

Lógica de redes

Apartado 1.5: capas de protocolos y modelos de servicio.

Tema 1: Contenido

2

1.1 ¿Qué es Internet?

1.2 La frontera de la red: redes de acceso y medios físicos.

1.3 Núcleo de red.

- Conmutación de paquetes, conmutación de circuitos, red de redes.

1.4 Retardos, pérdidas y tasa de transferencia en las redes de conmutación de paquetes.

1.5 Capas de protocolos y modelos de servicios.

1.6 Ataques a las redes.

1.7 Historia de Internet y de las redes de computadoras.

Introducción: capas de protocolos, modelos de servicios

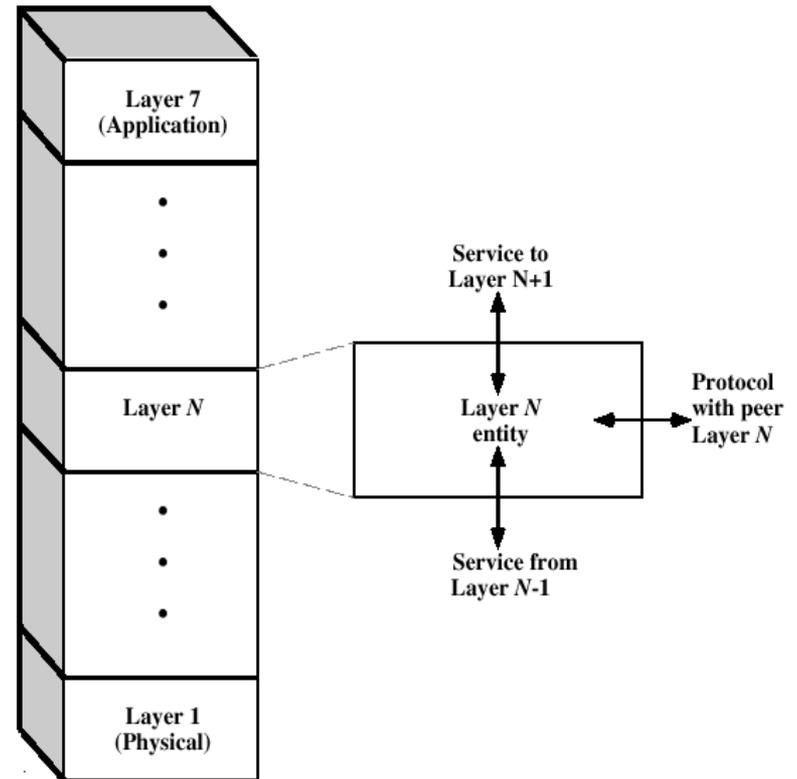
3

- Lógica de redes (lógica para funcionamiento de las redes).
 - ▣ Diferentes formas de abordar el diseño de las redes de comunicaciones.
 - ▣ Estructuración del *software* y del *hardware* de comunicaciones → Lógica de comunicación organizada en capas/niveles.
 - Agrupación de operaciones similares para transferir datos entre programas de distintos ordenadores.
 - Pila/torre/conjunto de protocolos organizados en "N" capas/niveles.
 - Cada capa/nivel construida sobre la capa/nivel inferior.
 - ▣ Objetivos:
 - Ofrecer servicios a las capas superiores ocultando detalles de cómo se realizan.
 - Utilizar servicios de las capas inferiores.
 - N° de capas, nombre y función difieren según red y modelo.

Lógica de redes, fundamentos

4

- La función de comunicación se descompone en un conjunto de módulos, capas o niveles.
- Se simplifica el diseño de la red:
 - El “gran problema” se fragmenta en problemas menos complejos y manejables (“divide y vencerás”).
 - El diseño en capas facilita las cosas.
 - P.e, el modelo OSI define siete capas.



Lógica de redes, fundamentos

5

- Elementos de la lógica y estructuración del SW de comunicaciones.
 - ▣ Capa o nivel.
 - ▣ Servicio.
 - ▣ Entidades.
 - Entidades pares en sistemas diferentes.
 - Entidades no pares en el mismo sistema.
 - ▣ Comunicación.
 - Horizontal -Virtual.
 - Vertical - Real.
 - ▣ Interfaz.
 - ▣ Protocolo.



- Capa o nivel.
 - ▣ Conjunto de funciones bien definidas, orientadas a resolver un problema determinado.
- Servicio.
 - ▣ Conjunto de operaciones (primitivas) que una capa proporciona a la capa inmediata superior.
 - ▣ Resultado de una o más funciones definidas por el correspondiente protocolo.
- Entidades.
 - ▣ Elementos activos HW o SW (procesos de una capa).
 - ▣ Desarrollan determinadas funciones.
 - ▣ Pares y no pares.

□ Comunicación

▣ Horizontal - VIRTUAL .

- Discurre en base a un protocolo entre entidades pares (capas homólogas) de máquinas diferentes.
 - El medio físico de transmisión se encarga de la comunicación física.

▣ Vertical - REAL.

- Discurre entre entidades NO pares adyacentes (capas no homólogas) en la misma máquina.
- Una capa (entidad) pasa datos e información de control a la capa (entidad) inmediata inferior/superior.

□ Interfaz.

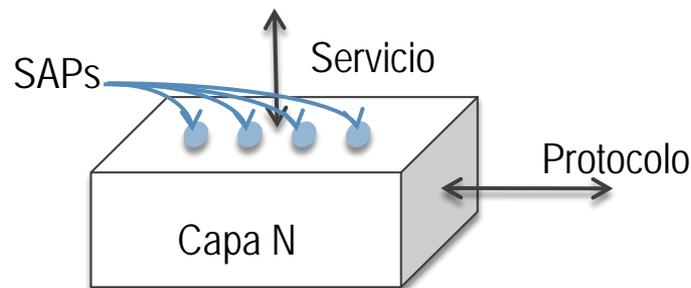
- ▣ Define reglas para la interacción entre capas del mismo sistema.
- ▣ Define qué operaciones y servicios ofrece una capa a la inmediata superior, permitiendo reemplazo de la implementación manteniendo el mismo conjunto de servicios.

□ Protocolo

- Conjunto de reglas y convenciones para la comunicación entre capas homólogas (entidades pares) de sistemas diferentes.
- Acciones/funciones que desarrollan entidades pares para proveer el servicio de comunicación correspondiente a una capa entre sistemas diferentes.

