
Introducción

PID_00268537

Enric López i Rocafiguera
Pere Barberán Agut

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 2 horas



**Enric López Rocafiguera**

Ingeniero de Telecomunicaciones, en la especialidad de Comunicaciones por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona, de la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor de Redes de comunicaciones y Redes de computadores, en las carreras de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Ingeniería Técnica Industrial e Ingeniería Técnica Informática en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Vic (UVic). Miembro del grupo de la UVic. Profesor del máster de Tecnologías de la información y la comunicación en la empresa. Ha sido jefe del Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, y miembro del Consejo de Dirección del EPS de la UVic.

**Pere Barberán**

Ingeniero de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor de la Escuela Universitaria Politécnica de Mataró donde forma parte del Área de Redes y Servicios. De 2005 a 2010 ha sido director del Departamento de Telecomunicaciones y Arquitectura de Computadores. Actualmente responsable del laboratorio de *networking* TCM NetLab en la Fundación Tecnocampus Mataró-Maresme.

La revisión de este recurso de aprendizaje UOC ha sido coordinada por el profesor: Ferran Adelantado Freixer (2019)

Segunda edición: septiembre 2019

© Enric López i Rocafiguera, Pere Barberán Agut

Todos los derechos reservados

© de esta edición, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realización editorial: FUOC

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Conceptos básicos sobre redes	7
1.1. Red de comunicaciones	7
1.1.1. Clasificación de las redes según la explotación: públicas y privadas	7
1.1.2. Interconexión de redes	8
1.1.3. Clasificación de las redes según la cobertura y la tecnología: LAN y WAN	9
1.2. Las redes WAN	10
1.3. Modelos de referencia. El modelo OSI	11
1.3.1. El modelo OSI	11
1.3.2. Conceptos básicos de OSI	12
1.3.3. Estructura en niveles. Funcionalidad de cada nivel	12
1.3.4. Comunicación entre niveles OSI	14
1.4. Red conmutada	16
1.4.1. Conmutación	16
1.4.2. Multiplexación	16
1.5. Clasificación de los tipos de conmutación de datos	18
1.6. Servicios de red	19

Introducción

Este módulo describe los conceptos básicos y las diversas clasificaciones existentes de las redes de transmisión de datos.

Además, se repasa el concepto de arquitectura de protocolos en capas para acabar definiendo el modelo de referencia para la interconexión (OSI). Este modelo nos permite describir las diversas funciones de un sistema de comunicaciones.

Objetivos

Estos materiales didácticos deben permitir que alcancéis los objetivos siguientes:

- 1.** Conocer los diferentes tipos de redes de comunicaciones: clasificación y estructura.
- 2.** Conocer el concepto de protocolo en capas y el modelo de referencia para la interconexión OSI.
- 3.** Conocer los principios básicos de funcionamiento de las redes WAN.
- 4.** Diferenciar las diversas técnicas de conmutación de datos.

1. Conceptos básicos sobre redes

1.1. Red de comunicaciones

Un sistema de telecomunicación es un conjunto de medios de tipo físico, lógico y organizativo que permite ofrecer un servicio de telecomunicación. Está formado por una red, por equipos terminales y por recursos técnicos y humanos adicionales para mantenerlo, gestionarlo y explotarlo. ⚠

Podemos definir una red de comunicaciones como un conjunto de medios de transmisión y conmutación para el envío de información entre puntos separados geográficamente.

Esta definición resulta muy general y actualmente se dan muchos tipos de implementaciones diferentes que responden a necesidades específicas, como redes de acceso de datos, redes troncales, redes sin hilo, etc.

Aunque puedan establecerse multitud de criterios, las redes se clasifican, tradicionalmente, según tres parámetros: velocidad de acceso, cobertura y tipo de propiedad/explotación.

1.1.1. Clasificación de las redes según la explotación: públicas y privadas

Según el modo de administrar las redes, podemos hablar de los siguientes tipos de redes:

1) **Red pública.** Es una red que alquila líneas de comunicación a los usuarios para conectarlos con otros usuarios o con servidores. En estas redes el usuario no administra las líneas de comunicaciones, sino que éstas se encuentran administradas por el operador de telecomunicaciones. El requisito necesario para poder utilizarla es disponer de los medios técnicos para poder conectarse. Estas redes suelen usar tecnología WAN y los protocolos correspondientes.

2) **Red privada.** Es una red que administra sus propias líneas de comunicaciones. Son redes que operan con una finalidad determinada y los usuarios pertenecen a una corporación o a varias corporaciones con intereses comunes.

3) **Red privada virtual.** Es una red privada, es decir, administrada por el propietario de la red, pero que utiliza una red pública, es decir, administrada por un operador para interconectar a sus usuarios. Estas redes pueden usar tecnología LAN o WAN.

WAN es la sigla de *wide area network*.

LAN es la sigla de *local area network*.

Ejemplos de redes privadas

Algunos ejemplos de redes privadas son redes diseñadas para aplicaciones muy específicas (reserva de billetes), redes de empresas, redes militares, redes multiorganizativas (cajeros automáticos). Estas redes pueden usar tecnología LAN o WAN.

