

Tema 9º: REDES DE ÁREA EXTENSA

1. *Introducción*
2. *Técnicas de Conmutación*
3. *Servicios ofrecidos por las redes públicas*
4. *Circuitos Punto a Punto*
5. *Red Telefónica Básica*
6. *Redes de conmutación de paquetes (X25)*
7. *Frame Relay*
8. *Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)*
9. *Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)*
10. *Línea Digital Contratada (DSL)*
11. *Comunicaciones móviles (red GSM)*

9.1. - Introducción. -

Se pretende analizar en este tema las técnicas de comunicación para interconexión de Redes de Área Local o de ordenadores y equipos terminales de datos remotos.

Para ello será necesario un análisis de las tecnologías más utilizadas en las comunicaciones de redes de área extensa.

En la interconexión de Redes de Área Local es muy común la utilización de servicios de área extendida de modo transparente al usuario. En ocasiones, las técnicas y protocolos de las redes WAN son similares a los utilizados en las redes LAN. Las apariencias externas, cara al usuario, son similares en ambos tipos de redes, sin embargo, se diferenciarían en la velocidad, aunque, poco a poco, las WAN van adquiriendo mayor ancho de banda.

En los procesos de comunicación necesariamente subyace una idea importante: la **conmutación**, ya que, para que se produzca una comunicación debe haber una conexión entre el emisor y el receptor, pero esto no es suficiente. Deben arbitrase una serie de mecanismos para que los Equipos Terminales de Datos (ETD) emisor y receptor puedan intercambiar información, lo que exige un modo concreto de utilizar la línea de comunicación y una metodología de intercambio de información. Si a esto se añade la dificultad de poseer líneas privadas y dedicadas con exclusividad, tendrá que resolverse eficazmente el modo en que la red de comunicaciones opera para hacer llegar cada paquete de datos a su destino con un grado razonable de seguridad.

Las técnicas utilizadas en las redes que establecen las conexiones entre equipos y efectúan el reparto de las informaciones entregadas a la red se denominan **Técnicas de Conmutación**.

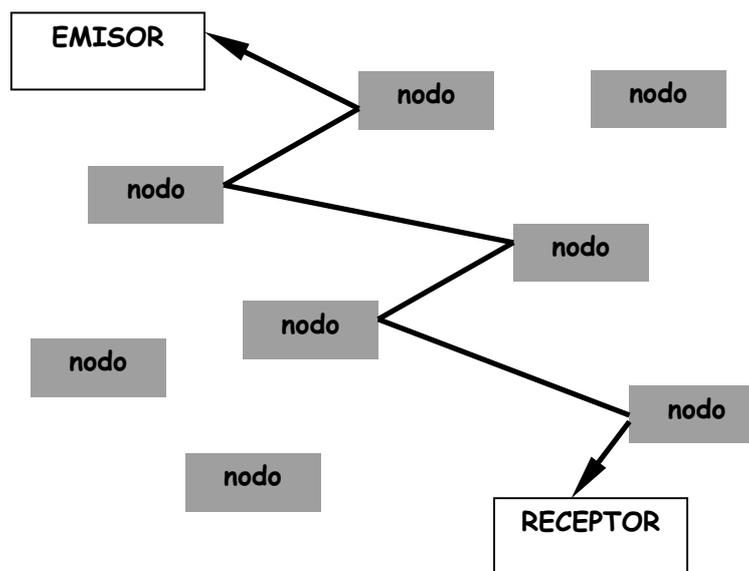
9.2. - Técnicas de conmutación

La conmutación surge como una solución ante la imposibilidad de interconectar todos los terminales entre sí a través de una línea punto a punto. Para ello se establece una *jerarquía de nodos de conmutación (centrales de conmutación)* interconectadas entre sí, de los que dependen las conexiones de los terminales.

Cada terminal se conecta a su central local. Al intentar una conexión con otro terminal, las centrales se encargan de establecer uno o más caminos por los que producir el transporte de la información de modo transparente a los terminales, definiendo **rut**as entre redes.

9.2.1. - Conmutación de circuitos

Dos equipos que deseen comunicarse a través de una red de comunicación que opera con la *técnica de conmutación de circuitos* deben establecer una conexión física entre ellos, esto es, tienen que disponer de una línea que recorra la distancia física entre ellos.



No es necesario que sea exactamente la misma línea a lo largo de todo el recorrido. Pueden ser varias líneas conectadas entre sí con la maquinaria adecuada: conmutadores, centrales telefónicas, multiplexores, etc.

Ante de proceder a la comunicación los equipos deben establecer la conexión a través de un **procedimiento de llamada**.

Un ejemplo de red de conmutación de circuitos es la red telefónica básica. No es necesario que sea exactamente la misma línea a lo largo de todo el recorrido. Pueden ser varias líneas conectadas entre sí con la maquinaria adecuada: conmutadores, centrales telefónicas, multiplexores, etc.

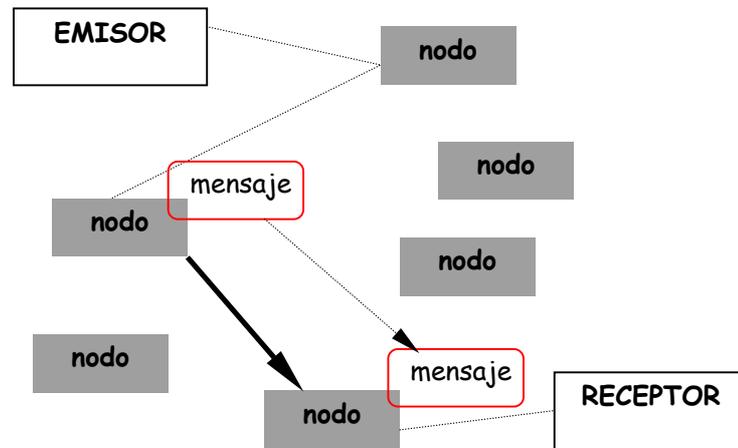
Ante de proceder a la comunicación los equipos deben establecer la conexión a través de un procedimiento de llamada.

Un ejemplo de red de conmutación de circuitos es la red telefónica básica. RDSI es un caso concreto de tecnología de conmutación de circuitos

Este tipo de circuitos permite manejar ambos tipos de transmisiones, por datagramas y por flujos.

9.2.2. - Conmutación de mensajes

En este tipo de conmutación no se exige la existencia de una línea física entre el emisor y el receptor. La red de transporte se constituye como una malla de nodos capaces de enviar y recibir mensajes de comunicación.



Para que un mensaje llegue a su destinatario el receptor entrega ese mensaje al nodo de la red al que está conectado directamente o al que puede conectarse mediante llamada. Una vez que se ha efectuado la transmisión del mensaje completo a este primer nodo, se produce la reserva temporal del mensaje en el sistema de almacenamiento masivo del nodo (normalmente discos), y, si es preciso, se corta la conexión con el emisor.

A partir de este momento, este nodo tiene la responsabilidad de entregar el mensaje al siguiente nodo de la red, mediante operaciones similares a las descritas. La operación se repite hasta que el mensaje llegue a su destinatario

Es evidente que en este tipo de conmutación el tiempo de respuesta puede incrementarse, por lo que sólo es válido para ciertas aplicaciones muy específicas en las que el tiempo de respuesta no es un parámetro crítico.

Los sistemas telegráficos utilizan esta técnica de conmutación. No importa tanto que el destinatario sea alcanzado rápidamente, como que el mensaje llegue efectivamente a su destino en un tiempo razonable.

En este tipo de sistemas la ocupación de la línea es menor debido a que, en cada momento, sólo se utiliza el segmento de línea de datos de interconexión entre cada dos nodos.

8.2.3. - Conmutación de paquetes

Frecuentemente es deseable una comunicación con las características de la arquitectura de la conmutación de mensajes pero con la eficiencia de la conmutación de circuitos. Esto se consigue segmentando los mensajes en ráfagas o **paquetes**. La arquitectura de la red conmutada de paquetes supone tener múltiples conexiones entre los nodos de la red permanentemente abiertas. Cuando un nodo recibe un paquete decide cual es la línea por la que éste debe salir para alcanzar eficazmente su destino.

Puesto que los paquetes son de menor longitud que los mensajes, no es necesario almacenarlos en discos, basta con almacenarlos en la memoria principal, para ser transmitidos lo antes posible. Como cada paquete puede ser transmitido por un camino

distinto, es muy probable que el receptor no reciba los paquetes en el mismo orden en el que se emitieron. Dependiendo del tipo de la red elegida, será función de ésta o del receptor el ensamblaje de los paquetes recibidos con el fin de recomponer fielmente el mensaje inicial

La ISO define la conmutación de paquetes como un proceso de transferencia de datos mediante paquetes provistos de direcciones, en el que la vía de comunicación se ocupa durante el tiempo de transmisión solamente de un paquete, quedando a continuación la vía disponible para la transmisión de otros paquetes.

La constitución física de una red de transporte de paquetes se compone de una serie de nodos de conmutación de paquetes unidos por líneas de transmisión. Cada nodo tiene dos funciones básicas:

- **Almacenamiento y transmisión.** Cada paquete es recibido en el nodo por una línea concreta y retransmitido por otra. Esto requiere arbitrar un mecanismo de almacenamiento temporal del paquete y retransmisión posterior del mismo.
- **Encaminamiento.** Es necesario un procedimiento inteligente en cada nodo que determine la línea concreta por la que debe ser retransmitido el paquete para que llegue eficazmente a su destino. Estas técnicas se denominan **técnicas de encaminamiento, enrutamiento o routing.**

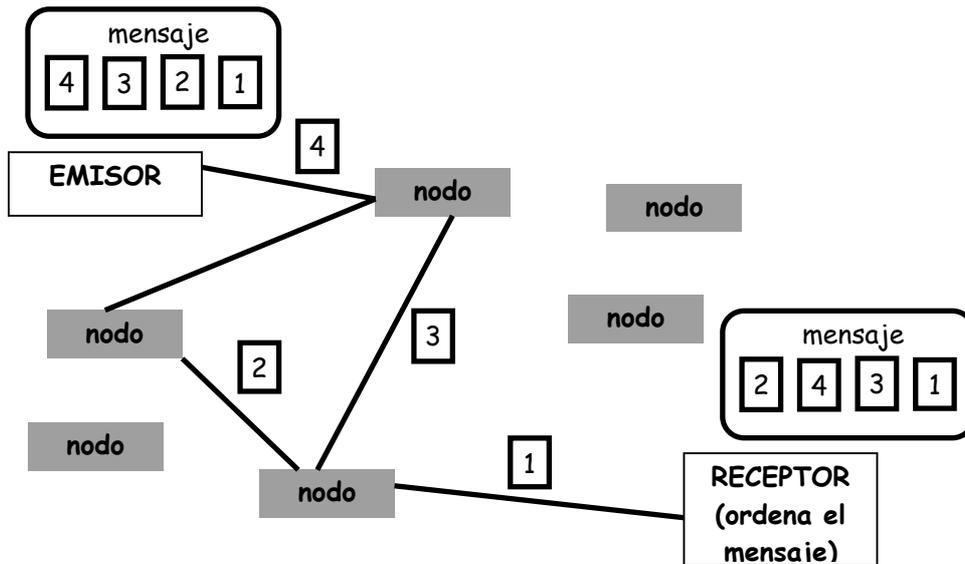
Datagramas

Una red conmutada **funciona en modo datagrama** cuando la red no se ocupa del orden de llegada de los paquetes al receptor. El emisor entrega los paquetes a la red y ésta, mediante el análisis de los campos del paquete que llevan la información de destino, los encamina hacia el lugar adecuado. Es, pues, responsabilidad de la estación receptora el ensamblaje ordenado de los paquetes recibidos.

