

Interconexión de redes. Justificación

- Fiabilidad. -> se divide la red
- Prestaciones. ->decrecen al aumentar el nº de dispositivos y la longitud del medio
- Seguridad. -> aisala trafico
- Geografía. ->varias LAN unidas
- Elevada variedad de Redes -> necesidad de comunicación LAN - LAN, LAN - WAN, WAN - WAN etc.

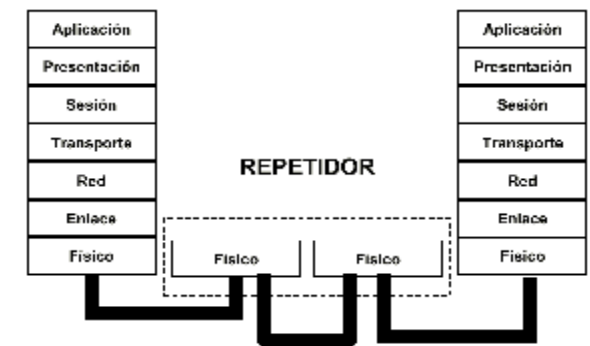
Repetidores

- Amplifican y regeneran la señal
- Transparentes al subnivel MAC y superiores
- Características
 - Permiten incrementar la longitud de la red
 - Operan con cualquier protocolo al trabajar solo con señales físicas
 - El retardo es mínimo, ya que no procesan tramas
 - Bajo coste debido a su simplicidad
 - No aíslan tráfico

Dispositivos para interconexión de redes

- Nivel físico -> repetidor
- Nivel enlace -> puente
- Nivel de red -> router (enrutador)
- Niveles superiores -> pasarela (gateway)
- Mixtos (brouter)

- Características
 - Se utiliza tanto en Redes de Área Local como en WAN
 - Unen segmentos de red, no redes
 - HUBs (concentradores) = repetidores multipuerto + gestión



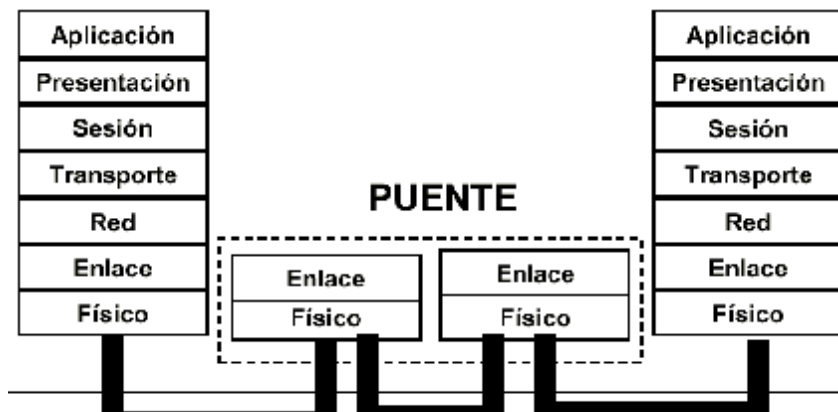
Puentes

- Operan a nivel de enlace ->Lógica y coste mayor
- Permiten aislar tráfico entre segmentos de red. (Nivel LLC común)
- Transparente para los niveles superiores
- Procesamiento de tramas ->retardo
- Filtrado de tramas por dirección física y protocolo
-

Tipos de puentes

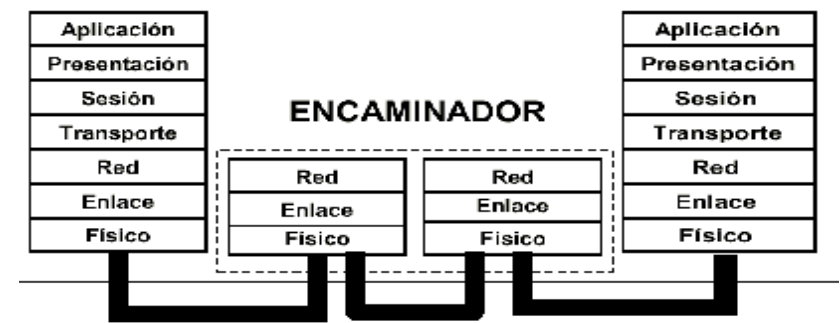
- **Por su funcionamiento:**
 - **Transparentes (802.1):** el puente sin conversión de formato de trama (entre redes del mismo tipo) -> lógica en el puente (tablas por aprendizaje)
 - **Con encaminamiento desde el origen (802.5):** redes Token Ring y FDDI -> logica en las estaciones (tablas)
 - **Puentes de medio heterogeneo** -> interconexión de redes distintas
 - **Switch** = puente multipuerto -> distintos dominios de colisión (por conmutación) => reducción de colisiones. Buffers
- **Por su alcance.**
 - **Locales:** interconectan LANs directamente
 - **Remotos:** para enlazar LANs a través de conexiones WAN (líneas dedicadas, enlaces X.25, Frame Relay o ATM).