1.1.2. Interconexión de redes

La interconexión de redes está formada por una colección de redes individuales conectadas por dispositivos de interconexión y que funciona como una red única.

Interconexión de redes es en inglés *internetworking*.

La red Internet es el ejemplo más común; es una única red que conecta millones de computadores. Así, la interconexión de redes hace referencia a la industria y productos que están relacionados con el diseño, implementación y administración de redes interconectadas.

La interconexión de redes ha evolucionado como una solución a tres problemas:

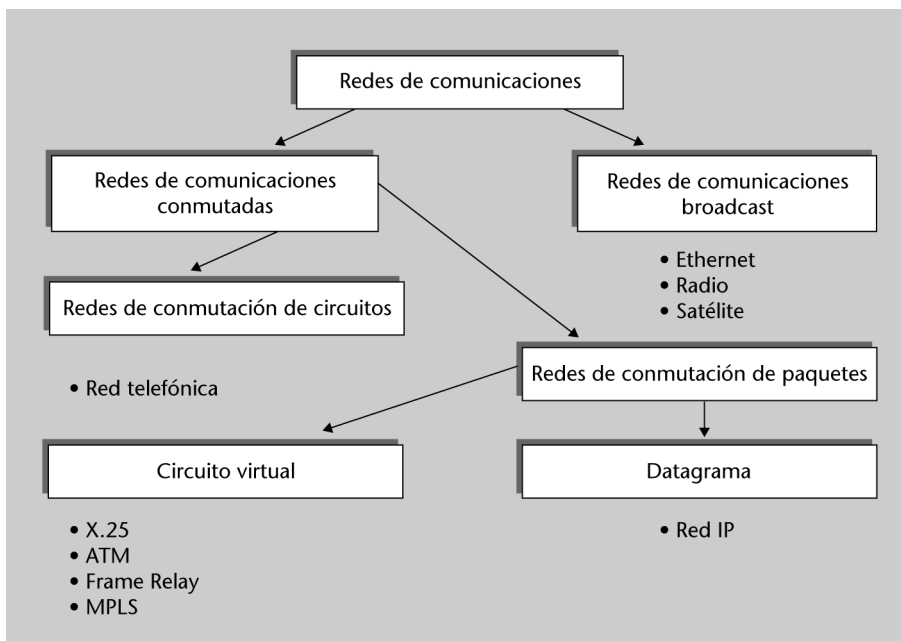
- aislamiento de las redes LAN,
- duplicación de recursos,
- falta de gestión de red.

La duplicación de recursos se refiere al hecho de tener el mismo hardware y software, además de un departamento u oficina; la gestión de red, al hecho de que no existía un método de gestión y resolución de problemas centralizado.

Desarrollar una *internetwork* no es una tarea sencilla. Hay que afrontar diversos retos asociados a las siguientes áreas: conectividad, fiabilidad, gestión de red y flexibilidad, entre otras.

El reto final cuando conectamos sistemas diversos es poder soportar una comunicación entre tecnologías dispares.

Figura 1. Clasificación de las redes de comunicaciones



Una clasificación muy interesante de las redes de comunicaciones permite dividir las en dos categorías: **redes de comunicaciones conmutadas** y **redes de comunicaciones broadcast**. Como se muestra en la figura anterior, las redes conmutadas se pueden clasificar a la vez en **conmutación de circuitos** y **conmutación de paquetes**. La conmutación de paquetes, nuevamente, se puede clasificar en **redes orientadas para la conexión** y **redes sin conexión**.

En la conmutación de circuitos, para que dos usuarios se puedan comunicar hay que tener un circuito o conexión establecida dentro de la red. El ejemplo típico es la red telefónica. Durante la transmisión, la conexión es dedicada, aunque no se transfiera ningún tipo de información.

La conmutación de circuitos es una buena solución para la voz, pero no es una solución óptima para la transferencia de datos mediante ráfagas.

En el caso de conmutación de paquetes, la información se envía en paquetes, los cuales pasan a través de la red de nodo a nodo hasta llegar al destino. Para tener un servicio fiable, se incorporan mecanismos de control de errores y de flujo. La conmutación de paquetes puede usar dos técnicas diferentes: el **circuito virtual** y los **datagramas**.

Una red *broadcast* tiene un único canal de comunicación que se comparte por todas las estaciones. Los datos transmitidos por una estación son recibidos por todas las estaciones. Para regular la orden de transmisión, existen técnicas de control de acceso al medio. Las redes de paquetes radio o las redes de comunicación vía satélite son ejemplos típicos de redes *broadcast*.

1.1.3. Clasificación de las redes según la cobertura y la tecnología: LAN y WAN

Podemos realizar una clasificación de las redes de computadores según su tecnología y el área de cobertura de la manera siguiente:

1) **Redes de área local (LAN)**. Se caracterizan por tener velocidades de acceso elevadas (de 0,2 a 16 Mbit/s y hasta 1.000 Mbit/s) y se encuentran diseñadas para cubrir un área geográfica reducida, como un edificio, un campus o una empresa (de 200 m a 5 km) y de propiedad/explotación privada. Están pensadas para satisfacer las necesidades internas y utilizan estándares del IEEE.

