar para dirigirlo en otra dirección. Las vías están, pero se necesita la conexión directa mediante el cambio de agujas.

Ilustración 7: Red del operador de Telecomunicaciones: la conmutación de paquetes permite emplear la red del operador de Telecomunicaciones

La selección de una u otra tecnología WAN depende, en gran medida, de las prestaciones que se ofrecen y su coste. Por regla general, el ancho de banda en este tipo de conexión es caro y se debe analizar si se desea una conexión permanente o las necesidades de comunicación no han de ser constantes y se puede emplear un sistema que emplee pago mediante tarifa. Igualmente, si se desean aplicaciones que requieren un gran ancho de banda (vídeo sin comprimir) habría que optar por ATM, mientras que si lo que se envía es, por ejemplo, vídeo comprimido, podemos optar por xDSL o Frame Relay. En general, la selección de una tecnología WAN u otra se va a basar en:

- Coste económico.
- Ancho de banda.
- Servicios necesarios.

4. Tecnologías de acceso remoto.

Hasta este momento hemos estado analizando los elementos que permiten la conexión en red, configurando lo que se conoce como LAN. Algunos de los dispositivos de interconexión tenían como objeto permitir la comunicación entre dos redes distintas. Sin embargo, la mayoría de las redes locales que existen en este momento no se conectan a través de líneas privadas dedicadas, creadas ex profeso; lo hacen a través de redes de comunicación públicas empleando para ello distintas tecnologías.

En general, esta intercomunicación tiene por objeto:

Anotaciones

- Mantener comunicadas distintas LAN de una misma empresa.
- Acceder a Internet.
- Acceder a un equipo de una LAN empleando para ello VNC (VIRTUAL NETWORKING CONNECTING).

Al tratarse de redes de comunicación públicas, las tecnologías empleadas deben ser las que ya están implementadas por las grandes compañías, comenzando con la simple conexión telefónica a través de un MODEM hasta las conexiones vía satélite. De todas ellas vamos a estudiar aquellas que más se emplean en los centros docentes:

- ADSL.
- RDSI.
- Red telefónica básica.

4.1. Conexiones dedicadas.

a) Bucle de abonado digital asimétrico (ADSL):

Tradicionalmente, la línea Telefónica se ha utilizado para la transmisión de señales dentro de la llamada "banda vocal" (caso de los módems convencionales). Cualquier señal fuera de esta banda es filtrada (eliminada), tanto por los teléfonos como por los equipos de las centrales telefónicas.

Sin embargo, la propia línea Telefónica en sí misma admite señales de frecuencias mucho más altas, aunque limitadas según las características de cada línea en particular. El desarrollo de nuevas tecnologías como ADSL, VDSL y, en general x-DSL, aprovechan esta circunstancia posibilitando un importante incremento de las velocidades utilizables sobre dicha línea.

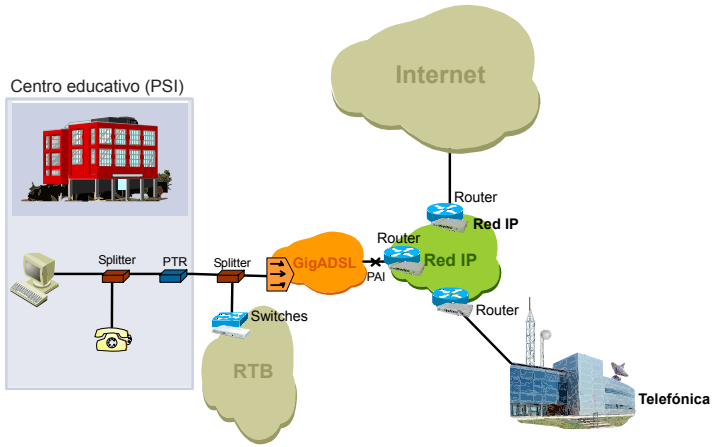

Ilustración 8: Esquema de conexión ADSL

Nota:

El ancho de banda de un cable es el rango de frecuencias que es capaz de transmitir con una calidad mínima. En el caso del cable telefónico, es mucho más amplio que el empleado para la transmisión de voz, de ahí que se plantee la utilización de frecuencias más altas para la transmisión de datos.

Anotaciones

Analogía:

Una orquesta sinfónica se compone de 100 instrumentos que pueden estar ejecutando a la vez una pieza musical. Si estos instrumentos interpretan una sinfonía, todo suena perfecto, agradable y maravilloso. Sin embargo, si cada instrumento estuviera tocando una pieza distinta, o simplemente el maestro lo estuviera afinando, sería sumamente desagradable. Esto es debido a que todos los instrumentos están ocupando un mismo rango de frecuencias, es audible para los humanos y su simple unión simultánea crea percepciones que no son interpretables para nuestro cerebro. Dos sonidos que utilizan un mismo rango de frecuencia producen interferencia.

Si nos encontramos paseando por el parque, podemos ir hablando con otra persona, mantenemos una conversación agradable pero, a la vez, observamos como un perro, que está a nuestro lado, levanta la cabeza y se dirige corriendo hacia su amo que tiene un silbato en la boca. Deducimos que está empleado este instrumento para llamar a su perro, aunque no lo oigamos. No nos ha molestado el sonido emitido ya que emplea un rango de frecuencias no audible para nuestro oído. Esto no quiere decir que no hubiera varios sonidos simultáneos, nuestra voz y el sonido del silbato, sino que al emitirse en frecuencias distintas no se han distorsionado y cada mensaje ha llegado de forma óptima a quien iba dirigido.

La multiplexación por división de frecuencia (MDF), el método de multiplexación que emplean las líneas ADSL realiza una operación similar a la situación descrita anteriormente. Si voz, datos de subida y datos de bajada se emitieran en la misma frecuencia, no se podrían interpretar. Para que a través de un mismo cable, puedan transmitirse distintas señales de forma que no se interfiera, y es necesario que sus frecuencias sean distintas y la MDF es la operación que posibilita esta coexistencia.

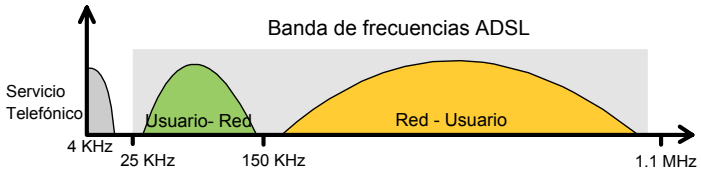

Ilustración 9: Distribución espectral del ADSL

Todo esto es posible debido a que la tecnología ADSL utiliza el ancho de banda disponible por encima del requerido por el servicio telefónico hasta el límite permitido por la propia línea.

Se puede observar que la banda de frecuencias que utiliza ADSL se divide en dos sub-bandas, una para las señales enviadas desde el usuario hacia la red (velocidad ascendente) y otra mayor, para las señales recibidas por el usuario desde la red (velocidad descendente). Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en sentido red – usuario, lo cual se adapta perfectamente a los

Anotaciones

servicios de acceso a la información (ej. Internet) en los que normalmente, el volumen de información recibido es mucho mayor que el enviado.

Esto permite alcanzar elevadas velocidades de transmisión en el bucle de abonado, (velocidades) que dependerán de diversos factores tales como longitud del bucle, calibre de los pares, existencia de ramas múltiples, paso por zonas ruidosas, etc. En condiciones óptimas, ADSL permite alcanzar velocidades de hasta 8 Mbps en sentido red – usuario y, simultáneamente 640 kbps en sentido usuario – red.

Como podemos ver en el gráfico, el ancho de banda dedicado a la comunicación red-usuario (recepción en el ordenador) es mucho más amplio que para la transmisión de voz, de ahí que se consigan velocidades más altas que al emplear un MODEM.

Conseguir este mayor ancho de banda en el acceso exige la incorporación de equipamiento específico tanto en el domicilio del usuario como en la central local. Concretamente, es necesaria la instalación de sendos módems ADSL (uno ubicado en el domicilio del usuario y otro en la central local) que permitan el intercambio de señales a la frecuencia requerida. Adicionalmente, es necesario incorporar filtros separadores ("splitters") que permitan discriminar la señal de las frecuencias de banda vocal y ADSL, posibilitando la coexistencia junto con el servicio telefónico básico.

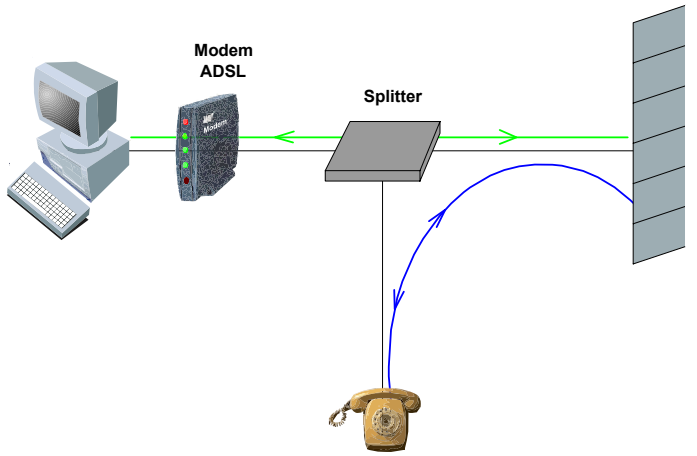

Ilustración 10: Simultaneidad ADSL: permite la comunicación simultánea PC y teléfono a través de una misma línea

Nota:

El resultado final de la multiplexación para crear una línea ADSL es similar a lo que sucede en la televisión o la radio. En un mismo medio (cable o aire) existen señales que proceden de varias emisoras y que llegan a nuestro receptor (aparato de televisión o de radio). Sus señales no se interfieren, de manera que nos pueden llegar varios canales de televisión y muchas emisoras de radio simultáneamente ya que emplean distintos rangos de frecuencia; en nuestro receptor sintonizamos los distintos canales (en frecuencias diferentes) o movemos el dial para recoger las emisiones que nos interesan.

Ventajas.

Las *ventajas* que presenta el uso de tecnologías basadas en ADSL son:

- *Simultaneidad y compatibilidad con el servicio telefónico*. Sobre la misma línea es posible hacer, recibir y mantener una llamada Telefónica simultáneamente a la conexión con Internet sin que se vea afectado en absoluto ninguno de los servicios.

Anotaciones

- La separación de equipos permite aplicar a los servicios basados en ADSL políticas de precios independientes del servicio telefónico. Esto ha hecho posible la introducción de la denominada '*tarifa plana*' para el acceso a Internet.
- Los usuarios están *siempre conectados* a la red, por lo que no existen fases de marcación y desconexión de la llamada, y no se pierde tiempo en la interconexión.
- La *utilización asimétrica del ancho de banda disponible* se adapta muy bien para el soporte de servicios de acceso a la información (ej. Internet, bases de datos documentales o de audio/vídeo) en los que el mayor volumen de información se transfiere en sentido red – usuario.

