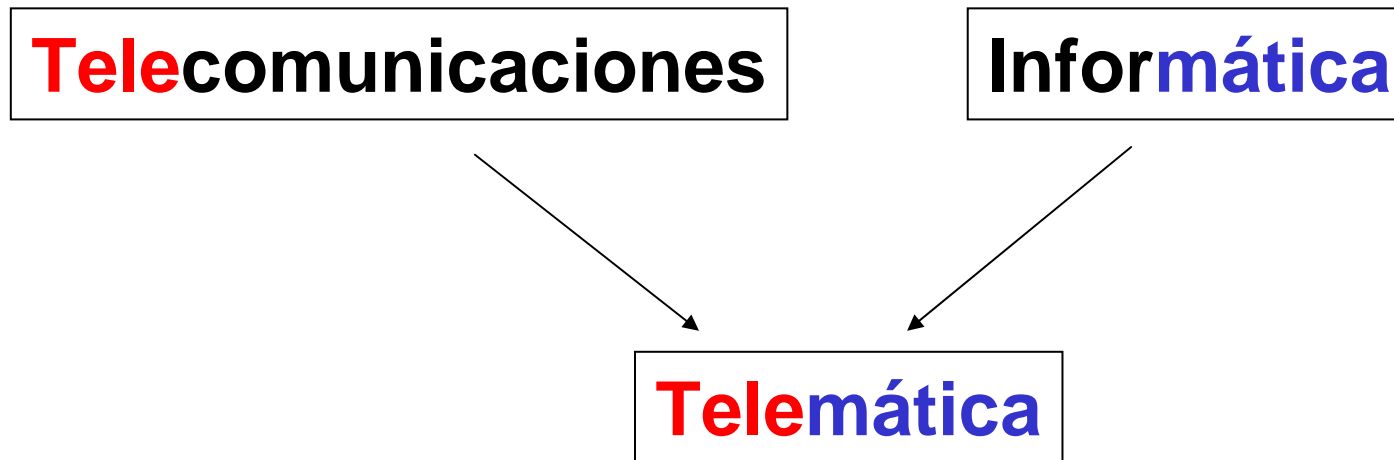


Introducción

Redes de Comunicaciones

Paula Montoto Castelao
Tecnologías de la Información
y las Comunicaciones
pmontoto@udc.es



Telemática: ciencia que utiliza las telecomunicaciones para potenciar las posibilidades y aplicaciones de la informática

Sumario

- **Definición. Tipos de redes y su clasificación**
- Arquitectura de Redes
- Modelos de Referencia
 - Modelo de Referencia OSI
 - Modelo de Referencia TCP/IP

Clasificación de las redes

- Por su ámbito:
 - Redes de área local o LAN (Local Area Network):
Diseñadas desde el principio para transportar datos.
 - Redes de área extensa o WAN (Wide Area Network):
Utilizan el sistema telefónico, diseñado inicialmente para transportar voz.
- Por su tecnología:
 - Redes broadcast (broadcast = radiodifusión)
 - Redes punto a punto

Clasificación de las redes por su tecnología

Tipo	Broadcast	Enlaces punto a punto
Características	La información se envía a todos los nodos de la red, aunque solo interese a unos pocos	La información se envía solo al nodo al cual va dirigida
Ejemplos	<ul style="list-style-type: none">•Casi todas las LANs (excepto LANs conmutadas)•Redes de satélite•Redes de TV por cable	<ul style="list-style-type: none">•Enlaces dedicados•Servicios de conmutación de paquetes (X.25, Frame Relay y ATM).•LANs conmutadas

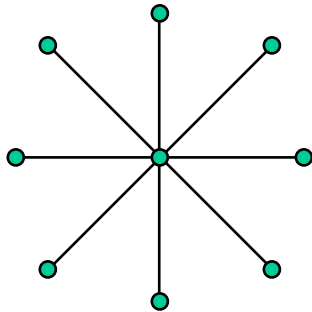
Redes broadcast

- El medio de transmisión es compartido. Suelen ser redes locales. Ej.: Ethernet 10 Mb/s
- Los paquetes se envían a toda la red, aunque vayan dirigidos a un único destinatario. Posibles problemas de seguridad (encriptado)
- Se pueden crear redes planas, es decir redes en las que la comunicación entre dos ordenadores cualesquiera se haga de forma directa, sin routers intermedios.

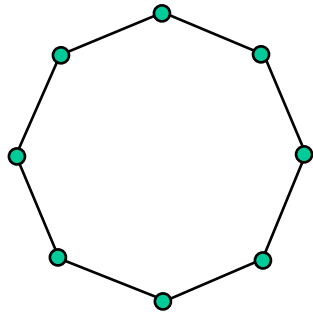
Redes de enlaces punto a punto (I)

- La red esta formada por un conjunto de enlaces entre los nodos de dos en dos (líneas, circuitos, canales)
- Es posible crear topologías complejas (anillo, malla,etc.)
- Generalmente la comunicación entre dos ordenadores cualesquiera se realiza a través de nodos intermedios que encaminan o conmutan los paquetes (conmutador o router).
- Un router o conmutador es un ordenador especializado en la conmutación de paquetes; generalmente utiliza un hardware y software diseñados a propósito (p. ej. sistemas operativos en tiempo real)
- En una red de enlaces punto a punto el conjunto de routers o conmutadores y los enlaces que los unen forman lo que se conoce como la *subred*. La subred delimita la responsabilidad del proveedor del servicio.

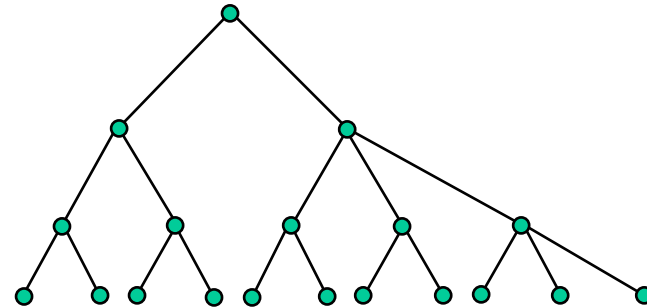
Algunas topologías típicas de redes punto a punto



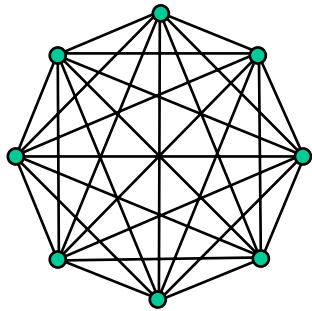
Estrella



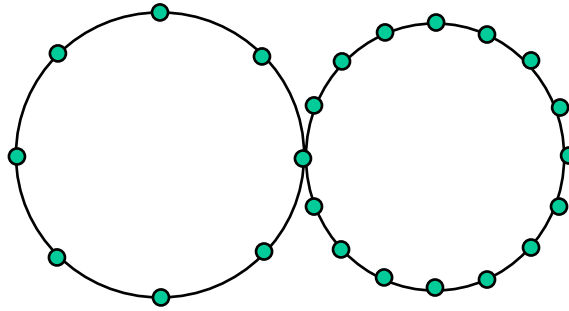
Anillo



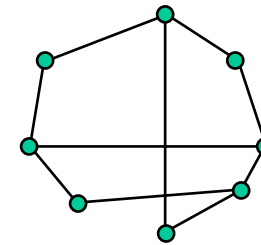
Estrella distribuida, árbol sin bucles o 'spanning tree'



Malla completa



Anillos interconectados



Topología irregular
(malla parcial)

Redes de enlaces punto a punto (II)

- En una red punto a punto los enlaces pueden ser:
 - **Simplex**: transmisión en un solo sentido
 - **Semi-dúplex o half-duplex**: transmisión en ambos sentidos, pero no a la vez
 - **Dúplex o full-duplex**: transmisión simultánea en ambos sentidos
- En el caso dúplex y semi-dúplex el enlace puede ser simétrico (misma velocidad en ambos sentidos) o asimétrico. Normalmente los enlaces son dúplex simétricos
- No es trivial averiguar cual es la ruta óptima.
- Nodo: cada uno de los ordenadores que participan en la red (tipos: intermedios y terminales)
- Para llegar de un nodo a otro se han de atravesar uno o varios enlaces (hops).
- Cada enlace puede tener una velocidad diferente.

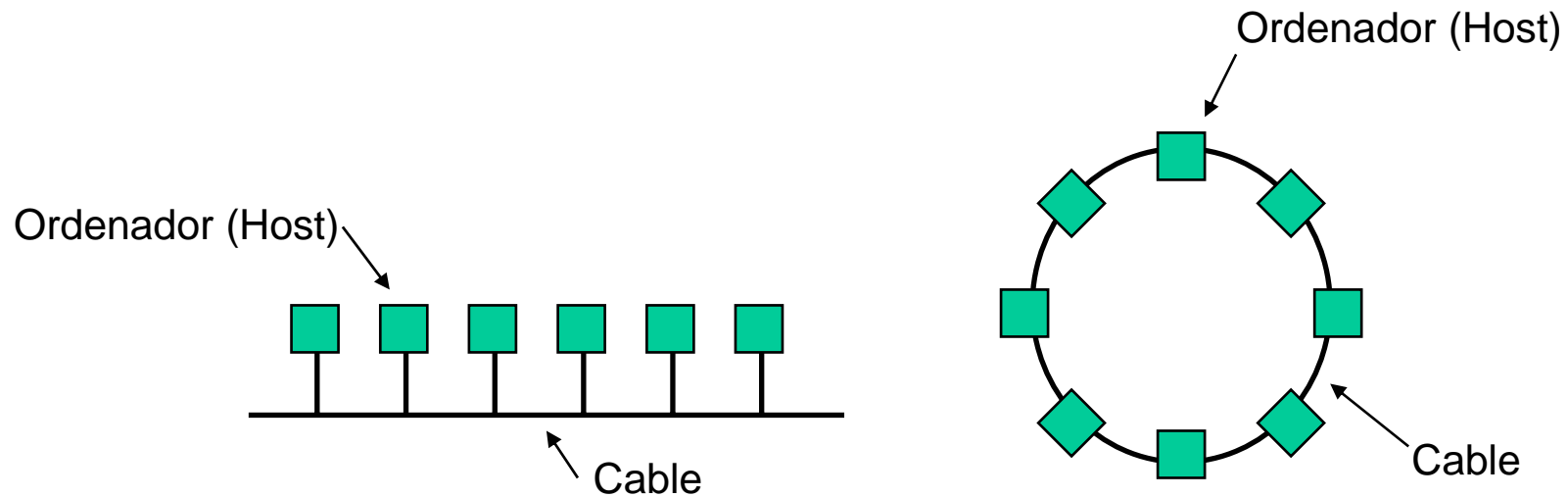
Clasificación de las redes por su ámbito

Distancia entre procesadores	Procesadores ubicados en el mismo ...	Ejemplo
1 m	Sistema	Multiprocesador
10 m	Habitación	LAN
100 m	Edificio	
1 Km	Campus	
10 Km	Ciudad	MAN (o WAN)
100 Km	País	WAN
1.000 Km	Continente	
10.000 Km	Planeta	

Redes de área local o LAN (Local Area Network)

- Características:
 - Generalmente son de tipo broadcast (medio compartido)
 - Cableado normalmente propiedad del usuario
 - Diseñadas inicialmente para transporte de datos
- Su alcance limitado permite saber el tiempo máximo de un extremo a otro => simplifica su gestión
- Ejemplos:
 - Ethernet (IEEE 802.3): 1, 10, 100, 1000 Mb/s
 - Token Ring (IEEE 802.5): 1, 4, 16, 100 Mb/s
 - FDDI: 100 Mb/s
- Topología en bus (Ethernet) o anillo (Token Ring, FDDI)
- En años recientes se utilizan tecnologías típicas de redes WAN

Topologías LAN típicas



Bus
(Ethernet)

Anillo
(Token Ring, FDDI)