□ Normalización.

- Comprende tres elementos claves:
 - Definición del servicio (descripción funcional del servicio).
 - Especificación del protocolo.
 - Direccionamiento a través de los SAP (*Service Access Point*).



- SAP: Punto de Acceso al Servicio.
 - ▣ Identifica cada entidad (proceso) dentro de una capa.
 - ▣ Mecanismo de direccionamiento entre entidades de capas diferentes del mismo sistema.
 - ▣ A través de un SAP de la capa "N" una entidad de la capa "N+1" puede:
 - Acceder a un servicio de la capa "N".
 - Los SAP posibilitan que la capa "N" *multiplexe* varios usuarios de la capa "N+1".
 - Posible en todas las capas, pero no suele llevarse a cabo en todas las capas.
 - Ser direccionada desde la capa "N" y recibir información de una entidad de capa "N".

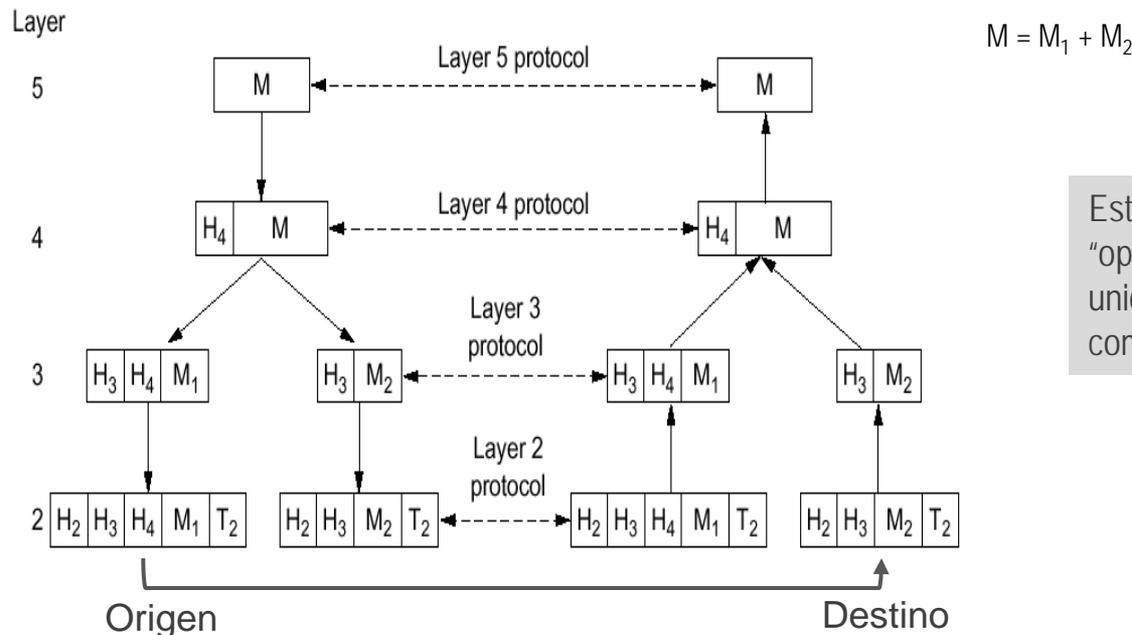
- Pila/torre de protocolos.
 - ▣ Conjunto de protocolos en un sistema, uno por capa en el contexto de una comunicación.
 - ▣ Cada protocolo independiente de los demás. Entre todos permiten la comunicación a través de la red.
- Arquitectura lógica de red
 - ▣ Conjunto de capas (procesos) y protocolos.
 - ▣ No incluye detalles de implementación ni especificación de las interfaces, que pueden NO ser iguales en sistemas (máquinas) diferentes.
 - ▣ Contiene información para desarrolladores de HW y SW de comunicaciones.
- Distinción entre servicios y protocolos.
 - ▣ Servicio: conjunto de primitivas (operaciones) que ofrece una capa a la que está por encima.
 - ▣ Protocolo: reglas que gobiernan el intercambio de estructuras de datos entre entidades pares en máquinas diferentes.
 - ▣ Los servicios y protocolos se normalizan.

- Funciones generales de los protocolos y de la lógica de red.
 - ▣ Encapsulado/des-encapsulado.
 - ▣ Segmentación/ensamblado y bloqueo/desbloqueo.
 - ▣ Servicios de transferencia:
 - Confirmado y no confirmado.
 - Conectivo y no conectivo.
 - ▣ Control de flujo, de errores y de secuencia.
 - ▣ Direccionamiento (de máquina y de proceso).
 - ▣ Encaminamiento.
 - ▣ Multiplexación/demultiplexación lógica (no física).
 - ▣ Otras: prioridades, calidad de servicio, seguridad, etc.
 - ▣ Hay funciones que sólo se desarrollan en ciertas capas, o en una sola capa, otras en varias capas.
 - ▣ No todos los protocolos proporcionan todas las funciones.

Lógica de redes, fundamentos

13

- Encapsulado (en el host emisor).
 - ▣ Cada proceso por capa añade información de control (generalmente cabecera) que se transmite a la capa inferior.
- Des-encapsulado (en el host receptor).
 - ▣ Cada proceso por capa quita información de control (generalmente cabecera) que no se transmite a la capa superior.



Este ejemplo muestra también "operaciones" sobre las unidades de datos que se comentan a continuación.

