Capítulo 4. Transporte UDP y TCP

Redes de Ordenadores

2º Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación

Índice

Hora 1
1 Paradigmas de comunicaciones
- 1.1 Paradigma cliente/servidor
- 1.2 Paradigma Peer-to-Peer (P2P)

2 Multiplexación por puerto
3 UDP
- 3.1 Cabecera UDP
- 3.2 Ejemplo de servicio UDP
- 3.3 Cuándo usar UDP

Hora 2
4 TCP
- 4.1 Cabecera TCP
- 4.2 Opciones cabecera TCP

Hora 3
- 4.3 Conexiones TCP
- 4.4 Diagrama de transición de estados de TCP
- 4.5 Transferencia interactiva

Hora 4
- 4.6 Fiabilidad en TCP
- 4.7 Transferencia masiva
  - 4.7.1 Transferencia normal
  - 4.7.2 Control de flujo
  - 4.7.3 Control de congestión
- 4.8 Producto RTTxBW
- 4.9 Ejemplo de traza TCP

Índice hora 1

Hora 1
1 Paradigmas de comunicaciones
- 1.1 Paradigma cliente/servidor
- 1.2 Paradigma Peer-to-Peer (P2P)

2 Multiplexación por puerto
3 UDP
- 3.1 Cabecera UDP
- 3.2 Ejemplo de servicio UDP
- 3.3 Cuándo usar UDP

Hora 2
4 TCP
- 4.1 Cabecera TCP
- 4.2 Opciones cabecera TCP

Hora 3
- 4.3 Conexiones TCP
- 4.4 Diagrama de transición de estados de TCP
- 4.5 Transferencia interactiva

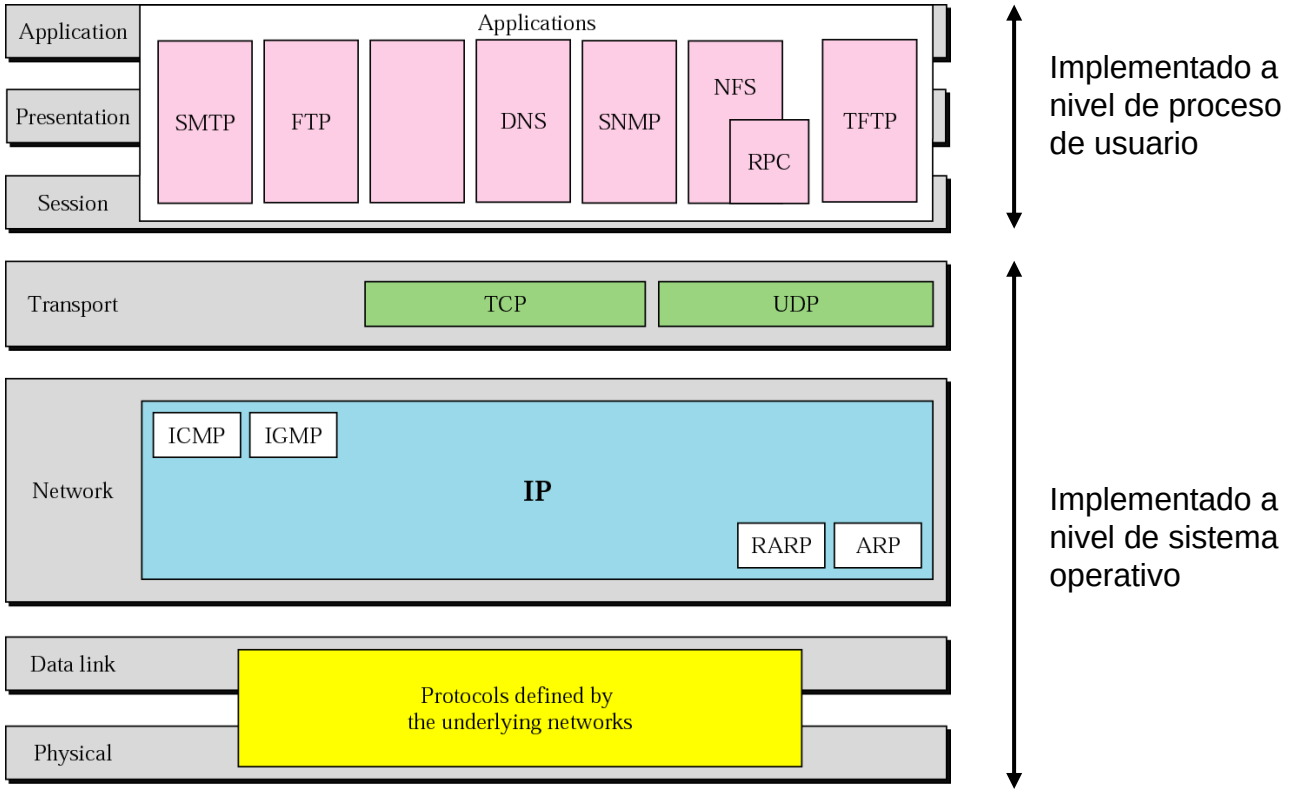
Hora 4
- 4.6 Fiabilidad en TCP
- 4.7 Transferencia masiva
  - 4.7.1 Transferencia normal
  - 4.7.2 Control de flujo
  - 4.7.3 Control de congestión
- 4.8 Producto RTTxBW
- 4.9 Ejemplo de traza TCP