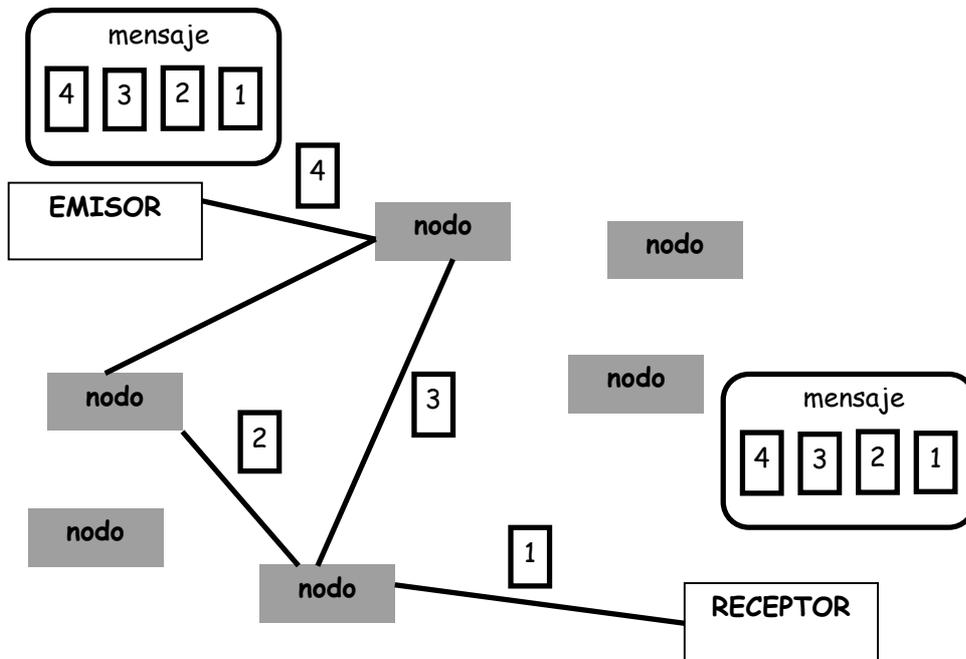
Circuitos virtuales

Una red conmutada de paquetes **opera en modo circuito virtual** cuando es la red quien analiza la secuencia de paquetes que le son entregados, de modo que al destinatario le lleguen los paquetes en el orden en que el emisor los puso en la red.

El circuito virtual es una simulación de la conmutación de circuitos utilizando como medio de transporte una red de conmutación de paquetes.



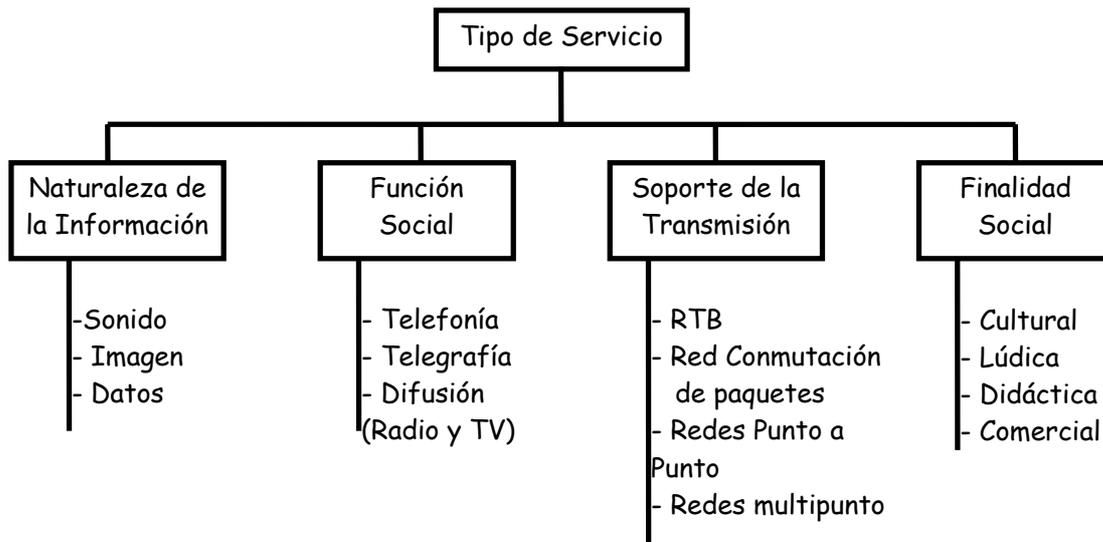
Técnica de conmutación de paquetes en la modalidad "datagrama"



Modelo de conmutación de paquetes en la modalidad "circuito virtual"

9.3.- Servicios ofrecidos por las redes públicas

Los servicios que ofrecen las redes de comunicación pueden clasificarse atendiendo a numerosas posibilidades. Una primera clasificación inicial será:



No obstante, en cualquier estructura de una red de telecomunicaciones, pueden distinguirse tres redes diferenciadas, pero que cooperan entre sí para proporcionar el servicio requerido por el usuario de la red:

- **Red de Transporte.** Es la encargada de proporcionar movilidad a las señales que transmiten la información
- **Red de Conmutación.** Se encarga de la interconexión selectiva de los diferentes puntos de la red
- **Red de Acceso.** Es la red que llega al usuario y a través de la cual solicita y le llegan los servicios.

En la actualidad, se pueden proporcionar la mayor parte de los servicios a través de la red de acceso; por ejemplo, a través de la telefonía analógica básica.

Servicios finales o teleservicios

Un teleservicio o servicio final es aquel que proporciona capacidad de comunicación completa entre usuarios. Esto es, es un servicio usuario a usuario.

En la tabla adjunta se especifican algunos de estos teleservicios:

Grupo	Servicio
Servicio de Audio	Audioconferencia Multiaudioconferencia Telefonía básica Teleconferencia
Servicio de datos y texto	Telefax Teletexto Télex

	Videotexto
Servicio de Vídeo	Videoconferencia Televisión y vídeo bajo demanda Videófono
Servicio Multimedia	Audioconferencia telemática Audiografía Videoconferencia telemática Realidad Virtual

Servicios portadores

Son aquellos que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red. La normalización de estos servicios afecta a las funciones y protocolos de las capas más bajas del modelo OSI, razón por la cual únicamente se garantiza a los usuarios la compatibilidad entre la red y el terminal.

En la tabla adjunta se especifican algunos de estos servicios:

Grupo	Servicio
Servicios portadores en modo circuito	64 kbps y múltiplos de 64 kbps 64 kbps para transmisión de audio a 3'1 kHz 348 kbps 1536 kbps 1920 kbps
Servicios portadores en modo paquete	Llamada virtual y circuito virtual permanente Señalización de usuario a usuario

Servicios de valor añadido

Un servicio de valor añadido es aquel que añade algún valor o mejora al propio soporte de la comunicación, por ejemplo, accesos a información previamente almacenada, tratamiento de la información, etc. La normalización para estos servicios afecta a todas las capas del modelo OSI.

Grupo	Servicio
Aplicaciones orientadas al transporte	Aplicaciones de Videotexto Mensajería de Textos Mensajería de Voz Radiolocalización Radiomensajería
Aplicaciones orientadas a los ordenadores	Bancos de información Infonet Intercambio de documentos electrónicos Comercio electrónico Banca electrónica Internet Servicios de mensajería electrónica

Servicios de difusión

Los servicios de difusión se caracterizan por la unidireccionalidad de la comunicación desde un único emisor a varios receptores. Este tipo de servicios no tiene relación directa con las redes de área local, aunque el desarrollo de redes metropolitanas (MAN) está adquiriendo una mayor importancia. Los servicios de difusión más conocidos son la **radiodifusión** y la **televisión**, distribuyan o no la señal por cable.

Debe destacarse que las compañías de distribución por cable no sólo se ciñen a este servicio sino que, además, integran en el mismo cable servicios de telefonía y de acceso a Internet.

Servicios suplementarios

Estos servicios complementan otros servicios, especialmente a los servicios portadores o a los teleservicios. Carecen de autonomía propia y sólo se proporcionan como añadidos a otros servicios. Ejemplos de servicios suplementarios podrían ser el servicio de despertador telefónico, desvío de llamadas, llamada en espera, etc.

9.4.- Circuitos Punto a Punto

Un circuito punto a punto es un conjunto de medios que hacen posible la comunicación entre dos puntos determinados, de forma permanente y sin posibilidad de acceder a la red pública telefónica, ni a ningún otro circuito, durante las 24 horas del día, sin necesidad de realizar ningún tipo de marcado para establecer la comunicación.

Este tipo de circuitos está indicado siempre que se deseen transmitir grandes volúmenes de datos entre dos puntos. También está indicado cuando se precise una velocidad de transmisión alta.

El ancho de banda que se puede contratar puede llegar hasta los 2048 kbps.

REDES CONVENCIONALES

9.5.- Red Telefónica Básica

Durante mucho tiempo, la Red Telefónica Básica (RTB), basada en técnicas analógicas, ha sido el único sistema de comunicaciones que podía utilizarse para transmisiones de datos.

Se compone básicamente de un **equipo terminal telefónico**, conectado, mediante redes de cableado urbano, a las **centrales telefónicas locales**. Éstas, a su vez, están conectadas con el resto de las centrales locales de la red a través de las **centrales de tránsito**.

Toda central consta de un **equipo de conmutación**, que es el que permite seleccionar el abonado telefónico al que se desea llamar, y de un **equipo de transmisión** que es el que transmite las señales de unas centrales a otras. Los medios de transmisión son muy variados y van desde pares de hilo de cobre hasta fibra óptica y comunicaciones por satélite.

Actualmente las centrales telefónicas se han perfeccionado, pasando de analógicas a digitales, mejorando la calidad de las comunicaciones.