La diferencia del ADSL frente a otras soluciones de alta velocidad como los cable-módems estriba en que es *aplicable a la casi totalidad de líneas telefónicas ya instaladas,* mientras que la otra necesita de un tendido de cable nuevo o su modificación. Por esta misma razón, para su implantación no hay que hacer un gran desembolso, sólo en equipos terminales, y además, hace que el alcance de este servicio sea mayor que el de otras soluciones.

Otra ventaja del ADSL es que se trata de un *servicio dedicado para cada usuario,* con lo que *la calidad del servicio es constante*, mientras que con los módems de cable se consiguen velocidades de hasta 30 Mbps pero la línea se comparte entre todos ellos, degradándose el servicio conforme hay más usuarios y el tráfico aumenta. Obsérvese que esto es sólo, entre la central telefónica y el domicilio del usuario, y también, que la conexión es punto a punto, por lo que no es posible realizar llamadas a cualquier destino como sucede con la RTC o la RDSI.

El servicio ADSL es más rápido y seguro que el cable, ya que el transporte de datos mediante la tecnología de cable se realiza compartiendo el mismo medio con todas las comunicaciones multimedia (TV, teléfono,...). Sin embargo, ADSL solo transporta datos (Internet), consiguiendo mayor velocidad. Además, el hecho de no compartir el medio y utilizar técnicas de cifrado y tunelización de protocolos, permite unas transacciones seguras de la información.

Por todo ello, ADSL se adecua perfectamente a los requisitos demandados por los nuevos servicios basados en el protocolo IP, proporcionando una solución efectiva a problemas tan importantes como simultaneidad con el servicio telefónico, alta velocidad, conexión siempre establecida, flexibilidad en tarificación, despliegue amplio y rápido, etc.

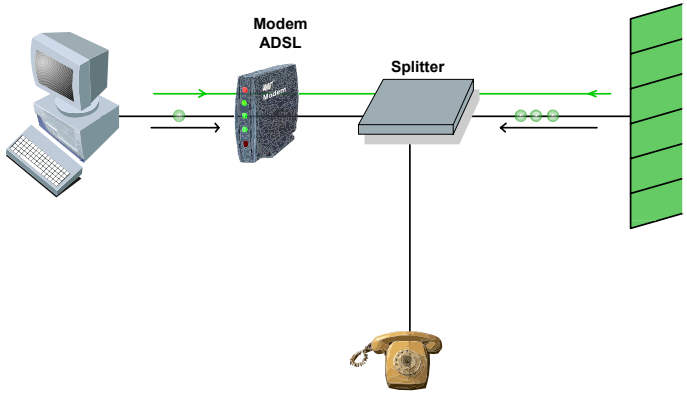

Ilustración 11: Tráfico Asimétrico: Permite un uso óptimo del ancho de banda ya que el tráfico de entrada suele ser mayor que el de salida

Anotaciones

Incompatibilidades:

Por razones de incompatibilidad técnica con la tecnología ADSL, la facilidad de acceso indirecto al bucle de abonado se ofrece únicamente sobre accesos de cobre pertenecientes al Servicio Telefónico Básico, no pudiendo coexistir con los siguientes servicios:

- Teletarificación mediante impulsos a 12 kHz.
- Hilo musical.
- Líneas de respaldo, circuitos alquilados (FR, IP Básico).
- Ibercom.
- Telefax.
- Red Delta.
- Extensiones de centralitas.

Estos servicios utilizan frecuencias por encima de los 4 kHz de canal telefónico, interfiriendo con las frecuencias requeridas por ADSL.

Actualmente, también es posible disponer de ADSL a partir de RDSI.

Por otra parte, dado que el acceso al servicio requiere un par de cobre, no podrá prestarse sobre accesos TRAC (Telefonía Rural de Acceso Celular), MARD (Multiacceso Rural Digital) ni teléfonos móviles.

Esquema de conexión:

El Centro Educativo está conectado permanentemente a un *Nodo* o *central ADSL* donde se van a separar por una parte, el servicio telefónico, y, por otra, el servicio de datos ADSL. Se trata de la Central Local a la que llega el bucle de abonado y que debe estar provista de accesos ADSL.

La Central Local (Nodo ADSL) transmite los datos al PSI a través de una red de acceso de banda ancha, con recursos reservados suficientes que permitan sacar todo el partido a la conexión ADSL.

En la siguiente figura, vemos cómo sería el esquema para el caso particular de Telefónica.

En el ejemplo representado, el usuario (Centro Educativo) que ha contratado acceso ADSL a través del PSI conectado a la Red IP sale a Internet, obteniendo todo el partido de los recursos especialmente reservados, en los enlaces con Internet de la Red IP, para usuarios con acceso ADSL.

Los PSIs tendrán que aumentar la contratación de ancho de banda de salida para dar acceso a los usuarios a alta velocidad.

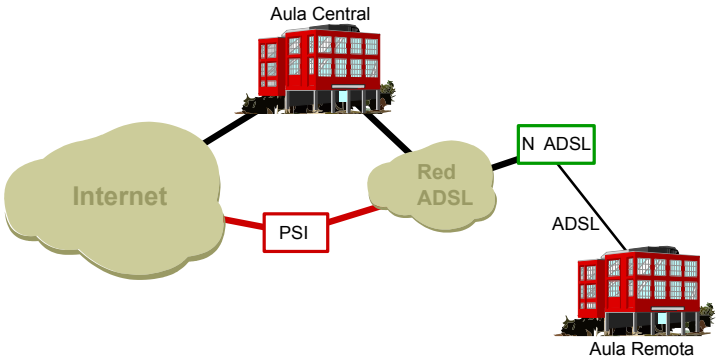

Ilustración 12: Esquema de conexión ADSL.

Anotaciones

Tarifas de ADSL:

Para ADSL tenemos tarifa plana. Dicha tarifa es independiente del tráfico cursado, es decir, pagando una cantidad fija tenemos posibilidad de navegar todo lo que queramos.

Hay que añadir, además, el precio del módem y su instalación que va en función del tipo de módem y de la compañía que lo proporciona e instala.

Gracias a la competencia entre las distintas compañías salen ofertas promocionales que abaratan los costes a los usuarios.

Para la puesta en marcha del servicio ADSL el operador dominante debe actuar directamente sobre la línea de acceso de cada abonado y crear la infraestructura necesaria en cada central y en cada demarcación. Por ello, la implantación del ADSL se está haciendo de forma progresiva.

Si el servicio telefónico de una localidad no pertenece a una central adaptada, entonces un usuario no puede contratar ADSL con ningún PSI.

Actualmente el servicio de ADSL se ofrece en 3 modalidades según el cuadro que aparece a continuación:

Modalidad	Velocidad Descendente	Velocidad Ascendente
Modalidad 1	256 kbps	128 kbps
Modalidad 2	512 kbps	128 kbps
Modalidad 3	2000 kbps	300 kbps

Podemos observar que las velocidades son mucho mayores que las ofrecidas por la RDSI y por la RTC.

A modo de resumen, presentamos una tabla comparativa de las 3 tecnologías ofrecidas por las compañías de telefonía a través de cobre con sus características más relevantes:

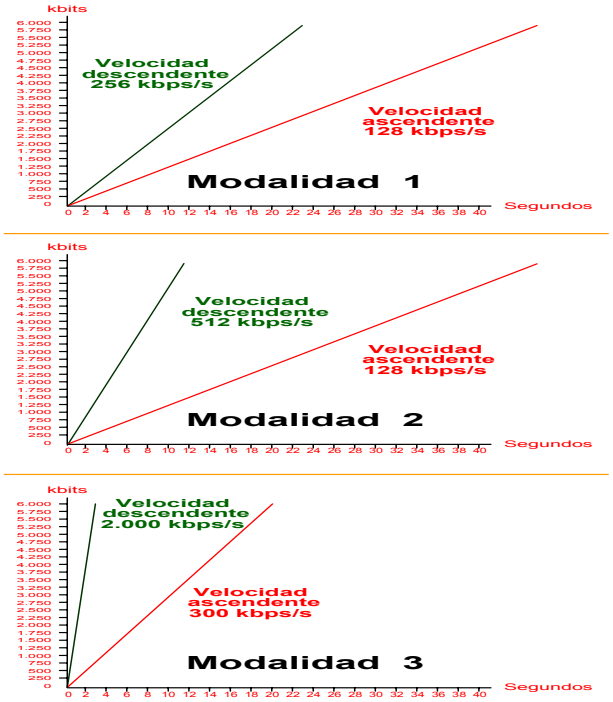

Ilustración 13: Servicio de ADSL: tres modalidades, podemos observar que las velocidades son mayores que las ofrecidas por RDSI y por la RTC

Anotaciones

Características	Módem Convencional	RDSI	ADSL
Velocidad	Menor de 64 kbps	64 ó 128 kbps	Estándar: 256/128 kbps Class: 512/128 kbps Premium: 2Mbps/300Kbps
Posibilidad de realizar llamadas vocales simultáneamente, mientras se está conectado a Internet	Sólo si se contratan dos líneas	Sí	Sí
2 Conversaciones telefónicas simultáneas cuando no se usa Internet	NO	SÍ	NO
Cuota mensual	1.442 Ptas	3.800 Ptas	Desde 6.500 Ptas
Tarifa (Pago por consumo)	1,64 Ptas/min 4 Ptas/min	1,64 Ptas/min 4 Ptas/min	
¿Aplicable Bononet?	SI	SI	NO
Cobertura	100 %	95 %	Consultar
Servicios Adicionales Avanzados	NO	SI	NO
Simétrico/Asimétrico(Velocidades desde Internet y hacia Internet iguales o diferentes)	Depende de velocidad	Simétrico	Asimétrico
¿Conexión permanente?	NO	NO	SI
Tiempo de establecimiento de llamada	10-30 seg	1-4 seg	0

Pero además del ADSL, existen otras tecnologías basadas en DSL, veamos en el siguiente cuadro las diferentes tecnologías de acceso a través de las redes de cobre:

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Aplicación
V.22 V.32 V.34	Módems en banda vocal	1,2 kbps a 28,8 kbps	Dúplex	Comunicación de datos (fax)
DSL	Digital Subscriber Line	160 kbps	Dúplex	RDSI (voz y comunicación de datos)
HDSL	High data rate Digital Subscriber line	1,544 y 2,048 Mbps	Dúplex	Servicios T1/E1, Acceso LAN y WAN. Conexión de PBX
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	1,544 y 2,048 Mbps	Dúplex	Igual que HDSL más acceso para servicios simétricos
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1,5 a 9 Mbps 16 a 640 kbps	Descendente Ascendente	Acceso Internet, vídeo bajo demanda, multimedia interactiva.
VDSL (BDSL)	Very high data rate Digital Subscriber Line	13 a 52 Mbps 1,5 a 2,3 Mbps	Descendente Ascendente (en un futuro dúplex)	Igual que ADSL más TV de alta definición