Objetivos

- Revisar los paradigmas de comunicaciones sobre el que sustentan los servicios de Internet
- Entender la necesidad de multiplexar múltiples comunicaciones sobre el mismo nivel de red IP
  - ¿Qué ocurre si se quiere mantener varias comunicaciones simultáneas con diferentes aplicaciones en la misma máquina destino?
  - Las direcciones IP no son suficiente
- Presentar el protocolo de transporte UDP
  - Características
  - Cabecera
  - Casos de uso

1 Paradigmas de comunicaciones

- Las aplicaciones se implementan tradicionalmente sobre el nivel de transporte (UDP o TCP).
  - Las aplicaciones hacen uso de los servicios proporcionados por el nivel de transporte.

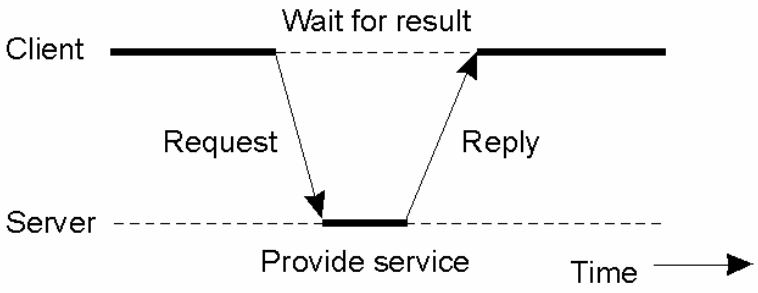


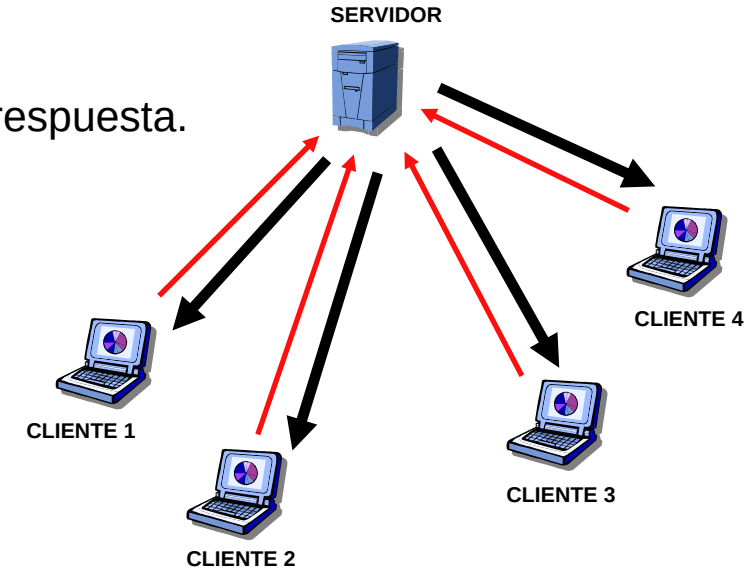
Paradigmas de comunicaciones

- El sistema operativo (kernel) implementa la pila de protocolos TCP/IP
  - Es un servicio del sistema operativo
- La aplicación corre como proceso de usuario
  - Más fácil su desarrollo y depuración
- Existen APIs que proporciona el sistema operativo para el acceso a los servicios del nivel de transporte
  - Sockets BSD
- Existen diferentes estrategias o paradigmas de comunicación a la hora de distribuir la responsabilidad de la comunicación:
