



Bloque I: Introducción

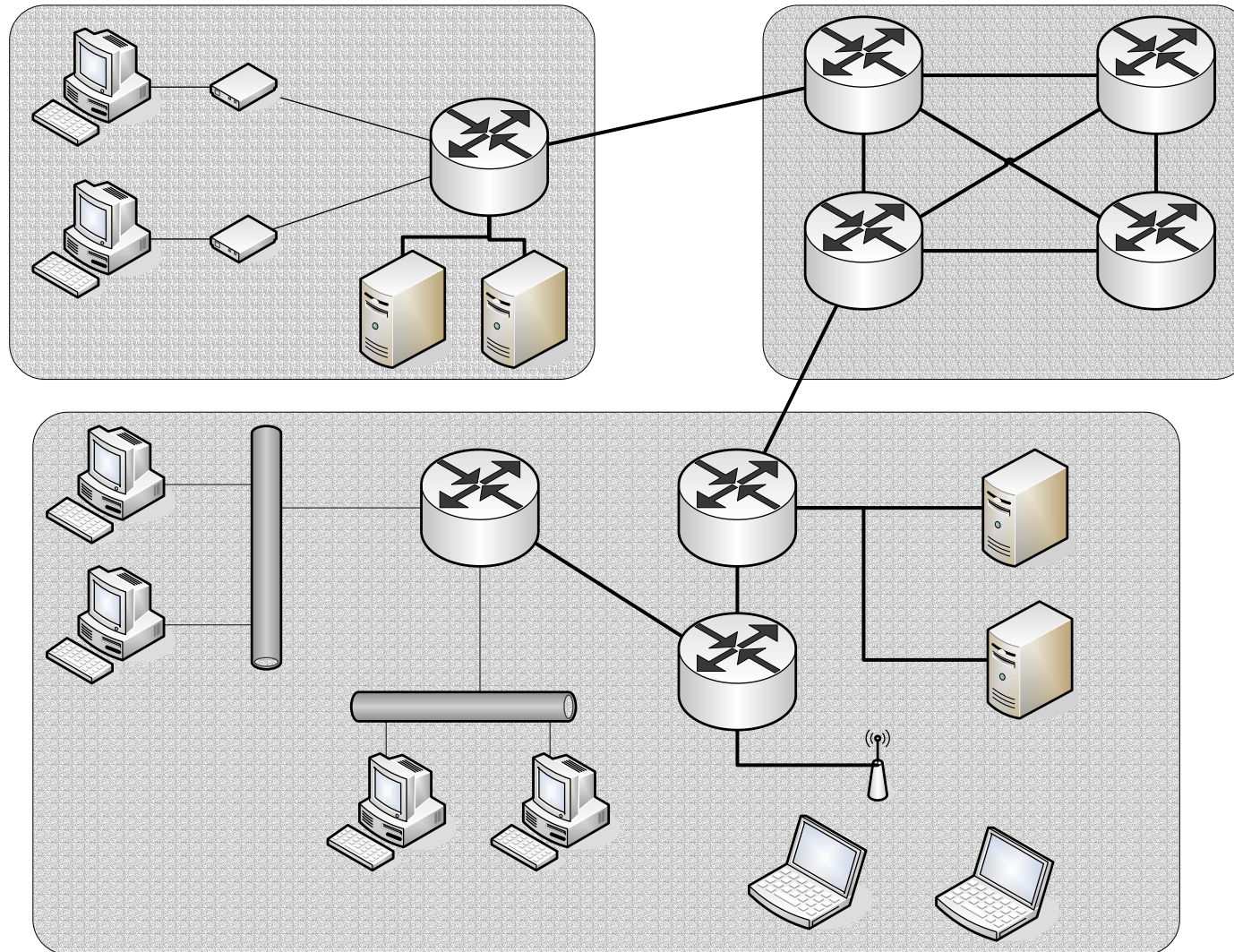
Tema 1: Redes de Ordenadores e Internet



Índice

- Bloque I: Introducción
 - Tema 1: Redes de Ordenadores e Internet
 - ¿Qué es Internet?
 - Introducción a las redes de ordenadores
 - Extremos de la red
 - El núcleo de la red
 - Arquitectura de red
 - Modelo OSI
- **Referencias**
 - Capítulo 1 de “Redes de Computadores: Un enfoque descendente basado en Internet”. James F. Kurose, Keith W. Ross. Addison Wesley, 2ª edición. 2003.
 - IEFT: <http://www.ietf.org>

¿Qué es Internet?





¿Qué es Internet?

- Desde el punto de vista hardware y software:
 - Host, routers y enlaces de comunicación
 - Protocolos: TCP/IP
- Desde el punto de vista de los servicios:
 - Internet permite a aplicaciones distribuidas intercambiar datos entre ellas. Por ejemplo: telnet, e-mail, navegación Web, aplicaciones P2P, juegos, ...
 - Internet proporciona dos servicios para las aplicaciones distribuidas: fiable y orientado a conexión y no fiable sin conexión.
 - En Internet no es posible establecer cuánto tiempo se necesita para enviar datos desde el emisor al receptor.
- Tipos de redes (cableadas o inalámbricas):
 - **Broadcast:** canal de comunicación compartido → posibilidad de múltiples destinatarios (broadcast o multicast). Redes pequeñas en general.
 - **Punto a punto:** canales de comunicación dedicados para la comunicación entre dos máquinas.
- Tipos de redes según su longitud:
 - Redes de Área Local (10m-1Km): LAN (Local Area Network)
 - Medio compartido, 10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps (p.e. Ethernet/IEEE802.3)
 - Redes de Área Metropolitana (10Km): MAN (Metropolitan Area Network)
 - Suelen utilizar tecnologías similares a las LAN.
 - Redes de Área Extendida (>10 Km): WAN (Wide Area Network)
 - Compuestas habitualmente de líneas de transmisión y elementos de conmutación.
 - Las líneas transportan los bytes y los elementos de conmutación conectan dos o más líneas de transmisión.