El servicio de telefonía básica proporciona a los abonados el establecimiento o la recepción de llamadas telefónicas con un ancho de banda de 3'1 KHz para transmisiones de voz. Las llamadas pueden ser **internacionales, provinciales o metropolitanas**, lo que influirá en la tarifa. La red que proporciona el servicio de telefonía básica se denomina **RTB** (Red Telefónica Básica) o **RTC** (Red Telefónica Conmutada) y está organizada jerárquicamente.

También permite el acceso desde la RTC a otras redes de datos de modo mas o menos transparente al usuario.

9.6.- Redes de conmutación de paquetes (X25)

La seguridad en las comunicaciones de datos impuso, a finales de los años sesenta, la necesidad de utilizar sistemas de **conmutación de paquetes** frente a sistemas de **conmutación de circuitos** demasiado fáciles de inutilizar dado que la inhabilitación de una central telefónica importante conllevaba la inutilización de todas las comunicaciones telefónicas asociadas a ella.

Mediante la tecnología de conmutación de paquetes, toda la información que sale de un terminal para ser transmitida por la red se fracciona en bloques de una determinada longitud, denominados **paquetes**. A cada paquete se le añade una información adicional al comienzo del mismo y, así, se puede desplazar por la red de forma independiente. Si en un momento dado una ruta o un nodo de comunicaciones queda fuera de servicio, los paquetes se desviarían por otras rutas para llegar a su destino.

X25 es el estándar definido por la CCITT que permite la intercomunicación entre un equipo terminal de datos (ETD) y un equipo de comunicación de datos (ECD) para el acceso a redes de conmutación de paquetes.

No hay que confundir el *tipo de acceso* con la *red*. X25 se refiere exclusivamente a la comunicación ETD - ECD y no a la red, aunque, coloquialmente, se hable de redes X25

Estas redes de conmutación de paquetes (X25) consiguen una utilización mas eficiente de la red, evita saturaciones y aumentan la velocidad máxima disponible así como la calidad de la comunicación.

En ellas, un mismo camino físico puede llevar información de mas de una comunicación, por lo que, para diferenciar unas comunicaciones de otras se utiliza un *camino lógico (canal lógico)*. Cada canal lógico se va estableciendo al ir asignando a cada comunicación un *número de canal lógico* distinto. Este número va en la cabecera de cada uno de los paquetes y es el mismo para todos los paquetes de una misma comunicación.

El número de canales que debe tener un terminal depende del número de terminales remotos que pueden acceder a él. así como el modo de trabajo de cada uno de ellos.

9.6.1. - El acceso a X25

El acceso a X25 se realiza a través de lo que se denomina **llamada virtual** o **circuito virtual conmutado (CVC)**, o a través de un **circuito virtual permanente (CVP)** o un **datagrama**.

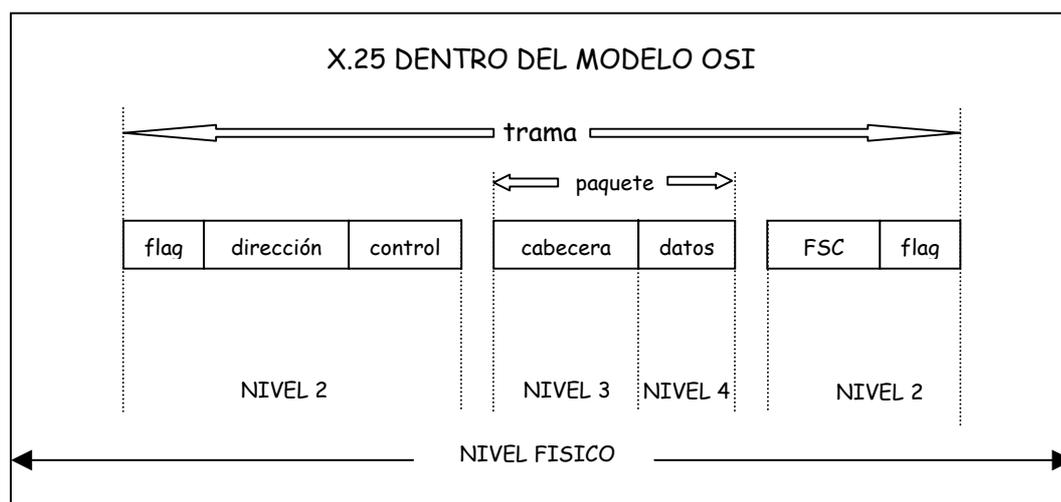
Un **circuito virtual conmutado** es el modo normal de conexión de terminales e indica que no existe un camino fijo entre el terminal origen y el de destino durante la comunicación, sino que los sucesivos paquetes enviados utilizan los distintos medios de que dispone la red, conjuntamente con otros paquetes de otras comunicaciones llamadas virtuales.

Un **circuito virtual permanente** indica que existe una asociación permanente entre dos terminales, de forma que no requieren procedimientos de establecimiento o liberación de la comunicación entre ellos. Es similar a una conexión punto a punto, pero virtual, ya que las distintas parejas de terminales pueden compartir los mismos medios de comunicación dentro de la red, entrelazando sus paquetes de tal forma que, virtualmente, únicamente exista un circuito permanente entre cada pareja de terminales.

Un **datagrama** permite que cada paquete recibido por la red se entregue en la dirección de destino especificada con independencia de cualquier otro paquete que el terminal emisor envíe o haya enviado formando parte del mismo mensaje.

El adjetivo "virtual" significa que no existe ningún circuito físico concreto que se asocie al procedimiento de transferencia, ya que se utilizan grupos de circuitos físicos, de modo que el usuario cree haber establecido una conexión física aunque la realidad es que está utilizando un conjunto de recursos de la red organizados del modo adecuado.

Hay numerosas posibilidades de acceso a una red X25, directamente o a través de la RTB, con terminales de modo carácter o de modo paquete o, incluso, desde otras redes de datos. La recomendación X25 se refiere a las tres capas de menor nivel del modelo OSI y ha sido aceptada internacionalmente.



Nivel físico

El nivel físico de la recomendación X25 hace referencia a las recomendaciones X.21 (que dicta la normativa de conexión entre un ETD y un ECD en entornos síncronos para redes públicas de datos) y X.21 bis (que establece el empleo de los ETD con módems síncronos). Otras normas admitidas son: RS-232-c, v.24, V.28, etc.

Nivel de enlace

Asegura el intercambio libre de errores entre el ETD y el ECD. Algunas de sus principales funciones son:

- Garantizar la sincronización de la trama de bits
- Detectar y corregir errores, eliminando paquetes duplicados
- Controlar el uso de los diversos enlaces físicos posibles.
- Intercambiar señales - negociación - para fijar las características de la transferencia, establecimiento de la conexión, rechazo de las tramas, etc.

El intercambio de datos se lleva a cabo por medio de los procedimientos **LAP** (*Link Access Procedure*) y **LAP B** (*Link Access Procedure Balanced*). Estos procedimientos son compatibles con el protocolo DIC de OSI. Las transmisiones se efectúan en modo dúplex. Las tramas, por lo tanto, son similares a las tramas del protocolo DIC.

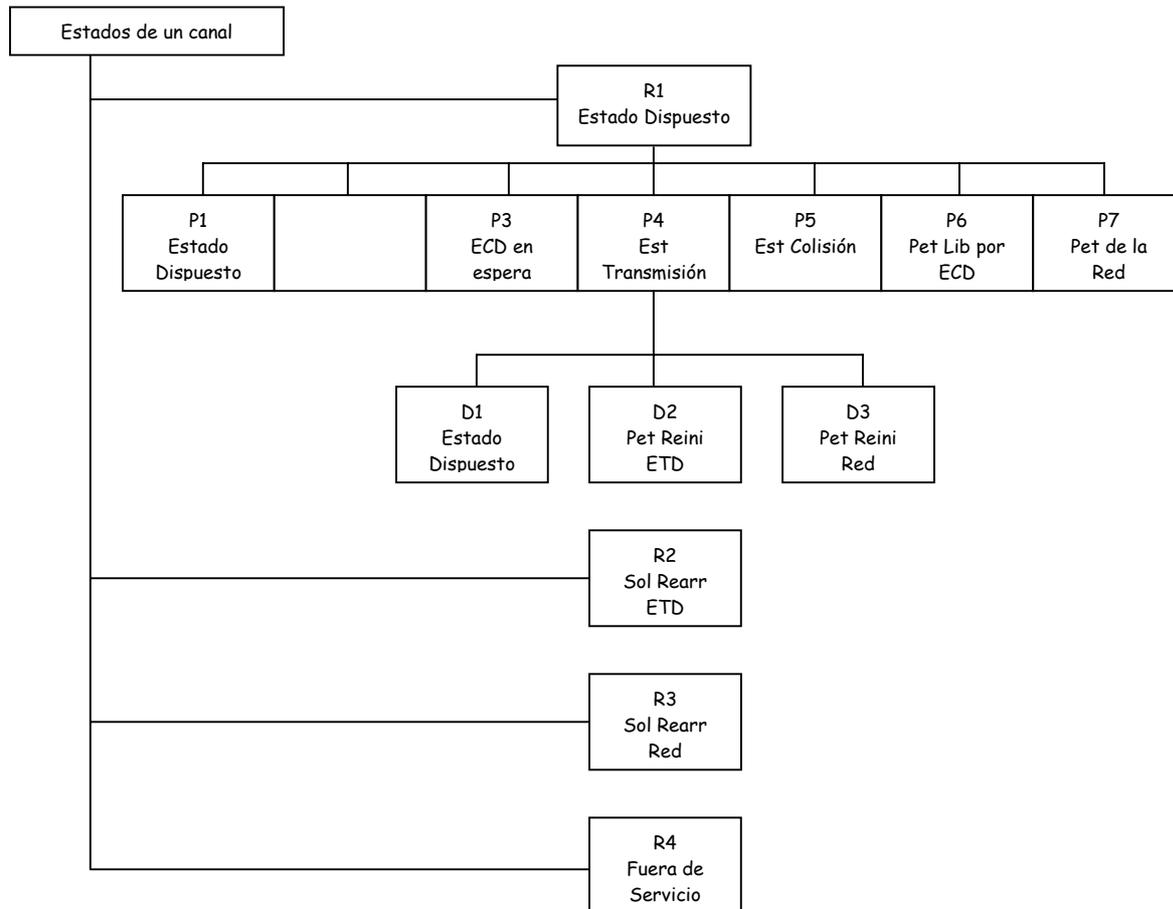
Es posible la comunicación entre dos terminales utilizando un único enlace (*procedimiento monoenlace*) o a través de varios enlaces (*procedimiento multienlace*). Con éstos últimos se distribuye adecuadamente el flujo de datos entre los distintos canales disponibles. La forma de la trama varía algo en el campo de control, en función del modo de enlace elegido.