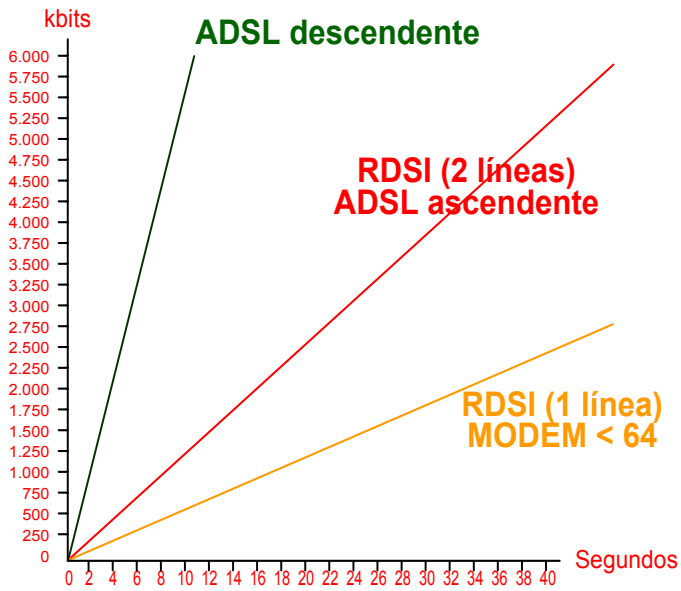

Ilustración 14: Comparativa de velocidades

Anotaciones

4.2. Conexiones conmutadas.

a) Red telefónica conmutada:

Este sistema de conexión es, probablemente, el más conocido por los usuarios de Internet. No requiere de una gran infraestructura local ni dispositivos de hardware, se implementa sobre la red telefónica y se requiere la utilización de un MODEM. Además, necesitaríamos instalar software que permita este tipo de conexión y los protocolos de comunicación adecuados.

Físicamente, necesitamos que el equipo disponga de un MODEM interno (conectado a un puerto PCI) o externo (conectado a través de un puerto COM o USB). Este dispositivo, a través de una clavija normal de teléfono RJ11 y de una clave debe ser conectado al terminal telefónico.

Al tratarse de conexiones de redes LAN, necesitamos que uno de los ordenadores se conecte a la red telefónica a través del MODEM y que actúe como proveedor de acceso del resto de los equipos. La conexión se realizará a un servidor que también disponga de modem. El equipo servidor podrá trabajar como:

- Servidor web.
- Servidor de correo electrónico.
- Servidor FTP.
- Etc.

En las computadoras que actúan como clientes deberemos tener instalados navegadores, programas de cliente de correo, etc. En función del sistema operativo o software instalado en el equipo que actúa como proveedor de acceso, se podrán facilitar un cierto número de conexiones simultáneas.

Las conexiones que se realizan suelen ser bajo demanda, ya que cuando trabajamos con conexiones conmutadas debemos pagar en función del tiempo que dure la comunicación; de este modo, cuando un equipo desea conectarse a su servidor de correo electrónico, el ordenador que actúa como proveedor de acceso establece la conexión (vía telefónica) con el equipo que dispone el servidor de correo, mantiene la conexión mientras dura el intercambio de información y, por último, “cuelga”, cancela la conexión con el servidor.

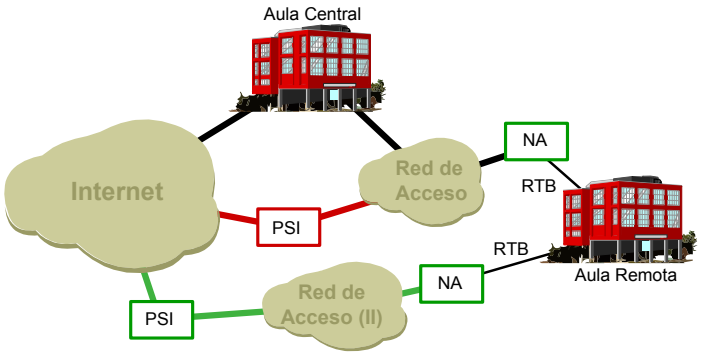

Ilustración 15: Esquema global de conexión con RTB

Anotaciones

Para pensar

La situación que estamos describiendo sería bastante rara en un centro docente, es decir, no es normal que un centro tenga varios edificios separados entre sí y que en uno de ellos se tenga instalado un equipo servidor al que se conecten las LAN de otros edificios, vía telefónica, para poder descargar el correo electrónico o realizar FTP.

En general, una red MAN en el ámbito docente tiene más que ver con una red administrativa del tipo que se está implementando en la Comunidad de Madrid o la red informática de la Junta de Extremadura.

Como ya hemos indicado, la conexión telefónica se realiza mediante un cable telefónico normal, lo que limita bastante el ancho de banda de las conexiones. Para solucionar este problema se establecen varias conexiones simultáneas entre el cliente y el servidor a través de distintas líneas y distintos MODEMs, de manera que se amplía el ancho de banda ya que la comunicación se coordina a través de varios canales. Esta tecnología es conocida como multiplexado inverso y requiere no sólo del soporte telefónico y de hardware, también se necesita un software especial (multienlace) en los equipos que están estableciendo la conexión.

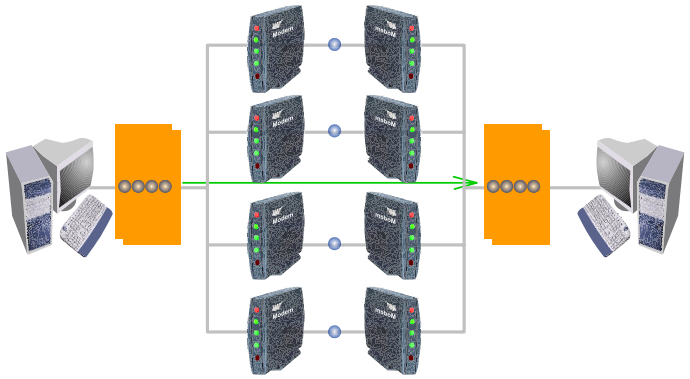

Ilustración 16: Multiplexado inverso: consiste en la división del canal de comunicación en distintas líneas

b) Red digital de servicios integrados:

La RDSI es un tipo de conexión que permite integrar con calidad digital todos los servicios que hasta ahora se ofrecían de forma separada. Se basa en una serie de normas que posibilitan la transmisión completamente digital de voz y datos sobre los mismos hilos de cobre que utiliza la RTB.

La diferencia entre una transmisión analógica y otra digital es que, mientras en una transmisión analógica RTB la comunicación que se origina en la línea del usuario es analógica, aunque en alguna centralita pueda ser tratada digitalmente, la RDSI es tratada, punto a punto, de forma digital.

La RDSI es la evolución natural del proceso de mejora de calidad de la línea de teléfono a través de su tratamiento digital. Es llevar la calidad de la línea digital hasta el teléfono del abonado. Generalmente, el tramo de cableado telefónico que existe desde el Punto de Presencia de la compañía al domicilio del usuario es el de peor calidad, siendo el sistema de transmisión analógico; con la RDSI se mejora este tramo (tecnología de la última milla) y se consigue que la transmisión sea, en todos los tramos de la línea, digital.

Anotaciones

La principal ventaja es la mayor velocidad y calidad de la transmisión (no se producen las pérdidas de señal de las transmisiones analógicas) y su principal desventaja se encuentra en el adaptador (tarjeta RDSI) que es más caro que un módem para RTB, y también, el coste de la línea RDSI es mayor que el de una línea convencional.

Una tarjeta RDSI para el PC es similar a una tarjeta Ethernet, sin embargo, su circuitería debe adaptarse a la comunicación por un par de cobre y con los protocolos normalizados para este fin.

La conexión RDSI es un servicio de marcación, es decir, que sólo está conectada mientras se transmiten los datos (similar a una llamada telefónica), esto supone que se consiguen velocidades de transmisión altas, ocupando las líneas sólo cuando se necesitan, sin tener que pagar un servicio continuo de línea alquilada, aunque el resultado pudiera ser semejante.

Analogía:

Una conexión mediante RDSI es similar a una llamada telefónica; un equipo marca el número al que se desea conectar y, si éste está desocupado, se establece la comunicación. Cuando ya se ha finalizado el intercambio de datos, los equipos cuelgan finalizando así la conexión, ya dejando libre la línea para recibir o emitir nuevas llamadas.

Tipos de acceso RDSI.

Los tipos de acceso RDSI se distinguen por el número de canales disponibles y por su velocidad de conexión. En cualquier acceso RDSI existen dos tipos de canales, los canales B, que operan a 64 kbps y que se utilizan para la transmisión de voz, datos, imágenes, etc. y un D que sirve para transmitir la información de control (conexión y desconexión de la comunicación, por ejemplo) y que puede funcionar a 16 ó 64 Kbps

Existen dos tipos de acceso RDSI:

- Un Acceso Básico (BRI) RDSI que consiste en dos canales de 64 kbps cada uno (canales B) que pueden usarse indistintamente para voz y datos, sólo para voz o sólo para datos, y un canal de 16 kbps (canal D) para señalización y provisión de servicios suplementarios, como por ejemplo, el control de la conexión y desconexión de la llamada.
- Existe otro acceso, el PRI (Primario), que permite la conexión de 30 canales B y un canal D de 64 kbps. El acceso PRI puede proporcionar un ancho de banda de 2,048 Mbps y permite elegir entre varias configuraciones de canales.

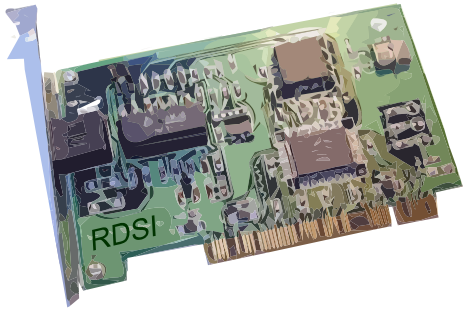

Ilustración 17: Tarjeta RDSI. Permite la conexión entre un ordenador y un terminal de línea RDSI.

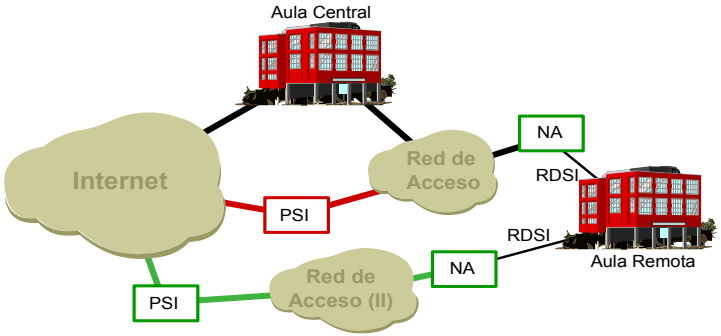

Ilustración 18: La RDSI se caracteriza por llevar la conexión digital hasta el enlace del abonado

Anotaciones

Con un acceso básico, si utilizamos un único canal B para conectarnos a Internet se pueden alcanzar velocidades de hasta 64 kbps, pero si utilizamos los dos canales B simultáneamente la velocidad será de hasta 128 kbps. Evidentemente, al tratarse de un servicio de conmutación de circuitos, si empleamos los dos canales para la transmisión de datos no podríamos hablar simultáneamente.