- **Ventajas:**
 - Rendimiento (separan tráfico local)
 - Distancia (en Fast Ethernet 412 m)
 - Seguridad (separan medio broadcast)
 - Fiabilidad (un problema no afecta a toda la red)
 - Interoperabilidad (Ethernet-Token Ring)



Routers

- **Funciones**
 - Filtrado + encaminamiento
 - Encapsulación de protocolos
 - Se utilizan tanto en LAN como en WAN
 - Almacenamiento y reenvío ->Retardos
 - Direccionamiento jerárquico mediante tablas de rutas



Tipos de routers

- Por la forma de fijar las tablas de encaminamiento
 - Estáticos -> actualización manual
 - Dinámicos -> actualización automática, de forma continuada mediante los propios algoritmos de encaminamiento
- Según el control de los algoritmos de encaminamiento
 - Centralizados -> centro de control de red que determina las rutas
 - Distribuidos -> cooperación y comunicación entre los distintos routers

Conmutación

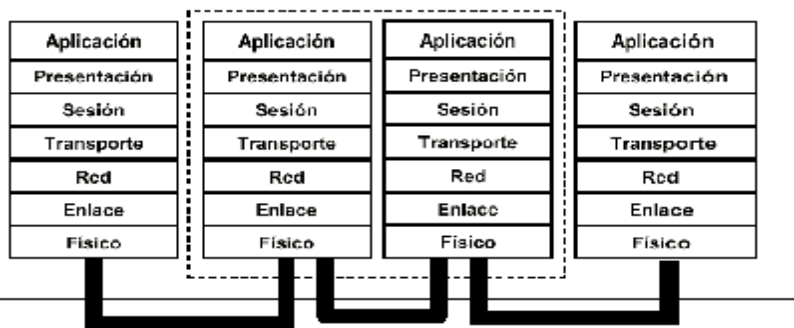
➤ Conmutación= proceso por el cual se pone en comunicación a dos usuarios a través de una infraestructura de comunicaciones común

➤ Dependiendo de la modalidad con que fluye la información por el interior de la red, desde ECD fuente a ECD destino, tenemos tres modalidades de conmutación:

- Por circuitos
- Por Mensajes
- Por Paquetes

Pasarelas (gateways)

- Conectan redes con familias de protocolos distintas
- Traducción completa de los protocolos
- Conectividad extremo a extremo
- Dependientes del protocolo



Conmutación de circuitos

- los nodos de conmutación establecen una conexión (física) directa, punto a punto, entre los ECD terminales, análogo a una central telefónica.
 - establecimiento de un circuito físico fin-a-fin.
 - unión física entre los terminales de datos
- se requiere un tiempo para el establecimiento de la llamada y a continuación los datos pueden ser transmitidos sin introducción de retardo por los nodos.
- la conexión establecida es utilizada durante todo el período entre el establecimiento del circuito y el final de la llamada.
- caso típico: sistema telefónico

Conmutación de mensajes

- unidad de transmisión: mensaje (grandes p.e. 1Mbit)
- Los nodos ubicados en el camino reciben y envían el mensaje por un camino o enlace de salida que esté libre.
- Si no hay un enlace disponible, el nodo almacena el mensaje en disco para mas tarde enviarlo adelante.
- Esta modalidad se denomina: "STORE-AND-FORWARD".
- El enlace sólo es usado durante la transmisión del mensaje.
- Posibilita compartir enlaces y aumentar el trafico en ellos al multiplicar su uso por varios nodos terminales (ECD).
- En evaluación de rendimiento debe considerarse el retardo introducido por almacenamiento y reenvío de mensajes y costos de almacenamiento en los nodos intermediarios.
- No requiere fase de establecimiento del enlace entre ECD terminales.

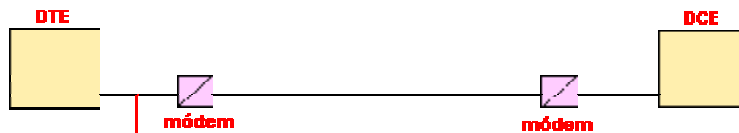
- al paquete se le agregan varios campos para control en la red tales como:
 - control de errores
 - control de flujo
 - secuenciación
- norma X.25 de la ISO.
- funcionamiento como: circuito virtual o datagrama
 - datagrama: Caminos distintos. Entrega desordenada
 - circ. virt.: análogo a circuito físico. La red analiza y entrega en orden

Conmutación de paquetes

- paquete: unidad de transmisión
- tamaño: pequeño, máximo fijo (ejem.: 2 Kbits)
- almacenamiento: sólo en memoria ram, no en disco
- un mensaje de tamaño mayor deberá ser segmentado en paquetes.
- paquete que no puede avanzar es descartado en la red o se impide su entrada para evitar congestión.
- salen en orden, pero al recorrer caminos distintos, pueden llegar en orden no correcto. El sistema debe reordenarlos.
- ampliamente utilizado en redes públicas o de valor agregado.

Redes X-25

- X.25 es un estándar para el acceso a redes públicas de conmutación de paquetes.
- El servicio que ofrece es , fiable, en el sentido de que no duplica, ni pierde ni desordena, y ofrece multiplexación, esto es, a través de un único interfaz se mantienen abiertas distintas comunicaciones.
- Comprende desde el Nivel Físico al Nivel de Red.



A Nivel Físico la conexión se realiza según la norma X.21 o X.21 bis

A nivel de enlace, sistemas directamente conectados, se usa el protocolo LAP-B.

A nivel superior X.25 está implementado con el protocolo PLP.