¿Qué es un protocolo?

- Toda actividad en Internet que implica a dos o más entidades remotas que se comunican está gobernada por un protocolo.
- **Protocolo:** formato y orden de los mensajes intercambiados entre dos o más entidades que se comunican, así como las acciones que se toman en la transmisión y recepción de un mensaje o evento.
 - Conjunto de mensajes válidos
 - Significado de cada mensaje:
 - Sintáctico (campos que contiene + formato)
 - Semántico (significado + acciones)
- Un protocolo también se puede ver como un proveedor de servicio:
 - Entidades pares usan un protocolo para ofrecer un servicio a una entidad superior.
 - La *interfaz de servicio* (de las entidades pares) oculta los detalles del protocolo(s) usados para proveer el servicio.
 - Por ejemplo, el protocolo FTP ofrece un *servicio de transferencia de ficheros fiable*.
- **Arquitectura de red:** conjunto de protocolos y niveles que permiten la comunicación.



En los extremos de la red

- Hosts: extremo de Internet.
 - PC, Mac, portátiles, PDA, servidores (Web, correo electrónico, ...), clientes ligeros y aparatos domésticos (TV web, consolas, frigoríficos, ...).
- Modelo cliente-servidor: Web, e-mail, FTP, telnet, ...
- Aplicaciones P2P: Napster, KaZaA, emule, proyecto SETI@home, ...
 - Cada extremo actúa como cliente y servidor
- Servicios:
 - Orientado a Conexión (TCP) = servicio telefonía fija.
 - Transferencia fiable de datos, control de flujo y control de congestión
 - No Orientado a Conexión (UDP) = servicio de correos.
- Diferencia entre **Servicio** y **Protocolo**:
 - Las entidades utilizan los protocolos para implementar el servicio que ha sido solicitado por el usuario.
 - Deben ser independientes: podría cambiarse el protocolo sin necesidad de que lo note el usuario (sin cambiar el servicio).
 - Concepto similar a Definición e Implementación de módulos en los lenguajes de programación.



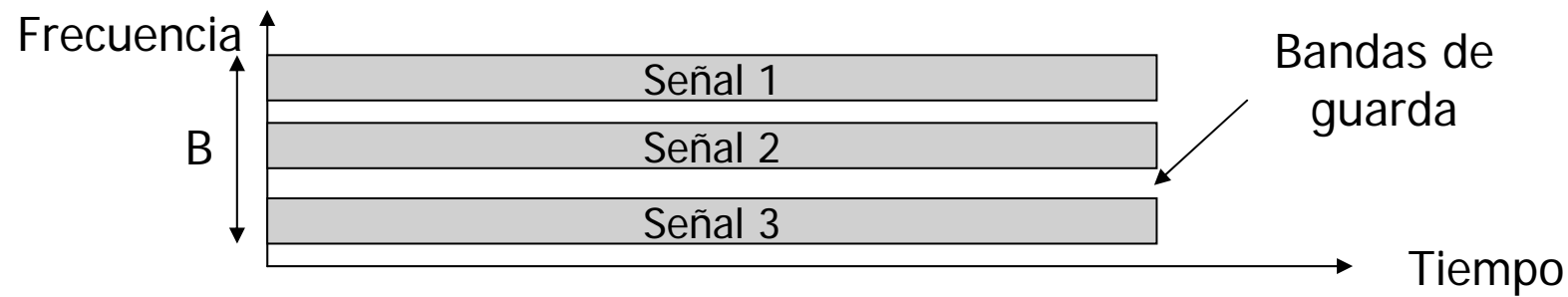
El núcleo de la red

- **Conmutación de circuitos:** cuando dos nodos se quieren comunicar se establece una conexión terminal a terminal.
 - Los recursos (buffers, ancho de banda, ...) necesarios se reservan a lo largo del recorrido.
 - La reserva se mantiene durante la sesión.
 - Por ejemplo: redes de telefonía.
- **Conmutación de paquetes:**
 - No hay reserva de recursos.
 - Los mensajes de la sesión utilizan los recursos bajo demanda → Pueden tener que esperar para poder utilizar los recursos.
 - Por ejemplo: Internet.
- **Mixtas:** ATM → Aunque una conexión haga una reserva puede tener que esperar por los recursos.