El control del flujo se realiza, al igual que en HDLC, mediante el *número de secuencia de trama*, puesto que, X25, en el nivel de enlace, es un protocolo de ventana deslizante. Además, se definen una serie de estados para el interface X25 que permiten o impiden realizar ciertas operaciones. Los distintos tipos de tramas harán que el interface cambie de un estado a otro, regulando el flujo de datos y el control de la comunicación

Nivel de red

El tráfico en el nivel de red se organiza de modo que los paquetes se agrupan en **canales lógicos**, numerados de 0 a 255, y éstos, a su vez, en **grupos lógicos**, numerados de 0 a 15, aunque no está permitida la combinación (0,0). El modo en que se asignan los canales y los grupos lógicos difiere en función de si se trata de una llamada virtual o de un circuito virtual permanente.

En este nivel de red pueden emitirse los tipos de paquetes que se enumeran a continuación. Debe tenerse en cuenta que de cada tipo existen dos versiones: los emitidos por la red (*paquetes de indicación*) y los emitidos por el ETD (*paquetes de petición*).



- De conexión y desconexión de llamada
- De transporte de datos e interrupciones
- De reinicialización del interface y de control de flujo
- De arranque del interface en el nivel de red

Además, se consideran opcionales los paquetes de diagnóstico, rechazo y registro. El gobierno de los canales lógicos se hace definiendo una estructura de estados y unas transiciones entre ellos que en la figura anterior se describen esquemáticamente.

Los procedimientos que se definen en el nivel de red son los de *arranque y rearranque (restart)*, *establecimiento y liberación de llamada*, *reinicialización del interface*, *transmisión de datos*, *control de interrupciones* y *control de flujo*. De todos ellos es de particular interés el procedimiento de transmisión de datos.

Los datos son transmitidos mediante paquetes de 128 bytes de longitud, aunque se puede negociar la longitud. El formato depende del tipo de paquete. Los campos comunes a todos los tipos son los siguientes:

- ❖ **Identificador general de formato.** Con una longitud de 4 bits, codifica el formato de la cabecera del paquete.
- ❖ **Grupo Lógico.** Tiene una longitud de 4 bits que contienen el número identificativo del grupo lógico de la comunicación.
- ❖ **Canal Lógico.** Con 8 bits, codifica el número identificativo del canal lógico.

- ❖ **Tipo de paquete.** Tiene una longitud de 8 bits para codificar el tipo de paquete y, por tanto, el modo en que se codificará.

Otros paquetes tienen campos de direcciones de ETD origen y destino, códigos de diagnóstico de operaciones sobre la red, etc.

El procedimiento de transmisión de datos emplea de modo peculiar tres bits, denominados D, M y Q.

- **Bit D.** Este bit se emplea para señalar que el ETD necesita la confirmación de un paquete de extremo a extremo mediante la utilización del número de secuencia de recepción.
- **Bit M.** Este bit significa que siguen paquetes con mas datos.
- **Bit Q.** Con este bit se indica que existen dos categorías de datos. Dentro de la misma secuencia de paquetes no se puede liberar el bit Q, pues se supone que todos los paquetes tienen la misma categoría.

9.6.2. - Utilidades

En X25 los usuarios pueden tener una serie de facilidades opcionales para personalizar la red y adecuarla a sus necesidades.

- **Grupo cerrado de usuarios.** En este caso se define un grupo de usuarios que se pueden comunicar entre ellos, sin que nadie pueda entrar en sus comunicaciones. Los miembros del grupo tampoco pueden comunicar con el exterior. Ésta es una forma de crear una red virtual, utilizando una red pública como mecanismo de transporte
- **Grupo cerrado con acceso de salida.** Es un caso semejante al descrito anteriormente, en el que se permite que los miembros del grupo puedan realizar conexiones con el exterior, aunque sólo pueden recibir llamadas de otros miembros del grupo
- **Cobro revertido**
- **Negociación de los parámetros de control de flujo**
- **Capacidad de direccionamiento,** múltiples direcciones, redirección de una llamada y posibilidad de abreviar una dirección.

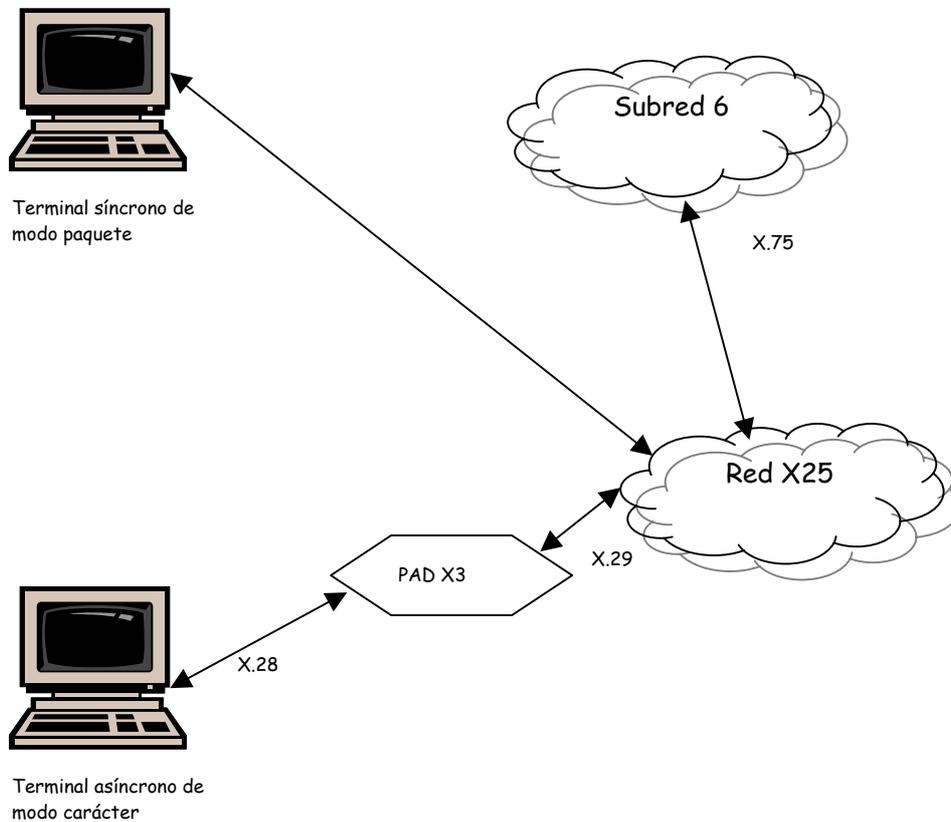
9.6.3. -El acceso mediante PAD

Un **PAD** (*Packet Access Device*) es un interfaz entre un terminal u ordenador y una red de conmutación de paquetes.

El interface X25 define unos procedimientos que exigen capacidad de gestión en los equipos que se conectan a la red con objeto de transmitir paquetes (no caracteres) de modo síncrono. Sin embargo, no todos los terminales son síncronos y de modo paquete. Hay muchos terminales que trabajan con caracteres y de modo asíncrono que no se podrían conectar a la red X25.

Para dar acceso a los servicios X25 a estos terminales asíncronos y de caracteres, se crearon los **PAD** o *ensambladores y desensambladores de paquetes*.

Un PAD es capaz de comunicar en uno de sus extremos con terminales asíncronos de modo carácter, y convertir las secuencias en paquetes que envía por el otro extremo hacia una red de conmutación de paquetes X25.



Por tanto, el acceso X25 de los terminales asíncronos de caracteres se realiza a través de un PAD, que puede residir en las instalaciones del usuario o que puede proporcionar la compañía telefónica.

El PAD queda definido con las siguientes tres recomendaciones que deben emplearse conjuntamente:

- **Recomendación X.3.** Define las características de las estaciones PAD, es decir, las funciones y los parámetros por los que se gobiernan
- **Recomendación X.28.** Define las normas de acceso a terminales asíncronos de modo carácter a las estaciones PAD. Esto incluye los procedimientos de conexión, inicialización y finalización, y la transferencia de información y control
- **Recomendación X.29.** Define el modo en que los terminales de paquetes controlan a las estaciones PAD.

Además se asocia la norma X.75 para la conexión entre distintas redes de conmutación de paquetes, por ejemplo, para la interconexión entre las redes X25 de distintos países.

REDES DE MAYOR ANCHO DE BANDA

9.7. - Frame Relay

Frame Relay (retransmisión de tramas) es un protocolo de conmutación de paquetes que se fragmentan en unidades llamadas **tramas** y se envían en ráfagas de alta velocidad a través de la red digital. Establece una conexión exclusiva durante el período de transmisión denominada **conexión virtual**.

Frame Relay es una red que surge como evolución de la red X25. Cuando apareció la red X25 era frecuente que las transmisiones tuvieran errores, lo que provocó que los protocolos elegidos para X25 fueran potentes detectores de estos errores, lo que conllevaba el consumo de gran cantidad de recursos en esta operación.

Con la evolución de las redes y, en especial, con la implantación de la fibra óptica, las redes se han hecho mucho más seguras, lo que hace que los protocolos de las redes X25 tengan menor rendimiento frente a los utilizados en las nuevas tecnologías.

Un error producido en una red X25 puede afectar no sólo al nivel de enlace sino también al nivel de red. El mismo error en Frame Relay hace que la red no tome ninguna acción, se deja a los extremos de la comunicación la gestión del error. De este modo, se consigue una red mucho más ágil en las transmisiones.

En otras palabras, Frame Relay utiliza una tecnología denominada de **paquete rápido** en la que el chequeo de los errores no se produce en ningún nodo intermedio de la transmisión sino que se hace en los extremos. Esto hace que sea más eficiente que X25 y se consiga una mayor velocidad de proceso (puede transmitir por encima de 2044 Mbps).

Consecuentemente, otra de las ventajas es que necesita *centros de conmutación (nodos)* menos potentes y con menos capacidad de memoria que los necesarios por X25, ya que cada centro de conmutación X25 utiliza el método de *recibir - almacenar - comprobar - retransmitir* mientras que Frame Relay no necesita la comprobación y la corrección de los errores.

Si el tráfico es muy intenso, con gran cantidad de paquetes de pequeña longitud, su rendimiento es superior a X25. Sin embargo, si se transfieren grandes archivos a altas velocidades, la relación precio/rendimiento es superior en X25.

Frame Relay utiliza un protocolo de nivel 2 (nivel de enlace) semejante al HDLC. Las funciones del nivel de enlace se dividen en dos:

- **El subnivel EOP** (*Elements Of Procedure*). Reside exclusivamente en los elementos terminales. Tiene capacidad para incluir opcionalmente funciones de reconocimiento y control de flujo

- **El sobnivel de núcleo.** Constituye el procedimiento de transferencia y se incluye tanto en los terminales como en los conmutadores de tramas en la red. La velocidad de los conmutadores es muy alta, lo que eleva el rendimiento de la red.