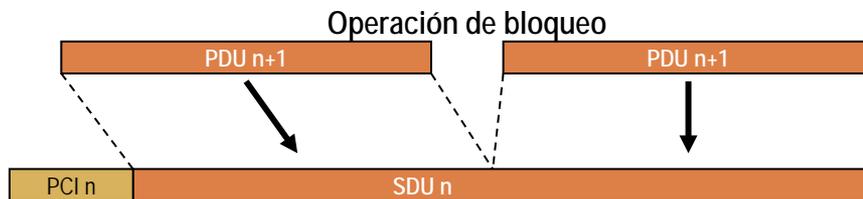
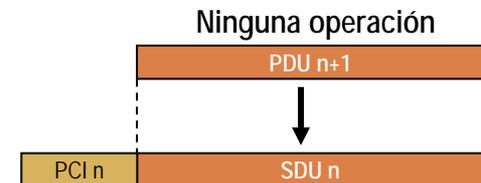
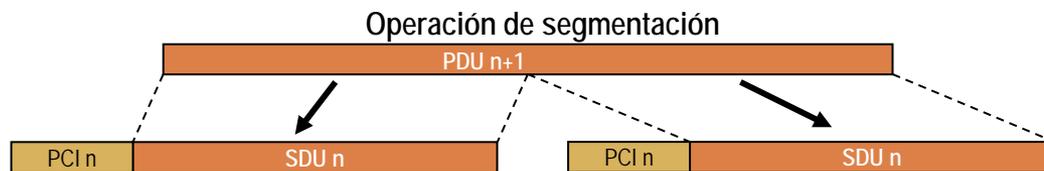
□ PDU, unidad de datos del protocolo.

- Estructura de información en la que se sustenta todo protocolo.
- Definida en cada capa de la pila de protocolos.
- Es lo que se transmite a la entidad par en otro sistema remoto.
- Puede ser de DATOS o de CONTROL.
- Estructura: $PDU = PCI + SDU$
 - PCI, información de control del protocolo (cabeceras).
 - Da soporte a la lógica del correspondiente protocolo de comunicación.
 - SDU, unidad de datos de servicio.
 - Contiene los "datos" desde la perspectiva de la capa correspondiente.
 - Es la PDU de la capa inmediata superior.
- Límites de tamaño
 - El servicio no impone, necesariamente, límites al tamaño de la SDU.
 - La especificación del protocolo puede poner límites al tamaño de la PDU.

□ Operaciones sobre las unidades de datos

□ Solo cuando se requiere:

- Segmentación → Fragmentación de la PDU_N para formar varias SDU_{N-1} , debido a:
 - Limitaciones en el tamaño de las SDU_{N-1} .
 - Capa "N" entrega información de forma continua.
 - Requiere re-ensamblado, operación inversa en el otro extremo de la comunicación.
- Bloqueo → Unión/agrupación de varias PDU_N para formar la SDU_{N-1} .
 - Para aprovechar mejor capacidad de transmisión disponible.
 - Requiere desbloqueo, operación inversa en el otro extremo de la comunicación.



¿Qué operación desarrollar?

Depende del contexto, hay casos que justifican una u otra, o ninguna. Cada una tiene ventajas e inconvenientes desventajas.

- ▣ Segmentación, se justifica cuando:
 - La red sólo acepta PDU de tamaño limitado. P.e:
 - En redes ATM, $PDU_{max} = 53$ octetos
 - En redes Ethernet, $PDU_{max} = 1518$ octetos
 - Se quiera eficiencia en la corrección de errores, PDU de menor tamaño requiere menos bits a retransmitir.
 - Se quiera compartir mejor las capacidades de transmisión evitando PDU muy grandes que acaparen las capacidades de transmisión.
 - Se quiera reducir las capacidades de almacenamiento en los buffers de recepción (y de transmisión si es el caso).

- ▣ Inconvenientes de la segmentación que justifican PDU grandes.
 - Porcentaje mayor de información de control (PCI) cuanto menor es el tamaño de la PDU.
 - Menor aprovechamiento para datos de las capacidades de transmisión.
 - Mayor número de PDU.
 - Mayor cantidad de interrupciones al procesador.
 - Mayor tiempo requerido para procesar las numerosas y pequeñas PDU.

- Tipos de servicio por capas.
 - ▣ Confirmado y no confirmado.
 - ▣ Orientado o no a conexión (conectivo o no conectivo).

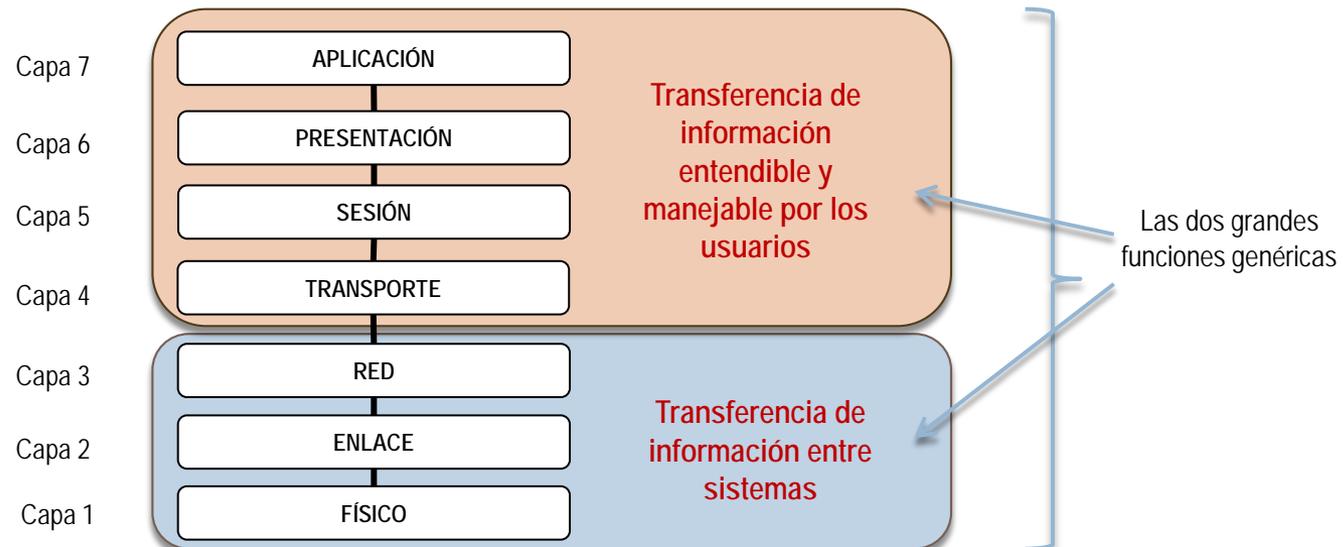
- Servicios confirmado y no confirmado.
 - ▣ Definidos respecto a la exigencia o no de confirmación de recepción de las PDU.
 - ▣ Servicio confirmado.
 - El envío de una nueva PDU requiere confirmación de recepción de la PDU previa.
 - ▣ Servicio no confirmado.
 - El envío de una nueva PDU no requiere confirmación de recepción de la PDU previa.