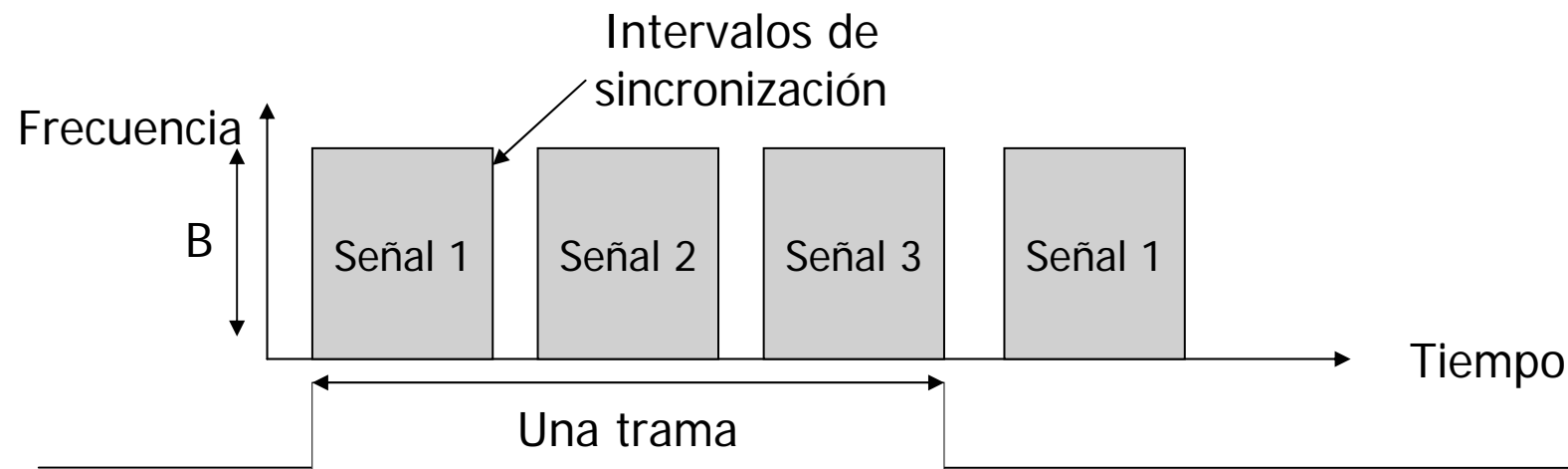


Conmutación de circuitos

- Multiplexación por división en frecuencia (FDM)



- Multiplexación por división en el tiempo (TDM)





Conmutación de paquetes

- Se dividen los mensajes originales en paquetes.
- Los paquetes se envían a través de los enlaces y los routers.
- Los routers utilizan la técnica de transmisión de **almacenamiento y reenvío**:
 - El router debe recibir el paquete completo antes de poder transmitir el primer bit hacia el siguiente destino → Retardo de almacenamiento y reenvío
- Para cada enlace, el router dispone de un buffer de salida (o cola de salida), que almacena los paquetes a enviar por ese enlace.
 - Retardo de cola: si el enlace está ocupado con la transmisión de otro mensaje → Esperar
 - Pérdida de paquetes: si la cola está llena → Es necesario descartar algún paquete (p.e. el último en llegar).
- Redes de datagramas: el envío de paquetes se realiza en base a la dirección de destino.
 - No se mantiene información sobre el estado de las conexiones en los routers.
- Redes de Circuito Virtual (CV): el envío de paquetes se realiza en base al número de circuito virtual.
 - Los conmutadores mantienen información del estado de las comunicaciones entrantes: interfaz de entrada - etiqueta de entrada – interfaz de salida – etiqueta de salida (p.e. X.25, Frame Relay, ATM)



Conmutación de paquetes

- Segmentación de mensajes
 - Una red de conmutación de paquetes realiza conmutación de mensajes si las fuentes no segmentan los mensajes (mensaje = paquete).
 - Conmutación de mensajes = transmisión secuencial
 - Conmutación de paquetes = transmisión paralela (pipelining).
 - Mejor rendimiento de la conmutación de paquetes.
 - Retransmisión sólo de los paquetes en caso de errores.
 - Mayor sobrecarga por cabeceras en el caso de la conmutación de paquetes.
- Ejemplo de segmentación vs. conmutación de paquetes



El núcleo de la red: resumen

- Redes de telecomunicación:
 - Redes de conmutación de circuitos
 - Multiplexación por división en frecuencia (FDM)
 - Multiplexación por división en el tiempo (TDM)
 - Redes de conmutación de paquetes
 - Redes con Circuitos Virtuales
 - Redes de datagramas
- Entonces, ¿cuál es mejor ... para conectar dos ordenadores?
 - Enlace de 1 Mbps compartido por varios usuarios.
 - Cada usuario pasa por períodos de actividad (genera datos a 100 Kbps) e inactividad.
 - Un usuario está activo el 10% del tiempo.
 - Conmutación de circuitos: máximo 10 usuarios ($10 \times 100 \text{ Kbps} = 1 \text{ Mbps}$).
 - Conmutación de paquetes: si hay 35 usuarios, la probabilidad de que haya más de 10 usuarios activos simultáneamente es de 0.0004.
 - El 99.96% de los casos, la tasa de llegada de datos será inferior a 1 Mbps.