La conmutación de paquetes permite una longitud de 128 bytes, mientras que en Frame Relay se autorizan longitudes máximas de 4096 bytes, aunque esta longitud es un parámetro negociable de la red.

Frame Relay utiliza exclusivamente un protocolo de nivel de enlace que se describe en la recomendación Q.922 del ITU (*International Telecommunication Union*). Proporciona servicios orientados a la conexión con establecimiento de circuitos virtuales (semejantes a los de X25), que, en Frame Relay, se denominan **enlaces virtuales**. Como en X25 estos enlaces pueden crearse a través de una llamada virtual o permanentemente

El protocolo de establecimiento de enlaces virtuales se recoge en la recomendación Q.933 del ITU. Cada enlace se caracteriza por un número (equivalente al número de canal lógico de X25) denominado **DLCI** (*Data Link Connection Identifier*) que se registra en el campo de dirección de la trama Q.922.

El nivel 2 de Frame Relay en el modo núcleo se comporta de modo semejante a la subcapa MAC de las redes de área local, por tanto, proporciona un modo de verificación de las tramas, encaminándolas y analizando el campo de dirección DLCI. Además, proporciona mecanismos que ayudan a resolver los problemas de congestión en la red.

Las principales características de la tecnología Frame Relay son:

- Conmuta paquetes - tramas - en el nivel de enlace, estableciendo conexiones que permiten una conmutación rápida entre los nodos de la red.
- La velocidad máxima permitida por Frame Relay es de 2048 Mbps
- Soporta una gran cantidad de protocolos de diversos fabricantes sobre la misma conexión física: TCP/IP, SNA, DECnet, SPX/IPX, etc. De hecho, la situación habitual es que los extremos de conexión de un enlace Frame Relay sean encaminadores conectados a sus respectivas redes de área local
- Permite la conectividad entre cualquier tipo de redes de área extendida.

Para resolver los problemas de congestión los terminales Frame Relay se obligan a no superar una tasa media de envío, que se contrata con la compañía telefónica (**CIR** o *Committed Information Rate*). Se permiten ráfagas de transferencia de mayor velocidad que la indicada en el CIR, pero la red se reserva el derecho de descargarse de tramas si se da una situación de congestión. Por supuesto, estas ráfagas no pueden superar un límite definido en el contrato, denominado **Tamaño de Ráfaga Comprometida** (BC o *Committed Burst Size*).

9.8.- Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)

El sistema de transferencia **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*, **Modo de Transferencia Asíncrono**) está basado en La conmutación de células o paquetes de información de longitud fija, La célula es la entidad mínima de información capaz de viajar

por una red ATM. Cada mensaje de usuario es dividido en células de idéntica longitud para ser conmutadas por la red hasta alcanzar su destino. El hecho de que las células sean de igual longitud permite que la conmutación se realice por hardware, lo que acelera significativamente las transmisiones. Teóricamente se puede llegar a velocidades en el orden de los Gbps.

Otra ventaja del sistema de conmutación de células reside en que permite la integración del tráfico de distintas fuentes de información que requieren un flujo continuo, así se pueden mezclar voz, datos, vídeo, etc.

ATM es la tecnología base para la construcción de la RDSI de banda ancha, puesto que permite conexiones de muy alta velocidad.

Inicialmente pudimos asistir a una dura lucha entre el estándar ATM y *Gigabit Ethernet* en un agresivo régimen de competencia. Actualmente, se ha comprobado que son tecnologías que se complementan, cada una tiene sus ventajas diferenciadoras.

9.8.1. - Especificaciones técnicas de ATM

La arquitectura ATM es una arquitectura de tres niveles. Sobre estos tres niveles se pueden soportar multitud de protocolos. Estos tres niveles son:

Nivel de adaptación ATM o AAL

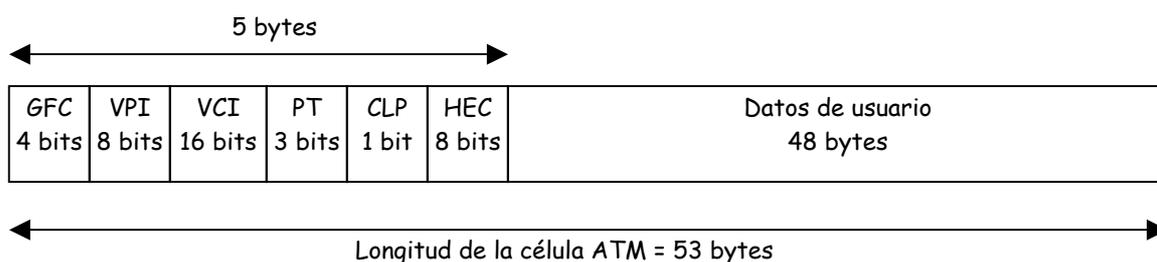
Se encarga de gestionar las relaciones con el mundo externo, es la capa superior de ATM. Acepta cualquier tipo de información heterogénea convirtiéndola en celdas ATM.

El ATM Forum (www.atmforum.com). Asociación sin ánimo de lucro encargada de difundir la tecnología ATM, ha definido cuatro servicios en este nivel AAL, dependiendo de las necesidades de flujo: **CBR** (Constant Bit Rate), **VBR** (Variable Bit Rate), **UBR** (Unspecified Bit Rate) y **ABR** (Available Bit Rate). Esto quiere decir que la red no trata del mismo modo a cualquier tráfico. Sino que dependerá del servicio solicitado, lo que la hace ideal en situaciones de congestión o cuando se solicita ancho de banda bajo demanda. Además, la ITU ha establecido en su recomendación 1.371 otras normas que especifican modelos de servicio. Como se puede comprobar, ATM es una tecnología aún en evolución.

Nivel ATM

Construye y extrae las cabeceras de las celdas, actúa de encaminador entre los nodos y realiza la multiplexación y demultiplexación de las celdas.

La longitud de cada célula es de 53 bytes. Divididos en una cabecera de 5 bytes y un campo de información de usuario de 48 bytes. Su estructura es la siguiente:



La cabecera almacena la información necesaria para el encaminamiento de la célula a su destino a través de la red. Esta cabecera se subdivide, a su vez, en los siguientes campos:

* **GFC (Generic Flow Control, control de flujo genérico)**. Es un campo de 4 bits que se utiliza para controlar las conexiones y el acceso de los terminales de usuario que comparten la misma conexión de acceso, por tanto, gestiona el interface entre el usuario y la red. Cuando se trata de la conexión de una red con otra, es decir, un interface entre redes, el campo GFC desaparece como tal y sus bits se agregan al siguiente campo, llamado «VPI».

* **VPI/VCI (Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier, identificador de camino virtual/identificador de canal virtual)**. Estos campos tienen una longitud de 8 y 16 bits respectivamente e identifican el itinerario de la célula en su camino a través de la red, identificando la célula y definiendo la conexión virtual a la que pertenece, información que necesitan los encaminadores para cumplir su función. Más adelante concretaremos la diferencia entre canales y caminos virtuales.

* **PT (Payload Type, tipo de campo de usuario)**. Indica con 3 bits el tipo de campo de usuario que contiene esa célula. Son posibles, por tanto, ocho células distintas en ATM: de mantenimiento, de control de calidad, de control de congestión, etc.

* **CLP (Cell Loss Priority, prioridad de pérdida de célula)**. Es un campo que con 1 bit indica a la red la importancia de la célula, de modo que si la red decide descargarse de células, por ejemplo en una situación de congestión, elegirá descargarse de aquellas menos importantes.

* **HEC (Header Error Correction, corrección de error de cabecera)**. Es un control de errores para el campo cabecera, que permite la detección y corrección de errores menores o iguales a 2 bits. Si existieran errores más importantes, la célula sería eliminada de la red.

Nivel físico

Se encarga del transporte de celdas y de la entrega de la información de sincronismo. Este nivel adapta la velocidad, transmite y sincroniza las señales.

En cuanto a la transmisión, ATM puede utilizar el estándar **SONET** (Synchronous Optical Network) de fuerte implantación en Estados Unidos y su equivalente **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy) en Japón y Europa; todos ellos soportados sobre fibra óptica.

SONET. Alcanza una velocidad básica en su formato STS-1 de 51'84 Mbps. La transmisión se realiza como múltiplos enteros de esta cantidad hasta llegar a 6,448 Gbps. Sin embargo, hay otros formatos excepcionales que llegan hasta los 10 Gbps (formato STS-192).

SDH. La velocidad básica de SDH es de 155'52 Mbps (STM-1), pero existen otros formatos como STM-4 de 622'08 Mbps y STM-16 de 2448'32 Mbps

9.8.2. - Conexiones

En primer lugar es preciso efectuar una conexión en la que se establecen los caminos que seguirán las células y se determinan los parámetros de la red, con objeto de

garantizar un servicio de transmisión de suficiente calidad. Por ejemplo, si se requieren flujos constantes o variables, los niveles de prioridad en caso de congestión. etc.

Los terminales, a través de los adaptadores apropiados, introducen la información en la red segmentando los paquetes en células de longitud fija. ATM puede transportar cualquier protocolo de red encapsulándolo en células.

Las células viajan en la red por conmutación entre los distintos nodos ATM que componen la estructura interna de la red. La conmutación entre los distintos circuitos virtuales establecidos entre los nodos de la red se produce por análisis de los campos VPI/VCI.

Si hay varias fuentes emisoras de información, se multiplexarán las células procedentes de cada una de ellas, de modo que se consigan flujos constantes, útiles para aplicaciones en tiempo real.

Una vez que la célula alcanza su destino, el receptor extrae la información de la célula, restituyendo el formato original de la información del usuario.

9.8.3. - Canales y caminos virtuales en ATM

La virtualidad de ATM se basa en conexiones conmutadas de caminos y canales virtuales:

- ❖ **Canal virtual.** Es un circuito lógico y virtual que consiste en un conjunto de operaciones de conversión en cada nodo ATM de la red, de modo que la conmutación se realiza de acuerdo con la información de cabecera. Así, una célula lleva la información sobre el acceso al nodo siguiente de la red, donde el conmutador sustituirá el campo VCI por uno nuevo que indique cómo debe producirse la próxima conmutación, es decir, la dirección del siguiente nodo de la red. Los conmutadores registran en una tabla cómo deben conmutar las células de cada circuito virtual que se ha establecido a su través.
- ❖ **Camino virtual.** Es un camino lógico a través de la red ATM que puede ser modificado en tiempo real. Cada camino virtual tiene asociado un conjunto de canales virtuales. Cuando se cambia un camino virtual, se cambian automáticamente todos los canales virtuales que contiene, lo que dota a la red de una flexibilidad extraordinaria y una magnífica respuesta frente a cambios en la red. Cada canal virtual representa una fracción del ancho de banda del camino virtual.