El esquema de conexión es idéntico al de la RTC, excepto que la conexión entre nuestro Centro Educativo y el NA correspondiente es a través de RDSI en lugar de RTC. Además, la conexión con la línea se hace a través de un dispositivo conocido como TR1, en el que encontramos dos conexiones RJ45 para extraer de ellas las dos líneas RDSI.

Aun cuando las llamadas a través de una línea RDSI tienen la misma tarifa que una llamada analógica, la transmisión de datos, la mayor velocidad y seguridad de la RDSI suponen un ahorro de costes porque se envía más información en menos tiempo. También nos podemos acoger a bonos de Internet o tarifa plana, como en el caso de conexión mediante líneas telefónicas convencionales. La tarificación de los dos canales se realiza por separado, así que, si usamos los dos canales simultáneamente el coste será equivalente al de dos llamadas.

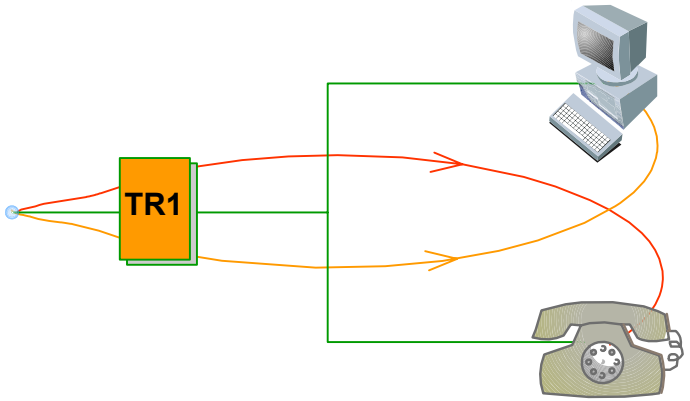

Ilustración 19: Acceso básico: permite el uso simultáneo de dos líneas multipropósito

Elementos de una red RDSI.

Cuando disponemos de una línea de conexión RDSI y queremos conectarnos con un servidor o una red LAN situada en otro lugar, deberemos disponer de los equipos de hardware necesarios para realizar la conexión.

En primer lugar conviene distinguir entre terminales digitales (ET1) que pueden conectarse directamente a la línea RDSI y terminales analógicos (ET2) que necesitan un adaptador (AT) para conectarse a la línea digital. El adapatador AT tiene un interfaz de entrada y salida para cada dispositivo, es decir, una conexión para, por ejemplo, el teléfono analógico, y otro para conectarse a la línea RDSI.

Nota:

Un teléfono Novacon sería un terminal ET1, mientras que el típico teléfono analógico que conocemos de haber estado en nuestras casas es un terminal ET2.

Además de estos dispositivos, tenemos los equipos de terminación. Un equipo de terminación TR 1, constituye la frontera entre la línea de la compañía telefónica y la línea del usuario, es el dispositivo que ofrece la compañía proveedora para que los usuarios accedan a la línea RDSI. Dicho de otro modo, la caja a la que se conectan los dispositivos del usuario.

Anotaciones

En ocasiones, la conexión no se hace directamente a los dispositivos TR1, es decir, que disponemos de una LAN conectada a un concentrador y queremos acceder a la red RDSI, para ello, conectaríamos un router RDSI al concentrador y a la línea RDSI. El router sería un equipo de terminación TR2.

Una WAN mediante conexión RDSI puede partir de tres escenarios básicos:

1. Un equipo que dispone de un adaptador RDSI y que se conecta a un terminal TR1. Cuando el usuario desea contactar con la otra LAN, activa la conexión. La tarjeta RDSI realiza las funciones de un MODEM.
2. Partimos de un caso similar al anterior, sin embargo, previo a la conexión con el terminal TR1 disponemos de un router que se encarga de conectar con la otra WAN. Este tipo de conexión crea un túnel a través de la red telefónica, que permite la creación de un WAN más segura.
3. Una red Ethernet conectada a un concentrador, a este concentrador le unimos un router que se conecta al terminal TR1.

La conexión mediante RDSI pareció ser una alternativa para las empresas y los centros docentes de cara a obtener una conexión rápida y flexible de acceso a Internet o para crear conexiones WAN. Sin embargo, la forma en que las compañías telefónicas realizaban este tipo de conexión, su precio y la aparición de las conexiones ADSL, han provocado que este tipo de conexión no se haya impuesto a pesar de las expectativas generadas en un principio.

En la actualidad se emplea, en la administración educativa, para enlaces mediante routers a las bases de datos y programas de gestión que de forma centralizada, controlan los datos escolares.

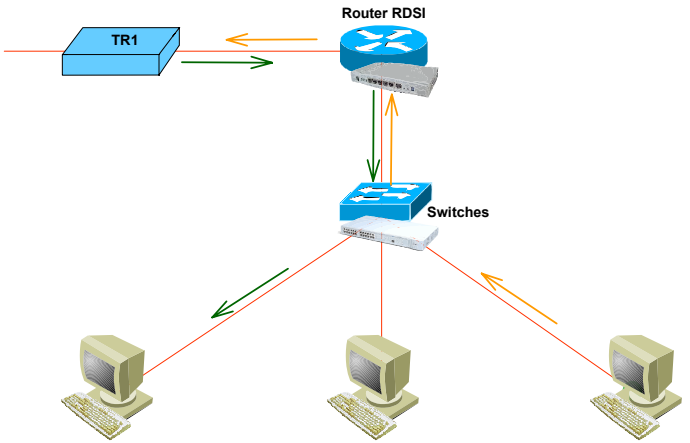

Ilustración 20: Router RDSI: conexión de una LAN mediante Router RDSI

5. Protocolos de comunicación WAN

En este apartado vamos a conocer los protocolos más populares que se emplean en redes WAN. Se trata de dos servicios de conmutación de paquetes que permiten la creación de circuitos virtuales dedicados en la red de comunicación entre los PoP del proveedor de servicios.

La red del operador de telecomunicaciones es compartida por todos los usuarios, sin que se llegue a asignar un ancho de banda específico a un enlace entre dos puntos, situación que es solucionada de forma distinta por cada uno de los protocolos que vamos a estudiar: Frame Relay y ATM.

El operador de telecomunicaciones dispone de una red de conmutación a la que se conectan mediante una línea dedicada los usuarios. Esta conexión se establece con la red en las centrales de conmutación, que son el intermediario entre la línea del usuario y la red de telecomunicaciones.

Anotaciones

5.1. Frame Relay

Frame Relay se basa en un servicio de conmutación de paquetes (tramas) de longitud variable proporcionando transmisiones de alta velocidad a través de líneas alquiladas digitales. Cuando se contrata un servicio de este tipo a un operador de telecomunicaciones se deben establecer:

- Velocidad de información comprometida: ancho de banda mínimo garantizado.
- Velocidad de información de ráfaga comprometida: ancho de banda máximo disponible en ráfagas. Este ancho de banda extra se consigue "robándolo" de otras conexiones.

Este servicio se puede implementar sobre cable de cobre de par trenzado o fibra óptica. Este sistema supone que se implementa en redes de alta confiabilidad por lo que los mecanismos de control de errores que utiliza son muy simples.

a) Los circuitos virtuales de Frame Relay.

Cuando conectamos dos redes a través de Frame Relay se crean circuitos virtuales, es decir, que el operador de telecomunicaciones proporciona un circuito conmutado entre los distintos puntos. Este circuito se identifica con un código de 10 bits (DLCI) de manera que cada camino queda unívocamente identificado, de manera que las tramas que circulan por la red toman siempre el mismo camino, lo que aumenta la velocidad de transmisión.

El circuito puede ser permanente si se contrata así, de manera que se emplee siempre la misma ruta (con lo que se consigue mayor velocidad) o conmutado que serán rutas temporales a través de la nube de Frame Relay, creadas de forma dinámica en función de las necesidades del tráfico. En cualquier caso, aunque el circuito virtual sea permanente, se crea empleando el sistema de conmutación de circuitos.

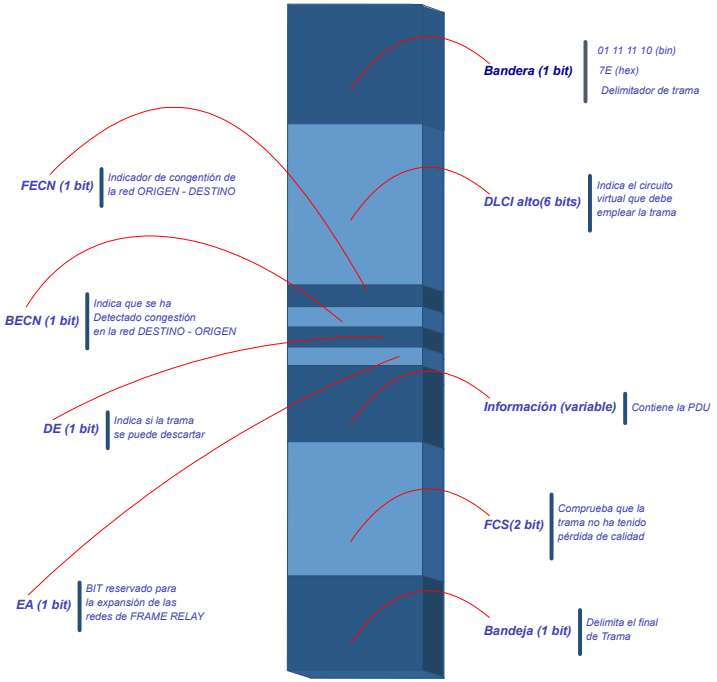

Ilustración 21: Trama FRAME RELAY

Anotaciones

Analogía:

Para desplazarse de una calle a otra, en una ciudad, podemos tomar numerosos caminos. Cada camino puede ser denominado de una forma distinta ruta 1, ruta 2, etc. Por regla general, siempre seguimos el mismo camino, el más rápido, cómodo, etc. Un circuito virtual de Frame Relay sería una de estas rutas, establecida entre estos dos lugares, con la diferencia de que cuando viajamos con nuestro coche podemos cambiar de ruta voluntariamente, mientras que los circuitos virtuales pueden ser permanentes, siempre la misma ruta o conmutados (que cambia la ruta en función de la ocupación del circuito).

b) Hardware de Frame Relay.

Como ya hemos comentado, la conexión con Frame Relay se hace a través de una red del operador. Para que se establezca la comunicación entre las LAN del usuario y la red Frame Relay, necesitamos emplear varios elementos de hardware.