2) **Redes de área metropolitana (MAN)**. Se caracterizan por poseer velocidades de acceso muy elevadas (de 30 a 150 Mbit/s y hasta los 10 Gbit/s). Están destinadas a cubrir las necesidades de una ciudad o una zona de perímetro de radio de unos 10 a 50 km. Su propiedad/explotación se halla entre pública y privada. Los operadores suelen ser las empresas que ofrecen servicios con redes de comunicaciones públicas y permiten unir redes LAN.

Técnica de conmutación de paquetes

Ejemplos de redes que trabajan con la técnica de circuitos virtuales serían ATM, Frame Relay o MPLS; mientras que en el caso de datagramas, tenemos la red IP.

Ejemplos de redes LAN

Algunos ejemplos de redes LAN son Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring (IEEE 802.5), AppleTalk (propietaria de Apple), etc.

MAN es la sigla de *metropolitan area network*.


3) Actualmente se confunden con las redes de área local y de gran alcance de alta velocidad. Utilizan estándares IEEE. Ejemplos de este tipo de redes son actualmente Metro Ethernet o Multiprotocol Label Switching (MPLS).

4) **Redes de gran alcance (WAN)**. Se caracterizan por tener una velocidad de acceso muy variada (de 1 a 64 Kbit/s y hasta Mbit/s) y están diseñadas para cubrir todo el planeta. Son construidas y se encuentran gestionadas por empresas que ofrecen servicios públicos a cada país, incluidas las administraciones públicas o empresas que hacen uso de la red pública como soporte para establecer sus enlaces. Utilizan estándares internacionales normalmente desarrollados por la ITU-T. La más extendida es **Internet**. Otros ejemplos de este tipo de redes son la red telefónica conmutada y la RDSI, las redes de datos con estándar X.25, etc.

IEEE y ITU-T

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Section) son dos organismos estandarizadores internacionales.

1.2. Las redes WAN

Las redes WAN son redes de ámbito estatal o mundial que han de atravesar espacios públicos o privados no relacionados con la red. Por ello requieren un diseño completamente diferente y, además, se obligan a confiar en algún organismo, público o privado, que tenga potestad para extender las líneas de comunicación por espacios públicos. 

Las redes WAN dependen de las leyes elaboradas por las autoridades del ámbito donde actúan (locales, autonómicas, estatales, europeas, etc.) y son propiedad de empresas que ofrecen el servicio de telecomunicaciones. La gestión de la red la poseen los operadores de telecomunicaciones, como lo son las compañías telefónicas. Estas empresas deben ofrecer el servicio sin discriminación.

Extensión de las redes WAN

Las redes WAN se extienden más allá del alcance que pueden controlar sus usuarios: atraviesan calles, ciudades, países.

Las tecnologías WAN operan en las tres capas inferiores del modelo OSI, lo que implica que permitan disponer de una gran conectividad entre diferentes tipos de redes y de sus propios protocolos. Las WAN permiten acceder a:

- Otras redes LAN (propias) o WAN.
- Otros terminales remotos, ya sean privados o de la misma empresa.
- ISP (Internet Service Provider): proveedores de servicios de Internet que ofrecen servicios de correo electrónico, web o noticias (*news*).

Así como las principales limitaciones de las redes LAN son el número de terminales conectados y su cobertura, una WAN es una red que permite conectar un gran número de terminales a grandes distancias.

Los ISP son redes privadas que permiten el acceso a Internet.

La topología de la red no es un factor crítico a la hora de diseñar una red WAN, contrariamente a lo que ocurre con las redes de área local. Lo mejor sería interconectar los nodos en forma de malla, pero ello no es viable. En la práctica, lo único que es necesario es que exista un camino por medio de la red para poder transmitir la información entre cualquier par de terminales.

En el apartado 1.4, veremos los principios de funcionamiento y las características más importantes de este tipo de redes y analizaremos algunos de los aspectos clave de su diseño. Presentaremos también algunos ejemplos de redes de gran alcance que podemos encontrar hoy en día.

1.3. Modelos de referencia. El modelo OSI

Cuando se plantea el diseño de una red, tenemos que solucionar diversos problemas que nos permitan conseguir una comunicación eficaz y transparente entre equipos finales: transmisión de bits, acceso al medio de transmisión, control de errores, cifrado de los datos, etc. Para poder cubrir todos estos aspectos de forma sencilla, se aborda el diseño en capas, lo que quiere decir que se agrupan funciones o tareas relacionadas. Eso permite obtener un sistema más modular y, en consecuencia, más flexible.

El modelo en capas permite simplificar el diseño y la implementación de las redes de datos. Esta simplificación se consigue mediante la división en los diferentes niveles de abstracción y la independencia entre estos niveles. Cada capa o nivel realiza un conjunto de tareas que ofrecen servicios en la capa superior. La implementación de cada una de estas funciones o tareas es transparente para las otras capas, de manera que, con una correcta definición de las interfaces entre las capas, se consigue una verdadera independencia.

Al conjunto de capas definido y a las funciones asociadas a las mismas se les denomina *modelo de referencia*. Desde todos los puntos de vista, interesa la existencia de estándares que permitan que haya básicamente competencia.