□ Servicios conectivos y no conectivos.

- “Conexión” en este contexto debe interpretarse como:
 - Acuerdo lógico previo a la transferencia de información entre entidades homólogas de sistemas diferentes.
 - Puede ser:
 - Sólo entre los extremos de la comunicación (entre sistemas finales).
 - Entre todos los nodos que intervienen en la comunicación (circuitos virtuales).
 - Requiere tres fases: establecimiento, uso y liberación de la “conexión”.
- En principio:
 - La capa “N” puede brindar a la capa “N+1” servicio conectivo o no conectivo.
 - ¿Qué servicio utilizar por cada capa? Depende, p.e, de la aplicación usuaria.

□ Modelo OSI (*Open System Interconnection*).

- Modelo estándar para clasificar las funciones de comunicaciones entre dos sistemas en red.
- Define un “esqueleto” de arquitectura de siete capas como punto de partida para el diseño de protocolos específicos.
- Concebido como marco general para normalizar la operación de comunicación entre productos de diferentes fabricantes.
- Modelo muy general que actualmente solo tiene valor/interés didáctico.

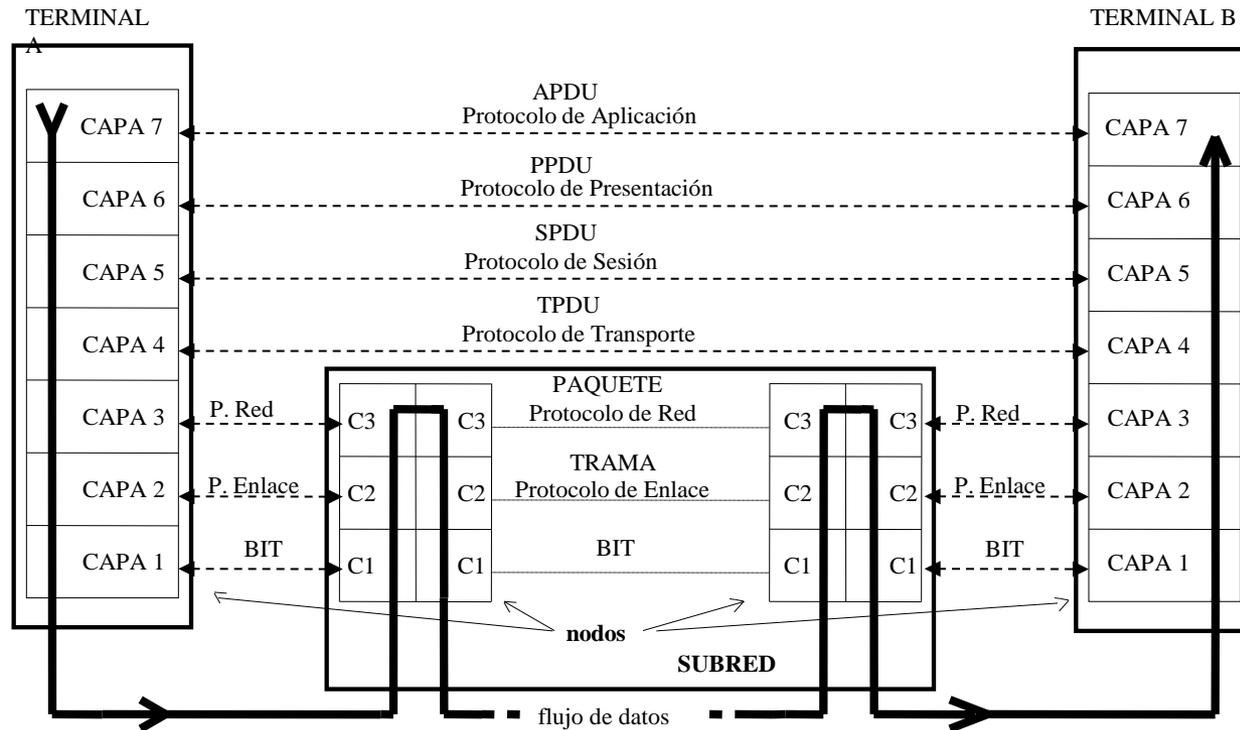


La capa de Transporte se involucra de cierta manera en ambas funciones genéricas.

Lógica de redes, modelo OSI

20

Comunicación en red según modelo OSI.



Capas inferiores 1, 2 y 3

- Protocolos/procedimientos entre sistemas adyacentes*.
- Proporcionan capacidad de interconexión en red.
- Transfieren datos desde el origen al destino.

Capas superiores 4, 5, 6 y 7

- Protocolos entre sistemas finales.
- Procesan datos para la obtención/entrega del/al usuario.

Lógica de redes, modelo OSI

21

□ Tipos de PDU según modelo OSI.

Aplicación → A-PDU

Presentación → P-PDU

Sesión → S-PDU

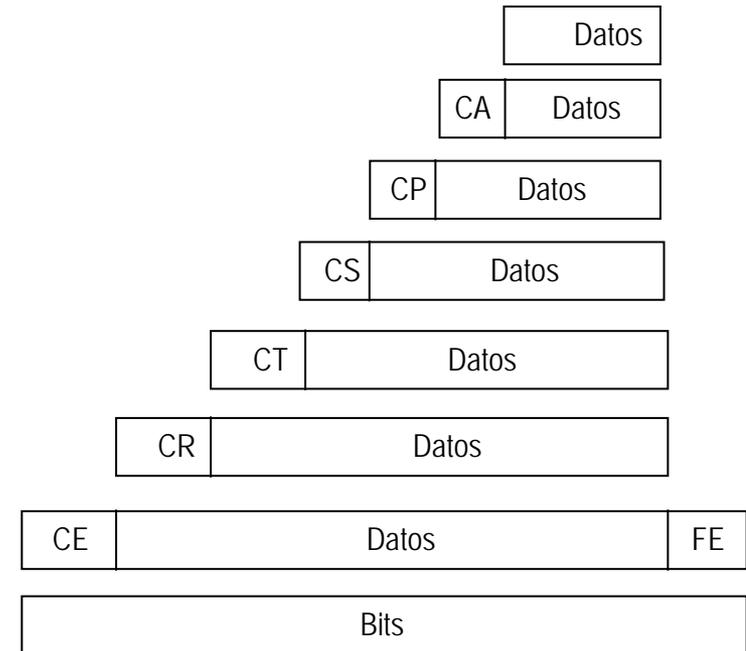
Transporte → T-PDU

Red → R-PDU (Paquete)