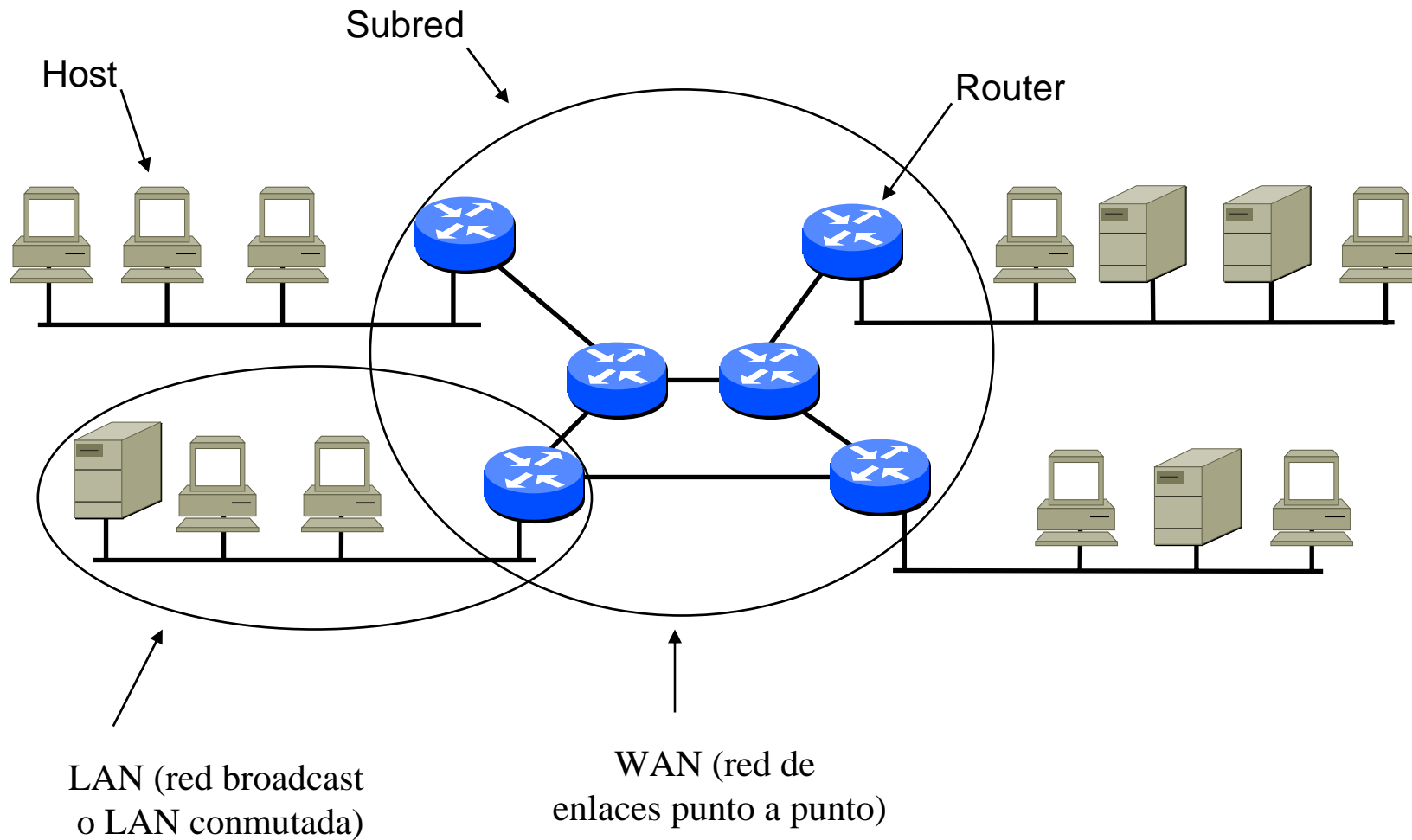
Redes de área extensa o WAN (Wide Area Network)

- Se caracterizan por utilizar normalmente medios telefónicos, diseñados en principio para transportar la voz.
- Son servicios contratados normalmente a operadoras (Telefónica, Retevisión, Ono, BT, Uni2, etc.).
- Las comunicaciones tienen un costo elevado, por lo que se suele optimizar su diseño.
- Actualmente han reducido su tasa de errores
- Tienen la gran virtud de llegar prácticamente a todas partes
- Normalmente utilizan enlaces punto a punto temporales o permanentes, salvo las comunicaciones vía satélite que son broadcast. También hay servicios WAN que son redes de conmutación de paquetes.

Clasificación de las redes

	Redes LAN	Redes WAN
Redes broadcast	Ethernet, Token Ring, FDDI	Redes vía satélite, redes CATV
Redes de enlaces punto a punto	HIPPI, LANs conmutadas	Líneas dedicadas, Frame Relay, ATM

Escenario típico de una red completa (LAN-WAN)



Posibles formas de enviar la información

- Según el número de destinatarios el envío de un paquete puede ser:
 - **Unicast:** si se envía a un destinatario concreto. Es el mas normal.
 - **Broadcast:** si se envía a todos los destinatarios posibles en la red. Ejemplo: para anunciar nuevos servicios en la red.
 - **Multicast:** si se envía a un grupo selecto de destinatarios de entre todos los que hay en la red. Ejemplo: emisión de videoconferencia.
 - **Anycast:** si se envía a uno cualquiera de un conjunto de destinatarios posibles. Ejemplo: servicio de alta disponibilidad ofrecido por varios servidores simultáneamente; el cliente solicita una determinada información y espera recibir respuesta de uno cualquiera de ellos.

Internetworking

- Se denomina así a la interconexión de redes diferentes
- Las redes pueden diferir en tecnología (p. ej. Ethernet-Token Ring) o en tipo (p. ej. LAN-WAN).
- También pueden diferir en el protocolo utilizado, p. ej. DECNET y TCP/IP.
- Los dispositivos que permiten la interconexión de redes diversas son:
 - Repetidores y amplificadores
 - Puentes (Bridges)
 - Routers y Conmutadores (Switches)
 - Pasarelas de nivel de transporte o aplicación (Gateways)

- Definición. Tipos de redes y su clasificación
- **Arquitectura de Redes**
- Modelos de Referencia
 - Modelo de Referencia OSI
 - Modelo de Referencia TCP/IP

Planteamiento del problema

- La interconexión de ordenadores es un problema técnico de complejidad elevada.
- Requiere el funcionamiento correcto de equipos (hardware) y programas (software) desarrollados por diferentes equipos humanos.
- Cuando las cosas no funcionan es muy fácil echar la culpa al otro equipo.
- La interoperabilidad no cumple la propiedad transitiva. El correcto funcionamiento de A con B y de B con C no garantiza el correcto funcionamiento de A con C
- Estos problemas se agravan más aún cuando se interconectan equipos de distintos fabricantes.

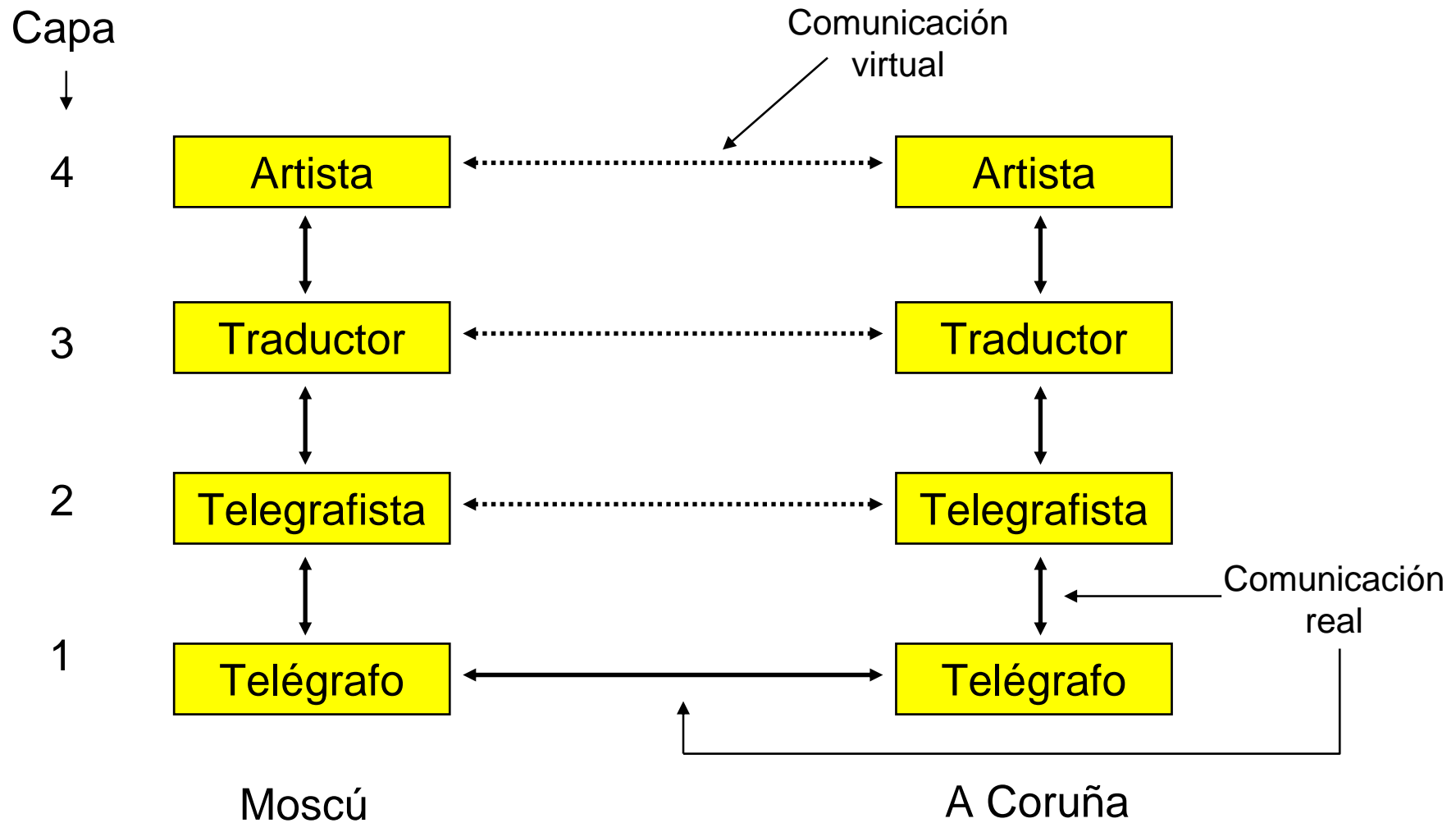
La solución

- La mejor forma de resolver un problema complejo es dividirlo en partes.
- En telemática dichas ‘partes’ se llaman **capas** y tienen funciones bien definidas.
- El **modelo de capas** permite describir el funcionamiento de las redes de forma modular y hacer cambios de manera sencilla.
- El modelo de capas más conocido es el llamado modelo OSI de ISO (OSI = Open Systems Interconnection).

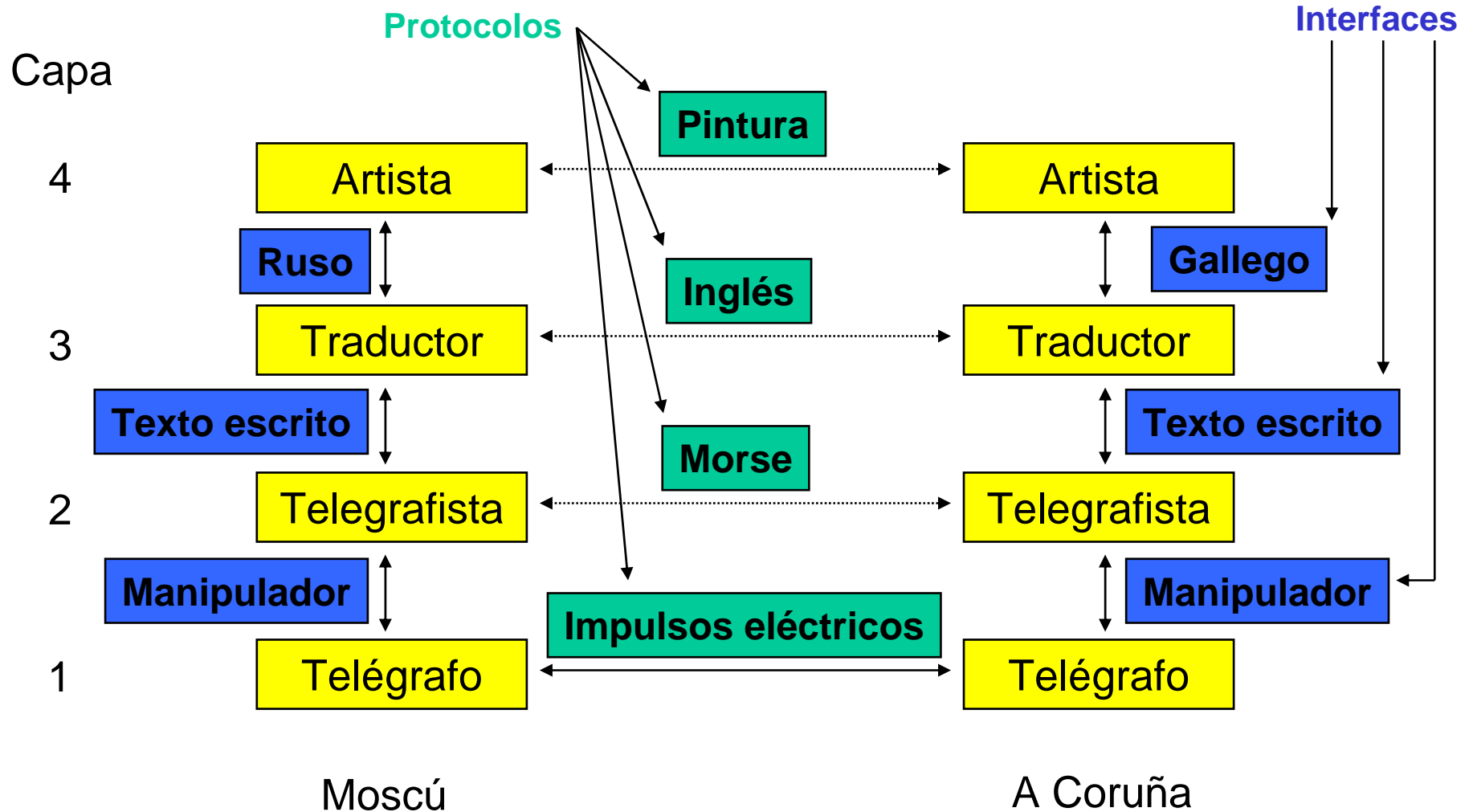
Ejemplo de comunicación mediante el modelo de capas