- Dispositivo de acceso de Frame Relay (FRAD, Frame Relay Acces Device): Se trata de un dispositivo que conecta la red LAN con la central de conmutación frontera del operador. Básicamente, el FRAD elimina la cabecera del protocolo del nivel de enlace de datos y crea las tramas para la transmisión a través de la red de Frame Relay, dirigiéndola hacia la central de conmutación. No tiene en cuenta la ruta que van a seguir las tramas dentro de la red Frame Relay.
- Conexión a la central de conmutación: Suelen ser líneas de telecomunicaciones alquiladas al operador que suministra el servicio de Frame Relay. Estas líneas deben soportar la multiplexación de datos generada por los distintos circuitos virtuales, que serán tantos como redes se interconecten.

Podemos concluir diciendo que Frame Relay es un servicio de transmisión de datos rápido, gracias a que supone un medio confiable y a la creación de circuitos virtuales permanentes y flexible, adaptable a las necesidades de tráfico.

5.2. Asynchronous Transfer Mode (ATM).

ATM se trata de un protocolo para redes WAN y LAN, independiente del medio físico, que divide el tráfico de datos en celdas de un tamaño fijo (53 bits), lo que permite una utilización óptima del ancho de banda. Introducimos este protocolo en redes WAN, debido a que la solución ATM para redes LAN no tiene una gran aceptación por la relación calidad-velocidad-complejidad/precio que ofrece.

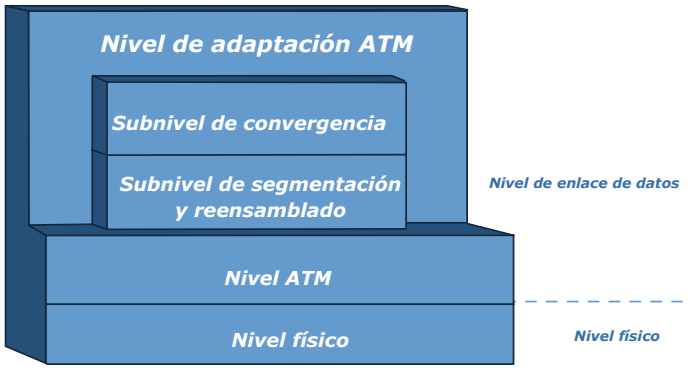

Ilustración 22. Imagen ATM

Anotaciones

a) Un poco de historia.

Como hemos visto, en un principio los ordenadores se interconectaron entre si para compartir recursos y comunicarse. Poco a poco, los ordenadores comenzaron a tener un papel cada vez más importante en las empresas. La interconexión (Networking) de estas máquinas era algo deseado y de amplios beneficios. Cuando se necesitaba comunicar dos máquinas a largas distancias, se utilizó la única red que existía: las WAN construidas por las compañías telefónicas basadas en el cable de cobre. Estas amplias redes (WAN) estaban optimizadas para posibilitar múltiples llamadas telefónicas, sin embargo, al ser éstas unas redes optimizadas para la transmisión de voz, los datos, con características diferentes, no eran enviados muy eficazmente. Así, se construyeron otras WAN específicamente para la transmisión de datos. Según pasaba el tiempo, las limitaciones del ancho de banda del cable de cobre se hicieron evidentes, y esas WAN comenzaron a sustituir el cable de cobre por fibra óptica.

Debido a su potencial *casi ilimitado de ancho de banda*, las comunicaciones vieron a la fibra óptica como una parte esencial en su futuro. Sin embargo, aunque las WAN estaban siendo optimizadas a fibra, no existían unos estándares aprobados que permitieran que se integraran juntos equipamiento de distintos fabricantes.

En los años 80, ITU-T y otros grupos de estándares comienzan a trabajar para establecer una serie de recomendaciones para la transmisión, conexión, señalización y control de las redes basadas en fibra óptica. Estos tipos de red fueron denominados Broadband Integrated Services Digital Network, Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda ancha (**B-ISDN**). Para los años 90 se utilizó B-ISDN sobre **SONET/SDH** (Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy) y **ATM**.

SONET describe los estándares ópticos de la transmisión de datos, la estructura de la trama para el multiplexado del tráfico digital un tráfico de operaciones: ¿cómo se puede empaquetar y transmitir la información?. Al ser un estándar que no se ocupa del tipo de datos ni del tipo de conexión usada, puede operar con casi todas las tecnologías de conexión existentes. Para B-ISDN, dos tipos de conexión fueron consideradas por ITU-T: Sincrónica y Asincrónica. Un modo de transferencia de datos, con la habilidad de conectar con todas las formas de trafico a altas velocidades y optimizando el uso del ancho de banda, era necesario para sacar provecho de la potencialidad de B-ISDN.

Idealmente, el máximo ancho de banda debía ser accesible a todos los usuarios y aplicaciones, y debía ser asignado por petición. **ATM** fue elegido como el estándar para B-ISDN puesto que cumplía con estos exigentes requisitos: fue concebido como un medio en el cual los canales de comunicación de ancho de banda arbitrario podían ser facilitados dentro de una jerarquía múltiple definida como un set de canales con ancho de banda fijo.

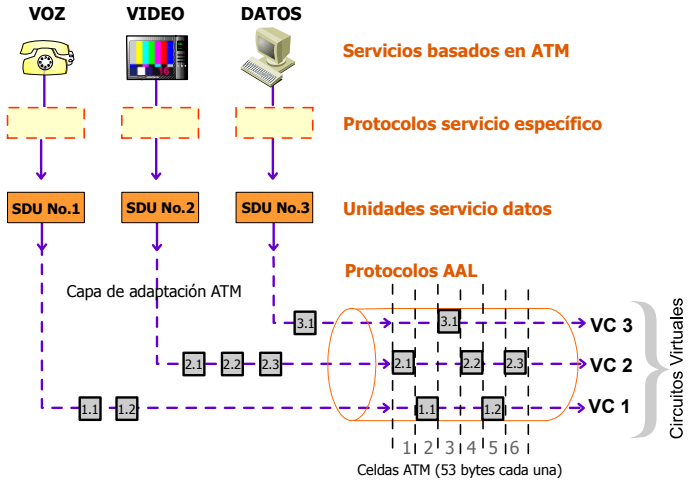

Ilustración 23: Jerarquía ATM

Anotaciones

Aunque inicialmente ATM fue aplicado en las WAN, los diseñadores de redes LAN y los vendedores de equipamiento vieron a ATM como una solución para muchas de las limitaciones de sus redes. Los canales de televisión por cable, también consideraron a ATM como una posible adición a sus redes.

ATM es actualmente la tecnología de *backbone* más utilizada. Como backbone entendemos al enlace de gran caudal o la serie de nudos de conexión que forman un eje de conexión principal. *Es la columna vertebral de una red*. Por ejemplo, NSFNET (National Science Foundation's NETwork) fue el backbone, la columna o el eje principal de Internet durante muchos años.

ATM es ampliamente usado como medio de transmisión de datos, vídeo y voz a altísimas velocidades, pero se le conoce mejor por su fácil integración con otras tecnologías y por sus sofisticadas características que garantizan calidad de servicio.

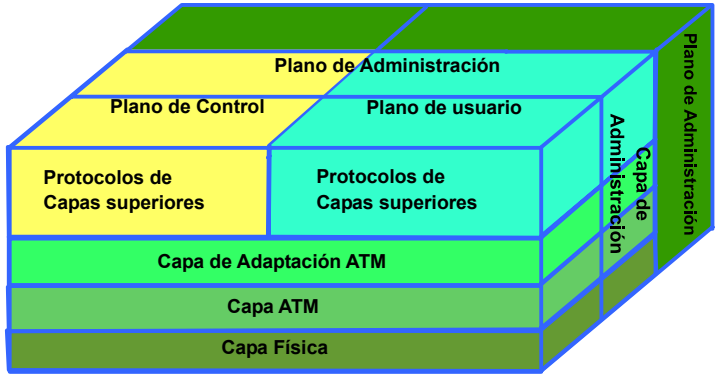

Ilustración 24: protocolo de modelo de referencia para ATM de banda ancha

b) Arquitectura ATM.

Las características básicas de la arquitectura ATM son:

- Es orientada a conexión.
- No tiene errores de control. Se maneja entre puntos finales.
- Es escalable. Diseñado para diferentes velocidades y tipos de medios.
- Diseñado para redes LANs y WANs.
- Posibilita transporte integrado de datos, audio y vídeo.

ATM está considerado como un modo de transferencia de paquetes orientado, basado en celdas de longitud fija. Cada celda está compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 forman el cuerpo de información y los restantes son usados para campos de control o cabecera.

La cabecera identifica la celda mediante un *Virtual Circuit Identifier* **VCI** y determina el camino que será utilizado con un *Virtual Path Identifier* **VPI**. Así, se define el *tipo de conexión y el enrutamiento de celdas*. Las celdas son enrutadas individualmente según los conmutadores incluidos en estos identificadores VPI y VCI.

ATM está compuesto por una serie de capas básicas o niveles:

- **Nivel físico:** define los interfaces físicos. A diferencia de otras tecnologías LAN, ATM no depende del transporte físico. Las celdas pueden ser transportadas en redes SONET, SDH, PDH, o incluso en modems de 9600 bips, por ejemplo. La capa física se divide en otras dos, una de las cuales especifica las velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, etc...(subnivel dependiente del medio físico) y la otra tiene que ver con la extracción de los datos desde la capa física, reconociendo el límite de celda y chequeando posibles errores (subnivel de convergencia de transmisión).

Anotaciones

- **Nivel ATM:** se compone de 5 bytes para la cabecera, que dirige la transmisión, y 48 para los datos. Las celdas se transmiten en estricta secuencia numérica a través de la red.
- **Capa de adaptación ATM:** *ATM Adaptation Layer* (**AAL**). Para que ATM sea compatible con los distintos sistemas operativos y tipos de tráfico, es necesario adaptar las distintas aplicaciones a la capa ATM. Esta es la función realizada por la capa de adaptación AAL, la cual es dependiente del servicio. Además esta es la capa encargada de corregir errores. Cuando se crea un circuito virtual, ambos extremos del circuito deben acordar el tipo de protocolo de adaptación AAL que será utilizado.

Cuatro tipos de AAL fueron recomendados originalmente:

- **AAL-1** se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.
- **AAL-2** se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta pueda recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse.
- **AAL-3/4** es la unión de AAL-3 y AAL-4, que se diseñaron para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. Puede ser dividido en dos modos de operación:
  - Fiable: En caso de pérdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.
  - No fiable: La recuperación del error es dejado para capas más altas y el control de flujo es opcional.
- **AAL-5** fue desarrollado debido a los problemas con AAL-3/4. Es muy sencillo y efectivo, y se usa para transferir datos con tasas de bits variables y orientados a conexión. Es, posiblemente, el más usado.