1.3.1. El modelo OSI

El modelo de referencia OSI describe cómo, en un ordenador, desde un software de aplicación, la información se mueve, a través de la red, a un software de aplicación de otro ordenador.

En 1977 la ISO llegó a la conclusión de que, debido a la complejidad de las tareas de las comunicaciones, no era suficiente una normalización, sino que era necesario dividir las funciones en partes que se pudieran ajustar mejor y organizarlas como una arquitectura de comunicaciones. En 1984, el comité de estandarización ISO creó un listado con todas las funciones que se requieren para enviar datos y las dividieron en siete categorías o niveles. Este modelo se conoce como modelo OSI (*open system interconnection model*); es un modelo conceptual.

Algunos de los organismos más conocidos en el mundo de las redes y las comunicaciones son los siguientes:

ISO (International Organization for Standardization),
IAB (Internet Architecture Board),
ITU (International Telecommunication Union),
ETSI (European Telecommunication Standards Institute),

Estándar

Norma aceptada de forma general. Puede ser de facto, por medio de un proceso espontáneo o como consecuencia de una aceptación formal.

OSI es la sigla de *open system interconnection model*.

Nota

No hemos de confundirnos: ISO es la organización y OSI es el modelo.

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers),
ANSI (American National Standards Institute),
NIST (National Institute of Standards and Technology),
EIA (Electronic Industries Alliance).

Lo más importante de este modelo (y por este motivo se explica incluso que se pueda considerar obsoleto) es el hecho de que sirve como modelo de referencia, es decir, permite saber las funciones básicas de los protocolos “reales” en función de su situación dentro del modelo OSI.

El modelo OSI representa todas las cosas que tienen que suceder para enviar datos. Lo que hay que recordar es que el modelo no especifica cómo se tienen que hacer estas cosas, sino lo que se tiene que hacer.

1.3.2. Conceptos básicos de OSI

En este subapartado se definirán diversos conceptos que se utilizan muy a menudo dentro del modelo OSI.

- **Servicio.** Es un conjunto de primitivas que una capa proporciona a la capa siguiente superior. El servicio define las operaciones que la capa efectuará al servicio de sus usuarios, pero no dice nada de cómo se realizarán estas operaciones. Un servicio se refiere a una interfaz entre las capas, de manera que la capa inferior es la que provee el servicio y la superior la que lo utiliza.
- **Protocolo.** A diferencia del servicio, es un conjunto de reglas que gobiernan el formato y el significado de las tramas, paquetes o mensajes que son intercambiados por las entidades corresponsales dentro de una capa.
- **Interfaz.** La interfaz indica dónde se ofrece el servicio, es decir, dónde hay que dirigirse para solicitar el servicio.

Para cada nivel se definen diversos servicios y se implementan mediante protocolos. El lugar situado entre dos capas donde se tiene que dirigir el usuario para que se le ofrezca un servicio es el punto de acceso al servicio (SAP).

1.3.3. Estructura en niveles. Funcionalidad de cada nivel

Como es sabido, los siete niveles son los siguientes:

- 1) **Nivel 7. Aplicación.** Es el nivel OSI más próximo al usuario, lo que quiere decir que tanto el nivel OSI como el usuario interactúan directamente con el software de aplicación.
- 2) **Nivel 6. Presentación.** Proporciona funciones de codificación y conversión que son aplicadas a los datos de aplicación. Estas funciones aseguran que la información enviada desde el nivel de aplicación de un sistema sea inteligible para el nivel de aplicación del otro sistema.

3) **Nivel 5. Sesión.** Establece, gestiona y finaliza las sesiones de comunicación. Las tareas específicas son: control de diálogo y sincronización.

4) **Nivel 4. Transporte.** Acepta datos del nivel de sesión y segmenta los datos para su transporte por la red. Es el responsable de la entrega de extremo a extremo de todo el mensaje. Las tareas principales son: menaje en punto de servicio, segmentación y reensamblaje, control de conexión y control de errores.

5) **Nivel 3. Red.** Es el encargado de la entrega de paquetes desde el origen hasta el destino. Las tareas más importantes son: menaje lógico y encaminamiento.

6) **Nivel 2. Enlace.** Proporciona una transmisión fiable al enlace físico de red. Las tareas más importantes son: entramado, menaje físico, control de flujo y control de errores.

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ha subdividido el nivel de enlace:

- control lógico del enlace (*logical link control, LLC*),
- control de acceso al medio (*media access control, MAC*).

7) **Nivel 1. Físico.** Define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico de comunicación entre dispositivos de red.