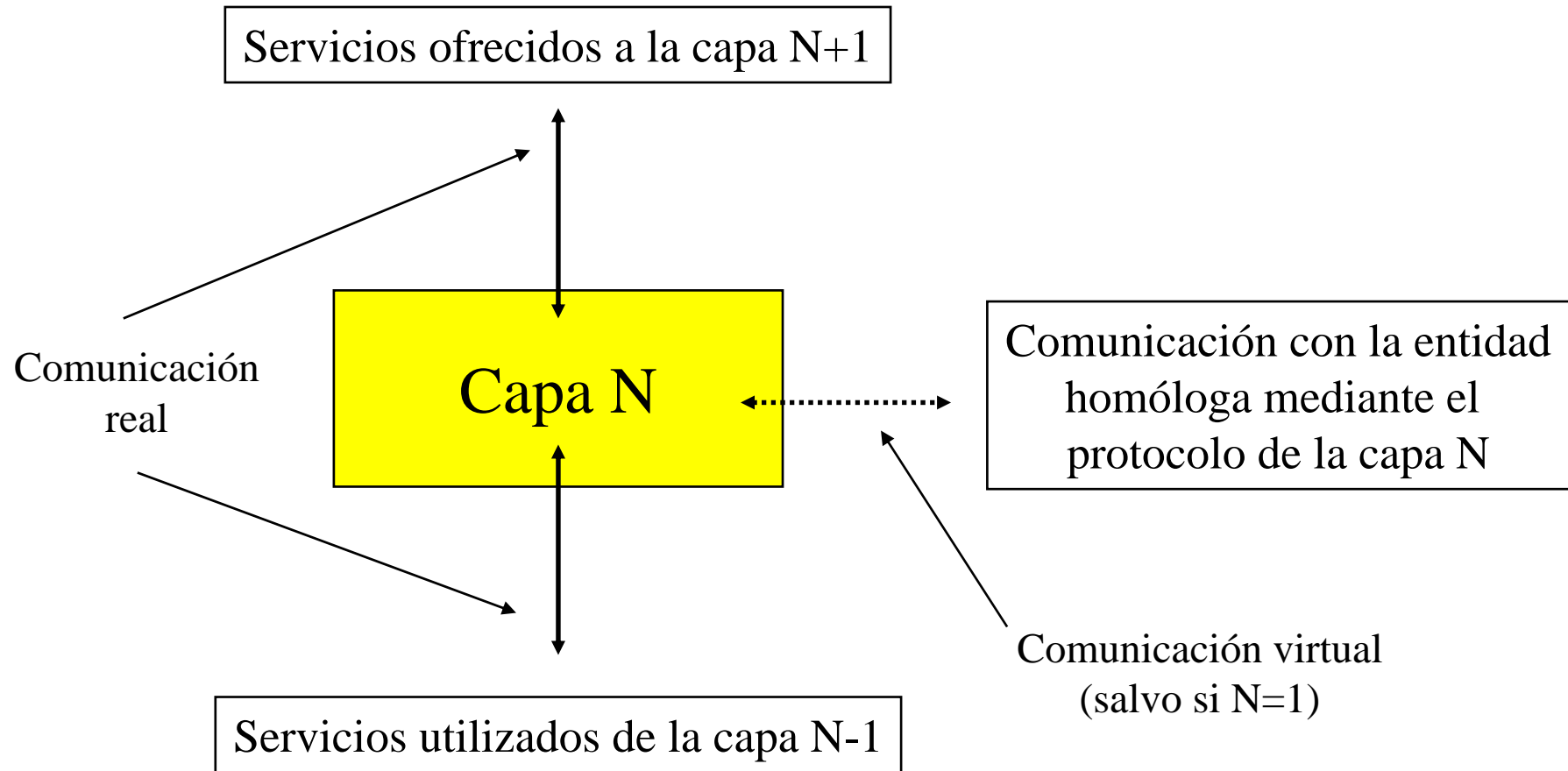
Dos artistas, uno en Moscú y el otro en A Coruña, mantienen por vía telegráfica una conversación sobre pintura. Para entenderse disponen de traductores ruso-inglés y gallego-inglés, respectivamente. Los traductores pasan el texto escrito en inglés a los telegrafistas que lo transmiten por el telégrafo utilizando código Morse.

Ejemplo de comunicación mediante el modelo de capas



Protocolos e Interfaces





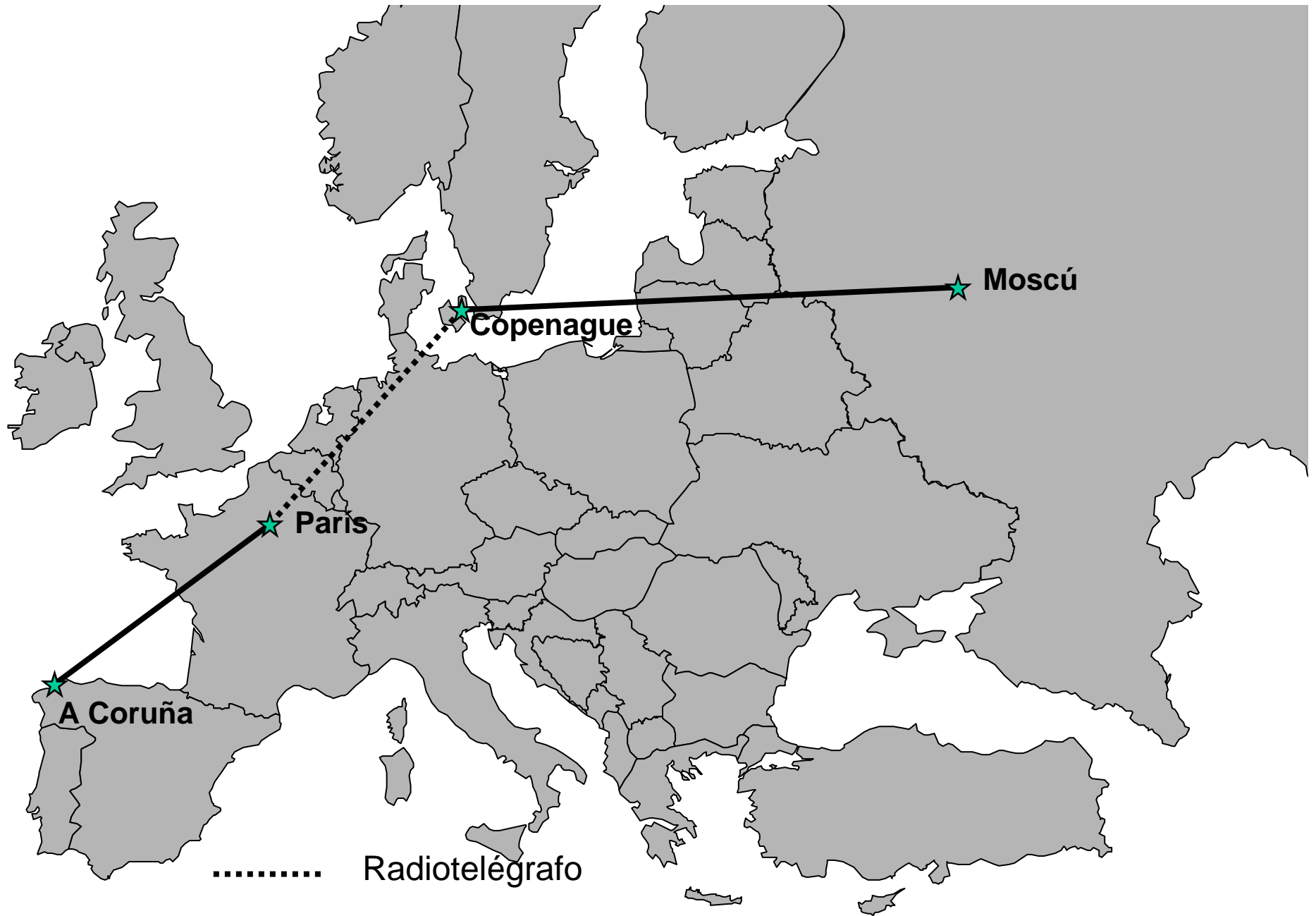
Comunicación indirecta mediante el modelo de capas

Supongamos ahora que Moscú y A Coruña no disponen de comunicación directa vía telégrafo, pero que la comunicación se realiza de forma indirecta por la ruta:

Moscú – Copenhague: telégrafo por cable

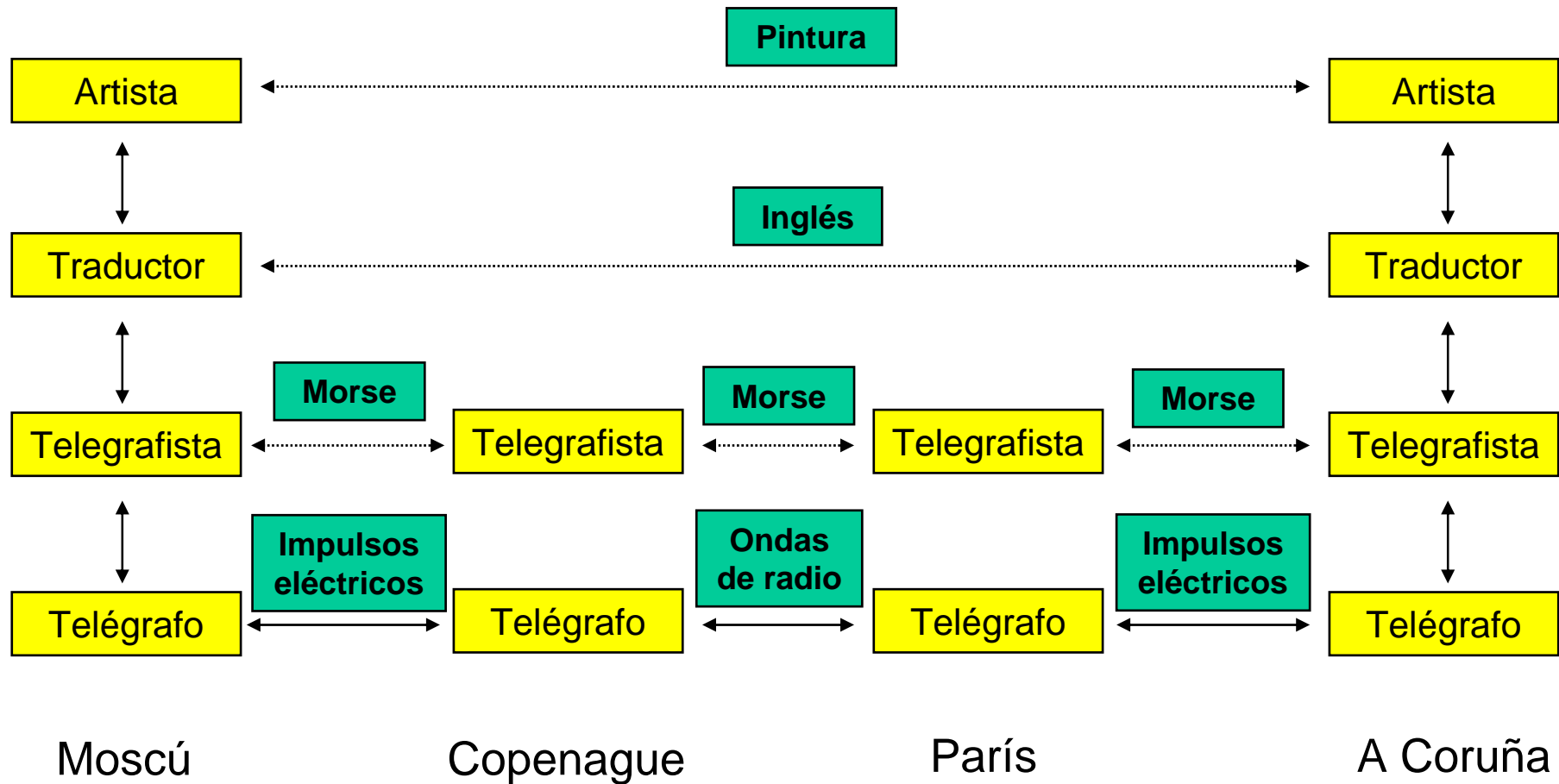
Copenhague – París: radiotelégrafo

París – A Coruña: telégrafo por cable



..... Radiotelégrafo
——— Telégrafo por cable

Comunicación indirecta entre dos artistas a través de una red de telégrafos



Arquitectura de redes

- La arquitectura es un patrón común al que han de ceñirse unos productos (hard y soft) para mantener un cierto grado de compatibilidad entre sí.
- La necesidad de diseñar arquitecturas de redes surgió en los 70s por razones parecidas a las que provocaron las primeras arquitecturas de computadores.
- La primera fue SNA (Systems Networks Architecture) de IBM en 1974 que utilizó un modelo de 7 capas.
- Actualmente todas las arquitecturas utilizan un modelo de capas. El caso más conocido y que suele utilizarse como referencia es el de OSI, que también tiene 7 capas.

