



Problemas resueltos

1. Introducción

1. Clasifique como de *difusión* o *punto a punto* cada uno de los siguientes sistemas de transmisión:

- a) Radio y TV.
- b) Redes inalámbricas (WLAN).
- c) ADSL.
- d) Redes de cable módem.
- e) Comunicaciones móviles (p.e., GSM, UMTS).

Difusión: a), b) y e)

Punto a punto: c) y d)

2. Conocida la estructura general de una red de comunicaciones, compuesta por *hosts* y *subred*, formada ésta a su vez por *líneas de transmisión* y *nodos de conmutación*, identifique cada uno de estos elementos en los dos siguientes ejemplos de redes:

- a) Red telefónica tradicional.
 - b) Red inalámbrica *ad-hoc* (sin puntos de acceso).
- a) Esta red de comunicaciones se caracteriza por:
- Los teléfonos hacen el papel de hosts que se comunican a través de la red.
 - Las centrales de conmutación hacen el papel de los nodos de conmutación en la subred.
 - Podemos distinguir dos tipos de líneas de transmisión: las líneas de acceso (bucles de abonado), que unen el terminal telefónico con la central de conmutación, y los troncales, las líneas de transmisión propiamente de la subred, que unen centrales de conmutación entre sí y suelen estar basadas en fibra óptica.
- b) Las redes inalámbricas *ad-hoc* permiten conectar un conjunto de dispositivos entre sí de forma rápida y sin la necesidad de dispositivos adicionales, por tanto:
- Los dispositivos conectados hacen las veces de host.
 - Las respectivas tarjetas de red harían las veces de nodos de conmutación, reduciéndose su función de encaminamiento a la recepción de aquellos paquetes destinados a la estación en cuestión.
 - El medio de transmisión es el aire.

3. Suponga el siguiente “sistema de comunicaciones”: intercambio de información (en inglés) por correo postal entre los directores de dos multinacionales A y B, situadas respectivamente en España y Japón. Proponga un modelo de referencia lo más completo posible para representar este sistema.

Una posible solución sería la siguiente, de arriba a abajo:

- Capa de dirección: dictado y audición de documentos
- Capa de secretaría: presentación, traducción inglés-español/japonés y redacción escrita
- Capa de transporte: encapsulado (en sobre), direccionamiento (entre finales) y selección del tipo de comunicaciones (con o sin confirmación y requerimientos de urgencia)
- Capa de correos: encaminamiento y transporte físico

4. Indique a qué capa del modelo OSI corresponde cada una de las siguientes funciones:

- a) Delimitación de tramas.
- b) Encaminamiento.
- c) Control de flujo salto a salto.
- d) Control de congestión.
- e) Comprobación de errores e integridad de los datos extremo a extremo.
- f) Correo electrónico.

- a) Enlace de datos
- b) Red
- c) Enlace de datos
- d) Red
- e) Transporte
- f) Aplicación

5. La capa de enlace en OSI implementa el control flujo y de errores punto a punto. ¿Qué sentido tiene implementar esta funcionalidad extremo a extremo en una capa superior del modelo?

Al enviar la información en paquetes, es necesario el ensamblado de los mismos en el punto de destino para presentar la información en el orden correcto, evitar duplicados y partes perdidas. En el supuesto de que algunos paquetes se hayan perdido, es necesario habilitar mecanismos para su retransmisión.

Nótese que la existencia de mecanismos que garanticen la correcta transmisión salto a salto (control de errores y de flujo asociados a la capa de enlace) no resulta suficiente para garantizar la recepción correcta extremo a extremo. A modo de ejemplo, considere la situación en la que un nodo, tras recibir correctamente un paquete, tiene que descartarlo por tener la cola de salida completa o simplemente se cuelga y no lo reenvía. El paquete no será recibido en el destino y, sin embargo, no se habrá activado ningún mecanismo de reenvío ya que el último nodo que lo envió lo hizo correctamente (el control de flujo y de errores a nivel de enlace no detectó problema alguno).

6. Discuta si es necesaria o no una capa de red (capa 3 de OSI) en una red de difusión.

En una red de difusión, por definición, es posible realizar las comunicaciones directamente entre emisor y receptor sin la presencia de intermediarios. Por otra parte, las funciones principales de la capa de red son el encaminamiento, el direccionamiento y el control de congestión. Obviamente, no es necesaria la función de encaminamiento entre redes en esta situación. Por otra parte, en la capa 2 existirán los mecanismos de control de flujo y de errores que, a este nivel, realizan las funciones que cabría esperar de un control de congestión en una red de difusión (evitar que el número de transmisiones sea tal que se sature la red). Sin embargo, las tarjetas de red deben llevar a cabo un

encaminamiento mínimo, al deber interpretar las direcciones de los paquetes en el canal y, en su caso, capturar los datos destinados a ellas.