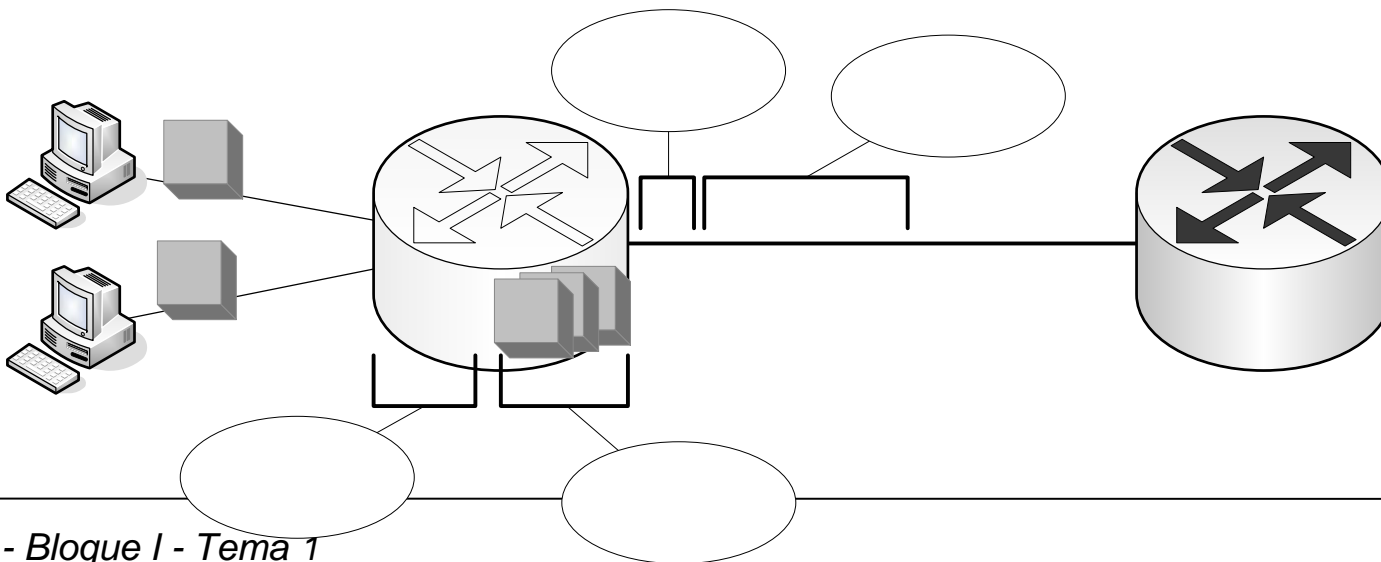
Redes de acceso y medio físico

- El acceso a la red se divide en tres clases:
 - Acceso residencial: conecta sistemas terminales del hogar a la red.
 - Modem telefónico, acceso de banda ancha (DSL – Digital Subscriber Line o HFC – Hybrid Fiber Coaxial Cable)
 - Acceso de empresa: conecta sistemas terminales de una empresa u organismo a la red.
 - Se utilizan LANs para conectar al sistema terminal al router.
 - Ethernet conmutada (10 – 100 Mbps, o incluso 1 ó 10 Gbps).
 - Acceso móvil: conecta terminales móviles a la red.
 - Wireless LAN: los usuarios móviles transmiten y reciben a través de una estación base (punto de acceso).
 - Redes de acceso sin cable de área amplia: WAP (Wireless Access Protocol), UMTS
- Medios de transmisión:
 - Guiados
 - Par trenzado: UTP y STP
 - Cable coaxial
 - Fibra óptica
 - No guiados
 - Canales de radio terrestres (p.e. WIFI, GPRS, 3G, ...)
 - Canales de radio satélite



Retardos en conmutación de paquetes

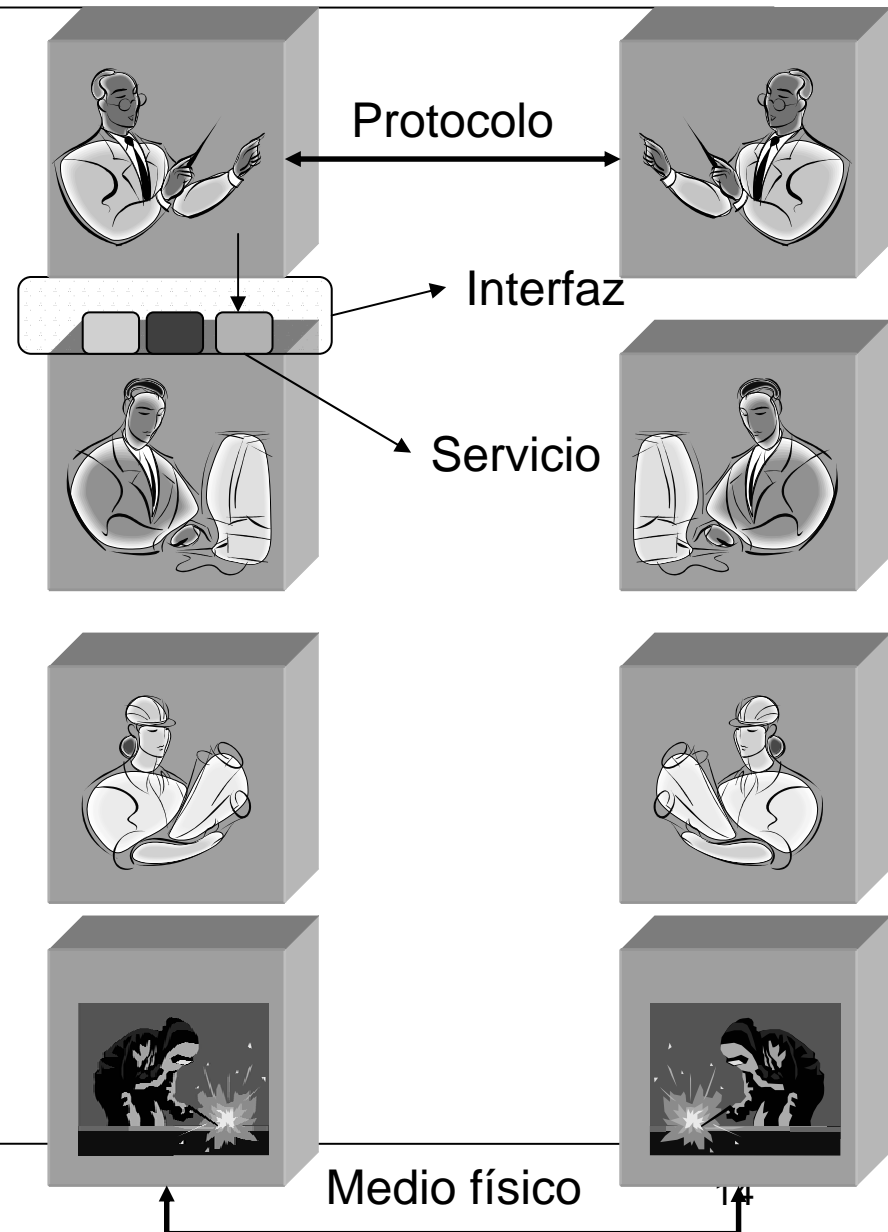
- Tipos de retardo:
 - **Retardo de procesamiento:** tiempo requerido por el router para examinar la cabecera y determinar hacia donde seguir el paquete.
 - **Retardo de cola:** tiempo de espera para ser transmitido (en el buffer de salida).
 - **Retardo de transmisión:** tiempo para transmitir todos los bits del paquete al enlace
 - **Retardo de propagación:** tiempo necesario para propagarse desde el inicio del enlace hasta el final del enlace (= siguiente router).
- Ejemplo retardo de propagación vs retardo de transmisión