Arquitectura de redes (cont.)

- El modelo de capas se basa en los siguientes principios:
 - La capa n ofrece sus servicios a la capa $n+1$
 - La capa $n+1$ solo usa los servicios de la capa n
 - La capa n solo habla con la capa n de otro sistema (comunicación de igual a igual o peer to peer) siguiendo el protocolo de la capa n
- La comunicación entre dos capas adyacentes se realiza a través de la *interfaz*. Ésta no forma parte de la arquitectura
- El conjunto de protocolos que interoperan en todos los niveles de una arquitectura dada se conoce como *pila de protocolos* o *protocol stack*. Ejemplo: la pila de protocolos OSI, SNA, TCP/IP, etc.

Modelo de capas

- Actualmente todas las arquitecturas de red se describen utilizando un modelo de capas. El más conocido es el denominado Modelo de Referencia OSI (Open Systems Interconnect) de ISO, que tiene 7 capas (como el SNA).
- Los objetivos fundamentales del modelo de capas son:
 - **Sencillez:** hace abordable el complejo problema de la comunicación entre ordenadores
 - **Modularidad:** permite realizar cambios con relativa facilidad a una de sus partes sin afectar al resto
 - **Compatibilidad:** La comunicación entre dos entidades de una capa puede realizarse independientemente de las demás.

Diseño de Arquitectura de Redes

- *Direccionamiento*: identificar al emisor y receptor dentro de la red.
- *Control de errores*: debido a que los canales de comunicación no son totalmente fiables.
- *Envío ordenado*: Puede ocurrir que las PDUs se reciban de manera no ordenada debido a que siguen caminos diferentes por la red. Para mantener el orden de secuencia, algunos protocolos realizan funciones de repetición selectiva basada en la numeración con una secuencia finita y mayor que el número máximo de PDUs pendientes de confirmar.
- Mecanismos de control de flujo y notificación para indicar la congestión.
- *Fragmentación y ensamblado*: Dos entidades necesitan intercambiar una serie de mensajes. Sin embargo, protocolos pueden necesitar dividir los datos en una serie de paquetes de menor tamaño: fragmentación. El proceso contrario, denominado ensamblado, debe reagrupar las secuencias de mensajes.
- *Encapsulado*: La mayoría de los protocolos necesitan incorporar a los datos información de control para funciones propias de protocolo. El bloque de datos (datos y control) intercambiado a través de un protocolo se denomina PDU.

- Definición. Tipos de redes y su clasificación
- Arquitectura de Redes
- **Modelos de Referencia**
 - **Modelo de Referencia OSI**
 - **Modelo de Referencia TCP/IP**

El Modelo de referencia OSI de ISO (OSIRM)

- Fue definido entre 1977 y 1983 por la ISO (International Standards Organization) para promover la creación de estándares independientes de fabricante. Define 7 capas:



- Capa Física
 - Todo hardware - define el medio de comunicación (cable y conectores), los niveles eléctricos de la señal, velocidad de la transmisión.
 - Finalidad - un bit enviado sea reconocido por el receptor.

Capa Física

Especificación de medios de transmisión
mecánicos, eléctricos, funcionales y
procedurales

**Transmite
Los Datos**



Medio físico

N=1

Capa de Enlace

- Debe asegurar la transmisión sin errores a través de mecanismos de control de errores.
- Divide los datos emitidos en tramas.
- Asegura la recepción sin problemas (duplicados).
- Redes *broadcast*: control de acceso al medio.

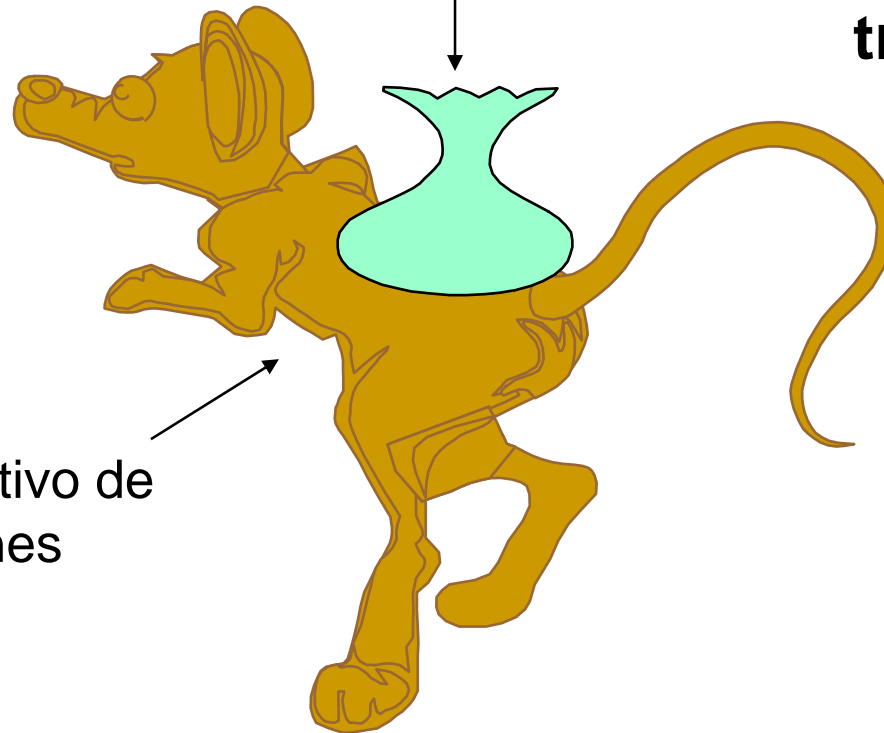
Capa de Enlace

Provee el control de la capa física

Detecta y/o corrige Errores de transmisión

Datos puros

Driver del dispositivo de comunicaciones



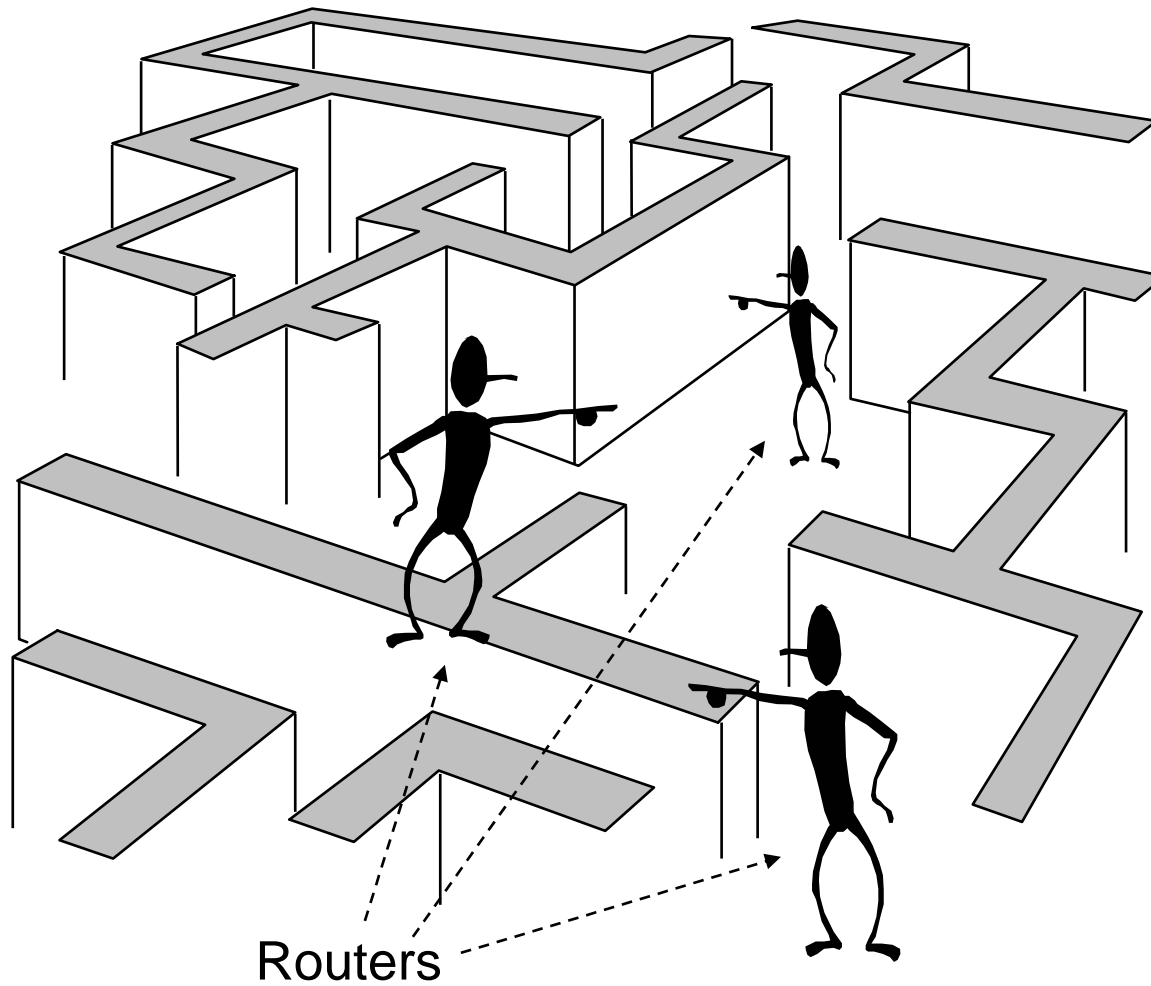
N=2

Capa de Red

- Operación de la Subred.
- Encamina los paquetes del origen al destino (enrutamiento)
- Las rutas 1) tablas estáticas o 2) encaminarse dinámicamente en forma diferente para cada paquete.
- Evitar la congestión por exceso de paquetes y contabilidad del tráfico (si a lugar).
- Si recibe una trama que no es para la máquina en que reside, la reenviará hacia la máquina destino.
- Permite interconectar redes heterogéneas.
- Maneja los bits en paquetes(TCP/IP 64 Kb, IPv6 4 Gb).

Capa de Red

**Suministra
información sobre la
ruta a seguir**



Routers



¿Por donde debo
ir a w.x.y.z?

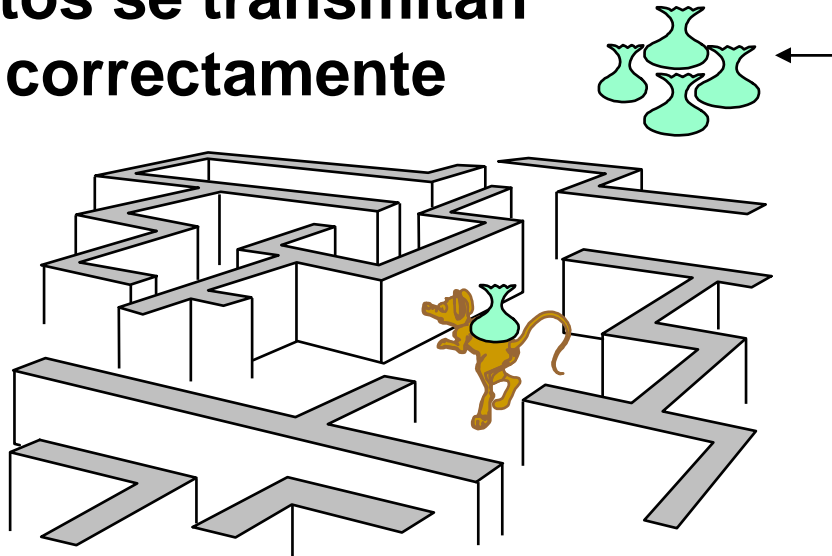
N=3

Capa de Transporte

- Acepta datos de la capa de sesión, los divide en unidades más pequeñas, las pasa a la capa de red y asegura que la información llegue correctamente a su destino
- Conexión extremo a extremo entre los niveles de transporte de las máquinas origen y destino (capa host-host).
- Involucrados los niveles origen y destino sin intervenir los de las máquinas intermedias
- Si un nodo vuelve a enviar tramas perdidas (pueden duplicarse). Si hay enrutamiento dinámico - una trama puede llegar antes que las previas. Capa de transporte: elimina las tramas repetidas y las ordena.