Enlace → E-PDU (Trama)

Físico → Tratamiento a nivel de bit

En base a la información de control de cada cabecera, por capa o nivel, es que se sustenta el correspondiente protocolo



CA: Cabecera de Aplicación
CP: Cabecera de Presentación
CS: Cabera de Sesión
CT: Cabecera de Transporte
CR: Cabecera de Red
CE: Cabecera de Enlace
FE: Fin de Enlace (Cola)

- Capa 3 del modelo OSI: especifica dos tipos de servicios de conmutación de paquetes → Dos tipos de operativa de red.
 - Circuitos Virtuales (servicio conectivo).
 - Conmutación/encaminamiento de paquetes en base a un N° de CV.
 - P.e, redes X.25.
 - Datagramas (servicio no conectivo).
 - Conmutación/encaminamiento de paquetes en base a la dirección destino.
 - P.e, redes X.25, redes IP.
 - ¿Datagramas o circuitos virtuales?
 - Determinado por necesidades de las aplicaciones usuarias y el desarrollo tecnológico.
 - La elección incide en:
 - El servicio que reciben los usuarios de la capa de red.
 - La forma de establecer las rutas entre origen y destino.
 - La forma de administrar el encaminamiento.
 - La complejidad de la red y la lógica asociada.

Desde la perspectiva de capa 3 del modelo OSI

Ventajas

Inconvenientes

Servicio conectivo

- Menos procesamiento por nodo, sólo en base al número de Circuito Virtual.
- Menor demora por nodo.
- Garantiza secuencia de las PDU.

- Requiere fase de establecimiento de la conexión, lo que conlleva cierta demora antes de transferir la información de usuario.
- Requiere información de estado por nodo.
- Menos seguro ante la caída de un nodo o enlace, conlleva a tener que rehacer la conexión lógica.

Servicio no conectivo

- No requiere establecer conexión lógica, por lo que provee mayor prontitud en el inicio de la transferencia de la información de usuario.
- No requiere información de estado por nodo.
- Más fiable ante la caída de un nodo o enlace, cada PDU es independiente de las demás.

- Más demora de procesamiento por nodo, por cuanto cada PDU es independiente de las demás.
- No garantiza de secuencia de las PDU.

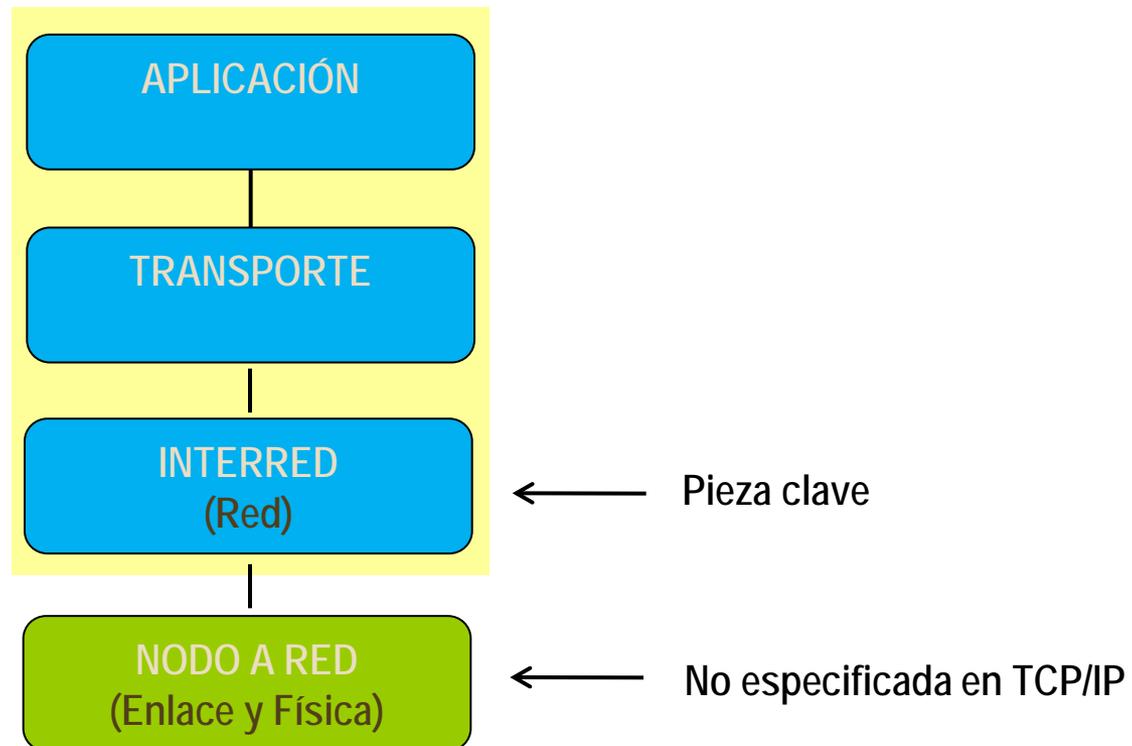
□ Arquitectura TCP/IP.

- Conjunto de protocolos, no solo TCP e IP.
- No es precisamente un modelo teórico.
 - TCP: Transmission Control Protocol.
 - IP: Internet Protocol.
- No define las capas Física (capa 1) y de Enlace (capa 2).
- Inicialmente utilizado en ARPANET, bajo patrocinio del Dpto. de Defensa de EE.UU.
- Requisitos impuestos:
 - Exigencia.
 - Permanencia de la comunicación mientras funcionen los Hosts extremos.
 - Capacidad.
 - Para inter-conexión de redes de manera sencilla (redes similares o diferentes).
 - Flexibilidad.
 - Soporte de aplicaciones con diferentes requerimientos.

- Causas de la imposición de TCP/IP sobre el modelo OSI.
 - Necesidad de interconexión inmediata del Dpto. de Defensa de EE.UU.
 - Impulsó su desarrollo y uso mientras se especificaba el modelo OSI.
 - Protocolos TCP/IP especificados, implementados y utilizados antes de la normalización del modelo OSI.
 - Comercialización de Internet → Cimentó su crecimiento.
 - Algunos otros protocolos TCP/IP:
 - FTP, SMTP, HTTP, Telnet, DNS, SNMP, UDP, ICMP, IGMP...