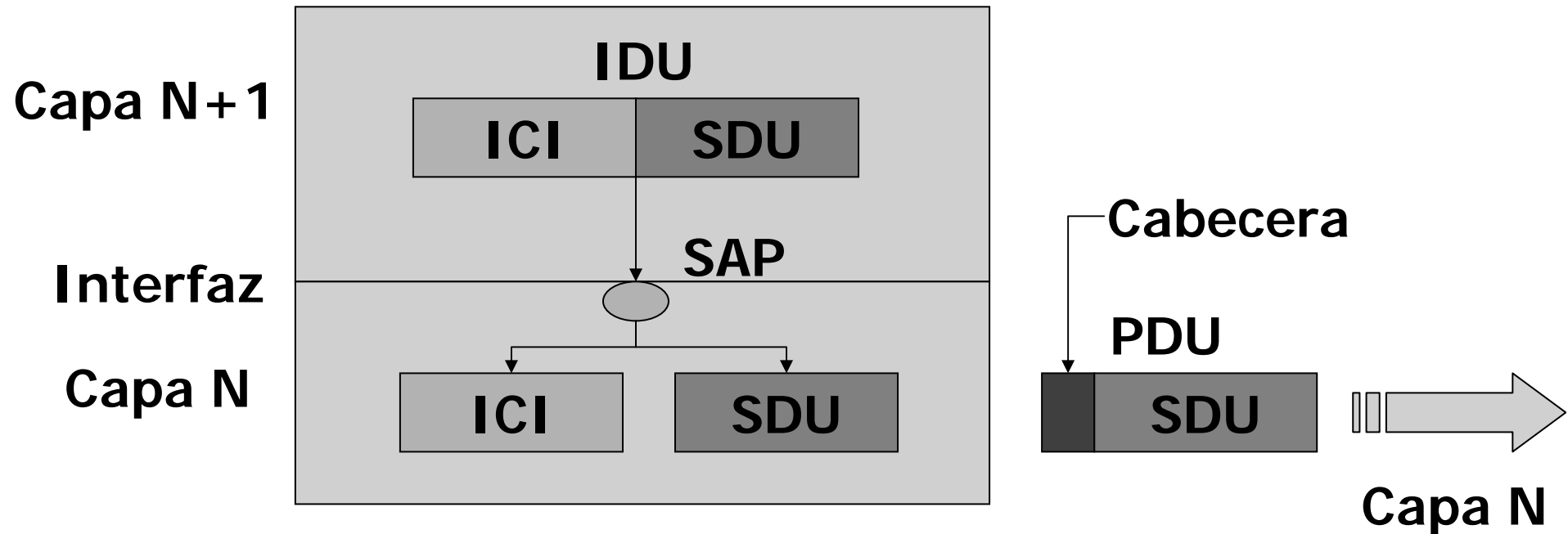
Arquitectura de red

- **Arquitectura de red:** conjunto de protocolos y capas que permiten la comunicación entre ordenadores.
- **Protocolo:** formato de mensajes + reglas de intercambio de estos mensajes entre entidades pares de una arquitectura de red.
- **Interfaz:** comunicación definida por un conjunto de primitivas y servicios que ocurre entre pares de capas adyacentes.
- **Pila de protocolos (Protocol Stack):** lista de protocolos usados por un sistema.
- **Medio físico:** el medio a través del cual la comunicación ocurre.