- **DTE** (Data Terminal Equipment): Es lo que utiliza el usuario final (PC con placa X.25 por ejemplo).
- **DCE** (Data Circuit Equipment): Podemos interpretarlo como un nodo local. A nivel de enlace las conexiones se establecen DTE-DCE

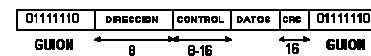
Nivel de enlace

- En X.25, este nivel queda implementado con el protocolo LAP-B (Link Access Procedure - B) que es un protocolo HDLC
- Distintos tipos de tramas: información, supervisión, no numeradas.
- Formato de trama:
- **Establecimiento de conexión:**
 - El DTE pide que se abra una comunicación con la trama SABM.
 - Una vez recibida la trama correctamente en el DCE, éste contesta con UA para confirmar que la comunicación queda abierta.
- **Fase de transmisión de datos:**
 - Tras establecer la conexión y algunos de sus parámetros ya se puede pasar a mandar información.
 - Las tramas son confirmadas con tramas RR. O rechazadas con REJ
- **Desconexión:**
 - Una de las entidades envía la trama DISC que es confirmada con UA. Queda así la comunicación cerrada.

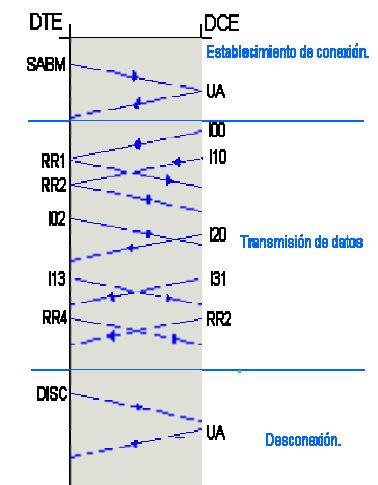
Nivel físico

- Existen dos posibilidades:
 - X.21: Se utiliza para el acceso a redes de conmutación digital. (Similares a las de telefonía digital.)
 - X.21bis: Se emplea para el acceso a través de un enlace punto a punto. (Similar a RS-232 en modo síncrono.)
- En cuanto las características mecánicas, se usan conectores *Canon* de 15 pines o de 25 pines. Las velocidades llegan hasta los 64kbps, velocidades que pueden parecer bajas y, de hecho, así son. X.25 presenta un problema de baja eficiencia por la exagerada protección contra errores que implementa y que con las redes de hoy en día no tienen sentido.

Formato de trama



Ejemplo de comunicación

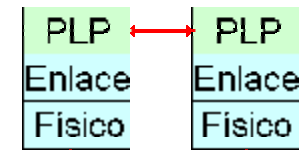


Nivel de red

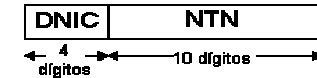
- Especificado por el **PLP (Packet Layer Protocol)** que es un protocolo de acceso a nivel de red y que proporciona un servicio al nivel superior: *de subred, modo paquete, fiable, y con multiplexión*
- **Circuitos Virtuales:** asociación lógica entre usuarios para comunicarse entre ellos.
 - Conmutados (CVC) : Hay que realizar un diálogo previo a la transmisión con el nodo local para establecerlos.
 - Permanentes (CVP): Están establecidos de antemano (por contrato), así que no hace falta fase de establecimiento. Son muy útiles si se transmite mucho y con mucha frecuencia hacia un mismo destino.
- Se identifican dentro de cada DTE por el número de canal lógico, que se negocia en la fase de establecimiento (sólo CVCs).
- Podría además tener, por ejemplo, varios CVs establecidos con la misma máquina (cada uno con distinto NCL evidentemente)..

Diálogo PLP

- Los que dialogan son los dos PLPs. El nivel de enlace sólo sirve de mensajero
- Las direcciones a nivel de enlace son distintas de las de nivel de red.
- Con la dirección de enlace llego al primer nodo. Allí se desencapsula y se usa la de red para llegar a los demás.
- A nivel de paquete no tenemos retransmisiones. Sí hay control (detección) de errores, pero no corrección.



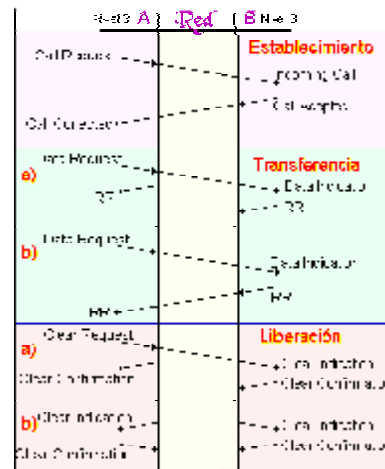
Dirección X-25



- **DNIC (Data Network Identifier Code):** Identifica a cada red X.25 y distingue al operador público (Iberpac tiene uno, Transpac (Francia) otro, etc.). Es único a nivel mundial.
- **NTN (Network Terminal Number):** Número de abonado. En España está limitado a 9 dígitos.

Protocolo

- **Fase de Establecimiento:** En la figura hemos supuesto que la llamada es aceptada, pero como veremos más adelante, podría ser rechazada. Esta fase sólo tiene lugar para CVCs.
- Llegados a este punto ambos lados estarán seguros de que la conexión se estableció bien.
- **Fase de Transferencia:** Como veremos, los datos pueden ser asentidos en el nodo local (caso 'a'), o en destino ('b').
- **Fase de Liberación:** La liberación a su vez puede ser solicitada por uno de los dos lados ('a') o por la propia red ('b').