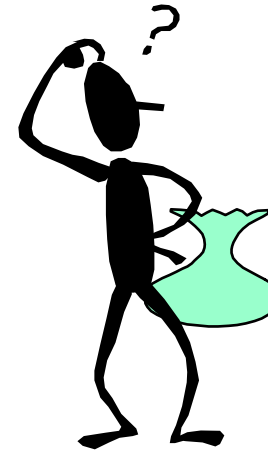
Capa de Transporte

Verifica que los datos se transmitan correctamente



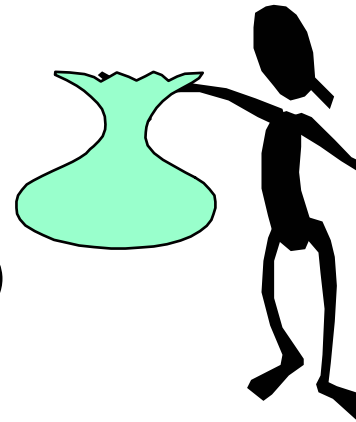
Conexión extremo a extremo (host a host)

Paquetes de datos



¿Son estos datos buenos?

Error de comprobación de mensaje



Este paquete no es bueno. Reenviar

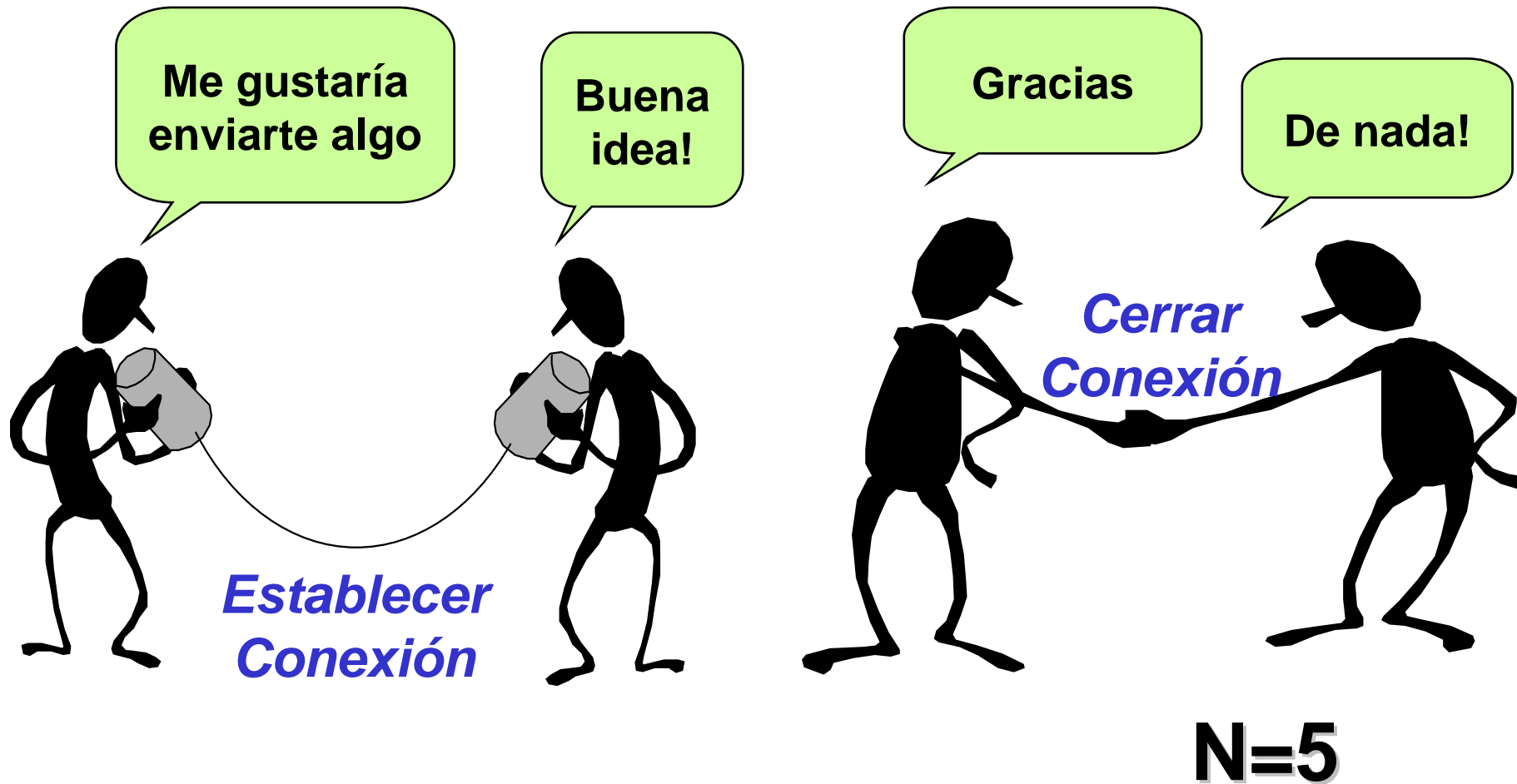
N=4

Capa de Sesión

- Permite a usuarios de diferentes máquinas establecer sesiones entre ellos (inicio y finalización de diálogo).
- Negociación de parámetros de diálogo
- Realiza tareas de sincronización.
 - Ejemplo: El nivel de sesión en una transferencia de archivo inserta puntos de verificación. Si hay una red insegura, por cada interrupción de las comunicaciones el nivel de sesión se encarga de proseguir a partir del último punto de verificación y no empieza otra vez.

Capa de Sesión

Sincroniza el intercambio de datos entre capas inferiores y superiores

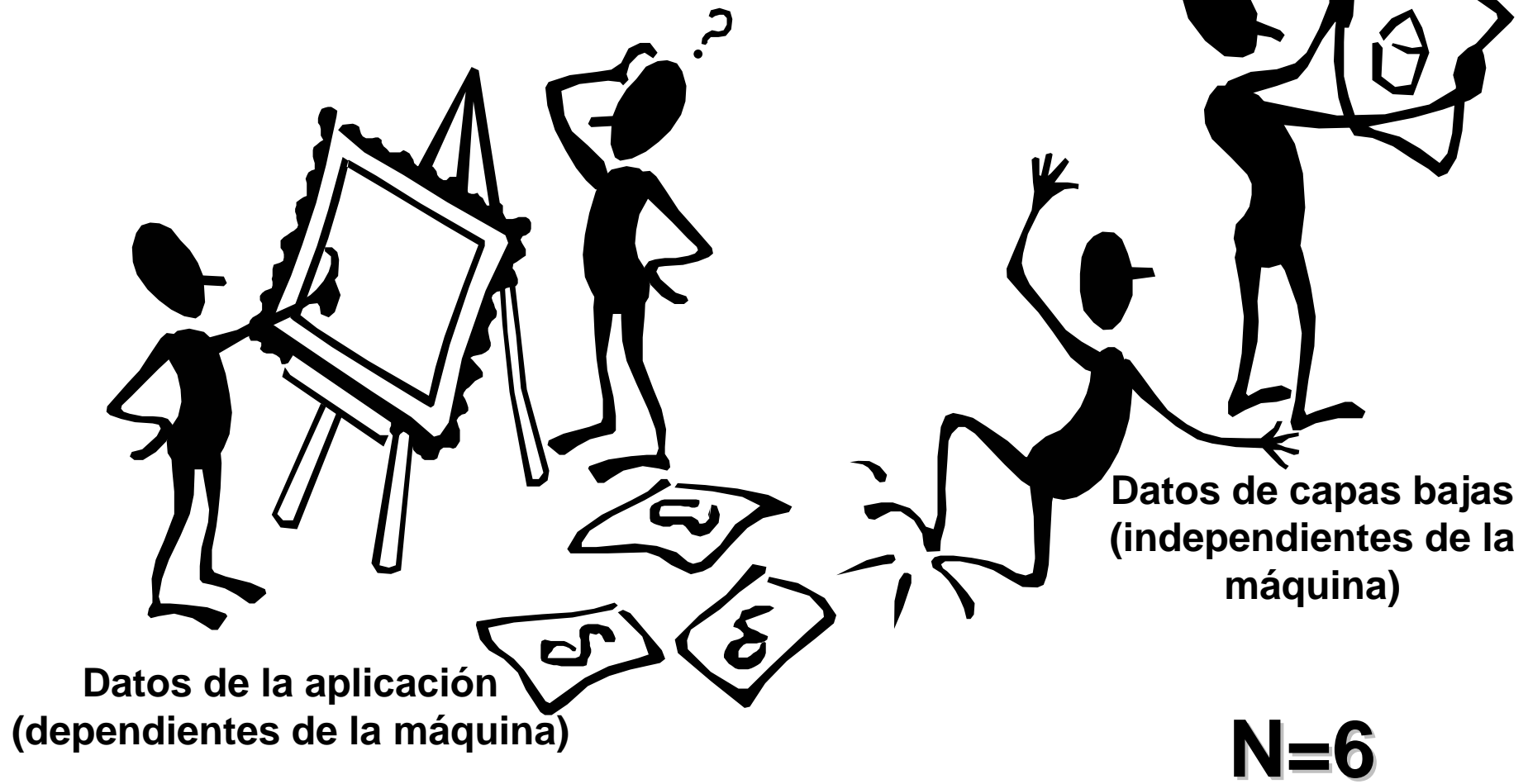


Capa de Presentación

- Aspectos de representación de la información
 - Ejemplo: tipo de codificación de datos
- Representación de tipos de datos (ASN.1)
- Cifrado y descifrado de la información (seguridad)
- Compresión

Capa de Presentación

Convierte los datos de la red al formato requerido por la aplicación



Capa de Aplicación

- Emulación de terminales, transferencia de ficheros, correo electrónico y otras aplicaciones.

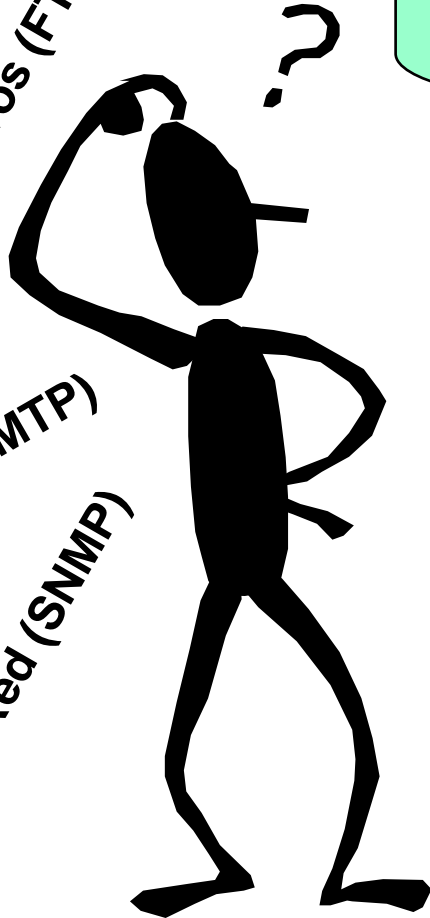
Capa de Aplicación

WWW (HTTP)

Transf. Ficheros (FTP)

e-mail (SMTP)

Gestión de Red (SNMP)



¿Que debo enviar?