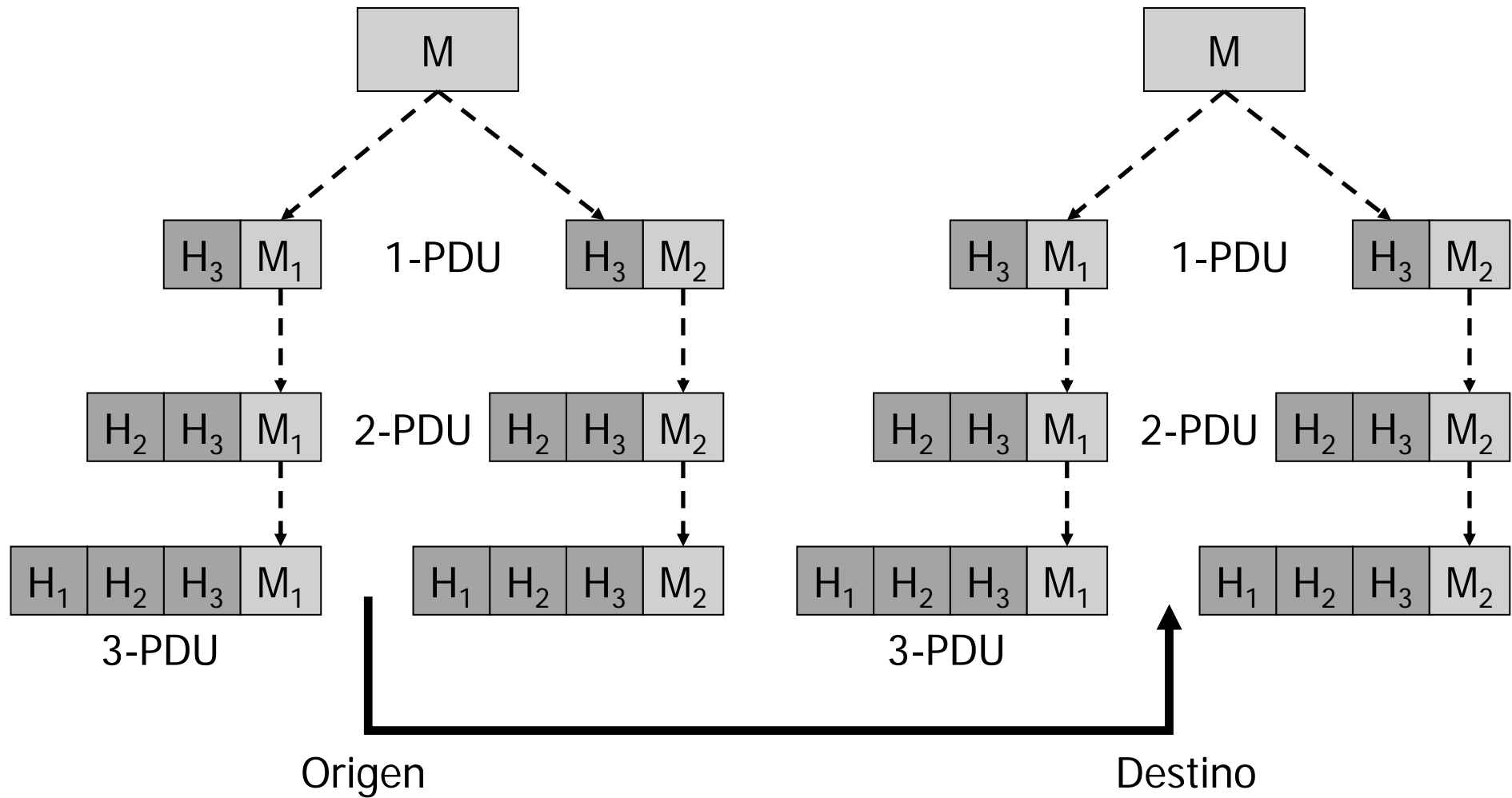
Arquitectura de red



- SAP: Service access point
- IDU: Interface Data Unit
- PDUs: Protocol data units
- SDUs: Service data units
- ICI: Interface Control Information