7. El número de capas del modelo de referencia TCP/IP es inferior al contemplado en OSI. ¿Significa eso que la funcionalidad global de un sistema TCP/IP es inferior a la de uno OSI? Justifique razonadamente su respuesta.

No, simplemente se realiza un reajuste de las funcionalidades en las capas de TCP/IP. Podemos considerar las capas de presentación y aplicación OSI contenidas en la de aplicación TCP/IP, las capas de sesión y transporte OSI y el control de congestión en la capa de transporte TCP/IP y la funcionalidad de encaminamiento de la capa de red OSI en la capa de red o Internet TCP/IP. Con respecto a las capas de enlace de datos y física, TCP/IP siempre se establece sobre las mismas, que sin ser especificadas en la arquitectura, sí son necesarias para el funcionamiento de la misma.

8. Un sistema tiene una jerarquía de protocolos de N capas. Las aplicaciones generan mensajes de M bytes de longitud. En cada capa se añade una cabecera de H bytes. ¿Qué fracción de la cantidad de información total corresponde a las cabeceras? Aplique el resultado a una conexión a 512 kbps con tamaño de datos de 1.500 bytes y 4 capas, cada una de las cuales añade 64 bytes de cabecera.

Si en cada capa se añaden H bytes de cabecera y hay N capas, se añadirán en total $N \cdot H$ bytes de cabecera. La fracción de bits de cabecera será, por tanto

$$U = \frac{n. \text{bits cabecera}}{n. \text{bits totales}} = \frac{H \cdot N}{M + H \cdot N}$$

Dada una velocidad de transmisión de V bps, la fracción de la misma ocupada por las cabeceras será U , por lo que se transmitirán V_{cab} bits de cabecera por segundo de acuerdo a la expresión:

$$V_{cab} = V \cdot U$$

En el caso de la conexión indicada, tendremos

$$U = \frac{H \cdot N}{M + H \cdot N} = \frac{64 \cdot 4 \text{ bytes}}{1500 + 64 \cdot 4 \text{ bytes}} \Rightarrow U = 0,146 \quad (14,6\%)$$

Por lo que el número de bits por segundo dedicados a cabeceras será el correspondiente al 14,6% de la velocidad de transmisión:

$$V_{cab} = 512 \text{ kbps} \cdot 0,146 = 74,752 \text{ kbps}$$

Y, por tanto, la velocidad efectiva de transmisión de datos de usuario resulta:

$$V_{datos} = 512 \text{ kbps} - 74,752 \text{ kbps} = 437,248 \text{ kbps}$$

9. Clasifique los siguientes servicios como orientados a conexión / no orientados a conexión y confirmados / sin confirmación. Justifique la respuesta.
- Correo postal ordinario
 - Correo con acuse de recibo
 - Envío y recepción de fax entre equipos de fax
 - Conversación telefónica

Un servicio será orientado a conexión cuando su provisión precise del establecimiento de una conexión. Dicha conexión permitirá establecer características y parámetros relativos a la comunicación y al canal a utilizar, que se mantendrán durante toda la comunicación, siendo necesario liberar el canal al final de la transmisión de datos (cierre de conexión).

Igualmente, un servicio será confirmado cuando exista un mecanismo por el que el emisor pueda verificar la recepción de los datos por parte del receptor (confirmaciones).

Atendiendo a estas características, los servicios indicados son:

- a) Correo postal ordinario
Servicio no orientado a conexión (no se establece ninguna conexión previa al envío de la carta —de hecho, este es el paradigma de un servicio no orientado a conexión—) y no confirmado (no existe constancia de la entrega de la misma).
- b) Correo con acuse de recibo
Servicio no orientado a conexión (no se establece ninguna conexión previa al envío de la carta) y confirmado (se envía al remitente una confirmación de la entrega).
- c) Envío y recepción de fax entre equipos de fax
Servicio orientado a conexión (es necesario establecer una conexión de tipo telefónico previa al envío del fax que se mantiene durante todo el proceso de envío) y confirmado (al final de la transmisión se recibe en el emisor una confirmación positiva o negativa de la recepción completa y correcta del fax).
- d) Conversación telefónica
Servicio orientado a conexión (es necesario establecer una conexión previa que se mantiene durante todo el proceso de envío —de hecho, este es el paradigma de un servicio orientado a conexión—) y confirmado (existe una interacción entre ambos interlocutores que permite confirmar de modo fáctico la recepción correcta de la información).