Redes Frame Relay

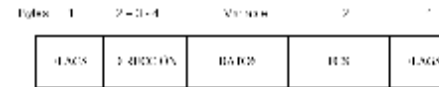
- Nace para suplir las limitaciones que presenta X.25.
 - X.25 impone una sobrecarga de procesamiento muy grande.
 - El rango de caudales en acceso en que X.25 opera normalmente hasta 64 Kb/s.
 - Otras aplicaciones que no satisface X.25 son:
 - Rápida y efectiva interconexión de LANS.
 - Aplicaciones multimedia con audio y video en tiempo real.
 - No sabemos cuanto tardará en transmitirse un paquete, ni podemos garantizar un caudal mínimo.
- Estandar UIT-T y ANSI
- Desarrollado inicialmente para uso sobre RDSI banda estrecha, como servicio.
- Solución de transición hacia ATM -> Iberpac actual = X25+FR+ATM según velocidad

Características

- Se supone que funciona sobre líneas de alta calidad con baja tasa de error (sobre todo fibra óptica)-> delega control de errores y de flujo a los terminales (nivel 4)
- Retransmisión de tramas en vez de paquetes
- Multiplexación y conmutación de de conexiones lógicas a nivel 2. Prácticamente no utiliza el nivel 3.
- Protocolos mucho más simples que X-25
- Servicio orientado a conexión (circuitos virtuales) y no fiable
- Señalización fuera de banda (control de llamada) -> conexión lógica separada
- Velocidades hasta 2Mb/s
- Garantías de caudal mínimo: caudales normalizados desde 8Kbps hasta 1984Kbps
- No está diseñada para tráfico en tiempo real (telefonía, video, etc.) -> retardos variables (buffers de entrada y salida en cada nodo, con retardos impredecibles con congestión)
- Define tres niveles: físico, enlace y red, pero sobre todo centrada en el de enlace.

Nivel de enlace

- Nivel más importante en Frame Relay
- Formato de trama (subconjunto HDLC):



- Flag = 01111110 -> inserción de ceros
- Dirección = dirección de red (distinto que X-25): Incluye campos para especificar
 - número de canal lógico
 - Aviso de congestión (a los extremos)
 - Protocolo encapsulado -> transporte multiprotocolo
- Datos, máximo 8KBytes
- FCS = control de errores (16 bits)

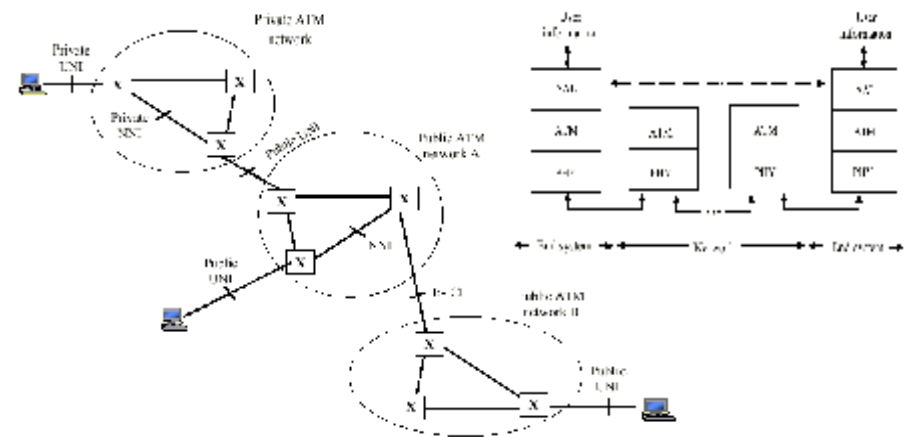
Nivel físico

- UNI (User to Network Interface): define el interfaz entre el DTE y el conmutador Frame Relay (DCE)
- NNI: (Network to Network Interface): define el interfaz entre los nodos Frame Relay (comutadores)
- No es único: distintas posibilidades:
 - V35, V36, V37
 - EIA530
 - X.21
 - RDSI (I.430/I.431) -> hasta 256Kbps
 - ANSI T1.403 -> 1544Kbps
 - ITU G.703/704 1544Kbps, 2Mbps y hasta 34Mbps
 - SONET/JDS, hasta 155Mbps

- Nivel de red -> sólo interfaz con los niveles superiores
- Funcionamiento:
 - Frame relay = retransmisión de tramas (en vez de paquetes) -> menor procesamiento
 - paquetes=tramas
 - dirección de red a nivel de trama
 - Control de errores a nivel de red = descartar trama (sin aviso) -> control de flujo a nivel 4
 - Conexión:
 - Circuitos virtuales permanentes (PVC)
 - Circuitos virtuales conmutados (CVC) -> definido por el estándar ITU, pero poco usados en la práctica

- Multiplexación de conexiones
 - Distintos canales lógicos (circuitos virtuales) sobre la misma conexión física
 - Se realiza a nivel 2
- Control de flujo:
 - Nodos intermedios -> buffers de entrada y salida
 - Si hay saturación se indica a los extremos (bits en las tramas) => control de flujo a nivel 4