Estratificación de protocolos





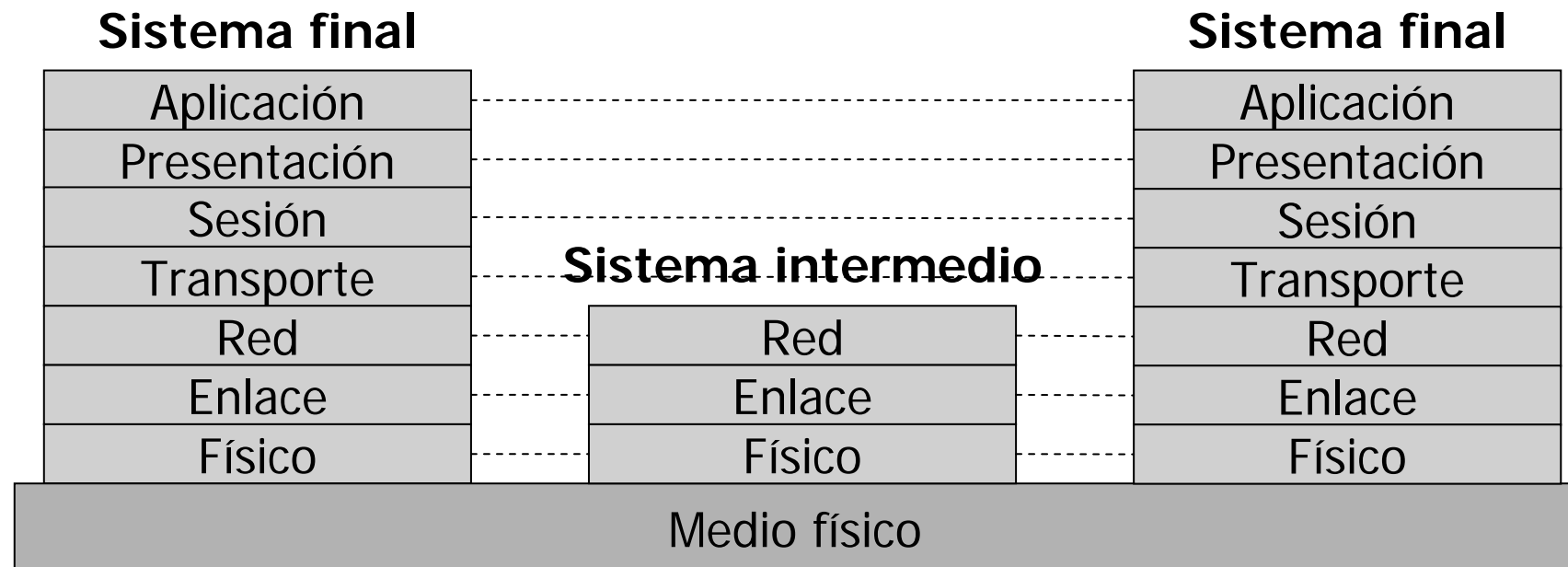
Pila de protocolos

- Conjunto niveles de protocolos
- Cada nivel hace uso del nivel inferior y proporciona un servicio al nivel superior:
 - P.e., el protocolo de transferencia de ficheros utilizado por protocolo de e-mail. Pila de protocolos: e-mail, transferencia ficheros y transferencia paquetes.
- Los detalles de implementación de un nivel quedan ocultos al resto de los niveles:
 - La implementación de un protocolo puede cambiar sin afectar a las capas superiores.
- Ventajas de la estructuración en nivel y protocolos:
 - Un problema complejo se descompone en piezas pequeñas:
 - P.e. WWW (HTTP) está en un nivel por superior a TCP e IP y utiliza DNS, ARP, DHCP, RIP, OSPF, BGP, PPP, ICMP.
 - Abstracción de los detalles de implementación:
 - Separación de implementación y especificación.
 - Se puede cambiar la implementación y mantener la interfaz del servicio.
 - Compartimiento por múltiples niveles superiores los servicios de una capa inferior.
- Inconvenientes:
 - Ocultación de información:
 - Si no se aplica, los cambios en un nivel implican cambiar todo → Violación del principio de layering
 - Balance entre ocultación de información y rendimiento del sistema:
 - Una capa superior puede optimizar su rendimiento conociendo el funcionamiento de la capa inferior.



Modelo de referencia ISO OSI

- Un conjunto de protocolos es abierto si:
 - El diseño del protocolo es de dominio público.
 - Los cambios los gestiona una organización cuyos miembros y actividades están abiertos al público.
- Un sistema que implementa protocolos abiertos es un sistema abierto.
- International Organization for Standards (ISO) define un estándar para conectar sistemas abiertos:
 - Open System Interconnect (OSI)
- Ha tenido gran influencia en el diseño de pilas de protocolos





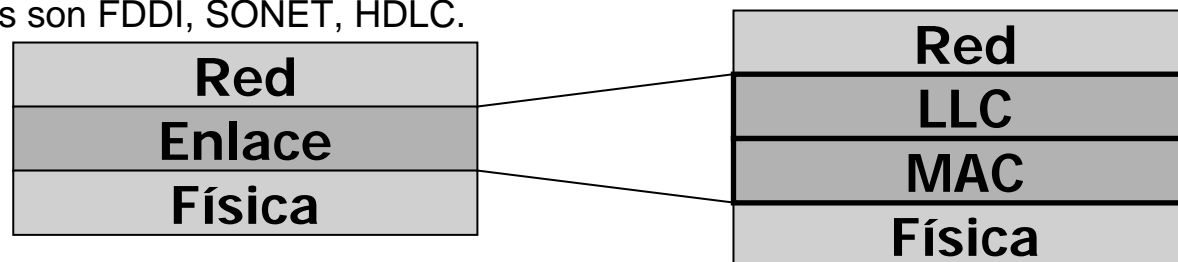
Nivel físico

- Transmitir bits entre entidades conectadas físicamente.
- Estandarización:
 - Esquema de codificación para la representación de bits.
 - Sincronización a nivel de bit.
- No existe el concepto de paquete o trama.



Nivel de enlace

- Introduce la noción de trama (frame):
 - Conjunto de bits.
- Cada trama está delimitada por un inicio y un final (distinguir el patrón desocupado).
- En un enlace de Broadcast (Ethernet):
 - Se necesita dirección de nivel de enlace.
 - También se arbitra el acceso al medio.
 - Estas funciones son proporcionadas por la subcapa Medium Access (MAC).
- Algunos niveles de enlace también retransmiten paquetes dañados y controlan el flujo de transmisión de datos
 - Funciones de la subcapa LLC (Logical Link Control)
 - Situada por encima de la MAC.
- Los protocolos del nivel de enlace son la primera capa de software.
- Muy dependiente del medio físico subyacente:
 - Normalmente coexisten el medio físico y el nivel de enlace en el adaptador de tarjeta (p.e. Ethernet).
- Internet:
 - Gran variedad de protocolos de nivel de enlace.
 - Él más común es Ethernet.
 - Otros son FDDI, SONET, HDLC.