Las conexiones en ATM son punto a punto o multipunto. Si la conexión es punto a punto puede ser bidireccional. Las conexiones multipunto sólo permiten la transmisión de la información desde un emisor a varios destinatarios: por tanto, es unidireccional. Además, como en otras redes de transmisión, los circuitos pueden ser permanentes o conmutados.

9.8.4. - Integración de ATM con LAN

ATM se integra bastante bien con las redes de área local. Esta integración se produce en el nivel de red, es decir, los paquetes de una red de área local se segmentan en células capaces de ser transmitidas por una red ATM a través de un conmutador que hace de interface entre la red ATM y la red de área local. Hay dos estándares definidos capaces de realizar esta integración: **LANE** (LAN Emulation) y **Clasical IP over ATM (IPoATM)**.

Aplicaciones	LAN
TCP/IP, IPX ...	
Capa LLC	
LANE	Emulación
Nivel AAL	ATM
Nivel ATM	
Nivel Físico	

LANE es el estándar creado por el ATM Forum que define los interfaces y protocolos necesarios para la generación de funciones típicas de LAN en un entorno ATM, de modo que los protocolos propios de una LAN puedan interactuar con las redes ATM. LANE opera en el nivel MAC, permitiendo a una red Ethernet, Token Ring o FDI trasladarse por encima de ATM de modo transparente.

LANE utiliza la capa AAL5 de ATM. La trama AAL5 tiene un tamaño múltiplo de una celda ATM (48 bytes) sin su cabecera. La última celda de AAL5 contiene un *Trailer* y un indicador del número de bytes del mismo, que sirve para proporcionar funcionalidades de LAN. También dispone de 5 bytes de CRC-32 para asegurar la integridad de los datos. Las tramas Ethernet y Token Ring vienen encapsuladas en las tramas AAL5.

IPoATM es semejante a LANE. pero opera en el nivel 3: se trata de transportar sobre ATM el protocolo IP y. encapsulado en él, cualquier otro protocolo.

En la Figura anterior se pueden ver las relaciones que existen entre la arquitectura ATM (los tres niveles inferiores) y la arquitectura de la red de área local (tres niveles superiores), enlazados a través de la emulación de red tomada para el caso de LANE.

Sobre las celdas ATM se pueden encapsular muchos otros protocolos (le red, lo que la hace una red ideal para el transporte a alta velocidad de IP, IPX, etc. Además, el hecho de que las celdas sean de longitud fija y de pequeño tamaño hace que los conmutadores ATM alcancen velocidades de conmutación elevadísimas y que se pueda garantizar un flujo de datos constante, negociable en el establecimiento de las conexiones con los conmutadores de la red, y ofreciendo, de este modo, una gestión de calidad de servicio (*QoS, Quality of Service*). Esto hace de ATM la red ideal para la transmisión de vídeo y sonido, en donde las alteraciones en la ratio de transmisión pueden hacer irreconocible el mensaje.

Hay otras tecnologías de acceso a redes WAN como el acceso por redes de cable a través de cable-módem o la misma ADSL, que utiliza en uno de sus extremos la tecnología ATM.

TENDENCIAS ACTUALES

9.9.- Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) supone la digitalización completa, de forma que toda la comunicación que se establezca será en forma digital, proporcionando una amplia gama de servicios.

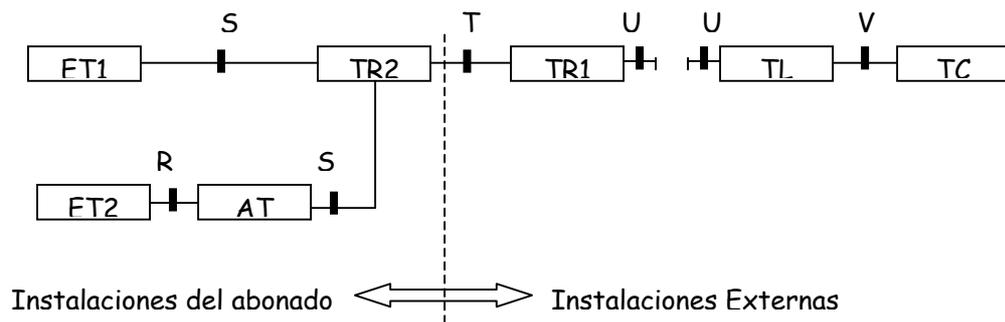
Se define la RDSI como la red *"que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto definido de interfaces normalizados"*. Existen dos tipos de RDSI:

- **RDSI-BE o RDSI de Banda Estrecha.** Trabaja con conexiones conmutadas de 64 Kbps, aunque está previsto llegar hasta los 2 Mbps.
- **RDSI-BA o RDSI de Banda Ancha.** Prevé trabajar con velocidades de conmutación superiores, lo que permitirá servicios de transmisión a muy alta velocidad: Distribución de televisión, videotelefonía de alta calidad, etc.

9.9.1.- Estructura y componentes de la RDSI

Se definen una serie de «puntos de referencia» para las instalaciones RDSI, considerados como separaciones entre distintas unidades funcionales en las instalaciones del usuario o de la compañía telefónica:

- ❖ **Punto de referencia S.** Se sitúa en el interfaz entre el usuario y la red. por tanto. es el punto de conexión física de los terminales del abonado a la red. El interfaz consta de cuatro hilos, dos para emisión y otros dos para recepción.
- ❖ **Punto de referencia T.** Se sitúa en la separación entre los equipos de transmisión de línea y la instalación del abonado. Sus características mecánicas y eléctricas son idénticas a las del punto de referencia S. En algunos casos no existen diferencias entre S y T.
- ❖ **Punto de referencia U.** Es el interfaz entre las instalaciones del abonado y la central telefónica a la que se haya conectado. Físicamente se constituye como un bucle de abonado de dos hilos, método convencional en las conexiones comunes en la RTC.
- ❖ **Punto de referencia V.** Es el interfaz entre los elementos de transmisión y los de conmutación para la central RDSI local.
- ❖ **Punto de referencia R.** Representa el punto de conexión de cualquier terminal normalizado que no se pueda conectar directamente a la RDSI. Requiere, por tanto, la instalación de un adaptador (AT) apropiado para cada tipo de terminal.



Estos puntos de referencia definen a su vez una serie de grupos funcionales que se corresponden con equipos físicos o con funciones de los mismos:

- **ET1** (Equipo Terminal 1). Es un equipo que está diseñado para conectarse directamente a la RDSI, por ejemplo, un teléfono digital RDSI, fax del grupo 4 con RDSI, videotexto RDSI, etc.
- **ET2** (Equipo Terminal 2). Representa un terminal que no soporta directamente la conexión a la RDSI, por ejemplo, un fax del grupo 3, un terminal de modo carácter o de modo paquete, etc.
- **AT** (Adaptador de Terminal). Es el adaptador que permite que un terminal ET2 se conecte a la RDSI. Cada tipo de terminal requiere un AT específico.
- **TR1** (Terminación de Red 1). Representa la separación física entre las instalaciones del usuario y la red exterior a las instalaciones del usuario.
- **TR2** (Terminación de Red 2). Su misión es controlar las instalaciones del usuario. También puede tener funciones de conmutación. Por ejemplo, una centralita, una red de área local, etc.
- **TL** (Terminación de Línea). Es un equipo de transmisión que se sitúa en la central local a la que se conecta el abonado de la RDSI.
- **TC** (Terminación de Central). Representa la separación entre los equipos de conmutación de la red y los de transmisión de línea

9.9.2. - Canales de acceso a la RDSI

La capacidad de transferencia de información entre el usuario y la RDSI está estructurada en forma de canales de transferencia de información:

- ❖ **Canal A.** Es un canal analógico de 4 KHz.
- ❖ **Canal B.** Es un canal digital de 64 Kbps que está destinado al transporte de información del usuario.
- ❖ **Canal C.** Es un canal digital de 8 ó 16 Kbps.
- ❖ **Canal D.** Es un canal digital de 16 ó 64 Kbps destinado principalmente a la transmisión de información de señalización usuario-red para el control de la comunicación, aunque también puede ser utilizado en determinadas condiciones para la transferencia de información del usuario en servicios de teleacción (telealarma, telecontrol y telemedida) y de transmisión de datos de baja capacidad.
- ❖ **Canal E.** Es un canal digital de 64 Kbps (usado para señales internas RDSI).

- ❖ **Canal H.** Es un canal digital de 384, 1.536 ó 1.920 Kbps que proporciona al usuario una capacidad de transferencia de la información.

9.9.3. - Tipos de acceso del abonado

Estos canales pueden ser combinados de diferente manera dando lugar a varios tipos de acceso:

- *Acceso básico.*
- *Acceso primario.*
- *Acceso híbrido.*

Acceso básico

El acceso básico, también conocido como acceso 2B+D, BRA (Basic Rate Access) o BRI (Basic Rate Interface), proporciona al usuario dos canales B y un canal D de 16 Kbps.

Permite establecer hasta dos comunicaciones simultáneas a 64 Kbps, pudiendo utilizar la capacidad del canal D para la transmisión de datos a baja velocidad.

La aplicación principal de este tipo de acceso se da en las instalaciones de redes locales pequeñas dotadas de un número pequeño de terminales (hasta ocho) que necesiten transmisión digital o centralitas digitales de pequeña capacidad.

Acceso primario

El *acceso primario*, también llamado acceso 30B+D, PRA (Primary Rate Access) o PRI (Primary Rate Interface), ofrece al usuario 30 canales B y un canal D de 64 Kbps, por lo que proporciona un ancho de banda de hasta 2.048 Kbps (en EE.UU. consiste en 23 canales B y un canal D de 64 Kbps, por lo que proporciona un ancho de banda de hasta 1.544 Kbps).

Permite establecer hasta treinta comunicaciones simultáneas a 64 Kbps sin que esté previsto actualmente utilizar la capacidad del canal D para la transmisión de datos.

También puede utilizar otras combinaciones de canales B, HO, NI1 y H12, aunque siempre respetando el límite de velocidad de 2.048 Kbps.