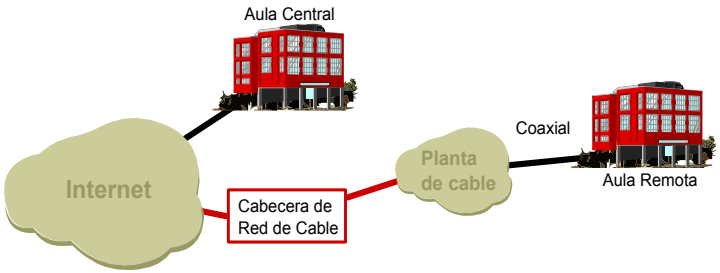

Ilustración 25: Esquema de conexión ATM

Anotaciones

6. Otras tecnologías

6.1. Red de cable:

En ADSL no todo son ventajas, en un par de cobre, la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Y cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado.

Por otra parte, Telefónica necesitaría cambiar gran parte de sus actuales bucles (alguno con distancias de más de 2,9 km de largo) y muchos de ellos deficientemente instalados en su despliegue histórico de planta. Además existen problemas con el bucle debido a la antigüedad del cable, corrosión, cables en mal estado, crosstalk (interferencia entre cables empaquetados conjuntamente, problema que aumenta con la frecuencia).

Parece que la evolución del servicio con una demanda progresivamente mayor con el tiempo requerirá una renovación de la planta existente.

Entonces, frente a un servicio en ADSL cuyo potencial se basa en la reutilización del par de cobre tradicional y donde una de las características básicas (velocidad de acceso) se ve limitada por la longitud del bucle se encuentra el servicio ofrecido por los Operadores de Cable.

Las redes de cable en España son redes enfocadas desde su inicio, no sólo a la televisión, sino también a las telecomunicaciones y al mundo de Internet, y a dar soporte a la nueva generación de servicios interactivos que tendremos la posibilidad de conocer en poco tiempo.

a) Características de las Redes de Cable:

Algunas de las características que hacen competitivas a las Redes de Cable como redes de transmisión de datos de banda ancha son:

Velocidad y ancho de banda: Las redes de cable proporcionan mayor ancho de banda disponible en el hogar del abonado que otras soluciones basadas en la red telefónica.

Conexión Permanente: Los usuarios permanecen conectados 24 horas, con acceso constante a la red, lo que permite la eliminación del establecimiento previo de la llamada puesto que los dispositivos estarán siempre recibiendo información sin coste. Podemos disponer en tiempo real de correo multimedia o un servicio de videoconferencia sin necesidad de procesos complejos de señalización.

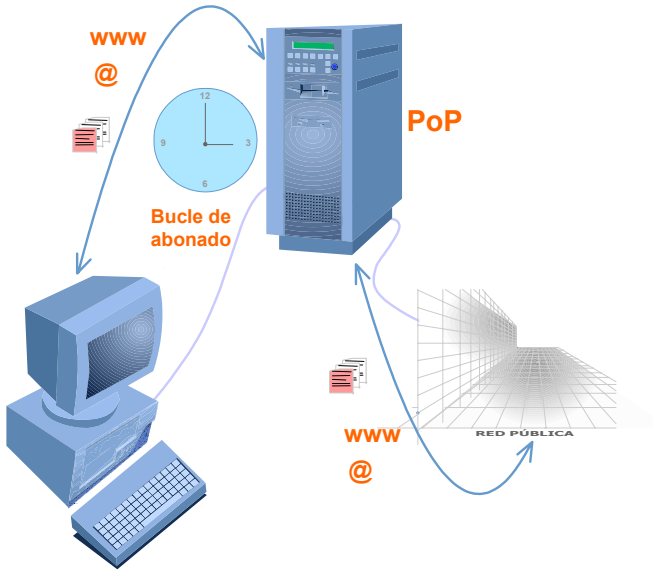

Ilustración 26: Conexión permanente: La conexión a una red mediante sistema de cable es permanente, no debiéndose establecer llamada

Anotaciones

Medio Compartido: La utilización de un medio compartido como es la red de cable en el que los usuarios no tienen un ancho de banda fijo en recepción permite reducir los costes de mantenimiento y operación frente a tecnologías como la RDSI o la RTB en las que por cada usuario conectado simultáneamente al sistema debe existir una "línea física" entre el usuario y la central local. Esto no sólo supone el desperdicio en costes por mantener la línea ocupada, cuando no existe transmisión de datos, sino también por el gran número de dispositivos y complejidad del equipamiento de la central cuando el número de usuarios es elevado.

Además, en las redes de telefonía, existe la posibilidad de no disponer de capacidad de transmisión si todas las líneas están ocupadas, a diferencia del medio compartido, en el que el acceso está garantizado, aunque el ancho de banda disponible sea bajo.

En coste de mantenimiento, el sistema a través de redes de cable puede ser del orden de la décima parte que el mismo sistema (con igual número de usuarios) utilizando la RDSI. Otra ventaja del medio compartido es el enorme aprovechamiento del ancho de banda que se consigue mediante la utilización de técnicas de broadcast y multicast, en el que todos los usuarios (broadcast) o un grupo definido de ellos (multicast) pueden acceder a la misma información que se está transmitiendo, lo que posibilita enormes ahorros y optimización del ancho de banda disponible.

Contenidos exclusivos: Dada la mayor capacidad multimedia de la red de cable, se puede disponer de contenidos diferentes a los accedidos habitualmente mediante Internet, ya que éstos podrán ser más ricos en contenidos y tecnologías multimedia sin temer los cuellos de botella que supone Internet para este tipo de tecnologías.

b) Esquema de conexión:

La red de cable la podemos estructurar en varias partes:

Cabecera de red de cable: Es el órgano central desde donde se gobierna todo el sistema. Suele disponer de una serie de antenas que reciben los canales de televisión y radio de diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas,...), así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de televisión y con redes de otro tipo (ej. Internet) que aporten información susceptible de ser distribuida a los abonados a través del sistema de cable.

En la cabecera se encontraría el CMTS (*Cable Modem Terminal Server*), es decir, el equipo encargado de comunicarse con los dispositivos terminales de transmisión de datos (módem de cable, set-top box) instalados en la red.

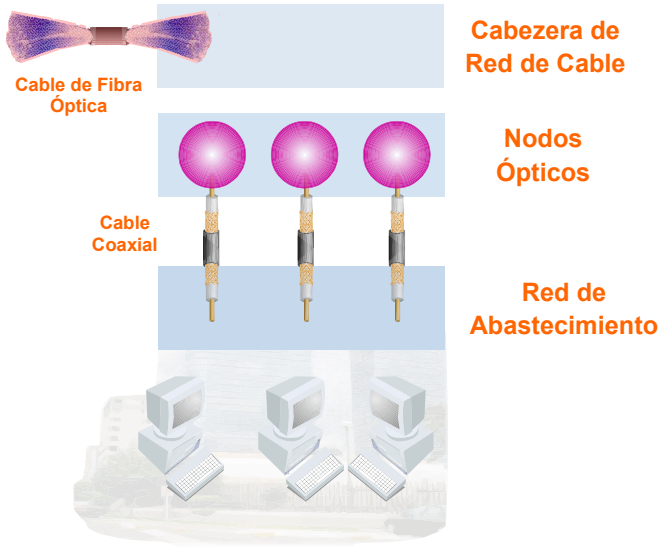

Ilustración 27: Esquema de una red de cable

Anotaciones

Las funciones principales de la cabecera de datos son:

Gestión del sistema y control de la capa MAC: Gestiona el acceso y la transmisión de los equipos terminales de usuario a la red, bien asignándoles una frecuencia de transmisión o un instante de tiempo para transmitir, etc.

También asigna direcciones a cada dispositivo para identificarlos en la red, ya sea a nivel MAC (nivel 2 del modelo OSI) o a nivel IP (nivel 3).

El control de gestión y provisión del servicio (asignación de ancho de banda, estadísticas y contabilizaciones) se realiza en este módulo.

Router/Switch, unidad de conmutación: Todas las comunicaciones de un dispositivo terminal se realizan con la cabecera. La comunicación entre dispositivos o entre éstos y las diferentes redes y servidores se realizará mediante la conmutación de datos. Es aquí donde se realiza la interconexión con otras redes como Internet o proveedores de contenido local.

Modulador: Convierte las señales de datos enviadas a los dispositivos terminales de usuario en un canal de radiofrecuencia apto para ser introducido en la red de distribución.

La señal "modulada" será recibida por todos los dispositivos, ya que el canal de envío de información es compartido para todos los terminales de usuario.

La modulación utilizada generalmente será 64 QAM, con una capacidad del orden de 27 Mbps, y un ancho de banda de 8 MHz en UHF. Los canales de envío, sentido cabecera – abonado (downstream) suelen estar en la gama de frecuencias de 50 MHz a 750 u 860 MHz. Cada uno de los dispositivos de acceso descodifica continuamente la señal recibida en el canal de datos mediante su módulo MAC, pero sólo interpretará los datos si van dirigidos a él (unicast), al grupo de usuarios al que pertenece (multicast) o a todos (broadcast).

Demodulador: Las señales de retorno provenientes de la red de distribución se suman, ya que provienen de diferentes nodos mediante fibras separadas y se combinan en la cabecera antes de pasarlas al demodulador.

Los canales de retorno, sentido abonado – cabecera (upstream) suelen estar en la gama de frecuencias de 5 MHz a 50 MHz. Los terminales de usuario utilizan en transmisión diferentes esquemas de modulación, QPSK o 16 QAM, pudiendo utilizar uno u otro, incluso el mismo terminal según las condiciones de ruido de la red.

Las señales de RF de televisión y de datos se combinan y se envían al emisor óptico que realizará la conversión electro-óptica y distribuirá la señal óptica por medio de la red troncal.

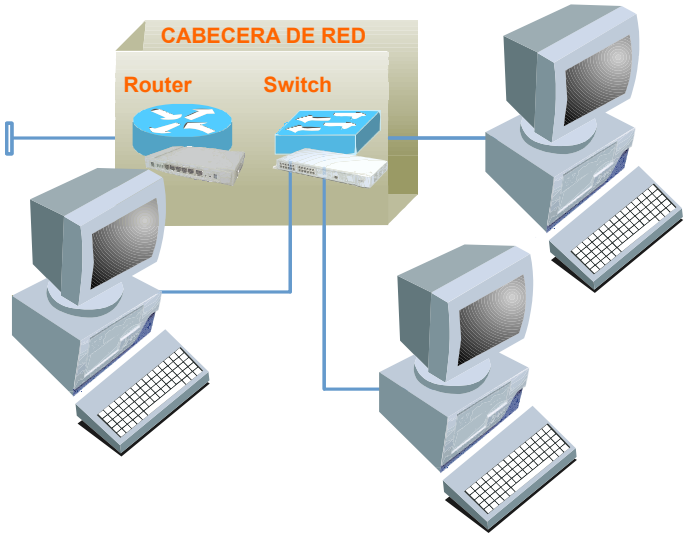

Ilustración 28: Cabecera de red de cable: Una de las funciones de la cabecera de datos es gestionar el tráfico de la red actuando como Switch y Router

Anotaciones

Planta de cable:

En este concepto agrupamos todo el despliegue de la red de cable desde la cabecera hasta el abonado final y lo podríamos dividir en:

Red Troncal (F.O)

Red de Distribución (Coaxial)

En la siguiente figura podemos ver cómo quedaría el esquema:

La red troncal: Es la encargada de repartir la señal generada por la cabecera a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable mediante F.O. (fibra óptica).