Nivel de red

- Concatena un conjunto de enlaces para formar la abstracción de un enlace extremo a extremo.
- Permite a un sistema final comunicarse con otro, calculando la ruta entre ellos.
- Oculta las particularidades del nivel de enlace.
- Proporciona direcciones de red únicas.
- Es un nivel que existe tanto en sistemas finales como en los intermedios.
- En sistemas finales, principalmente oculta detalles de nivel de enlace:
 - Segmentación y ensamblado.
 - Detección de errores.
- En los sistemas intermedios:
 - Enrutamiento (tablas de enrutamiento).
 - Responsable del envío de paquetes.
 - Planificación del orden de transmisión de paquetes.
 - Determina qué paquetes se descartan.



Nivel de red

- En redes no orientadas a conexión (datagrama):
 - Proporciona tanto enrutamiento como envío de datos.
- En redes orientadas a conexión:
 - Distingue entre el plano de datos y el plano de control.
 - El plano de datos únicamente envía y planifica los datos (byte a byte).
 - El plano de control es responsable de enrutamiento, establecimiento y cierre de conexión (no accede a los bytes de datos).
- Internet:
 - Nivel de red proporcionado por el protocolo IP, Internet Protocol.
 - Se encuentra en todos los sistemas finales e intermedios.
 - Proporciona abstracción de la comunicación extremo a extremo.
 - Fragmentación y reensamblado.
 - Envío de paquetes, enrutamiento y planificación.
 - Direcciones IP únicas.
 - Servicio best-effort.



Nivel de transporte

- El nivel de red proporciona un servicio extremo a extremo “pelado”.
- El nivel de transporte crea un enlace extremo a extremo multiplexado, con control de errores y de flujo (servicios opcionales)
- Control de errores:
 - Los mensajes llegan a su destino independientemente de que:
 - Se pierdan paquetes: retransmisión.
 - Se dupliquen: detección y descarte.
 - Se corrompan: detección, descarte y retransmisión.
- Control de flujo:
 - La velocidad de transmisión del origen se adapta a la velocidad del receptor.
- Multiplexa varias aplicaciones sobre la misma conexión extremo a extremo:
 - Añade un identificador específico para cada aplicación (nº de puerto)
 - Objetivo: el sistema receptor final pueda llevar los paquetes entrantes a la aplicación correcta.
- Internet:
 - Dos protocolos muy populares TCP y UDP.
 - Se multiplexa en base al número de puerto.
 - TCP proporciona control de flujo, de errores y multiplexación.
 - UDP sólo proporciona multiplexación.



Nivel de sesión

- No es muy común.
- Proporciona servicio full-duplex, envío de datos urgentes y sincronización de sesiones.
- Full-duplex:
 - Si el nivel de transporte es simplex, gestiona dos conexiones independientes para crear un servicio full-duplex.
- Envío de datos urgentes:
 - Permite a algunos mensajes saltarse la cola de mensajes.
- Sincronización:
 - Permite a los extremos establecer checkpoints para ejecutar roll-backs (transferencias de datos atómicas).
- Internet:
 - No tiene un nivel de sesión estandarizado.
 - TCP: full-duplex y datos urgentes
 - Sincronización: nivel de aplicación en caso de ser necesario.



Nivel de presentación

- El nivel de presentación maneja datos de aplicaciones (no meta-datos).
- Oculta las diferencias de representación de datos entre aplicaciones (big-endian y little-endian).
- Puede también cifrar datos.
- Normalmente ad hoc (si existe).
- Internet:
 - No tiene un nivel de presentación estándar.
 - Sólo define network byte order (htons, ntohs, ...), y nada para los punto flotante.



Nivel de aplicación

- Conjunto de aplicaciones que utilizan la red.
- No proporciona servicios a ninguna otra capa o nivel.
- Internet:
 - Múltiples aplicaciones: WWW, e-mail, telnet, ...



Problemas del modelo OSI

- Mala planificación temporal: TCP/IP se le ha anticipado claramente en el mercado.
- Mala tecnología: Las capas no están bien dimensionadas, las de sesión y aplicación están casi vacías. De hecho el modelo OSI propuesto por Inglaterra tenía sólo cinco capas.
- Protocolos extraordinariamente complejos de especificar e implementar.
- Duplicidad de algunas funciones como el control de flujo que aparecen capa tras capa.
- Olvida los servicios no orientados a conexión.
- Filosofía del modelo está dominada por la vertiente comunicativa y no la de computadores.
- Mala implementación: dada la complejidad del protocolo, las primeras versiones eran complicadas de instalar y lentas en su funcionamiento. Asociación OSI = mala calidad.
- Mala política: OSI fue visto como una imposición política.
 - TCP/IP se originó por parte de los investigadores como un módulo del UNIX sobre el que se realizaban las implementaciones. Esto provocó que los avances que funcionaban se realizaran sobre máquinas con TCP/IP.