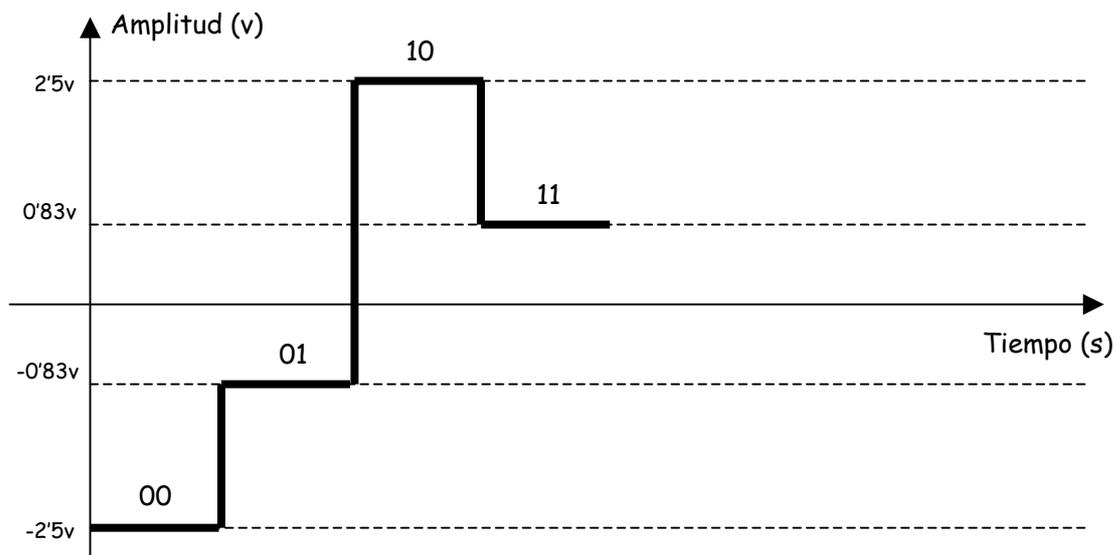
La principal aplicación de este tipo de acceso es la conexión a RDSI de centralitas digitales, sistemas multilínea y redes de área local de mediana y gran capacidad.

Acceso híbrido

Es un método de acceso que incluye un canal A y un canal C.

9.9.4. - Estructura de capas en RDSI

La capa física de RDSI utiliza un método de señalización para los bits, denominado **2B1Q** (2 binary, 1 Quaternary) definido en la especificación T1.601 de ASNI, que transmite 2 bits por cada pulso digital (2 bits/baudio), transfiere a una velocidad de 160 kbps o, lo que es lo mismo, a 80 baudios/s. Así, a la asociación "00" se le asignan -2'5 voltios; a la "01" -0'833 voltios; a la "10" +2'5 voltios y a la "11" + 0'833 voltios:



9.10.- Línea Digital Contratada (DSL)

DSL (Digital Subscriber Line) es una tecnología que usa módem y las líneas telefónicas existentes para transmitir datos a muy alta velocidad.

El término xDSL sirve para denotar las distintas formas de servicios como ADSL, SDSL, HOSL, RADSL y VDSL.

Esta tecnología está siendo muy utilizada en este momento debido a que promete un gran ancho de banda con cambios pequeños en las centralitas telefónicas. En este sentido, xDSL utiliza el bucle de abonado, el cable que va desde la casa del usuario hasta la centralita telefónica como enlace punto a punto para la transmisión a alta velocidad.

xDSL es un sistema que ofrece gran ancho de banda en ambos sentidos de la comunicación. En algunas variantes el sistema es asimétrico, de manera que el ancho de banda disponible en el canal descendente, de la centralita hacia el usuario, es superior o muy superior al ancho de banda del canal ascendente, del usuario hacia la centralita.

El **ancho de banda descendente**, dependiendo de la técnica de XDSL, varía entre 160 Kbps a 55 Mbps.

El **ancho de banda del canal ascendente** varía entre 160 Kbps y 5,5 Mbps.

La diferencia entre los distintos tipos de conexión se puede ver en la tabla adjunta.

Como se puede observar en la misma, el rango de velocidades que se puede obtener con las distintas técnicas es muy diferente, y existe una variación muy fuerte con la distancia a la centralita, es decir, no con la distancia física, sino con la longitud del cable que une al usuario con la centralita telefónica.

	ADSL G.Dmt	UDSL G.Lite ADSL Lite	SDSL	HDSL	RADSL	VDSL
Nombre	Asimétrico	Universal	Simétrico	Alta Velocidad	Velocidad adaptativa	Muy Alta Velocidad
Canal descendente	1'5-8 Mbps	0'5-1'5 Mbps	0'3-2 Mbps	0'16-2 Mbps	0'6-12 Mbps	13-55 Mbps
Canal Ascendente	0'78-1 Mbps	384 kbps	0'3-2 Mbps	0'16-2 Mbps	0'128-1 Mbps	1'6-5'5 Mbps
Distancia máxima	6 km	6 km	8 km	4 km	N.D.	1'5 km
Distancia para velocidad máxima	4 km	N.D.	2'5 km	N.D.	N.D.	300 m
Uso previsible	Conexión de usuarios a Internet, sistemas de vídeo, acceso remoto a LAN	Acceso a Internet. Videoconferenci a Acceso remoto a LAN	Enlace entre Empresas. Red de acceso remoto	Servicio de alta velocidad entre dos usuarios o como acceso de red WAN, LAN o acceso a servidores	Conexión de usuarios a Internet, sistemas de vídeo, acceso remoto a LAN	Vídeo bajo demanda para usuarios. Similar a los usos de ATM

9.10-1. - Variantes de xDSL

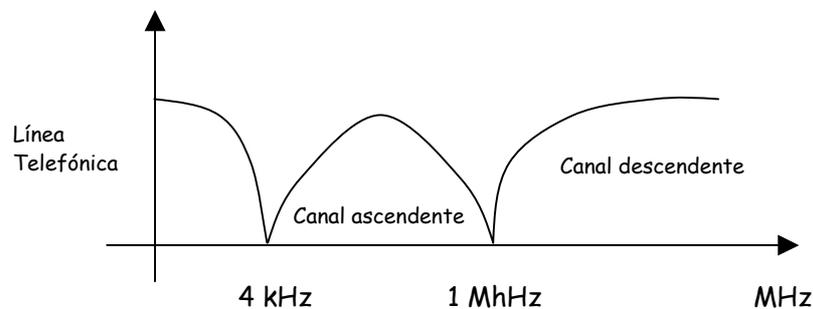
En este apartado se van a ver las particularidades de los distintos tipos de xDSL. La aplicación en el futuro de cada una de ellas aún está por definir pero hay dos de ellas que ya empiezan a tener mercado ADSL y VDSL. De hecho en España, dependiendo de las zonas, ya se puede contratar:

- **DSL (Asymmetric DSL)**. Se denomina asimétrica porque en la comunicación dúplex que se establece, el canal descendente de información tiene mayor ancho de banda que el ascendente. El uso de esta tecnología para conectarse a Internet implica la recepción de grandes cantidades de información multimedia: vídeo, imágenes, animaciones, música, voz, etc., mientras que el canal ascendente sólo llevará la interacción del usuario, es decir, la selección de qué información desea recibir.
- **GLite o DSL Lite** es, básicamente, una versión más lenta de ADSL. Es el estándar G-922.2 de ITU-T. Probablemente sea el primer tipo de servicio en implantarse, debido a que el coste de instalación es menor que para ADSL. La diferencia está en que no se necesita el filtro para separar la señal de voz de la de datos (splitter), con lo que los módem son más sencillos y la instalación puede realizarla directamente el usuario.
- **HDSL**, es la variante de DSL que se utiliza para la transmisión interna local o entre una oficina central y un punto remoto. Su principal característica es que es un sistema simétrico, con la misma velocidad de transmisión en ambos sentidos de la comunicación.
- **RADSL** es una tecnología que determina, dependiendo de las características de la línea, la mejor velocidad a la que puede transmitir.
- **VDSL** es una tecnología aún en desarrollo. La previsión es que conviva con otras técnicas de DSL, debido a su gran ancho de banda y sus limitaciones en distancia. Su implantación vendrá condicionada por la instalación de cable de fibra óptica hasta las cercanías del usuario.

9.10.2. - Tecnologías de codificación

El cable de cobre que va desde la casa del usuario a la centralita telefónica puede utilizar un ancho de banda muy superior a los 4 KHz que se utilizan para la transmisión de voz. Normalmente este cable es capaz de transmitir señales de hasta 1 MHz y superiores a distancias de 4 a 6 km. A estas frecuencias tan altas el problema es la pérdida, atenuación, que sufre la señal y los problemas de ruido a que están expuestos estos cables, que interfieren con los datos que se transmiten por ellos. En la figura adjunta se puede apreciar la estructura de comunicación que se establece con las tecnologías DSL.

De acuerdo con la figura, existe una parte del ancho de banda que se utiliza para la comunicación telefónica habitual, tal y como se utiliza normalmente. Lo interesante es la utilización de la parte del espectro por encima de canal telefónico hasta el MHz, aproximadamente dependiendo de la técnica DSL utilizada, para el canal ascendente y por encima de éste para el canal descendente, utilizando todo el ancho de banda posible.



En la actualidad las compañías telefónicas disponen de elementos que filtran la señal que llega de los usuarios de manera que sólo reciben la parte de la señal telefónica de hasta 4 KHz. Por ello, para usar la tecnología xDSL, las compañías telefónicas necesitan equipos especiales en las centralitas, además de los que ha de disponer el usuario. Estos elementos son un *splitter* (filtro separador) que separa la señal telefónica de la señal transmitida por DSL, y el módem de ADSL, VDSL, etc., correspondiente. Por ejemplo, si se contrata el servicio de ADSL con Telefónica España SA., Telefónica instala un enrutador que denomina genéricamente un ATU-R (Terminal remota de ADSL).

Para poder transmitir a grandes velocidades sobre estas líneas es necesario aprovechar el espectro disponible al máximo. Para ello se utilizan distintas técnicas de transmisión y codificación de señal:

- **Modulación de amplitud/fase sin portadora (CAP, Carrierless Amplitude/Phase Modulation).** Se basa en la modulación de fase/amplitud cuadrática (QAM), utilizando la modulación QPSK. No divide el espectro en zonas, como se hace con DMT, se utiliza completo por encima del canal telefónico.
- **Multifrecuencia discreta (DMT, Discrete Multitone).** Divide el ancho de banda disponible en subcanales de 4 KHz de manera que utiliza cada uno de ellos de forma independiente para transmitir información. Como cada canal puede estar afectado por ruido de manera diferente, cada uno de ellos se utiliza para transmitir más o menos bits según la línea. Sus defensores indican que es más robusto que CAP.

- **Línea virtual múltiple (MVL, Multiple Virtual Line).**
- **Multifrecuencia discreta de ondas (DWMT, Discrete Wavelet Multitone).** Utiliza la transformada de ondas para demodular portadoras individuales.
- **Codificación simple de línea (SLC, Simple Line Code).** Versión de la codificación en cuatro niveles eliminando la banda base y restaurándola en destino.

En la actualidad, hasta la estandarización por parte de ITU de las técnicas de codificación a emplear, los fabricantes de módems están empleando básicamente DMT y CAP.

9.11.- Comunicaciones móviles

La tecnología de mayor crecimiento en los últimos tiempos ha sido la telefonía móvil, y esto hasta tal punto que ha desbordado las previsiones más optimistas. Ésta es una de las razones por la que se inicia aquí un estudio a modo de introducción, aunque no es la única: la telefonía móvil pretende ser uno de los medios de acceso a redes más utilizados.