  - Cliente/Servidor
  - P2P
  - Híbridos: combinan los dos anteriores

1.1 Paradigma cliente/servidor

- Cliente: requieren un servicio.
  - Normalmente inicia la comunicación y la finaliza.
- Servidor: prestan un servicio.
  - Normalmente atiende la comunicación iniciada por el cliente.
- Patrón típico de petición-respuesta
  - Cliente: envía solicitud y recibe respuesta.
  - Servidor: recibe solicitud, la procesa y envía respuesta.

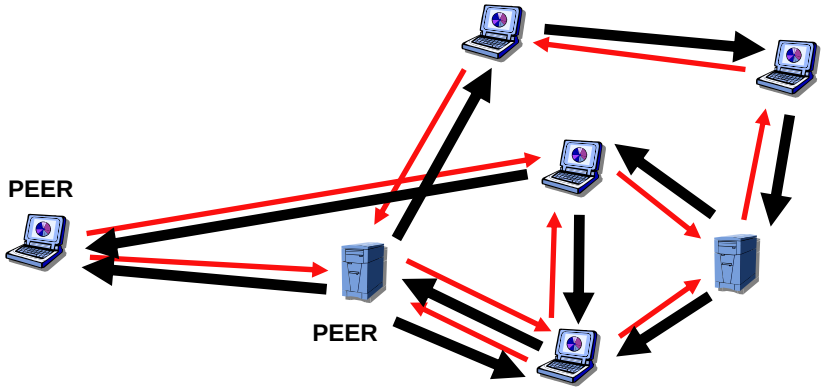




- Comunicación asimétrica:
  - Alta carga del servidor
  - Necesidad de elevado ancho de banda en la red de acceso al servidor

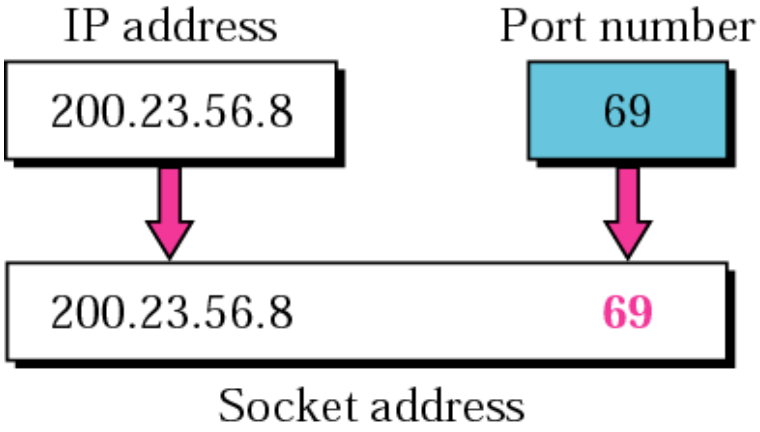
1.2 Paradigma Peer-to-Peer (P2P)

- Igual-a-igual, par-a-par, todos los nodos son clientes y servidores simultáneamente.
  - Todos los nodos son funcionalmente iguales.
- Popularidad de aplicaciones de intercambio de ficheros basadas en P2P.
- Ventajas de P2P:
  - Alta escalabilidad: la información se intercambia directamente entre los usuarios finales sin pasar por un servidor intermedio. Se dispone de los recursos (ancho de banda, almacenamiento y CPU) de miles de nodos.