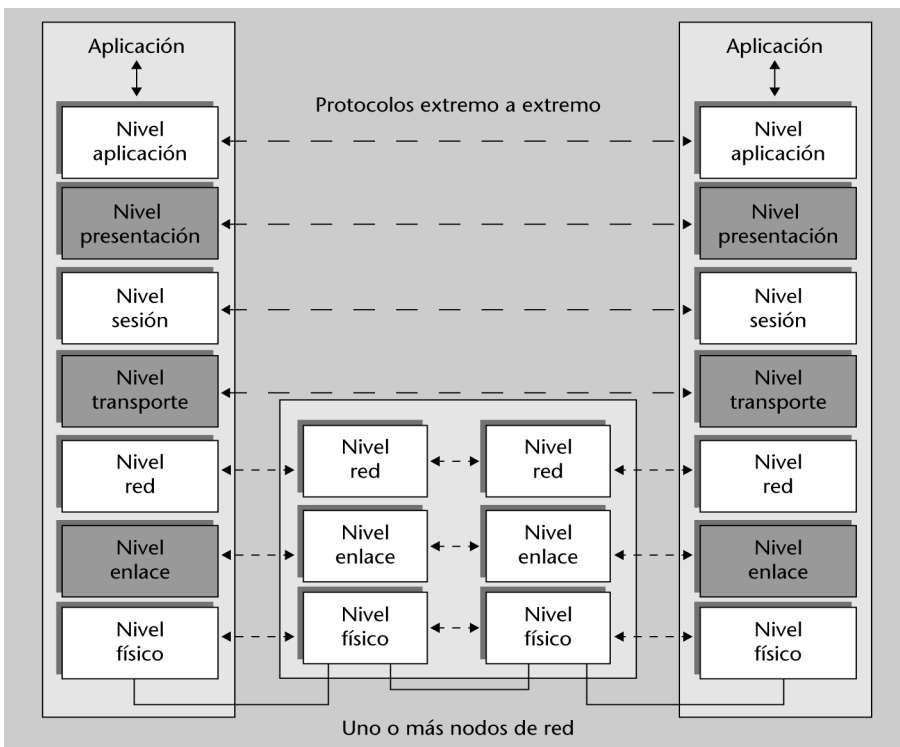
La entrega

Hay que diferenciar entre la entrega que se hace en el transporte y en la red. En este segundo caso se realiza entre dispositivos, mientras que en el caso de la capa de transporte la entrega de mensaje es entre "procesos" dentro del dispositivo. Puedo tener diversos procesos en un mismo dispositivo, y, por lo tanto, hay que enviar el mensaje al proceso correcto.

Nota

Es importante no confundir el menaje físico con el menaje lógico. En el primer caso está ligado a una red específica, mientras que en el segundo caso se encarga del menaje, independientemente de la red donde nos encontramos.

Figura 2. Modelo de referencia OSI



Estos niveles se pueden agrupar en niveles altos (5-7) y niveles bajos (1-4). Los niveles altos están asociados a servicios y los bajos, al transporte de datos.

A la vez, actualmente los tres niveles altos se suelen agrupar en un único nivel, llamado de aplicación.

Hay funciones que son responsabilidad de todas las capas, como pueden ser el control de errores, el control de flujo, el menaje y la seguridad. Cada capa realizará lo que está dentro de su alcance en este nivel, con lo que contribuirá a la función general. Por ejemplo, el control de flujo se realizará en diferentes capas para poder controlar punto a punto (capa de enlace) y extremo a extremo (capa de transporte).

El modelo OSI, como hemos dicho, proporciona un marco de trabajo conceptual para la comunicación entre ordenadores, pero el modelo en sí mismo no es un método de comunicación. Las comunicaciones actuales son posibles gracias al uso de los protocolos de comunicaciones.

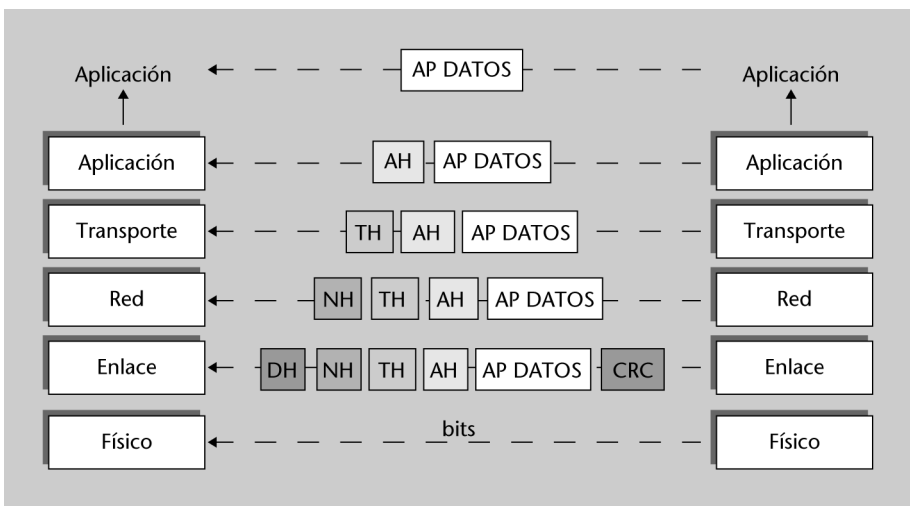
Un protocolo es un conjunto formal de reglas y convenciones que gobiernan el modo como los ordenadores intercambian la información a través de la red.

1.3.4. Comunicación entre niveles OSI

En términos del modelo OSI, la información se intercambia entre parejas del mismo nivel, es decir, del nivel de aplicación de un cliente hasta el nivel de aplicación del otro. Para conseguir eso, la información de capa de aplicación tiene que pasar por niveles inferiores del mismo ordenador. Además, los datos de cada nivel son encapsulados por la cabecera apropiada de cada nivel. Así, cada nivel añade su propia información al mensaje recibido del nivel superior y todo el paquete pasa al nivel inferior. La información se añade en forma de cabecera o cola.