9.11.1.- Telefonía móvil analógica y digital

Es preciso hacer una distinción entre los dos modos fundamentales de hacer telefonía móvil: analógico y digital. Para ello se establece la tabla adjunta en la que se enumeran las ventajas e inconvenientes de cada método. La importancia de esta diferenciación radica en que, salvo la telefonía de voz que funcionalmente es similar, el tipo de servicio prestado puede ser muy diferente en un caso o en otro. Cuando se elige un teléfono móvil, realmente se está eligiendo también una red o un conjunto de redes que proporcionen cobertura a este teléfono, y estas redes pueden ser analógicas o digitales.

9.11.2.- La red GSM

En 1982 la CEPT (Conference of European Post and Telegraphs) forma una comisión de estudio denominada Group Special Mobile (GSM), aunque en la actualidad **GSM** son las siglas de Global System for Mobile Communication. El objeto de este sistema de comunicaciones supone la mejora de la calidad de voz, el bajo coste del terminal, proporcionar soporte internacional (roaming), incrementar la flexibilidad frente a ampliaciones y la compatibilidad con RDSI. La telefonía móvil puede ser analógica o digital, no hay que confundirlas porque sus prestaciones son muy distintas, especialmente en cuanto a los servicios añadidos se refiere.

Características generales de la red GSM

El sistema de comunicaciones móviles mediante la tecnología GSM es una tecnología digital que está compuesta de tres unidades funcionales que se describen a continuación:

- ❖ **Estación móvil.** Está compuesta por el terminal (normalmente un teléfono móvil) y una tarjeta SIM (Subscribe Identify Module), que identifica al usuario independientemente del terminal telefónico que esté utilizando.
- ❖ **Subsistema de estación base.** Está compuesta por una estación transceptora (**BTS**) y un controlador de la estación base (**BSC**). Entre estos dos elementos se

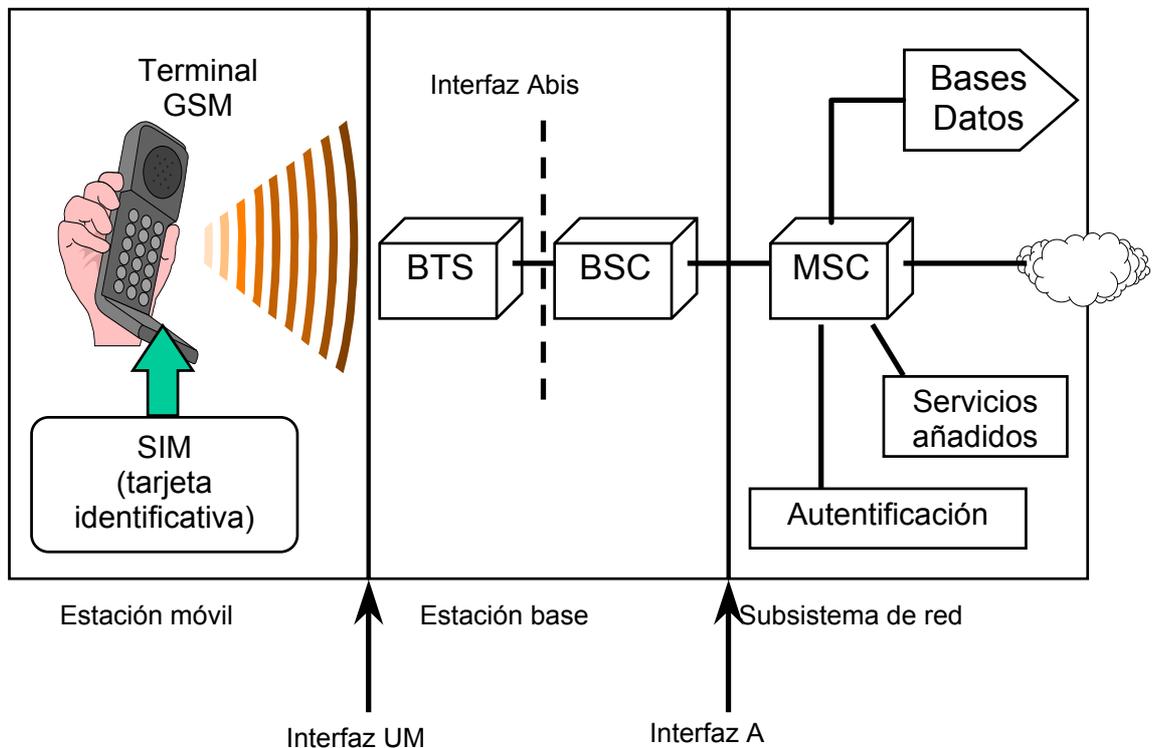
coloca un interfaz denominado Abis, que permite la operación entre elementos de distintos suministradores.

- ❖ **Subsistema de red.** El componente principal es el **MSC** o *centro de conmutación de servicios*, encargado de todas las tareas informáticas: registrar, autenticar, actualizar la localización de los terminales móviles, proporcionar los servicios añadidos, etc. El MSC interactúa con información residente en bases de datos tales como la **HLR** (registro de posiciones base) y la **VLR** (registro de posiciones de visitantes), que controlan la posición de los terminales en cada momento.

El enlace entre los terminales y la estación base BTS se realiza por radio, con bandas comprendidas entre los 890 a 915 MHz, mientras que la conexión BTS a terminales utiliza la banda de 935 a 960 MHz. En ambos casos se utiliza para la transmisión de señales técnicas de multiplexación en el tiempo y en la frecuencia.

Cada canal de comunicación emplea un ancho de banda de 200 kHz, por lo que son posibles hasta 124 canales en cada enlace con la BTS. El sistema comprime los datos mediante técnicas **PCM**. El algoritmo utilizado para realizar esta compresión es el **GSM 06.10 RPE/LTP** (*Regular Pulse Excitation/Long-Term Predictor*). La distribución geográfica se hace mediante un sistema de células que recubren todo un territorio geográfico denominado «cobertura del servicio».

Existen cinco tipos de terminales móviles, clasificados por la potencia máxima a la que pueden transmitir, que son de 20, 8, 5, 2 y 0,8 vatios; sin embargo, se recomiendan terminales de cinco o más vatios para teléfonos de mano y, por encima de 8 vatios, los instalados en vehículos.



Servicios de la red GSM

Los servicios proporcionados por las comunicaciones GSM se dividen en dos grandes grupos claramente diferenciados, aunque incorporan una gran cantidad de servicios suplementarios semejantes a los proporcionados por otras redes digitales como RDSI.

- ❖ **Servicios portadores.** Son los servicios básicos proporcionados por la red GSM que permiten el acceso a otras redes mediante transmisiones a 300, 1.200, 2.400, 4.800 y 9.600 bps en modo dúplex y asíncrono. La interconexión se puede producir con la RTC y con RDSI. Utiliza transmisiones desde 2.400 hasta 9.600 bps para el acceso a Iberpac.
- ❖ **Teleservicios.** A través de GSM se puede acceder a los servicios propios de telefonía, videotexto, teletexto, fax, mensajería, etc. Otra característica de interés es el servicio **SMS** (*Short Message Service* o *Servicio de Mensajes Cortos*), que consiste en un sistema de mensajería bidireccional para el intercambio de mensajes alfanuméricos breves de unos 160 caracteres de longitud. Los portales en Internet de algunos operadores telefónicos implementan también este servicio a través de sus páginas web, de modo que desde la web se puedan enviar mensajes SMS a un teléfono móvil.

Evolución de las redes de telefonía móvil: UMTS

Las redes de telefonía móvil han ido evolucionando y lo siguen haciendo a una velocidad vertiginosa. Este desarrollo se ha clasificado en una serie de fases o generaciones:

- ❖ **Móviles de primera generación.** Son los primeros teléfonos móviles que existieron, basados exclusivamente en tecnología analógica.
- ❖ **Móviles de segunda generación.** En este caso, los móviles dan el salto a la tecnología digital. por ejemplo GSM.
- ❖ **Móviles de tercera generación.** Siguen siendo digitales, pero incorporan servicios de gran ancho de banda. acceso a Internet, etc. Un ejemplo de estándar en esta generación móvil es UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, sistema de telecomunicaciones móviles universales).

La telefonía UMTS es el núcleo de la tecnología de telefonía móvil de tercera generación, 3G en la nomenclatura de los operadores telefónicos. Con el fin de asegurar el éxito en los servicios 3G han de proporcionarse a los usuarios unas comunicaciones muy eficientes y fáciles de utilizar. Algunos de estos servicios pueden ser los que se detallan a continuación:

- *Transmisión simétrica/asimétrica de alta fiabilidad.*
- *Velocidades de 384 kbps en espacios abiertos y 2 Mbps con baja movilidad.*
- *Uso de ancho de banda dinámico en función de la aplicación.*
- *Soporte de conmutación de paquetes y de circuitos.*
- *Acceso a Internet y todos sus servicios, incluidos audio y video.*
- *Diferentes servicios simultáneos a través de una sola conexión.*
- *Calidad de voz como en la red fija.*

- *Mayor capacidad y uso eficiente del espectro radioeléctrico.*
- *Personalización de los servicios en función del perfil del usuario.*
- *Servicios dependientes de la posición.*
- *Cobertura mundial con servicios terrestres y por satélite.*

La evolución de GSM (segunda generación) hacia UMTS (tercera generación) implica unos cambios en las técnicas de transmisión y en los servicios prestados que los operadores móviles han empezado a transformar.

En la implantación de los sistemas 3G de telefonía móvil, juega un papel importante el Foro UMTS, organismo independiente creado en 1996 y que se encarga de introducir y desarrollar el estándar UMTS, que define como: «Un sistema de comunicaciones móviles que ofrece significativos beneficios a los usuarios, incluyendo una alta calidad y servicios inalámbricos multimedia sobre una red convergente con componentes fijos, celulares y por satélite. Suministrará información directamente a los usuarios y les proporcionará acceso a nuevos y novedosos servicios y aplicaciones. Ofrecerá comunicaciones personales multimedia al mercado de masas, con independencia de la localización geográfica y del terminal empleado». Actualmente el estándar 3G está basado, como veíamos antes, en la evolución de las redes GSM y de él se ocupa la 3GPP (Third Generation Partnership Project) del que participan muchas otras asociaciones mundiales como el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI).

Para Europa, ETSI recomienda anchos de banda con canales de 60 MHz en las bandas de frecuencia de 1.920 a 1.980 MHz para subida y de 2.110 a 2.170 MHz para bajada. Sin embargo, estas bandas de frecuencia pueden cambiar con el país en el que trabaja el operador de comunicaciones.