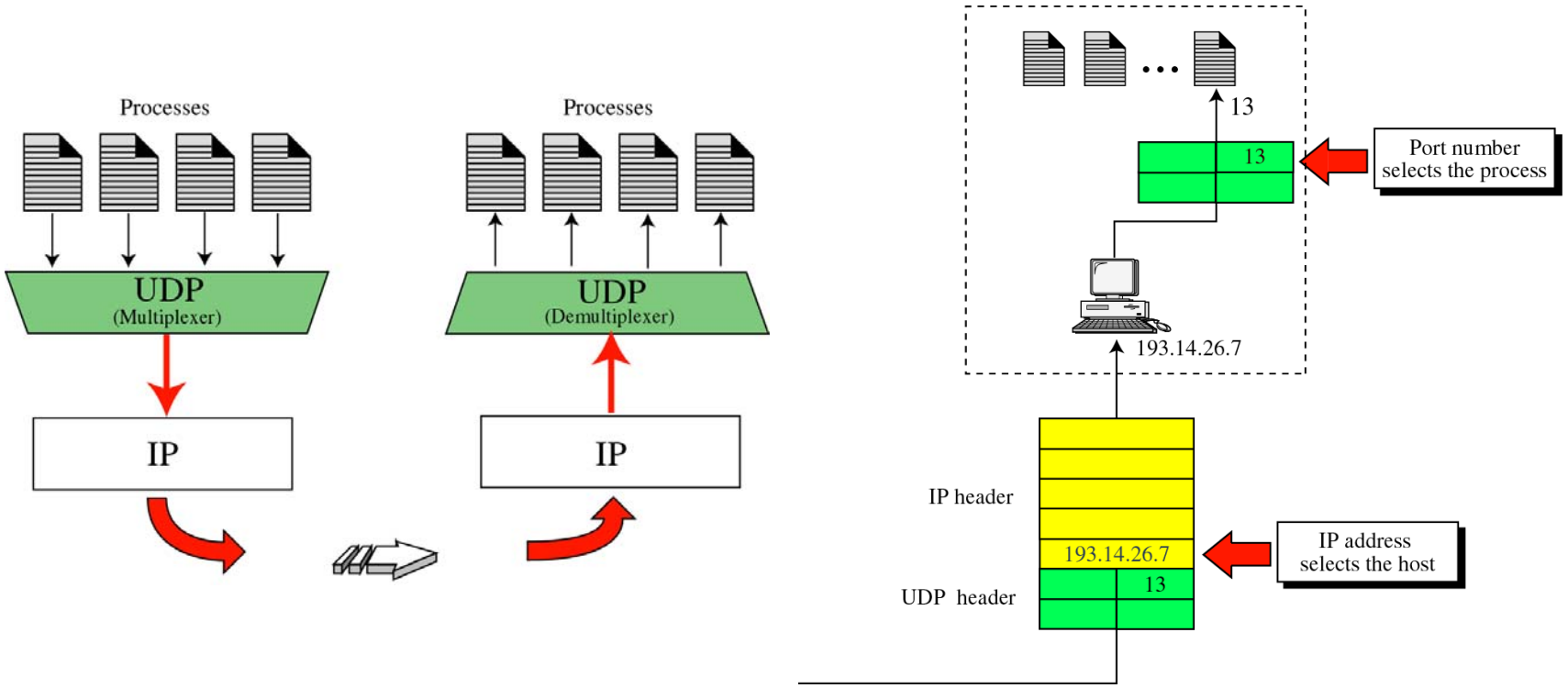


2 Multiplexación por puerto

- El puerto identifica a la aplicación o proceso corriendo en determinada máquina.
- El par (IP, puerto) se denomina *socket* e identifica unívocamente a un proceso de aplicación en una máquina que puede enviar/recibir datos.
- Una comunicación estará caracterizada por dos sockets, uno correspondiente a cada extremo de la comunicación.