Arquitectura de red ATM

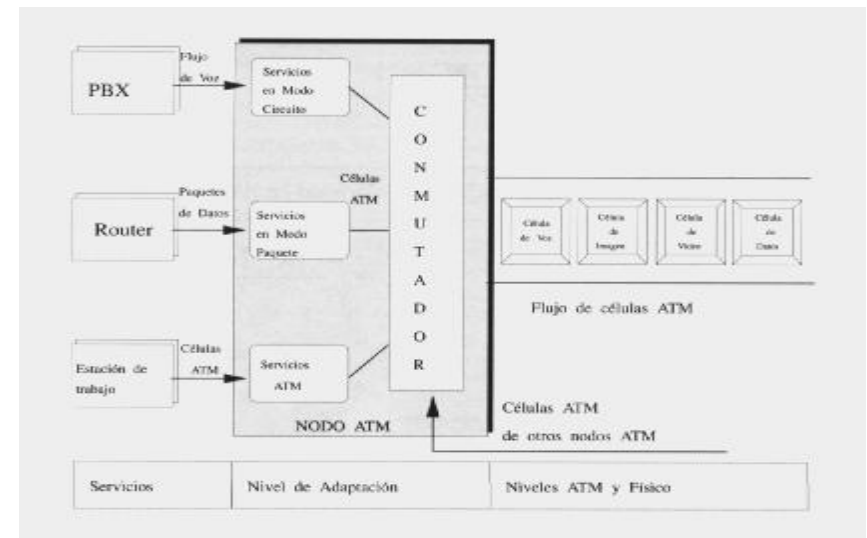


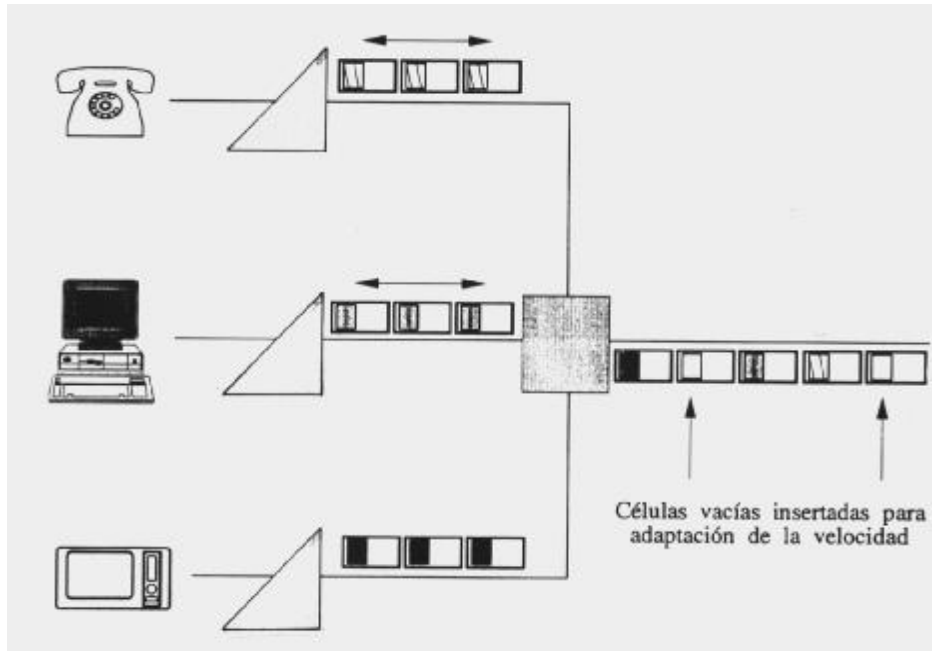
- Nivel físico
- Nivel de “enlace”, en dos subcapas
 - Capa ATM -> encaminamiento de la información
 - Capa AAL (ATM Adaptation Layer) -> conexión entre extremos

ATM

- Objetivos
 - Permitir la interconexión de redes LAN, MAN y WAN (redes de broadcast y redes de conmutación de paquetes)
 - Permitir tráfico de datos incluido tráfico isócrono (video, audio, etc.)
 - Amplia gama de velocidades, hasta Gbps
 - Diseñarse sobre redes de alta fiabilidad -> control de errores y flujo delegados a los extremos
 - Basarse en conmutación hardware de alta velocidad

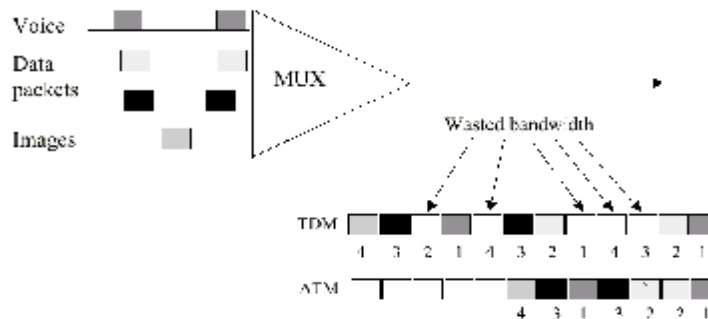
Fundamentos de ATM





Capa física

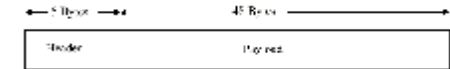
- Distintas propuestas, sobre distintos medios (cable de pares, fibra), entre ellas:
 - ATM a 25'6Mbps -> adaptada a entornos privados con cable de pares
 - FDDI a 100Mbps
 - JDP hasta 139Mbps
 - JDS hasta 622Mbps
- Dividida en dos subcapas
 - Subcapa dependiente del medio físico -> transmisión de bits (codificación, temporización, etc)
 - Subcapa de convergencia de transmisión -> límites de celdas, checksum de las cabeceras, etc.