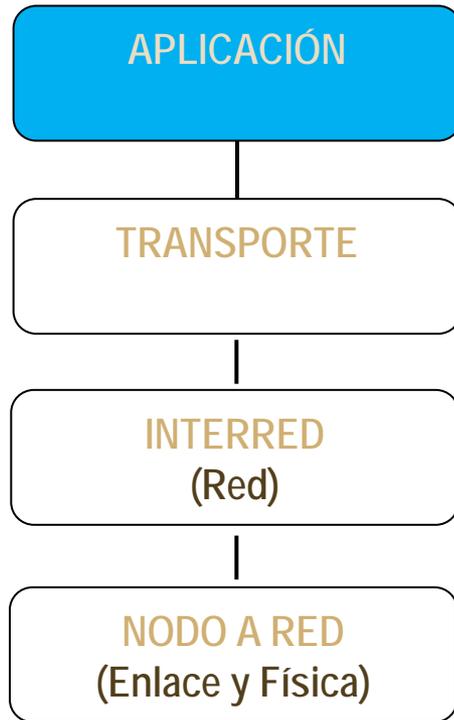
□ Pila de protocolos TCP/IP.

- En esta arquitectura NO es obligatorio el uso estricto de todas las capas.
- Hay protocolos de aplicación que operan directamente sobre la capa Interred.



Lógica de redes, TCP/IP: capa de aplicación.

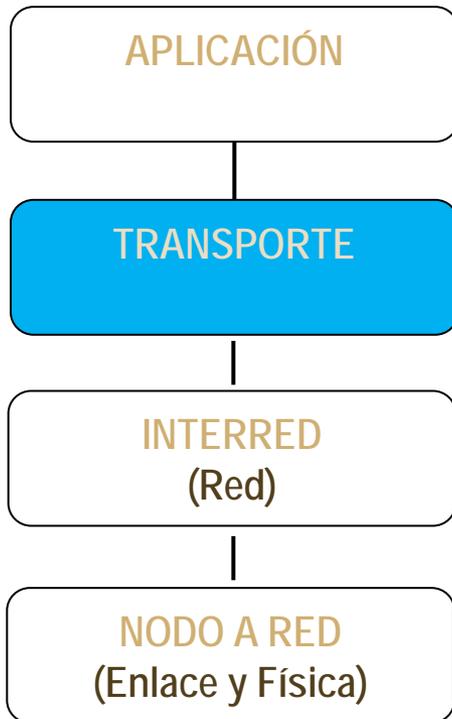
27



- Capa que soporta e interactúa con las aplicaciones usuarias.
 - ▣ Aplicaciones distribuidas, de red.
 - ▣ Basada en protocolos "extremo a extremo".
 - ▣ Transparente a los nodos de red intermedios.
- Comprende:
 - ▣ Entidades *software* (prog, procesos) y servicios con los que interactúa el "usuario" a través de la correspondiente interfaz.
 - SW "Agente de Usuario", en aquellas aplicaciones de cara al "usuario persona".
- Aplicaciones y protocolos asociados, entre otros:
 - ▣ Terminal virtual de red → Telnet.
 - ▣ Transferencia de ficheros → FTP.
 - FTP: File Transfer Protocol.
 - ▣ Correo electrónico → SMTP.
 - SMTP: Simple Mail Transfer Protocol.
 - ▣ Web → HTTP.
 - HTTP: Hiper Text Transfer Protocol.
 - ▣ Sistema de nombres de dominios → DNS.
 - DNS: Domain Name System.

Lógica de redes, TCP/IP: capa de transporte.

28



- Desarrolla la gestión de la comunicación entre entidades de transporte.
 - ▣ En base a protocolos “extremo a extremo”.
 - ▣ Transparentes a los nodos de red intermedios.
- Protocolos.
 - ▣ Principales: TCP y UDP.
 - ▣ Otros especificados posteriormente:
 - SCTP (Stream Control Transport Protocol), RFC 2960.
 - Para transporte de señalización telefónica en redes IP.
 - RTP (Real Time Transport Protocol), RFCs 1889, 3550.
 - Para transporte de inf. con requisitos de tiempo real (voz, vídeo).

SCTP: no solo para transporte de señalización telefónica, válido también para cualquier aplicación que requiera sus servicios.
RTP: a veces presentado como protocolo de aplicación, negándose explícitamente que sea un protocolo de la capa de transporte.
Se utiliza para transporte y empaquetado de datos multimedia (*medios/RTP/UDP/IP*).

Lógica de redes, TCP/IP: capa de transporte.

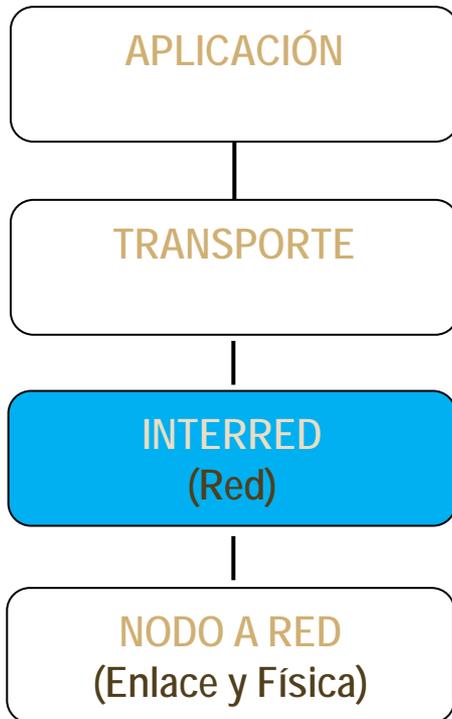
29

- TCP: Transmission Control Protocol (RFCs 793, 1122, 1323).
 - ▣ Orientado a conexión (conectivo).
 - ▣ Proporciona transporte fiable “extremo a extremo”:
 - De “segmentos” de datos (segmentos TCP) sobre red no fiable.
 - ▣ Funciones:
 - En el origen fragmenta, de ser necesario, la secuencia de datos de la capa de aplicación y los entrega a la capa Interred.
 - En el destino ensambla, de ser necesario, lo que le entrega la capa Interred.
 - Reordena y solicita retransmisiones si se requiere.
 - Control de errores.
 - Control de flujo.
 - Control de congestión.
 - Otras.
 - Adecuado para aplicaciones que requieran las funciones indicadas.