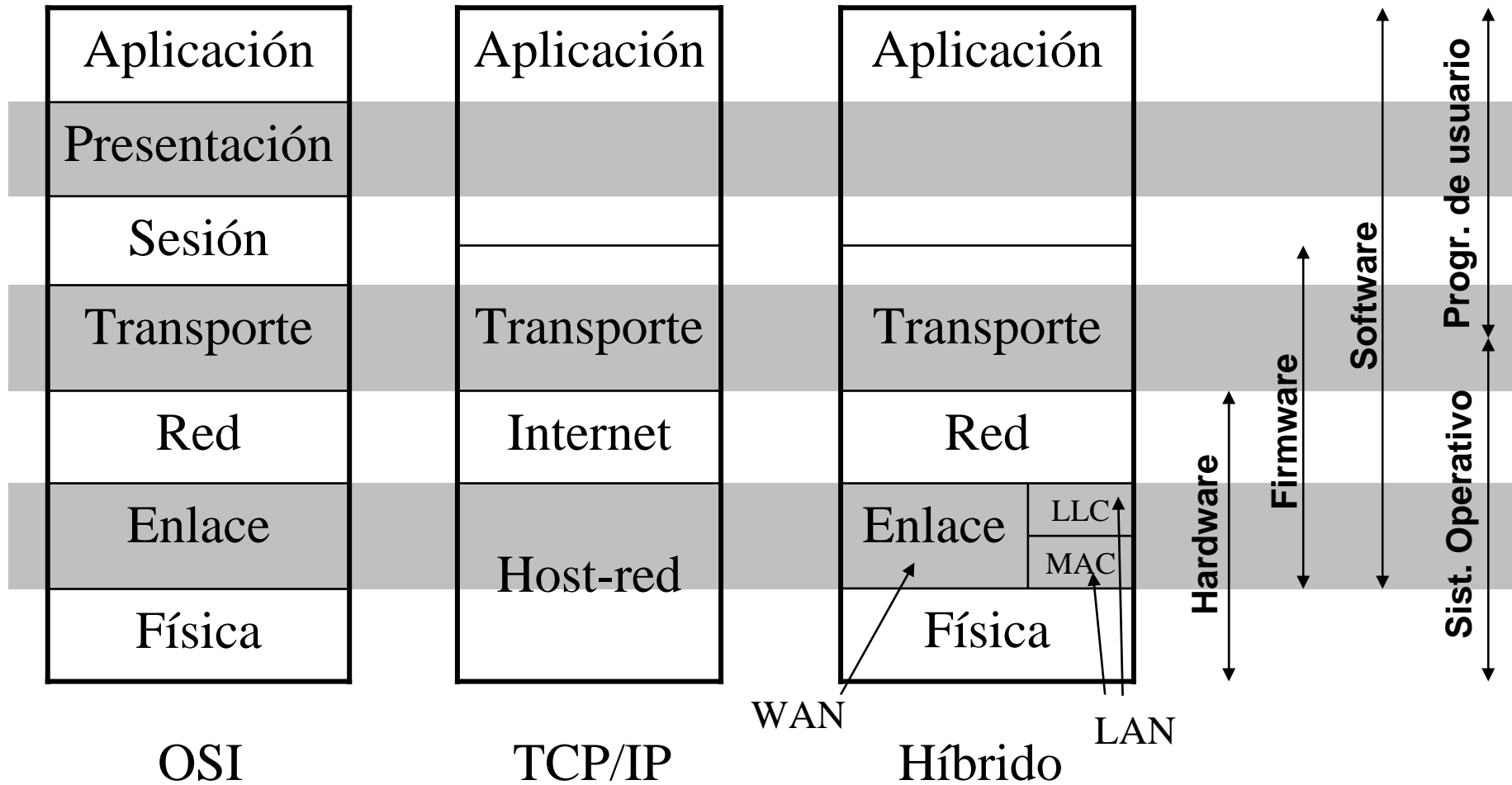
- Es la interfaz que ve el usuario final
- Muestra la información recibida
- En ella residen las aplicaciones
- Envía los datos de usuario a la aplicación de destino usando los servicios de las capas inferiores

N=7

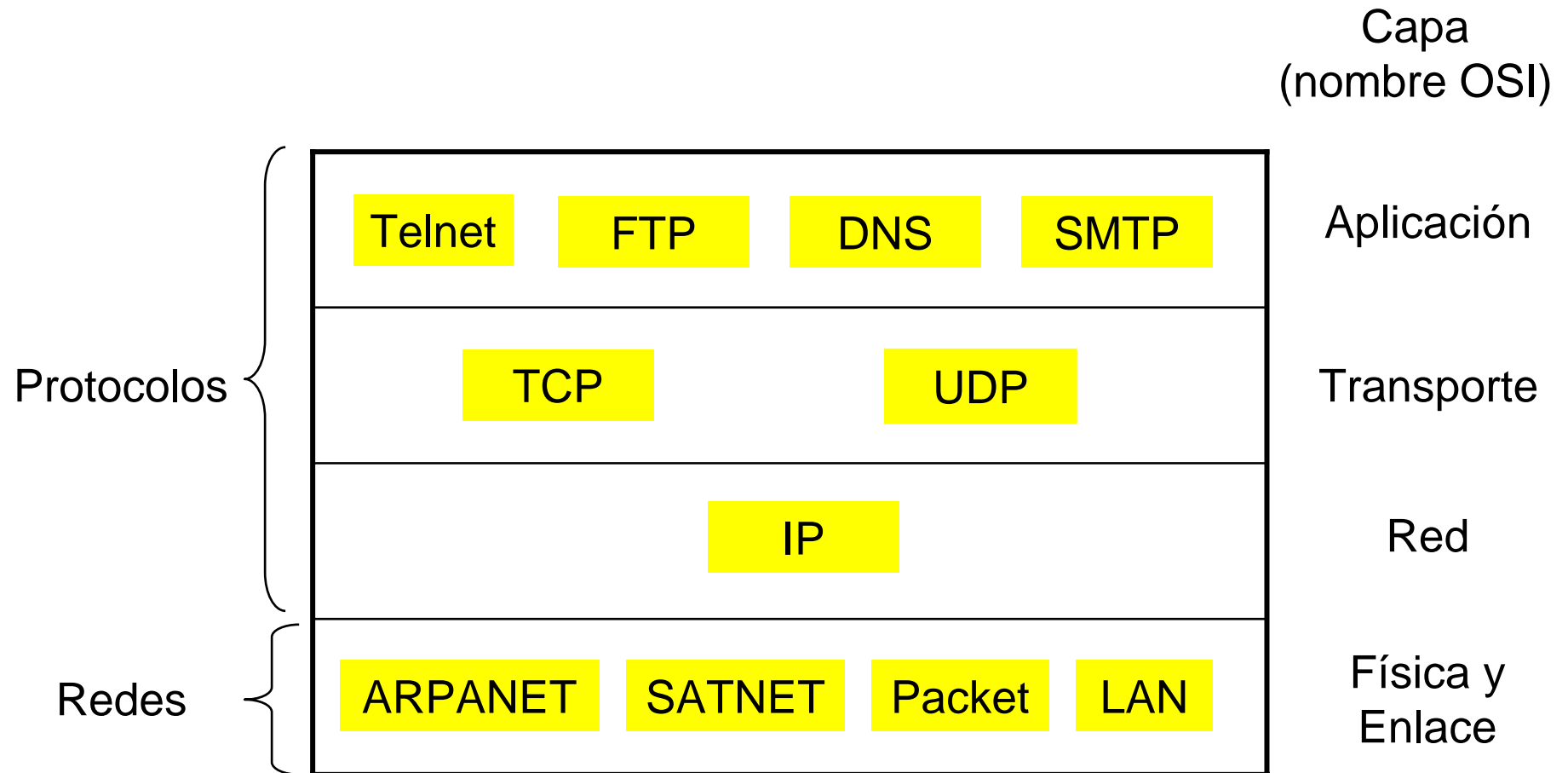
Modelo TCP/IP

- Origen: 1969 - DoD de los Estados Unidos.
- Los protocolos TCP/IP nacieron por la necesidad de interoperar redes diversas (internetworking)
- El modelo TCP/IP se diseñó después de los protocolos (puede decirse que primero se hizo el traje y después los patrones)
- Por eso a diferencia del OSI en el modelo TCP/IP hay unos protocolos ‘predefinidos’.
- A menudo se sigue un modelo híbrido. Además en LANs el nivel de enlace se divide en dos subcapas. Esto da lugar a lo que denominamos el modelo híbrido.

Comparación de modelos OSI, TCP/IP e híbrido



Protocolos y redes del modelo TCP/IP inicial



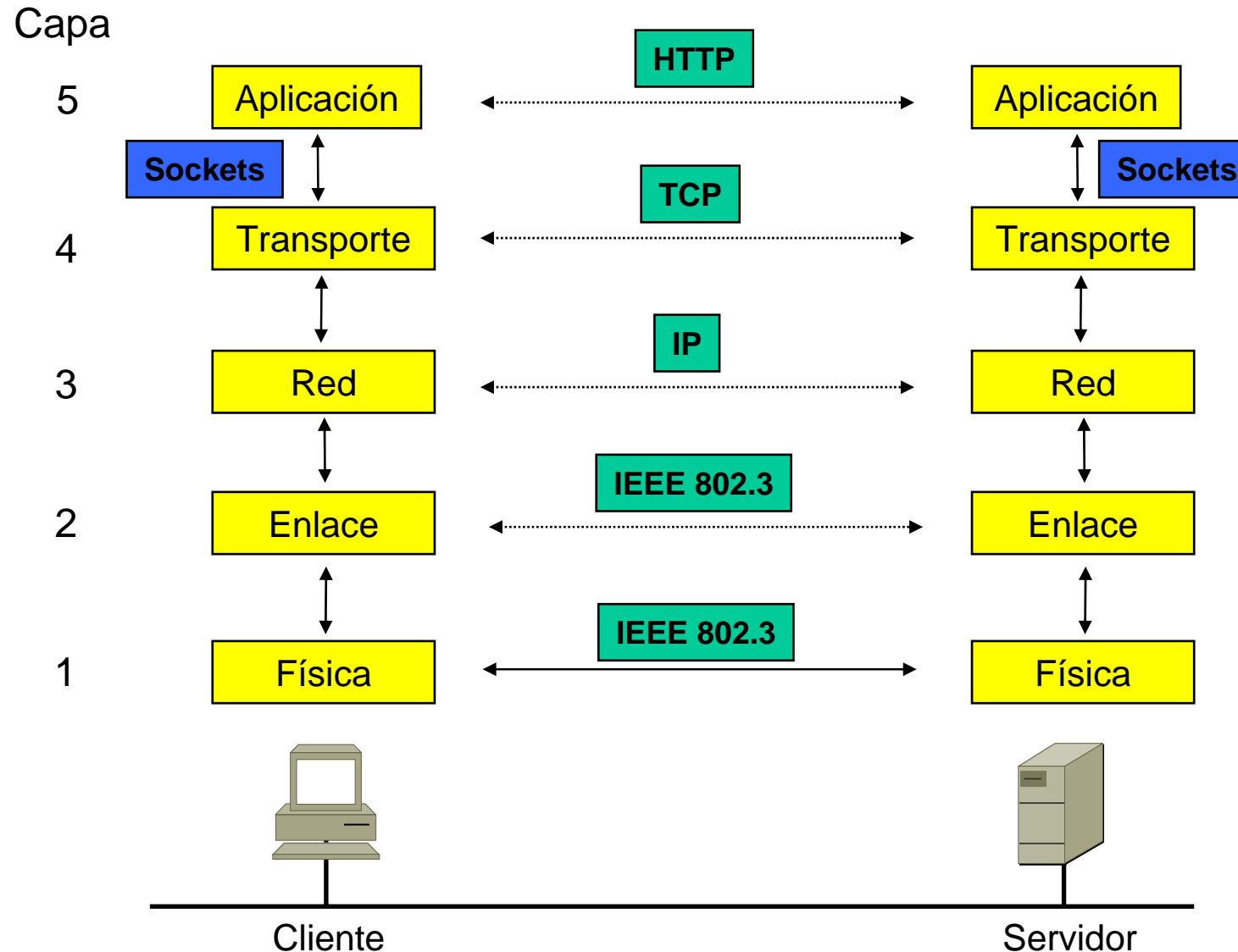
Comparación OSI-TCP/IP

- En OSI primero fue el modelo, después los protocolos; en TCP/IP primero fueron los protocolos, luego el modelo
- En OSI el modelo es bueno, los protocolos malos; en TCP/IP ocurre al revés
- En OSI los productos llegaban tarde, eran caros y tenían muchos fallos
- En TCP/IP los productos aparecían rápido, estaban muy probados (pues los usaba mucha gente), y a menudo eran gratis.