Cabecera o cola
 Las cabeceras se añaden a los datos en los niveles 6, 5, 4, 3 y 2. Las colas se añaden habitualmente en el nivel 2.

Figura 3. Comunicación entre niveles OSI



El grupo de datos usado para el intercambio de información en un nivel OSI concreto se conoce como unidad de datos del protocolo (PDU). Así, el PDU en el nivel 4 se llama segmento; en el nivel 3, paquete, y en el nivel 2, trama.

PDU es la sigla de *protocol data unit* (unidad de datos del protocolo).

Como veis, el tamaño total de la información se va incrementando a medida que se va bajando de nivel.

- **¿Con quién interactúa cada nivel?** Cada nivel interactúa con el nivel que tiene directamente por encima, con el que tiene directamente por debajo y con el mismo nivel del dispositivo remoto.
- **¿A quién ofrece servicios cada nivel?** Cada nivel ofrece servicios a los niveles adyacentes.

Vamos a explicarlo con calma. Hay tres elementos básicos involucrados en los servicios de un nivel: el usuario del servicio, el proveedor del servicio y el punto de acceso al servicio (SAP).

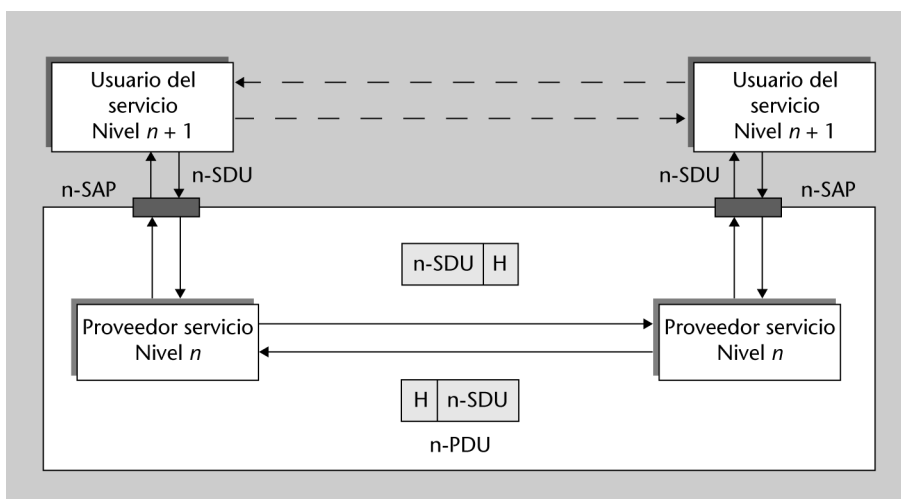
SAP es la sigla de *service access point* (punto de acceso al servicio).

En este contexto, el usuario del servicio es el nivel OSI que demanda un servicio del nivel OSI adyacente. El proveedor es el nivel OSI que proporciona el servicio al usuario. Los niveles OSI pueden ofrecer servicio a múltiples usuarios de servicio. Finalmente, el SAP es un punto conceptual que permite la interacción de un nivel con el suyo adyacente para demandar servicios.

Los niveles OSI tienen diversos mecanismos de control de información entre niveles iguales de ordenadores diferentes. Estos mecanismos de control son instrucciones y peticiones específicas entre capas OSI del mismo nivel.

Esta información de control está asociada normalmente a las cabeceras. Cada nivel suele incluir las suyas propias. Así, la parte de datos de una capa puede incluir cabeceras de las capas superiores. Eso se conoce, como ya hemos dicho anteriormente, con el nombre de encapsulamiento.

Figura 4. Comunicación vertical y horizontal



Como se ve en la figura, la PDU de nivel n está formada por el Service Data Unit (SDU) de este mismo nivel (información que hay que enviar) y la cabecera de la capa n . Esta PDU pasaría al nivel inferior $n-1$ a través del punto de acceso al servicio; con lo que se convertirá en la SDU del nivel $n-1$.

1.4. Red conmutada

Según la conexión entre los puntos remotos de una red conmutada podemos distinguir los siguientes tipos de red:

- **Punto a punto.** No se comparten recursos.
- **Red conmutada.** Se comparten recursos con otras empresas. Una empresa de servicios gestiona la asignación de estos recursos.
- **Mixtas.** Se utilizan redes punto a punto para las conexiones de más tráfico y conmutadas para las de tráfico menor.

Los nodos de una WAN son **conmutadores de acceso** o **troncales** y son los elementos básicos que componen la red WAN. Las funciones básicas de estos nodos son las siguientes:

- **Conmutación:** transmiten los datos desde los puertos de entrada a cualquiera de los puertos de salida.
- **Multiplexación:** comparten la capacidad de la línea.

Los nodos realizan las funciones de conmutación y multiplexación.

1.4.1. Conmutación

La conmutación permite la transmisión de información desde un nodo de origen hasta otro de destino a través de un medio compartido, gracias a los nodos intermedios que actúan como elementos activos en el encaminamiento de la información, dirigiendo los datos. Por lo tanto, permiten:

- Encaminar (*routing*).
- Gestionar la red, el tráfico y la congestión.