- UDP: User Datagram Protocol (RFC 768).
 - ▣ No orientado a conexión (no conectivo).
 - ▣ Proporciona transporte NO fiable “extremo a extremo”:
 - De datagramas UDP (segmentos UDP) sobre red no fiable.
 - ▣ Protocolo muy sencillo.
 - No provee control de flujo, ni de errores ni de congestión.
 - ▣ Adecuado para aplicaciones:
 - Que no requieran control de secuencia ni de flujo.
 - De tiempo real.
 - De tipo transaccional (consulta, petición - respuesta).
 - Que difundan información a múltiples destinos.

Lógica de redes, TCP/IP: capa de red.

31



- También denominada capa Internet o capa IP.
- Provee servicio no conectivo y no fiable.
 - ▣ Los nodos inyectan unidades de datos en la red que son encaminadas de forma independiente.
 - ▣ Pueden llegar al destino desordenadas, duplicadas o no llegar.
 - ▣ Si se precisa ordenación se desarrolla en capas superiores.
- En lo fundamental desarrolla funciones relativas a:
 - ▣ Gestión de paquetes IP.
 - ▣ Direccionamiento.
 - Dirección de capa 3 = Dirección lógica = Dirección IP.
 - ▣ Encaminamiento.
 - ▣ Control de congestión.
- No provee control de errores ni control de flujo.
 - ▣ Corresponde a TCP o a la aplicación que corra sobre UDP.

- La capa Interred implementa el protocolo IP.
 - ▣ Protocolo “tramo a tramo”, no conectivo y no fiable.
 - ▣ Cada “segmento TCP” o “datagrama UDP” se encapsula en un “paquete IP”.
 - Paquete IP también denominado “datagrama IP”.
 - En el texto de la asignatura “datagrama UDP” denominado “segmento UDP”.
 - Si PDU_{TCP} o $PDU_{UDP} > SDU_{IP} \rightarrow$ Capa IP debe segmentar.
- Otros protocolos especificados en la capa Interred:
 - ▣ ICMP, IGMP, OSPF, BGP.
 - ▣ Se encapsulan dentro de un paquete IP.

ICMP: Internet Control Message Protocol

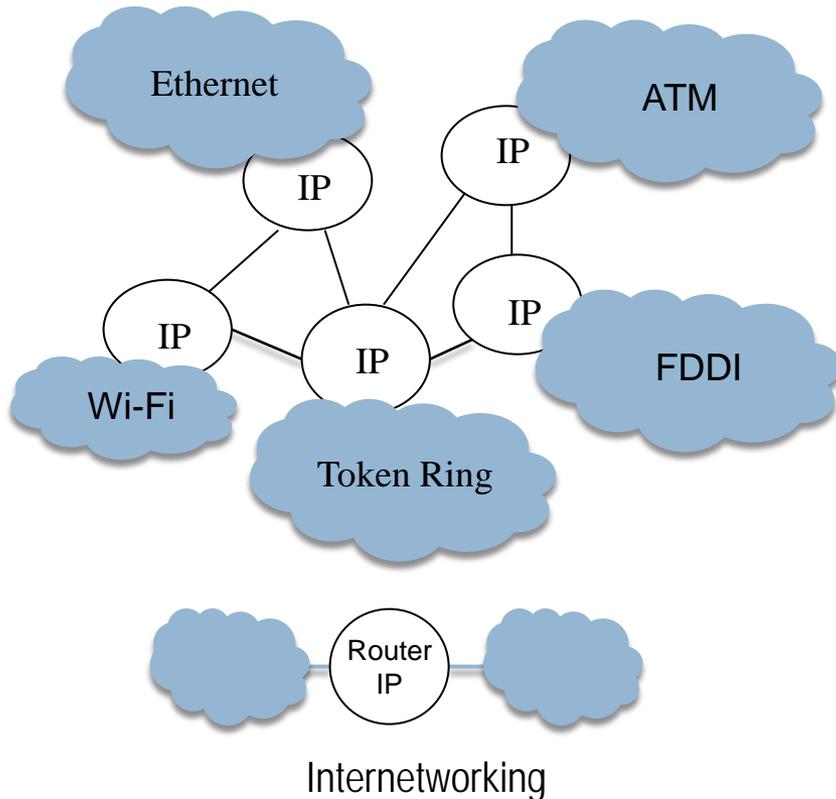
IGMP: Internet Group Management Protocol

OSPF: Open Shortest Path First (protocolo para encaminamiento interior, dentro de un mismo sistema autónomo)

BGP: Border Gateway Protocol (protocolo para encaminamiento entre sistemas autónomos)

Lógica de redes, TCP/IP: capa de red.

33



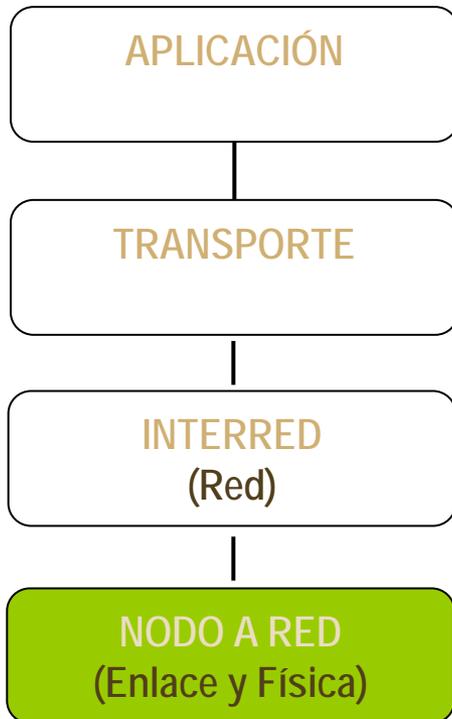
ATM: Asynchronous Transfer Mode.
FDD: Fiber Distributed Data Interface.
WiFi: Wireless Fidelity.

□ La capa Interred.