Comparación OSI-TCP/IP

- El modelo TCP/IP utilizado es el siguiente:
 - **5**: Capa de aplicación (incluye sesión y presentación)
 - **4**: Capa de transporte
 - **3**: Capa de red
 - **2**: Capa de enlace
 - **2.2**: Subcapa LLC (Logical Link Control)
 - **2.1**: Subcapa MAC (Media Access Control)
 - **1**: Capa física

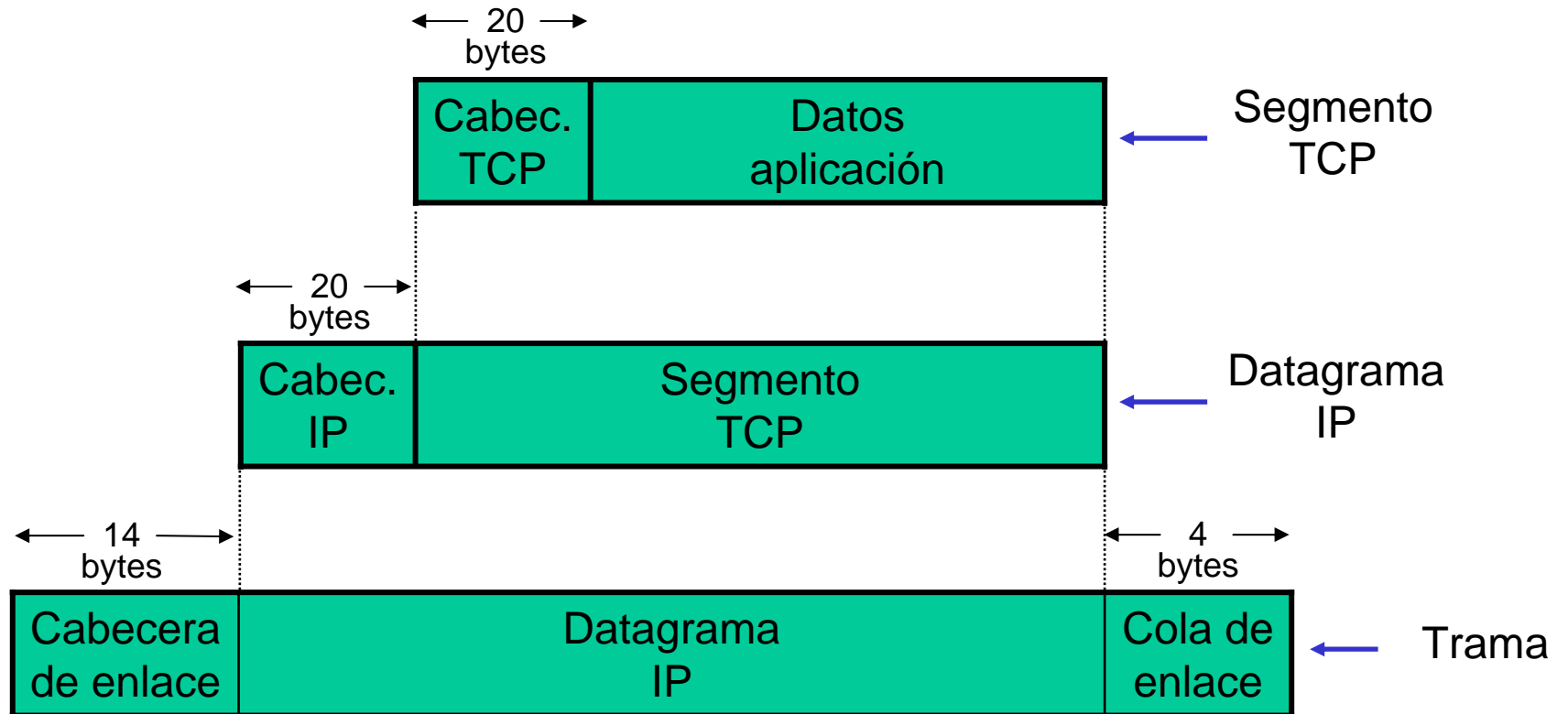
Acceso a un servidor Web desde un cliente en una LAN Ethernet



Protocolos e información de control

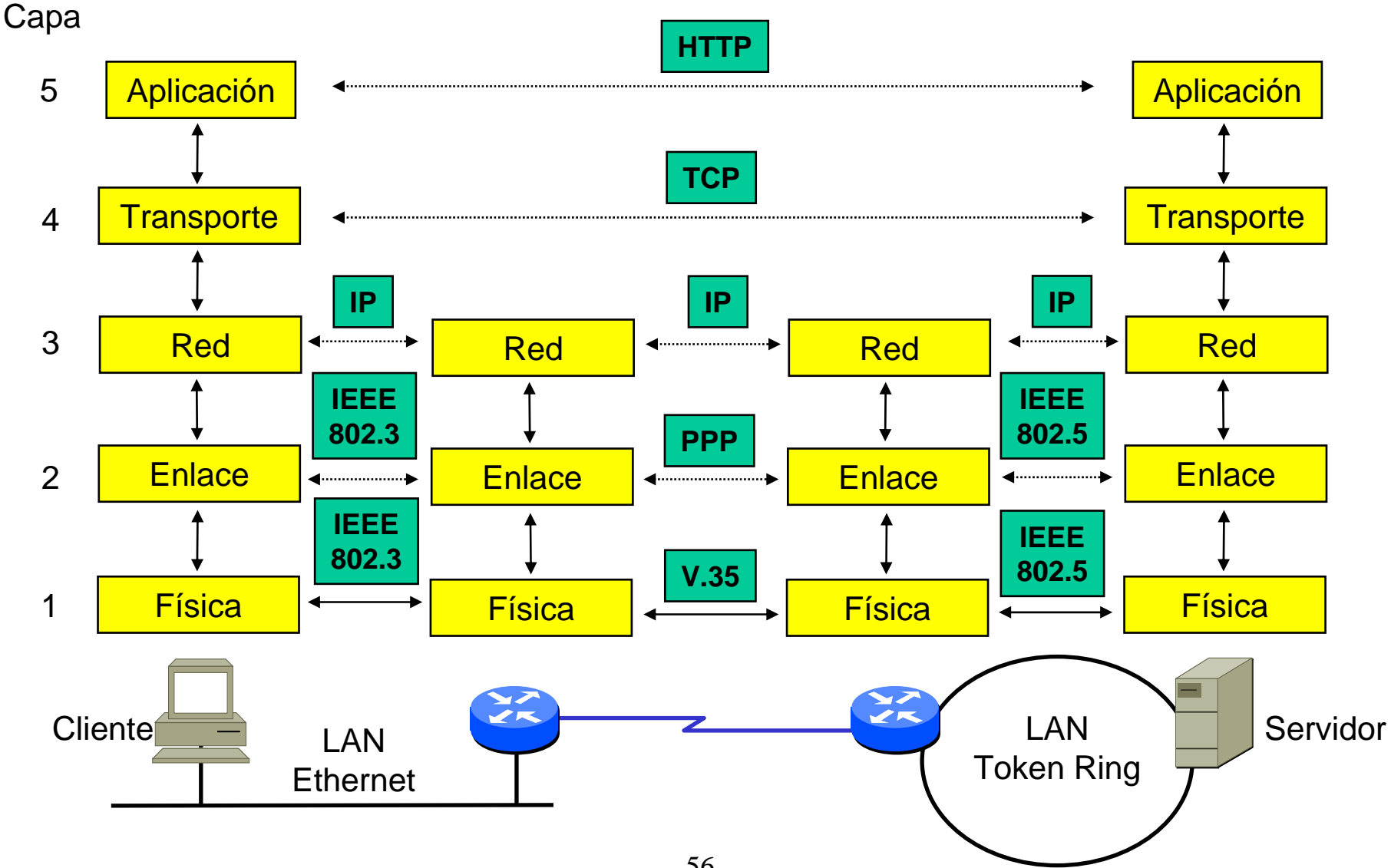
- Normalmente todo protocolo requiere el envío de algunos mensajes especiales o información de control adicional a la que se transmite.
generalmente esto se hace añadiendo una cabecera (a veces también una cola) al paquete a transmitir.
- La información de control reduce el caudal útil, supone un overhead.
- Cada capa añade su propia información de control. Cuantas mas capas tiene un modelo mas overhead se introduce.

Elementos de datos en el modelo TCP/IP



Los valores que aparecen para el nivel de enlace se aplican al caso de Ethernet. Según el tipo de red puede haber pequeñas variaciones

Acceso a un servidor Web a través de una conexión remota



Servicio orientado y no orientado a conexión

- Un **Servicio orientado a conexión (CONS)** establece el canal antes de enviar la información. Ejemplo: llamada telefónica.
- Un **Servicio no orientado a conexión (CLNS)** envía los datos directamente sin preguntar antes. Si la comunicación no es posible los datos se perderán. Ejemplo: servicio postal o telegráfico

¿Conexión o No Conexión?

Ese es el dilema

- En el servicio orientado a Conexión (CONS):
 - Se respeta el orden de los paquetes
 - Se mantiene la misma ruta o camino para todos los paquetes
 - Los paquetes no necesitan llevar la dirección de destino
 - Si el canal se corta la comunicación se interrumpe
- En el servicio No orientado a Conexión (CLNS):
 - No se respeta el orden
 - Cada paquete ha de llevar la dirección de destino
 - La ruta puede variar para cada paquete
 - La red es más robusta, ya que si una ruta queda inservible se pueden usar otras

Redes CONS vs CLNS

- Ejemplos de redes/servicios CONS:
 - Red Telefónica conmutada (RTB, RDSI, GSM)
 - ATM, X.25, Frame Relay
- Ejemplos de redes/servicios CLNS
 - IP (Internet). Los paquetes IP se llaman datagramas.
 - Ethernet

Calidad de Servicio (QoS)

- La Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) consiste en fijar unos valores límite para un conjunto de parámetros, asegurando así que la red no se va a congestionar. Por ejemplo:
 - Throughput o ancho de banda: ≥ 256 Kb/s
 - Retardo o latencia: ≤ 200 ms
 - Fluctuación del retardo, o *jitter*: ≤ 100 ms
 - Disponibilidad: $\geq 99,95$ % (21 min/mes fuera de servicio)
- Podemos ver la QoS como el ‘contrato’ usuario-proveedor.
- NO todos los protocolos o redes ofrecen la posibilidad de negociar un QoS. (estrategia *best-effort*)

Defectos del modelo OSI

- Modelo **válido a nivel didáctico**, pero **inviable a nivel práctico** (mucha complejidad y mala planificación).
- 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.
- Duplicidad de algunas funciones como el control de flujo.
- Olvida los servicios no orientados a conexión.
- Mala política.

Interconexión de redes

- Repetidor (repeater)
- Puente (bridge)
- Enrutador (router)
- Gateway

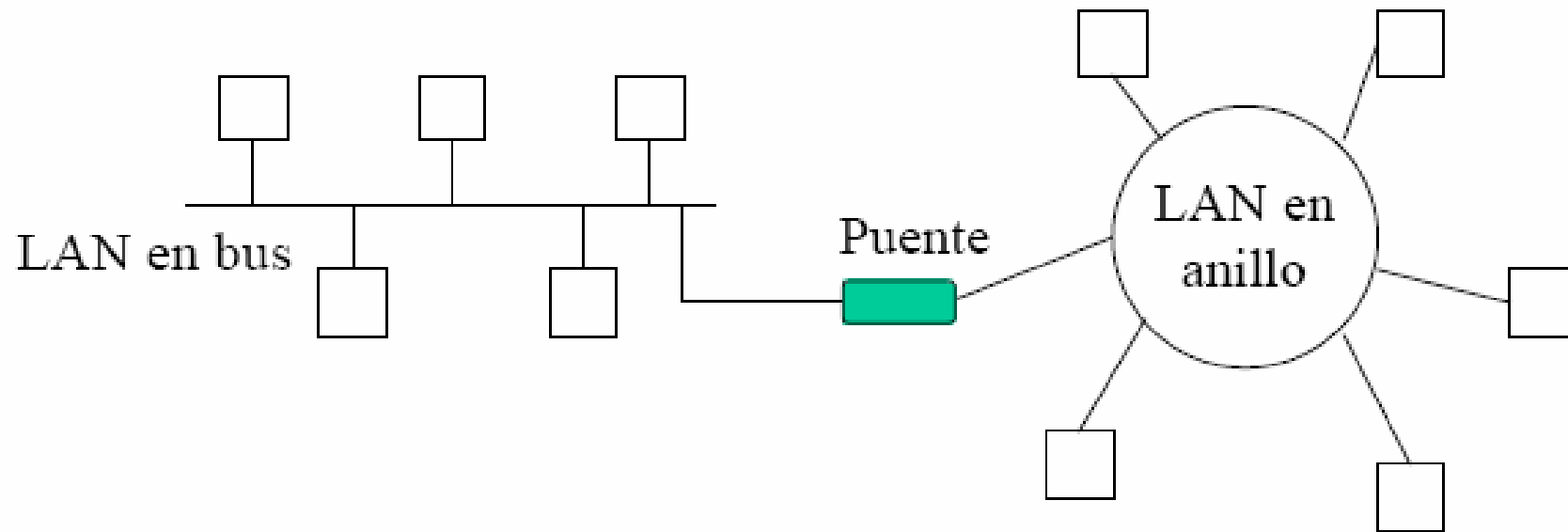
Interconexión de redes - Repetidor

- Interconexión de redes con el mismo protocolo en todos sus niveles (topologías de red compatibles)
- Es la forma más simple y menos cara de conectar segmentos de red.
- Se utiliza para superar limitaciones de distancia.
- NO aíslan tráfico NI segmentan la red.