1.4.2. Multiplexación

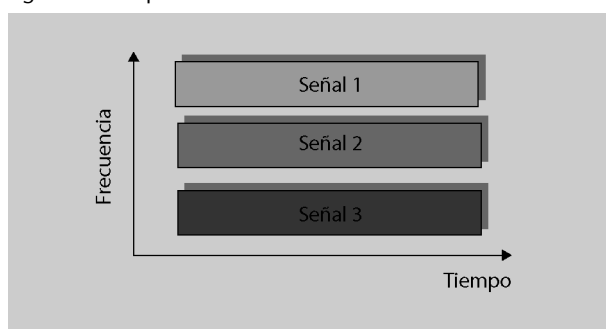
Multiplexar consiste en compartir la capacidad de la línea de manera que se pueda conseguir una mayor eficiencia y, por lo tanto, una utilización óptima. Las tres principales técnicas de multiplexación en comunicaciones son las siguientes:

- FDM, multiplexación por división de frecuencia,
- TDM síncrono, multiplexación por división de tiempo,
- TDM estadístico o asíncrono.

1) **FDM (*frequency division multiplexing*)**. Las diferentes señales, de banda limitada, se modulan en varias portadoras bastante separadas en frecuencia y se transmite la suma de ellas. La modulación supone una translación del espectro de las señales. De esta manera, las diferentes señales, aunque se transmiten simultáneamente en el tiempo, quedan separadas desde el punto de vista frecuencial.

La recuperación de las señales originales en el receptor (desmultiplexación) se efectúa por medio de filtros pasabanda y de demoduladores. Las técnicas de FDM son básicamente analógicas y conllevan un cierto coste y complejidad.

Figura 5. Multiplexación FDM

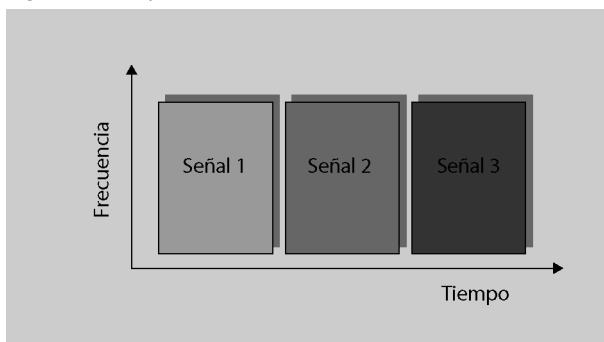


Ejemplos de utilización de técnicas de FDM

Algunos ejemplos de utilización de técnicas de FDM son la mayoría de las comunicaciones que se llevan a cabo sobre medios no guiados (difusión de radio y televisión, telefonía móvil, mensajería, etc.). También se utilizan en medios guiados (televisión por cable, algunas redes locales de banda ancha y las técnicas de WDM, *wavelength division multiplex*, es decir, el uso de varias portadoras luminosas, de colores, utilizadas para aumentar la capacidad de las fibras ópticas).

2) **TDM (*time division multiplexing*)**. Las señales digitales se trocean en grupos de bits o *bytes* que se transmiten a mayor velocidad que los originales, unos después de otros y siguiendo un proceso cíclico. En este caso, cada una de las señales utiliza toda la anchura de banda disponible en toda la transmisión pero nunca coincidiendo en el tiempo. La estructura de bits que transporta una parte de cada una de las señales para multiplexar, y que se repite cíclicamente en el tiempo, se llama *trama*. Dentro de ella, el grupo de bits que pertenece a una misma señal se denomina unidad de tiempo (*time slot*). Como una trama ha de contener las partes de información de todos los n canales para multiplexar en el mismo tiempo inicial, esta trama deberá tener una velocidad (en bit/s) n veces superior a la de las señales originales. Se puede decir que las técnicas TDM son básicamente digitales y para señales digitales, y su coste y complejidad son más reducidos.

Figura 6. Multiplexación TDM



Ejemplo de utilización de técnicas de TDM

Un ejemplo de digitalización y multiplexación son los canales de voz en las redes telefónicas: los canales analógicos de voz, con una anchura de banda de unos 3,1 kHz, se digitalizan en 8.000 muestras/s, codificando cada muestra con 8 bits; esto nos da el canal digital básico de 64 kbit/s de numerosas redes. En los enlaces troncales, el primer nivel de multiplexación se efectúa tomando 32 canales de 64 kbit/s cada uno. Ello constituye el llamado enlace E1, cuya velocidad es de 2,048 Mbit/s (de aplicación en Europa y otras partes del mundo excepto en Estados Unidos y Japón).

El acceso básico a la RDSI (red digital de servicios integrados), también denominado 2B+D, está construido por la multiplexación de 2 canales B (para tráfico de voz y datos) de 64 kbit/s cada uno y un canal D (para señalización usuario/red y datos a baja velocidad) de 16 kbit/s. El acceso primario a la RDSI se realiza a partir de un enlace E1 con algunas modificaciones.