- TDM -> canales vacíos que no se aprovechan
- ATM -> celdas vacías si no hay suficiente tráfico, pero se pueden aprovechar para datos
- Tráfico isócrono: se garantiza un retardo de transmisión pequeño
- Tráfico a ráfagas (datos) -> se aprovecha toda la capacidad del canal

Capa ATM

- Se encarga de la transferencia secuencial de células a través de la red
- Formato de célula:
 - Tamaño fijo -> conmutadores hardware
 - La cabecera incluye información de direccionamiento (canales lógicos), control de congestión, etc.
- Funciones:
 - Multiplexación/demultiplexación de células
 - Generación/extracción de las cabeceras de las células
 - Manejo de canales lógicos, y traducción de direcciones de red a canal lógico (local)



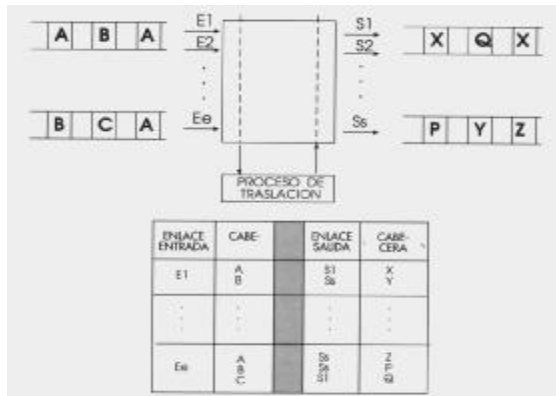
- Conexiones virtuales
 - Conexiones permanentes y conmutadas
 - Canales virtuales
 - Trayectos virtuales = agrupación de canales virtuales => conmutación por grupos
- Direccionamiento:
 - Direccionamiento E-164 (igual que telefonía) -> compatible RDSI-BE
 - Direccionamiento NSAP (20 bytes) -> necesario para aumentar el número de direcciones

Capa AAL

- Se encarga de complementar los servicios ofrecidos por la capa ATM para adaptarlos a las capas superiores
- Distintos tipos de capas AAL según las capas superiores
- Distintas categorías de servicio
 - CBR (Constant Bit Rate) -> Asegura retardos. Tráfico isócrono
 - VBR (Variable Bit Rate) -> para aplicaciones con tráfico variable
 - ABR (Available Bit Rate) -> Se limita la mínima y la máxima velocidad de transmisión. No hay garantías de retardo. Para tráfico a ráfagas (datos)
 - UBR (Unspecified Bit Rate) -> No hay garantías de QoS. Depende del nivel de tráfico de la red

La red comprueba que los extremos “cumplen” con la categoría de servicio, en caso contrario se desechan celdas.

Conmutación

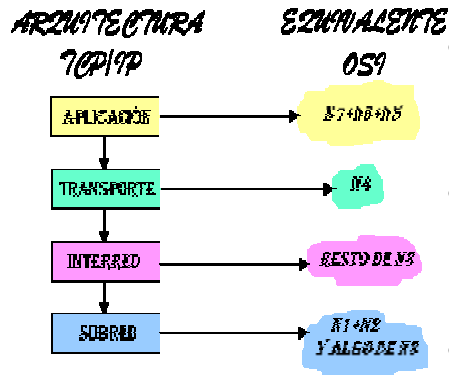


- Conmutador -> varios enlaces de entrada y varios enlaces de salida
- Cabecera de celda -> lleva n° de canal virtual (no dirección completa)
- El conmutador encamina la celda y puede cambiar la cabecera (para indicar encaminamiento al siguiente conmutador) -> según tabla de encaminamiento (fijada en el establecimiento de conexión)

Funciones

- Proporciona un servicio fiable o no fiable según las necesidades de la capa superior
- Segmentación y reensamblado de la información procedente de la capa superior (a bloques de 48 bytes)
- Incluir campos de control (en el bloque de 48 bytes)
- Funciones específicas de cada servicio, como tratamiento del retardo, sincronización extremo a extremo, etc.
- Ofrece los interfaces UNI y NNI para conexión con usuarios y redes

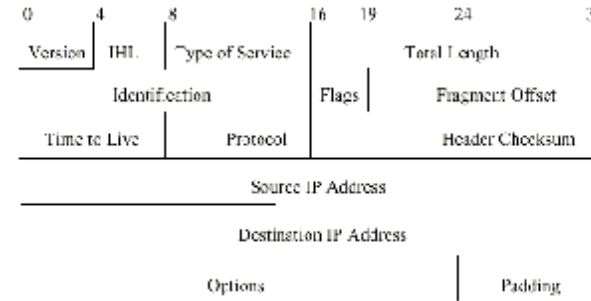
TCP/IP



- **Subred** = tecnología específica sobre las que se sustenta la interred. (Ethernet...) El servicio que se da a niveles superiores es, por tanto, dependiente de subred.
- **Interred**: suele estar implementado por el protocolo **IP**. Es no fiable y no orientado a conexión. Su finalidad esencial es ocultar la heterogeneidad de subredes ofreciendo un servicio independiente de ellas.
- **Transporte**: su función es dar un servicio fiable y orientado a conexión:
 - TCP
 - UDP
- **Aplicación**: FTP, TELNET, WWW...