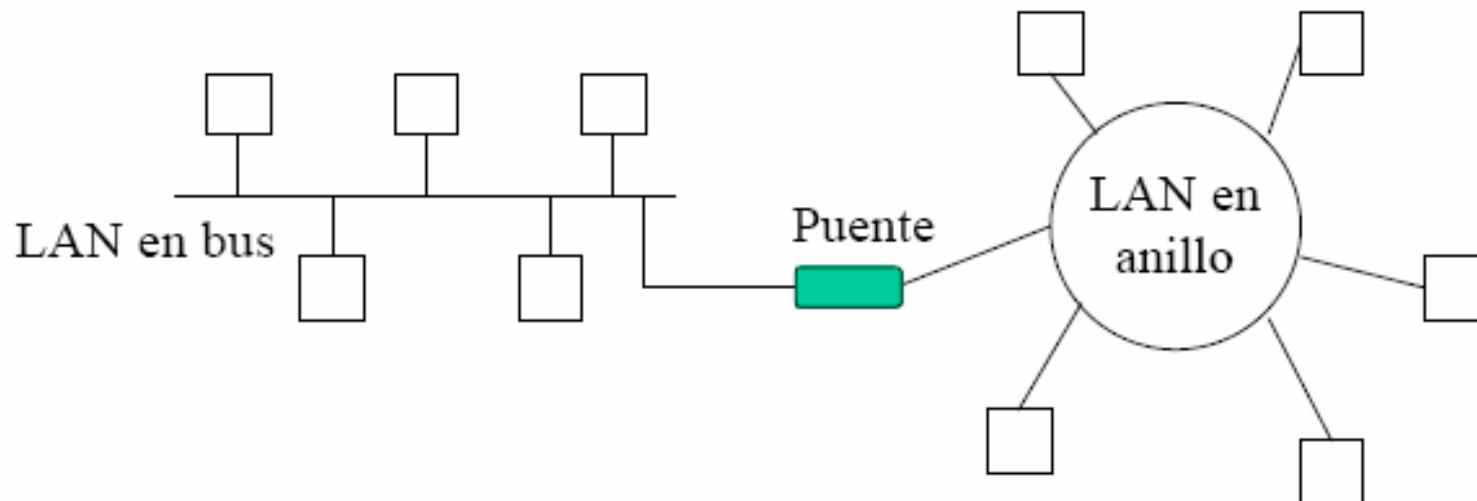
Interconexión de redes - Puente (bridge)

- Interconexión de redes que difieren a nivel físico y de enlace
- Sólo operan en el nivel MAC de enlace (conectan segmentos de la misma red).
- Extienden la topología de la red (i.e. Anillo-bus)



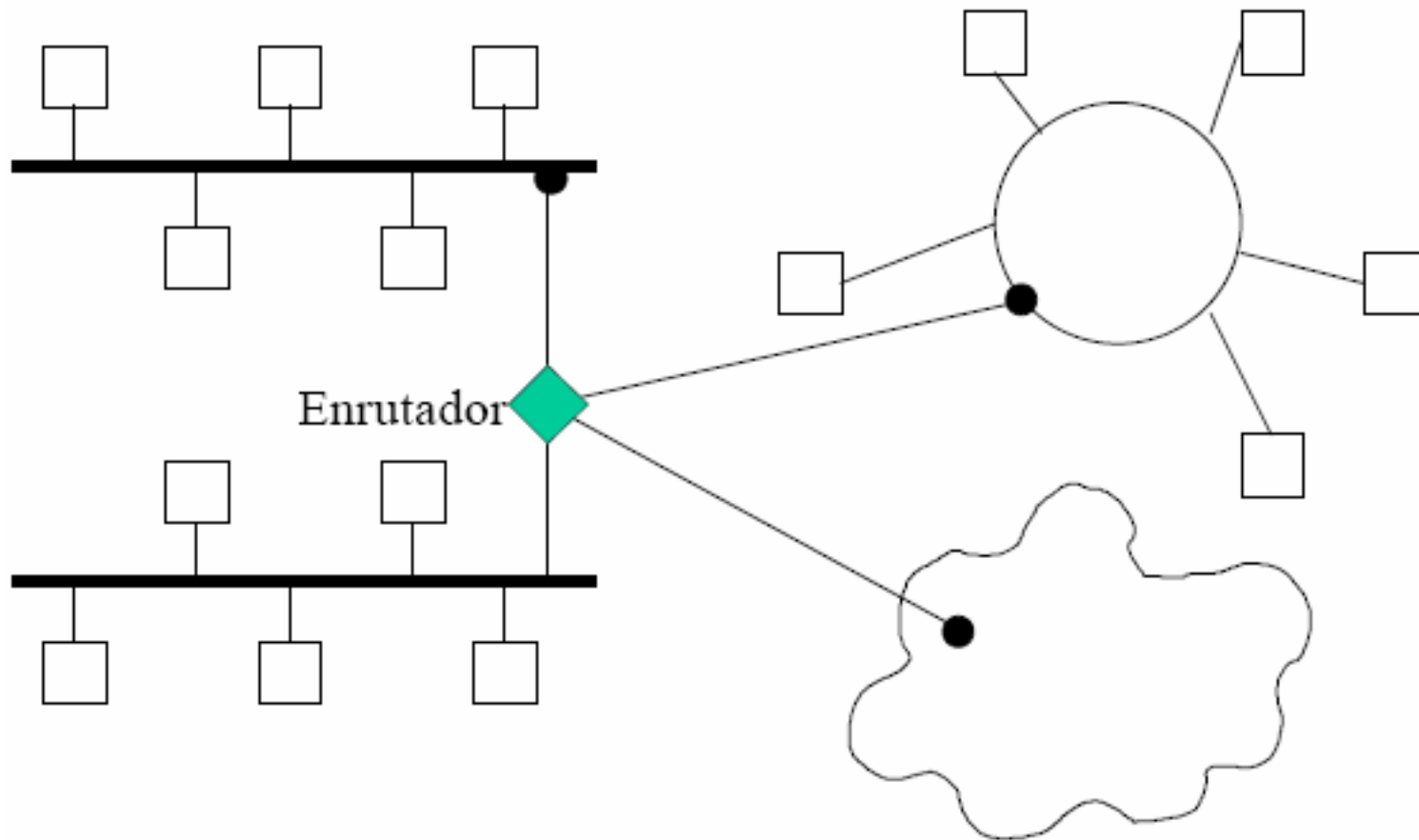
Interconexión de redes - Router

- Interconexión de redes a nivel de red (nivel 3)
- Cada puerto de un router es un red separada: el tráfico de 'broadcast' no se envía a través del router.
- Búsqueda del camino óptimo en función de métricas: útil cuando hay varias LAN o WAN.
- Soportan mezclas de topologías que proporcionan caminos redundantes: no hay restricción en la topología de la red



Interconexión de redes

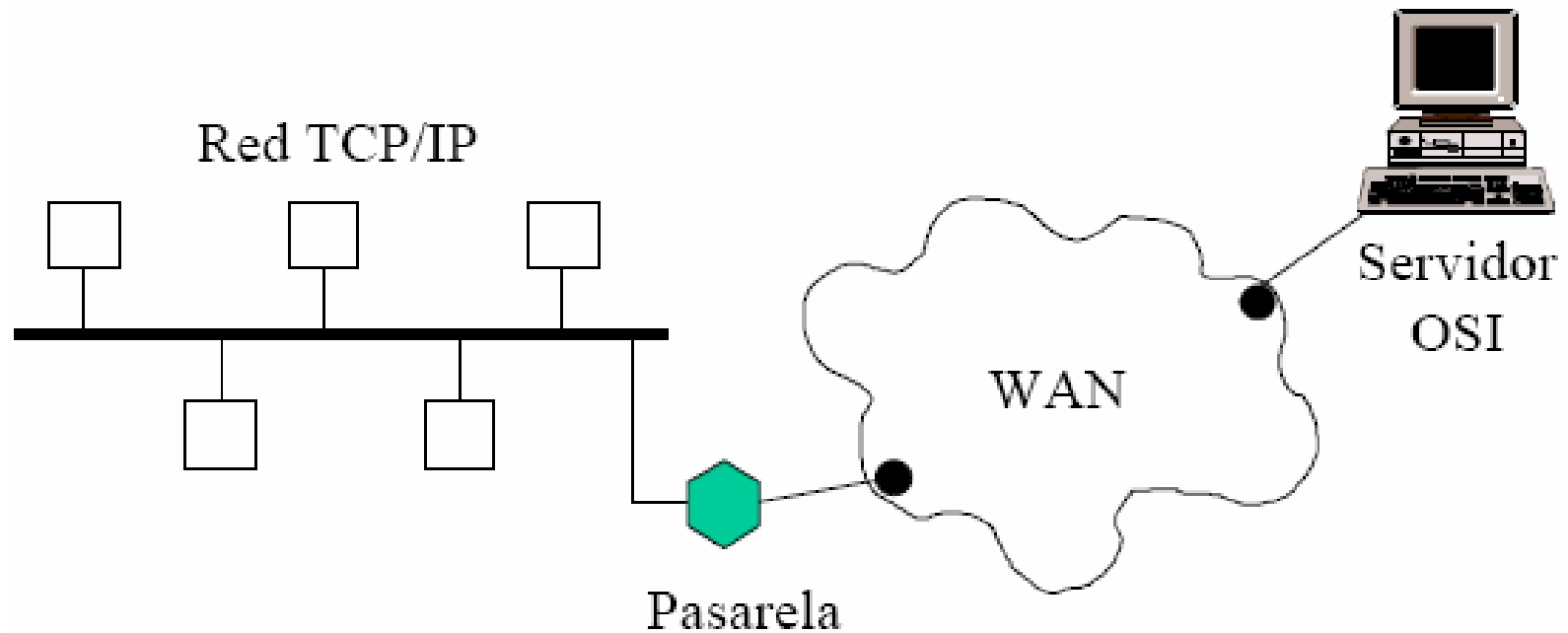
Enrutador (router) II



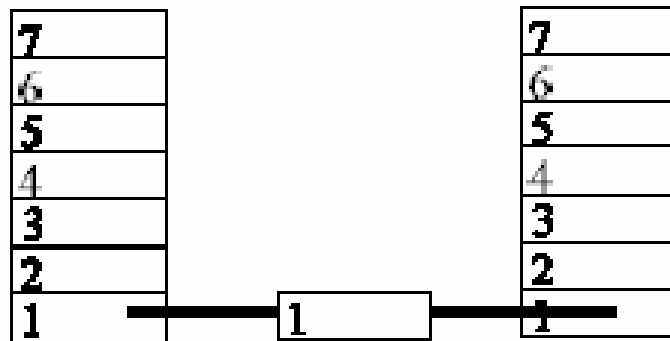
Interconexión de redes

Gateway

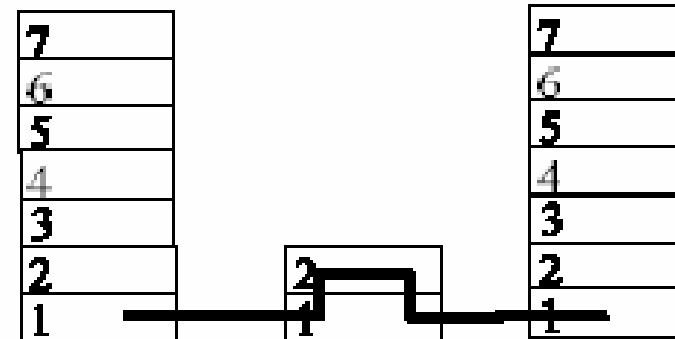
- Interconexión de redes que difieren en niveles superiores



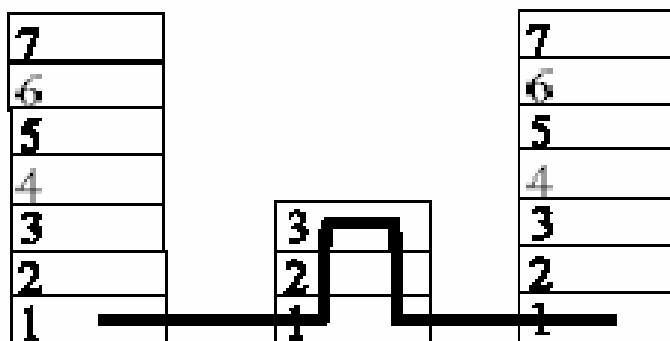
Equipos de interconexión



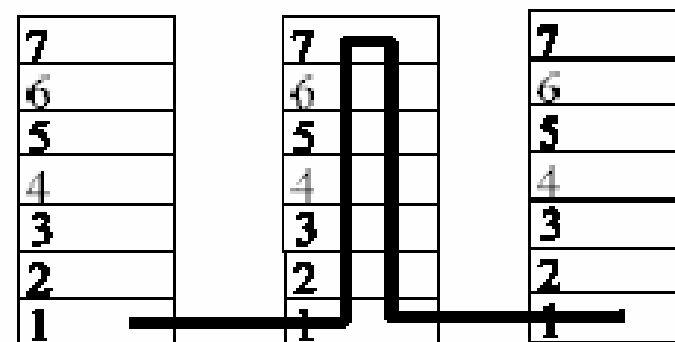
Repetidor



Bridge



Router



Gateway