3) TDM síncrono. Se trata de transmitir varios canales de información digital, intercalados en el tiempo. Esto se denomina multiplexación por división del tiempo (TDM). Las velocidades de transmisión de entrada son inferiores a las de salida, ya que se trata de una multiplexación TDM. Estos sistemas son síncronos, es decir, todos los relojes de todos los dispositivos implicados deben sincronizarse a partir de un reloj principal que pertenecerá a uno de los dispositivos.

4) TDM asíncrono o estadístico (STDM: *statistical TDM*). Este tipo de multiplexación asigna dinámicamente las unidades de tiempo según la demanda. A diferencia del TDM, en el que se dan n canales y n unidades de tiempo, en este caso existen n canales pero sólo k unidades de tiempo ($k < n$). La anchura de banda se aprovecha más con STDM, ya que con TDM, si un canal no posee información para enviar, se malgasta su anchura de banda. Generalmente, estos multiplexadores utilizan un protocolo asíncrono como puede ser el HDLC. A medida que llega información para transmitir, ésta es insertada en el campo de información de la trama HDLC. Los receptores descomponen la trama HDLC. Los multiplexadores estadísticos son ideales para la transmisión de datos de transmisiones asíncronas. No obstante, también pueden multiplexar protocolos síncronos.

HDLC

El HDLC (*high level data link control*) es un protocolo desarrollado por el ISO para gestionar la transferencia de información serie síncrona desde la perspectiva del nivel de enlace.

1.5. Clasificación de los tipos de conmutación de datos

El tipo de conmutación depende del tipo de comunicación, que puede ser analógico o digital. Las comunicaciones analógicas utilizan **conmutación de cir-**

cuitos, como es el caso de la telefonía convencional (RTC). Básicamente, las líneas de comunicaciones digitales pueden ser:

- por conmutación de circuitos y
- por conmutación de paquetes o de celdas.

Existen dos tipos de conmutación:

- **Conmutación de circuitos** (telefonía convencional, RDSI)
- **Conmutación de paquetes** (*X.25, frame relay*) **o de celdas** (ATM)

1.6. Servicios de red

Es necesario que distingamos entre servicio y red. Un servicio de telecomunicaciones es el valor añadido que percibe el usuario de una determinada red. Una red de comunicaciones es el conjunto de equipos y facilidades que proporciona un servicio de transferencia de información entre usuarios a distancia.

Servicios para la red telefónica conmutada

La telefonía, el fax y la transmisión de datos entre computadores son servicios soportados por la red telefónica conmutada.

En relación con los servicios, los podemos clasificar en los siguientes tipos:

- **Teleservicios.** Son los servicios que se ofrecen al usuario en calidad de equipo terminal y, por lo tanto, dependen del terminal utilizado. Por ejemplo, el servicio de telefonía.
- **Servicios portadores.** Son aquellos que se ofrecen entre puntos de acceso a la red, no entre terminales.

Ejemplo de servicio portador

El servicio portador de la red telefónica tradicional es aquel que permite el envío, entre puntos situados en cualquier lugar de la tierra, de señales analógicas en el margen de frecuencias comprendido entre 300 y 3.400 Hz, en modo *full-duplex*, con retardo inferior a unos 200 ms y con una distorsión y un ruido determinados. Este servicio portador es el que permite ofrecer los teleservicios de telefonía, facsímil, etc.

- **Servicios suplementarios (o servicios de valor añadido).** No son servicios en sí mismos, sino más bien mejoras o complementos de algún teleservicio.

Los servicios que ofrecen las redes también pueden clasificarse según la forma en que se establecen y finalizan. Así, se puede hablar de los siguientes servicios:

- 1) **Servicios orientados a conexión.** Estos servicios se realizan en tres fases:

Ejemplo de servicio suplementario

Servicios suplementarios asociados al teleservicio de telefonía lo son todas las facilidades de marcación abreviada, desviación de llamadas, cobro revertido, indicación de llamada en espera, etc.

- a) Fase de establecimiento de la llamada. Antes de estar disponibles requieren una fase donde se efectúa una reserva de recursos (físicos o virtuales). Los recursos pueden ser *buffers*, velocidad de transmisión, anchura de banda, canales, etc.
- b) Fase de transferencia de la información.
- c) Fase de desconexión de la llamada, donde se liberan los recursos reservados.

Ejemplo de servicio orientado a conexión

El servicio de telefonía es un servicio orientado a conexión, ya que se efectúa en las tres fases: una fase de establecimiento donde se especifica la dirección del destino, se analiza la viabilidad de establecer el servicio y se reservan los recursos necesarios en la red. Posteriormente, se pasa a la fase de conversación telefónica y, al final, a la fase de desconexión de la llamada, en la que se liberan los recursos reservados.

2) **Servicios no orientados a conexión.** En los servicios no orientados a conexión sólo se encuentra la fase de transferencia de la información. Estos servicios se hallan disponibles sin ningún procedimiento previo. En esta única fase se transfiere directamente la información encapsulada en paquetes sin que se dé una reserva previa de recursos. La red intentará transmitir los paquetes, pero no lo garantiza.

Ejemplo de servicio no orientado a conexión

Un ejemplo de servicio no orientado a conexión son las redes de datos IP (Internet protocol), donde los datagramas, que contienen la dirección de destino, se envían por la red sin ningún proceso previo ni posterior.