- Constituye la “clave” de Internet.
- Permite:
 - Interconectar redes de diferentes tecnologías.
 - Diferentes HW.
 - Diferentes interfaces de comunicaciones.
 - Que el usuario vea toda esa gran diversidad como una única y gran red.
 - Redes inter conectadas = Internet, internetworking.
- Router IP.
 - Conmutador de paquetes, eslabón clave.
 - Dispositivo para interconexión de dos o más redes.
 - Ordenador especializado en *internetworking*.
 - Retransmite datagramas IP entre redes.

Lógica de redes, TCP/IP: capa de enlace.

34



- Capa “nodo a red”.
 - ▣ También denominada capa de “acceso a red”.
 - ▣ No especificada en la arquitectura TCP/IP.
 - ▣ La lógica (HW y SW), los servicios que provee y el protocolo correspondiente:
 - Dependen del tipo de enlace o red subyacente.
 - P.e:
 - PPP (Point-to-Point Protocol) para enlaces punto a punto.
 - Redes: Ethernet, WiFi, Token Ring, ATM, X.25.

□ Capa “nodo a red”.

- Además del protocolo de acceso a la red (o enlace subyacente), también especifica otros protocolos:
 - ARP (Address Resolution Protocol) y RARP (Reverse ARP).
 - Para determinar correspondencia entre direcciones físicas y lógicas (de capas 2 y 3, respectivamente). Se encapsulan en las PDU de este nivel.
 - ARP: utilizado para “resolver” una dirección IP en una dirección física.
 - RARP: utilizado por un host para preguntar por su dirección lógica (dirección IP).
- TRAMA, denominación de la PDU de esta capa (PDU_2).
 - Cada TRAMA encapsula:
 - Un “datagrama-paquete IP” o parte de él si hay que segmentar, o
 - Mensajes ARP, RARP.
 - $TRAMA = PDU_2 = \text{cabecera} + SDU_2 + \text{cola (si la hubiera)}$.
- MTU = Unidad de Transmisión Máxima.
 - $MTU = SDU_{2\max} = PDU_{3\max} = \text{datagrama-paquete IP de tamaño máximo}$.

Lógica de redes, TCP/IP: capa de enlace.

36

- Entidades funcionales fundamentales en redes TCP/IP.
 - ▣ Hosts, routers y switches.
 - ▣ Desarrollan diferentes funcionalidades, implementan un n° diferente de capas.

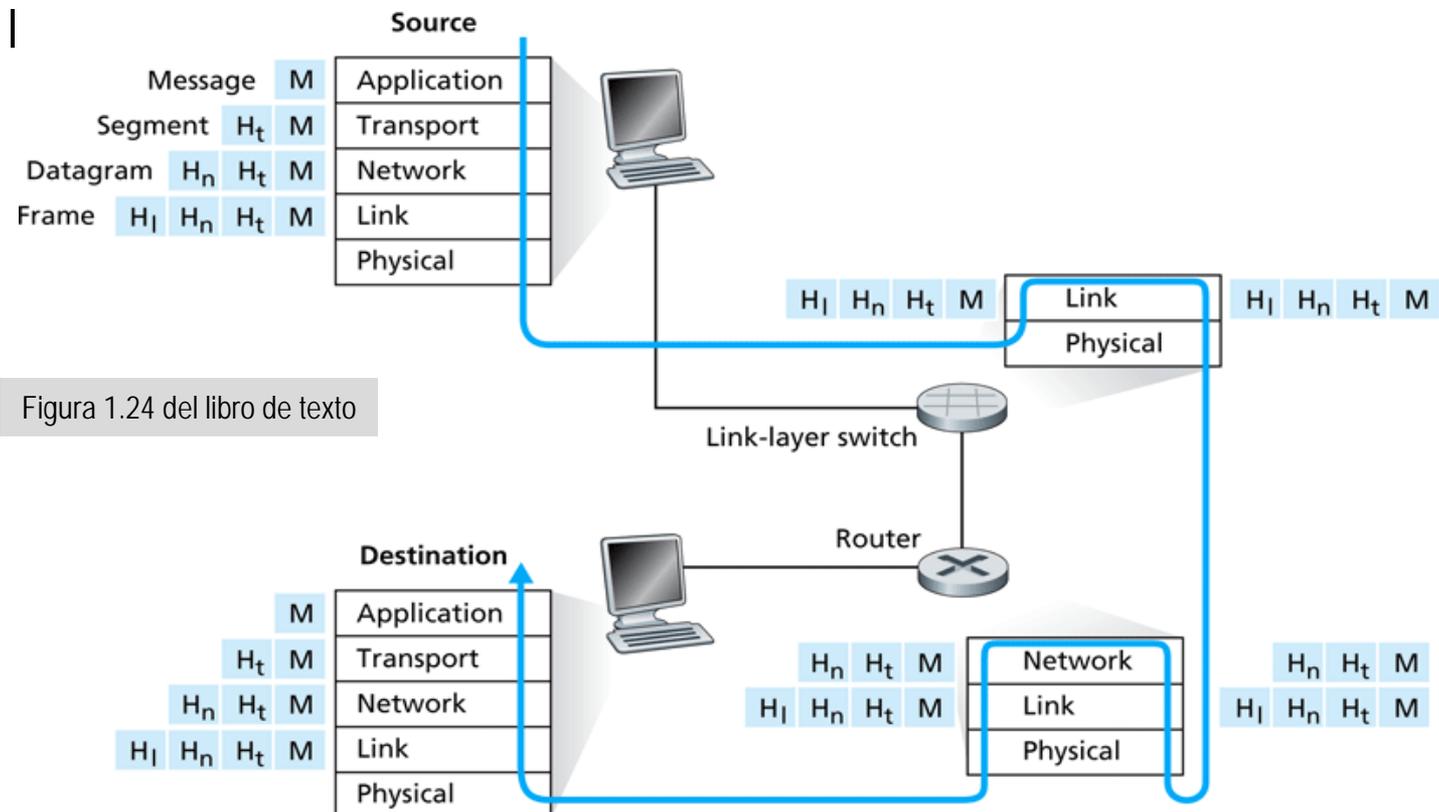


Figura 1.24 del libro de texto

□ Enlaces de interés:

- http://en.wikipedia.org/wiki/OSI_protocols
- http://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model
- http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol_Suite