Datagramas IP

Formato de la cabecera del datagrama

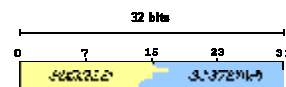


- Protocolo no orientado a conexión
- No fiable -> tiempo de vida de los paquetes => se descartan
- Direcciones fuente y destino en cada paquete

Nivel de red

- Red de conmutación de paquetes en modo datagrama. Los paquetes de nivel de red se llaman datagramas IP.
- IP ofrece una comunicación extremo a extremo independiente de las redes por las que se pase. Es no orientado a conexión y no fiable, es decir, pueden producirse pérdidas duplicaciones y desórdenes. Todos estos errores han de ser vigilados y corregidos a nivel superior.
- Definido por la RFC 791 (Request For Comments)
- El uso de IP hace necesario implantar niveles intermedios entre el propio IP y las subredes sobre las que descansa (el interfaz con la subred). Pero no obliga al usuario a cambiar los niveles que estén de IP hacia arriba.
- Direcciones IP:

| CLASE | MSB | Red | Equipo | Nº redes | Nº equipos |
|-------|-------|-------------------|---------|----------|------------|
| A | 0 | 7 bits | 24 bits | 127 | 16777216 |
| B | 10 | 14 bits | 16 bits | 16384 | 65536 |
| C | 110 | 21 bits | 8 bits | 2097152 | 256 |
| D | 1110 | DIFUSIÓN MÚLTIPLE | | | |
| E | 11110 | RESERVADAS | | | |



Direccionamiento IP

- Dirección de 32 bits. Para manejarla se parte en cuatro números de 8 bits, en decimal (dirección punto)
- Máscara de red: un bit a 1 oculta la dirección para los equipos de la red.
- Direcciones privadas: no se pueden usar en internet. Un router debe detectar esas direcciones y no dejar salir sus paquetes hacia internet.

| CLASE | Rango de direcciones | Direcciones privadas | Máscara de red |
|-----------|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| A | 1.0.0.0 - 126.255.255.255 | 10.x.x.x | 255.0.0.0 |
| B | 128.0.0.0 - 191.255.255.255 | 172.16.x.x - 172.31.x.x | 255.255.0.0 |
| C | 192.0.0.0 - 223.255.255.255 | 192.168.x.x | 255.255.255.0 |
| D | 224.0.0.0 - 239.255.255.255 | | |
| E | 240.0.0.0 - 247.255.255.255 | | |
| No usadas | 0.x.x.x | | |
| Loopback | 127.x.x.x | | |

- Direcciones de red: la primera dirección de una red se refiere a toda la red. No es una dirección válida: p.e: 192.168.0.0
- Direcciones de broadcast: para enviar mensajes a toda la subred: p.e: 192.168.0.255
- Una dirección IP identifica un equipo en una subred: un equipo conectado a más de una subred tendrá más de una dirección IP

- Enrutamiento
 - Router (gateway) -> distintos interfaces
 - Tabla de enrutamiento en función de la dirección de destino
- Resolución de direcciones
 - Protocolos de resolución de direcciones: dialogo entre los equipos => se envían sus direcciones.
 - ARP -> transforma dirección IP en dirección MAC
 - RARP -> transforma dirección MAC en IP
- Fragmentación y reensamblado -> adaptación ala tamaño de tramas en la subred
- Información de control y señalización:
 - Protocolo ICMP

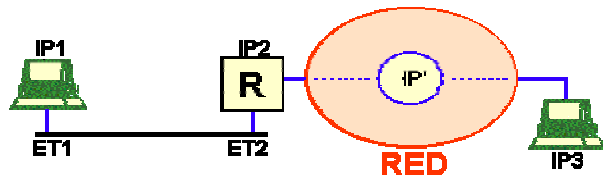
Nombres de dominio

- Dificultad en el manejo de direcciones IP => uso de nombres más fáciles de recordar (nombres de dominio)
- Formato: **equipo.subred.dominio**
ejemplo: pc5.aula15.electronica.moliner.mec.es
- Dominios raíz:
 - Geográficos: .es .uk .fr .it
 - Por tipo de organización: .edu .com .org gov.
- DNS = sistema de traducción de nombres de dominio
 - Un equipo necesita conocer al menos una IP (la de su servidor de nombres de dominio)
 - Un equipo pide la IP del equipo destino a su servidor DNS.
 - Si el equipo destino pertenece a la zona del DNS este devuelve su IP
 - Si no, busca otro DNS y le pide la IP

Interconexión de redes



Transmisión DIRECTA



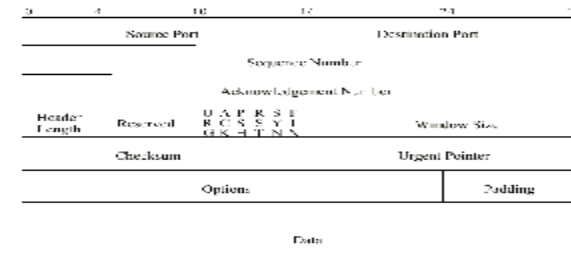
Transmisión INDIRECTA

- Transmisión directa: un equipo envía las información a otro de su red directamente
- Transmisión indirecta: los equipos pertenecen a dos redes distintas. El equipo envía la información al router o gateway. El router tiene una dirección IP por cada red a la que pertenece.