El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido en aumento, y la red troncal se ha convertido, por ejemplo, en una estructura con anillos redundantes que unen los nodos ópticos entre sí. En estos Nodos Ópticos (N.O.) es donde las señales descendentes (de la cabecera al usuario) pasan de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el hogar del abonado a través de la red de distribución de cable coaxial.

También se encargan de recibir las señales del canal de retorno o ascendentes (del abonado a la cabecera) para convertirlas en señales ópticas y transmitirlas a la cabecera a través de una o varias fibras independientes.

La red de distribución: La red de distribución está compuesta por una estructura de tipo bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del abonado.

Se estima que debe haber un nodo óptico por cada grupo de entre 500 y 2.000 viviendas. Si sacamos del nodo óptico varias ramas de coaxial, podemos tener un buen canal de retorno con no más de 100 ó 200 abonados por rama ni más de 2 amplificadores en cascada. Estas condiciones, en principio, aseguran un nivel de ruido y distorsión aceptables. Dichas ramas salientes del N.O. podrían acabar en unos nodos remotos para permitir la evolución hacia nodos ópticos de menor tamaño.

La señal de retorno, se distribuye por el mismo cable coaxial, variando la frecuencia de trabajo. En el nodo óptico, realizaremos la conversión electro-óptica, enviando la señal de vuelta a la cabecera mediante la red troncal.

La tendencia en la evolución de las redes de cable es acercar lo más posible la fibra a casa del abonado.

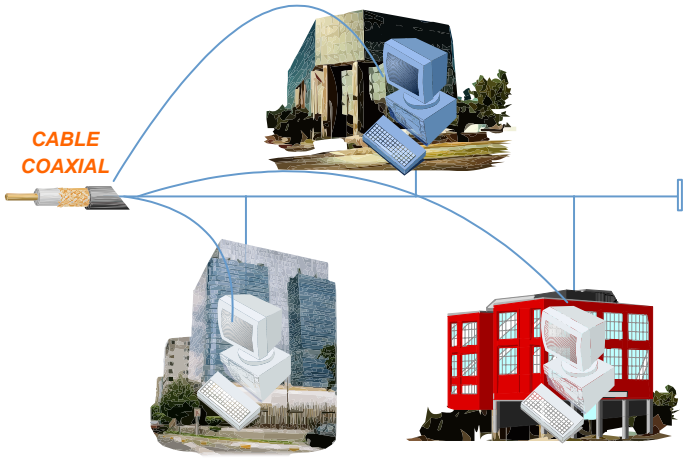

Ilustración 29: Red de distribución: Se trata de una medio compartido sobre cable coaxial con topología de bus

Anotaciones

Evidentemente cuanto menor sea el número de usuarios por nodo, mayor ancho de banda tendremos disponible de forma individual para cada usuario y menor número de dispositivos electrónicos entre abonado y cabecera por lo que aumentará la calidad.

Acometida: La acometida a los hogares de los abonados es la instalación interna del edificio, el último tramo antes de la base de conexión.

Red de Abonado: Llamamos red de abonado al conjunto de elementos que se utilizan en el hogar del abonado para distribuir las señales en el interior.

La instalación está realizada en cable coaxial, y generalmente suele ser propiedad del propio abonado. Es aquí donde se generan mayores problemas en la transmisión de las señales de retorno, ya que normalmente el operador no tiene control sobre las modificaciones que pueda efectuar el usuario (conexión de nuevos televisores o dispositivos de amplificación, ampliación de la red a otras partes de la casa, etc.).

c) Red de cable como red de acceso compartido

Debido a que los abonados al cable comparten el ancho de banda disponible durante sus sesiones, hay preocupación de que los usuarios vean mermadas las prestaciones de la red a medida que aumente el número de abonados.

Al contrario que en las redes telefónicas conmutadas, donde un abonado tiene una conexión dedicada, los abonados de una red de cable no ocupan una cantidad fija de ancho de banda durante su sesión. En su lugar, comparten la red con los demás abonados conectados y usan los recursos de la red sólo cuando de verdad envían o reciben datos.

Si comienza a producirse congestión debido al alto uso, los operadores de cable tienen la flexibilidad de asignar más ancho de banda a los servicios de datos, simplemente, asignando un canal adicional.

Otra opción para añadir ancho de banda es subdividir la red física de cable para acercar más la fibra óptica al abonado. Esto reduce el número de hogares servidos por cada segmento de red, y por consiguiente, incrementa la cantidad de ancho de banda disponible para los usuarios finales.

d) Unidad de Acceso y Terminal de usuario:

Las Aulas y hogares abonados a un servicio de cable tendrán en la pared una roseta similar a la que actualmente disponen proveniente de la antena comunitaria de TV situada en el tejado, y que es donde habitualmente se conecta el televisor donde llegarán las señales distribuidas por la red de cable.

Unidad de Acceso	Terminal de Usuario	Servicios
Set-Top Box Módem de cable Web TV Punto de Acceso telefonía	Televisor Ordenador Personal Teléfono	Recepción de los canales de TV / Radio TV Interactiva Telefonía Transmisión de datos

Ilustración 30: Elementos de una red de cable

Anotaciones

Estas señales deben ser interpretadas por algún tipo de dispositivo, *la unidad de acceso*, y presentadas al usuario en un *terminal*.

e) Aplicaciones del cable:

En este apartado vamos a ver algunas aplicaciones de las redes de cable de datos como por ejemplo:

Internet a alta velocidad: Con las redes de cable se puede acceder rápidamente a los contenidos de los servidores de información donde se encuentran los contenidos educativos, en nuestro caso. Pero, lamentablemente la velocidad del módem de cable es solo uno de los factores que influyen en la velocidad real de transferencia de datos. Entre el usuario ante el PC en el Aula o en su casa y la información a la que desea acceder hay una cadena de eslabones que sobrepasar:

1. La velocidad a la que el ordenador del usuario es capaz de manejar la información proveniente de Internet.
2. Velocidad de la interfaz del ordenador hacia el módem de cable.- habitualmente es el estándar 10BaseT Ethernet, con lo que limitamos el flujo a 10 Mbps.
3. Velocidad del módem de cable.- dependerá del modelo y del servicio que tengamos contratado con el operador.
4. Congestión en la planta de cable.- el medio es compartido y deberá repartirse entre todos los usuarios conectados a la misma subred.
5. Capacidad de la conexión desde la cabecera a Internet.- contratada por el operador, es compartida por todos los abonados al cable.
6. Congestión dentro de la propia Internet.- impredecible en determinadas circunstancias o al acceder a los puntos más concurridos.

A pesar de todo esto, el usuario disfruta de un acceso de banda ancha.

Pero los navegadores habituales pueden observar que a pesar de disponer de velocidades de acceso tan grandes, frecuentemente los datos fluyen de la red a velocidades muy inferiores. Esto es debido a que Internet es realmente una 'red de redes', es el resultado de conectar miles de redes dispersas por todo el mundo.

Videoconferencia: Se trata de un servicio en el que intervienen dos o más personas situadas en lugares geográficos diferentes, conectados por medio de un proveedor de servicios multipunto.

Ilustración 31: Internet a alta velocidad: Las conexiones mediante cable permite salvar las limitaciones de otro tipo de conexiones con Internet

Anotaciones

Uno de los usuarios anuncia, establece y controla la videoconferencia durante la cual se pueden intercambiar diferentes tipos de información: datos, fax, ficheros, etc.

La videoconferencia ofrece intercambio bidireccional y en tiempo real de audio, vídeo y datos entre múltiples usuarios.

El usuario final tiene las posibilidades de:

- Ajustar los parámetros de audio y vídeo para la videoconferencia, tanto previamente, como durante la misma.
- Interactuar con el resto de integrantes en cualquier momento de la videoconferencia.
- Seleccionar el ancho de banda requerido para la calidad de transmisión.

Aunque existen aplicaciones de baja calidad que funcionan a 28 kbps en Internet, la red de cable puede ofrecer un servicio de mayor calidad empleando capacidades de entre 100 kbps y 1 Mbps. Los retardos son un problema para la interactividad. Los usuarios dan mucha importancia a la privacidad de sus comunicaciones.

Vídeo Bajo Demanda: Consiste en un servicio de red que ofrece las funcionalidades que tiene un reproductor de vídeo, sin tener una copia del material a visionar.

El usuario tiene la posibilidad de: seleccionar, cancelar, play, stop, pause, avance, retroceso, mostrar contadores, etc.

Entre otras funciones se incluyen la navegación interactiva y la posibilidad de ver por adelantado fragmentos del material audiovisual a descargar.

Son funciones propias del usuario final:

- Selección y orden del contenido.
- Visionado interactivo del contenido.
- Reservas de contenidos en caso de disponibilidad limitada.
- Ajuste de volumen, color, contraste.
- Acceso a datos relacionados con el servicio, facturación, acciones de subscripción, pago por visión,...

El ancho de banda requerido puede ser de 3 Mbps de capacidad del canal descendente (comprimido) y una pequeña capacidad del canal de retorno que permita la interactividad (del orden de 1 kbps).

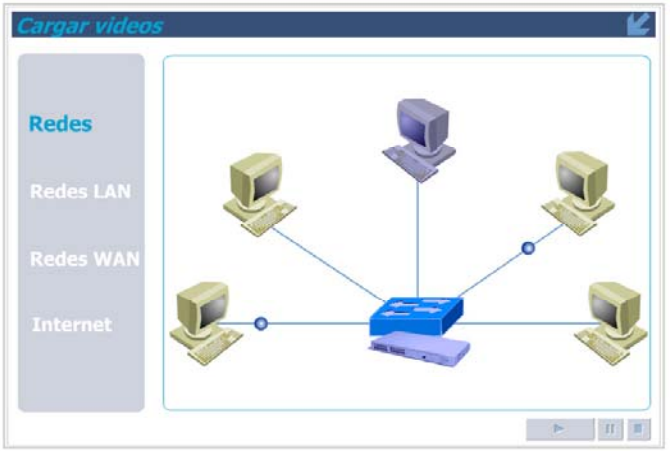

Ilustración 32: Video bajo demanda: Permite un control total de la película que se está reproduciendo obteniéndola a través de la conexión de cable

Anotaciones

Se requiere un servidor especial de vídeo en la cabecera para simular las funciones de un aparato de vídeo casero convencional.

Esta aplicación está pensada más bien para el televisor a través del set-top box.