Multiplexación por puerto

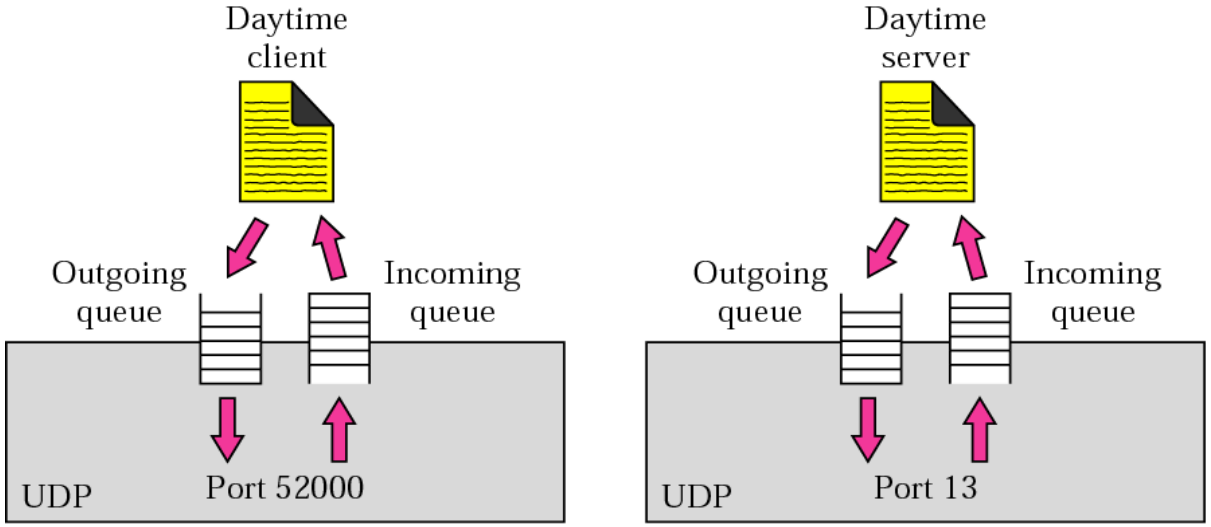


Multiplexación por puerto

- La aplicación escuchando en un puerto recibirá todos los paquetes dirigidos a esa (IP, puerto, protocolo de transporte).
- Puerto, identificador de 16bits: 1 a 65535, el 0 no se utiliza.
  - Puertos bien conocidos: <1024, registrados por la ICANN identifican el tipo de servicio normalmente.
    - Puertos UDP típicos: 7 Echo, 13 Daytime, 53 DNS, 69 TFTP, 123 NTP, 161/162 SNMP, etc.
    - Puertos TCP típicos: 20/21 FTP, 23 Telnet, 25 SMTP, 53 DNS, 80 HTTP, 110 POP3, etc.
    - Lista completa de puertos en el fichero /etc/services en Linux.
  - Puertos efímeros: se escogen por encima del 1024 sin que colisionen con uno ya existente.
- Normalmente en toda comunicación cada extremo realiza una función:
  - Servidor: está escuchando en un puerto bien conocido peticiones de los clientes.
  - Cliente: elige un puerto efímero al azar para comunicarse con el servidor.

Multiplexación por puerto

- Envío de un datagrama a un puerto sin aplicación escuchando devuelve:
  - En el caso de UDP: ICMP de error de puerto inalcanzable.
  - En el caso de TCP: mensaje de RESET.
- Puerto bidireccional: transmisión/recepción.
- Buffers de entrada/salida de tamaño configurable por el sistema operativo.



3 UDP

RFC768(STD6)

- User Datagram Protocol
- UDP es un protocolo de nivel de transporte: se encapsula por encima de IP (cabecera IP con campo protocol=17).
- Ofrece un servicio de datagramas (no orientado a conexión). Cada datagrama enviado es independiente.
  - 1 write() de la aplicación $\Rightarrow$ 1 datagrama UDP $\Rightarrow$ 1 datagrama IP (o varios si hay fragmentación).
  - Control de tamaño. La aplicación determina el tamaño de datos de cada datagrama UDP (payload).
    - Si es mayor que la MTU de la red sufrirá fragmentación.
  - Control de tiempos. No buffered, UDP acepta datos y los transmite inmediatamente (siempre que los niveles inferiores se lo permitan).
- Habitualmente menos del 5-10% del tráfico total de redes de área local o troncales es UDP. El resto del tráfico es mayoritariamente TCP.