Nivel de transporte

- Dos protocolos:
 - UDP: se utiliza para dar servicio no orientado a conexión y no fiable. Opera en modo datagrama.
 - TCP: permite ofrecer un servicio orientado a conexión y fiable. Tiene que efectuar operaciones más complejas que UDP, puesto que se implementa sobre IP, que es no orientado a conexión y no fiable. Opera en modo circuito virtual. Es un protocolo de ventana deslizante.

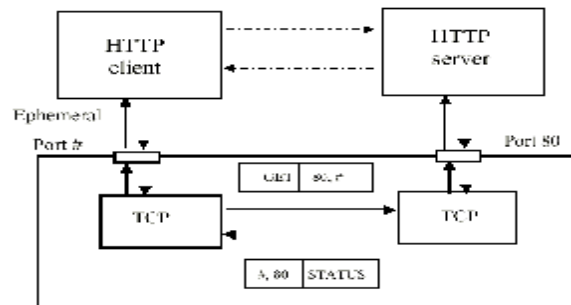
Segmento TCP



- Uso de puertos:
 - Tanto TCP como UDP incluyen en sus cabeceras puertos de origen y destino
 - Permite utilizar varias conexiones de transporte sobre una conexión de red.
 - Puertos asociados con protocolos/aplicaciones (p.e: puerto 80 = http /web)
- Conexiones TCP
 - Las conexiones TCP se realizan mediante “puertos”
 - Fases de establecimiento y liberación de conexión
 - La conexión virtual en cada extremo está asociada a un “socket”, definido por el número de puerto, protocolo (TCP/UDP) y su dirección IP
 - Entrega ordenada según número de secuencia
- Conexiones UDP ->
 - Sin fase de establecimiento ni liberación
 - Entrega desordenada o pérdida

Protocolo PPP

- Protocolos de red pensados para conexión permanente
- Protocolo PPP (Point to Point Protocol): protocolo para conexión punto a punto entre dos equipos a través de líneas serie (líneas telefónicas)
 - Protocolo a nivel de enlace basado en HDLC
 - Permite encapsular distintos protocolos de nivel de red
 - Estandar oficial de internet
 - Incluye control de errores (CRC)
 - Permite negociar parámetros de la comunicación
 - Permite utilizar compresión de los encabezados de los paquetes IP.
 - Permite la obtención de la dirección IP (si el equipo no tiene IP permanente) desde el equipo remoto (proveedor)



- Ejemplo comunicación: Cliente HTTP -> solicitud HTTP por TCP
 - Puerto origen aleatorio aleatorio (x)
 - Socket origen asociado a protocolo TCP, puerto x, IP cliente
 - Puerto destino = 80
 - Socket destino asociado a TCP, puerto 80, IP servidor
 - Establecimiento -> conexión entre sockets => conexión virtual extremo a extremo entre aplicaciones

Nivel de aplicación

- HTTP (HyperText Transfer Protocol): protocolo para transferencia de páginas web en formato HTML (WWW)
- FTP (File Transfer Protocol): transferencia de archivos
- TELNET: conexión a ordenadores remotos en modo terminal
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol): protocolo para transferencia de correo.
- POP (Post Office Protocol): protocolo para entrega de correo diferido
- NNTP (News Transport Protocol): protocolo para transferencia de noticias. Sistema de distribución público de mensajes agrupados en temas de discusión (Newsgroups).
- IRC (Internet Relay Chat). Protocolo de alto nivel que permite mantener conversaciones textuales interactivas de modo simultáneo entre varios usuarios.
- NFS (Network File System). Compartición de ficheros entre distintas máquinas a través de la red.

Algunos utilidades

- telnet -> conexión con otro ordenador remoto mediante el protocolo telnet
 - uso: telnet <equipo> [<puerto>]
- ftp -> transferencia de archivos hacia/desde otro equipo mediante el protocolo ftp
 - Conexión: ftp <equipo>
 - Comandos (una vez que aparece el prompt ftp>)
 - Comandos unix de manejo de archivos y directorios (ls, mkdir, rmdir, cd..) para el manejo e archivos y directorios en el sistema remoto.
 - get <fichero-remoto> [<fichero-local>] "baja" un fichero
 - put <fichero-local> [<fichero-remoto>] "sube" un fichero
 - user <usuario> [<contraseña>] identifica al usuario en el sistema
 - help [<comando>] da infomación sobre un comando (sin especificar saca una lista de comandos)
- Hay programas FTP en modo gráfico: LeapFTP, WS_FTP, WXFTP, etc.

- ping: envía paquetes de prueba a un equipo para comprobar la conxión
 - uso: ping <equipo>
- talk: comunicación en directo entre dos usuarios
 - uso: talk <usuario>[@<equipo>] [terminal] (si no se especifica equipo, será el equipo local)
- finger: muestra información sobre un usuario
 - uso: finger <usuario>[@<equipo>]
- Clientes de correo: permiten enviar y recibir correo electrónico. Normalmente usan el protocolo SMTP para enviar correo y POP3 para recibirlo. Por ejemplo: Eudora, Netscape Communicator, Outlook Express
- Navegadores web. Permiten la visualización de páginas web (protocolo HTTP). Muchos de ellos también permiten FTP. Ejemplos: Arena, Lynx, Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigator, Opera,....
- Lectores de news: permiten leer y escribir en los grupos de news (protocolo NNTP): p.e. Free Agent, Netscape Communicator, Outlook Express
- Clientes IRC: permiten la conexión en directo de varios usuarios a través del protocolo IRC. p.e.: mIRC, ircII,.....