Si el servicio de vídeo bajo demanda tiene bastante difusión, se puede pensar en introducir masivamente para alumnos y profesores clases grabadas, y documentos en formato vídeo.

Tarifas y prestaciones con Redes de Cable:

La velocidad anunciada en la publicidad, es equivalente a la anunciada por las compañías telefónicas con ADSL.

La forma de tarificación es mediante tarifa plana pero algunas compañías establecen un límite máximo de descarga. Según la tarifa que se contrate se tendrá derecho a una mayor o menor cantidad de Mb de información. Y si se supera el límite, se pagan los Mb descargados en exceso aparte.

El servicio de las redes de cable comprende Internet, teléfono y televisión por lo que existen ofertas en forma de paquetes para que los usuarios se abonen a varios de estos servicios simultáneamente.

Debido a que las redes de cable ofrecen servicio telefónico, también pueden ofrecer el servicio de Internet a través de la línea de teléfono, esto es, usando el módem de siempre, y además algunas compañías, con tarifa plana de 24 horas.

Ilustración 33: Sistema de acceso vía radio terrestre: Es un sistema inalámbrico punto-multipunto

6.2. Sistemas de acceso vía radio terrestre

Entendemos por *Sistemas de Acceso vía Radio,* aquellos sistemas que utilizan el espectro radioeléctrico en el aire, en lugar del par de cobre, cable coaxial o fibra óptica para llevar la red de telecomunicaciones a casa del cliente.

Se les conoce también con el nombre de *'bucle local inalámbrico' (WLL)* o *'sistemas de acceso inalámbrico punto – multipunto'.*

Veamos el sistema LMDS:

El sistema LMDS *(Local Multipoint Distribution Service)* es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias. En España las frecuencias utilizadas para este sistema son, la banda de 3,5 GHz y la de 26 GHz.

Debido al ancho de banda disponible, el LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios como, por ejemplo, televisión multicanal (difusión, pago por visión, vídeo bajo demanda), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (teleducación, acceso a Internet en banda ancha, ...)

Anotaciones

El territorio a cubrir se divide en células de varios kilómetros de radio, del orden de 15 km en la banda de 3,5 GHz, y del orden de 4 km en la banda de 26 GHz.

Por otro lado, la frecuencia de 3,5 GHz ofrece hasta 2 Mbps de ancho de banda y la de 26 GHz puede superar los 8 Mbps según las necesidades de los clientes.

Dentro de cada célula, el parámetro más crítico es la densidad de abonados, las velocidades de datos promedios y las estadísticas de tráfico para cada categoría de abonado. En zonas de alta densidad de abonados se subdivide la célula en varios sectores, cada uno de los cuales puede verse desde el punto de vista del sistema como una célula independiente.

El radio de la célula viene determinado fundamentalmente por el criterio de diseño adoptado para la disponibilidad del enlace, que se mueve entre 99,992 % y 99,999 %. El factor más importante a este respecto es la lluvia, aunque también influye el multi-camino.

El abonado al sistema puede recibir la señal mediante una de las siguientes vías:

- desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre emisor y receptor;
- desde un repetidor, en zonas de sombra;
- mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores/repetidores pasivos, etc.)

La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas con capacidad de emisión en banda ancha (señal de TV o datos a alta velocidad) o en banda estrecha (telefonía o datos a baja velocidad).

El sistema LMDS permite ofrecer, con gran fiabilidad y calidad de señal, prácticamente los mismos servicios que las redes de fibra óptica y cable coaxial. Y sus principales ventajas frente al cable son:

Se puede ofrecer el servicio mucho antes en toda el área de cobertura, ya que el despliegue de esta tecnología es rápido y fácil.

Se puede ofrecer el servicio de forma económicamente viable, si no al 100 % de la población, sí a grandes franjas de población dispersa a las que en ningún caso se puede dar servicio con cable de forma rentable (es decir, o bien, no les llegarían nunca las 'autopistas de la información', o el sobrecoste necesario lo pagarían los poderes públicos o entre todos los abonados).

Transmisión	***Propagación***	***Recepción***
Antena omnidireccional (sectorizable)	Células de 10 Km, según pluviosidad	Antena receptora plana de 16 x 16 cm, que se puede colocar en interior del domicilio.
Baja potencia: 20–30 w	Reutilización de todo el ancho de banda en células adyacentes, empleando alternancias de polarización y desplazamiento de frecuencias centrales.	Detección de haces estrechos
Ancho de banda: 1 GHz (en torno a los 28 GHz)	Repetidores de baja potencia.	Alta directividad de la antena.
Modulación: QPSK, 16 QAM ó 64 QAM	Trayectorias de alcance del usuario: Alcance directo Alcance mediante reflexión en obstáculos naturales. Alcance a través de repetidores.	Set-top box, para permitir el acceso condicional a programación y servicios interactivos.

Ilustración 34: Características del sistema de radio terrestre

Anotaciones

El operador con LMDS tiene menores costes de mantenimiento y reparaciones en planta exterior, al no haber prácticamente red que mantener (solo unos pocos repetidores por célula).

En el cuadro siguiente podemos ver un resumen de características técnicas:

a) Esquema de conexión:

A continuación podemos observar cómo sería el esquema de conexión con acceso vía radio.

Se trata de un esquema análogo al de la red de Cable, en el que podríamos distinguir los siguientes elementos:

El PSI - será ahora la *Cabecera de Servicios* con funciones como proporcionar acceso a todas las redes a las que se van a conectar los usuarios (ej. Internet), captación y generación de la información que se va a distribuir..., y *Centro de Gestión de Red* con funciones como monitorización del sistema, gestión de red, provisión y tarificación de servicios, asegurar la calidad de servicio,...

La Red de Acceso - se trata de una *Red troncal* que une la Cabecera con cada Estación Base y puede ser de fibra óptica como en el caso de la red de Cable, o bien, radioenlaces dedicados punto a punto.

La Estación Base – que es donde se realiza la conversión de la infraestructura de red troncal a infraestructura de acceso inalámbrico. Recibe la información de la Cabecera de Servicios y la retransmite al Centro Educativo después de amplificarla y trasladarla a la banda de frecuencias asignada, y por otro lado, recibe las señales procedentes de las Estaciones de Usuario y las retransmite a la Cabecera de Servicios.

Las Estaciones de Usuario – constan de transceptores CPE *(Customer Premise Equipment)* los cuales captan la señal y mediante un divisor la distribuyen entre los equipos correspondientes: gateways, set-top box, módem,... Y también transmite la señal de retorno a la Estación Base.

Algunos de los servicios que nos pueden ofrecer las redes de acceso vía radio para un sistema de Teleducación son:

- Internet de Banda Ancha
- Videoconferencia
- Vídeo Bajo Demanda.

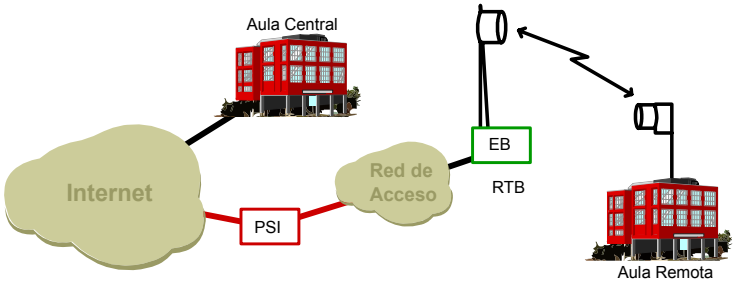

Ilustración 35: Esquema global de conexión con RTB

Anotaciones

Ilustraciones

Ilustración 1: Redes LAN unidas mediante una conexión pública 3

Ilustración 2: MODEM es el dispositivo que permite utilizar la tecnología RTC para transportar datos 4

Ilustración 3: Modulación y Demodulación: MODEM transforma el formato digital de datos analógico, de manera que se aprovecha el cable telefónico para la comunicación entre ordenadores 5

Ilustración 4: Routers en redes LAN: pueden hacer compatibles redes LAN de tecnologías distintas 6

Ilustración 5: Un router es un dispositivo que conecta dos redes LAN 7

Ilustración 6: Comunicación WAN: esta comunicación entre dos LAN a través de MODEM permite, unida a la utilización de puentes, una mejor gestión de la Red 8

Ilustración 7: Red del operador de Telecomunicaciones: la conmutación de paquetes permite emplear la red del operador de Telecomunicaciones 9

Ilustración 8: Esquema de conexión ADSL 10

Ilustración 9: Distribución espectral del ADSL 11

Ilustración 10: Simultaneidad ADSL: permite la comunicación simultánea PC y teléfono a través de una misma línea 12

Ilustración 11: Tráfico Asimétrico: Permite un uso óptimo del ancho de banda ya que el tráfico de entrada suele ser mayor que el de salida 13

Ilustración 12: Esquema de conexión ADSL. 14

Ilustración 13: Servicio de ADSL: tres modalidades, podemos observar que las velocidades son mayores que las ofrecidas por RDSI y por la RTC 15

Ilustración 14: Comparativa de velocidades 16

Ilustración 15: Esquema global de conexión con RTB 17

Ilustración 16: Multiplexado inverso: consiste en la división del canal de comunicación en distintas líneas 18

Ilustración 17: Tarjeta RDSI. Permite la conexión entre un ordenador y un terminal de línea RDSI. 19

Ilustración 18: La RDSI se caracteriza por llevar la conexión digital hasta el enlace del abonado 19

Ilustración 19: Acceso básico: permite el uso simultáneo de dos líneas multipropósito 20

Ilustración 20: Router RDSI: conexión de una LAN mediante Router RDSI 21

Ilustración 21: Trama FRAME RELAY 22

Anotaciones

Ilustración 22. Imagen ATM 23

Ilustración 23: Jerarquía ATM 24

Ilustración 24: protocolo de modelo de referencia para ATM de banda ancha 25

Ilustración 25: Esquema de conexión ATM 26

Ilustración 26: Conexión permanente: La conexión a una red mediante sistema de cable es permanente, no debiéndose establecer llamada 27

Ilustración 27: Esquema de una red de cable 28

Ilustración 28: Cabecera de red de cable: Una de las funciones de la cabecera de datos es gestionar el tráfico de la red actuando como Switch y Router 29

Ilustración 29: Red de distribución: Se trata de una medio compartido sobre cable coaxial con topología de bus 30

Ilustración 30: Elementos de una red de cable 31

Ilustración 31: Internet a alta velocidad: Las conexiones mediante cable permite salvar las limitaciones de otro tipo de conexiones con Internet 32

Ilustración 32: Video bajo demanda: Permite un control total de la película que se está reproduciendo obteniéndola a través de la conexión de cable 33

Ilustración 33: Sistema de acceso vía radio terrestre: Es un sistema inalámbrico punto-multipunto 34

Ilustración 34: Características del sistema de radio terrestre 35

Ilustración 35: Esquema global de conexión con RTB 36

Anotaciones