10. Dos cuerpos de ejército (de color verde), situados sobre dos colinas, están preparando un ataque a un único ejército (de color marrón) situado en el valle que los separa. El ejército marrón puede vencer por separado a cada cuerpo del ejército verde, pero fracasará si los dos ejércitos verdes atacan simultáneamente si lo hacen por sorpresa. Los cuerpos de ejército verde se comunican mediante un sistema de comunicación no seguro (un soldado de infantería). El comandante de uno de los cuerpos de ejército desearía atacar al mediodía. Su problema es éste: si envía un mensaje ordenando el ataque, no puede estar seguro de que el mensaje se reciba. Podría solicitar una confirmación, pero ésta también podría ser interceptada. ¿Existe algún protocolo que pueda utilizar el ejército verde para evitar la derrota?

Es posible establecer un procedimiento (protocolo) que garantice a ambos comandantes que el otro conoce la intención de atacar al mediodía. Para ello bastaría con una doble confirmación: el comandante A envía un emisario a B, B envía un emisario a A indicando la recepción de la información (en este punto, A sabe que B ha recibido la información) y A envía una nueva confirmación de la previa (B sabrá que A sabe de la recepción correcta de la orden de atacar). Este mecanismo es el utilizado en TCP para el establecimiento de conexión. Dado que es posible que el emisario sea capturado, habría que habilitar un mecanismo de retransmisión mediante el cual, transcurrido un tiempo prudencial en el que no se ha obtenido la respuesta esperada, se envía otro emisario. Esto es, esencialmente, lo que hace TCP al agotarse los temporizadores de retransmisión. Por supuesto, la comunicación ha de ser cifrada, lo que evita cualquier contaminación de la información si cae alguno de los emisarios en el bando enemigo.

Existe una situación que impide garantizar la victoria: es posible que el emisario sea capturado en alguno de los pasos a seguir un número tal de veces que evite que la información sea comunicada a tiempo.

Pero, adicionalmente, tampoco es posible evitar la derrota, a pesar de que ambos comandantes conozcan a tiempo la información. Nótese que ambos comandantes deberán estar seguros de que el otro va a atacar simultáneamente. Pero, de acuerdo a la naturaleza del mecanismo propuesto, el último comandante en enviar el emisario (A) no puede estar seguro de que éste llegará al destino. En caso de que no llegue, el otro comandante (B) no atacará, por lo que, para evitar la derrota y ante la

incertidumbre, A no debería atacar. La adición de una nueva confirmación desde B a A no solucionaría el problema, ya que sólo intercambiaría los papeles de A y B.

En resumen, es teóricamente posible garantizar a ambos comandantes que el mensaje ha sido recibido, aunque no en un tiempo acotado. Sin embargo, no es posible garantizar en ninguna circunstancia la actuación de ambos comandantes en base a la información disponible.

11. En la mayor parte de las redes, la capa de enlace de datos maneja los errores de transmisión pidiendo que se retransmitan las tramas dañadas. Si la probabilidad de que una trama se dañe es p , ¿cuál es la cantidad promedio de transmisiones requeridas para enviar una trama si los acuses de recibo nunca se pierden?
12. Suponga que los canales de transmisión están libres de errores. ¿Sería necesario seguir utilizando la capa de enlace?
13. Durante el diseño de un protocolo fiable para el intercambio de archivos se decide dividir dicho archivo en bloques que son enviados individualmente. Para proporcionar la fiabilidad requerida, se duda entre confirmar de forma independiente cada paquete recibido o confirmar la recepción del archivo tras recibir una indicación de fin de la transmisión. ¿Qué opción es mejor? En cualquier caso, se supone que disponemos de mecanismos que indiquen si un paquete recibido es correcto y si el archivo completo es correcto (p.e., mediante códigos CRC).
14. Los estándares oficiales de Internet se publican como "Request for Comments" (RFC). Acceda a la página web de la IETF (<http://www.ietf.org>) y
 - a) Encuentre y descargue el RFC titulado "Internet Official Protocol Standards". Este RFC proporciona información sobre el estado de la estandarización de varios protocolos de Internet. ¿Cuál es el estado y número de RFC de los siguientes protocolos: IP, UDP, TCP, TELNET, FTP, DNS y ARP?
 - b) Encuentre y descargue el RFC titulado "Assigned Numbers". Este RFC tiene el número y constantes que se usan en los protocolos de Internet. ¿Cuáles son los números de puerto asignados a telnet, ftp y http?