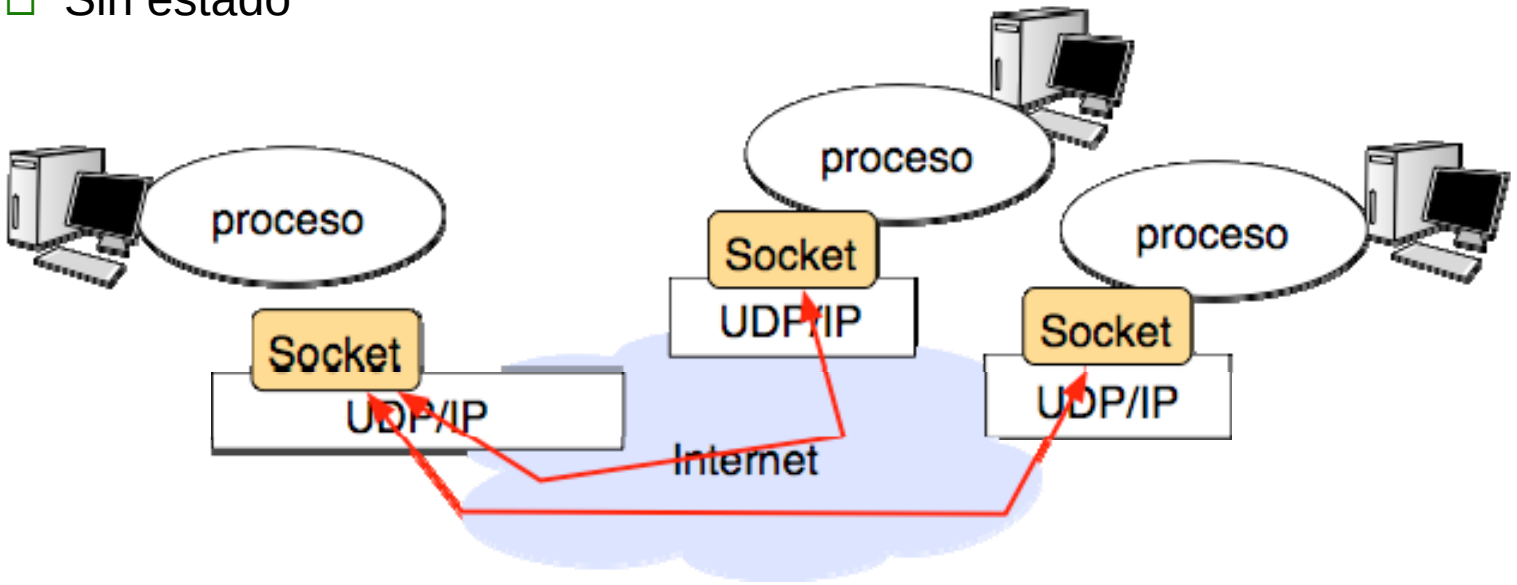
Características UDP

- Deficiencias cubiertas por otros niveles de transporte:
  - UDP no es fiable
    - Los paquetes se pueden perder.
    - Los paquetes se pueden entregar fuera de orden.
  - UDP no incorpora mecanismos de control de flujo y congestión
    - La aplicación ha de implementarlos.
    - Si todas las aplicaciones de una red fueran UDP y empezasen a mandar a elevadas tasas, se producirían desbordamientos en las colas de los routers sin ningún tipo de control.

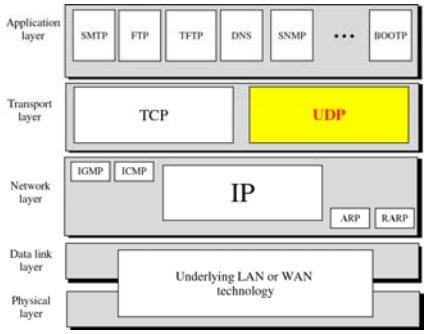
- UDP ofrece:
  - Multiplexación de aplicaciones gracias al uso de puertos.
  - Checksum del mensaje.

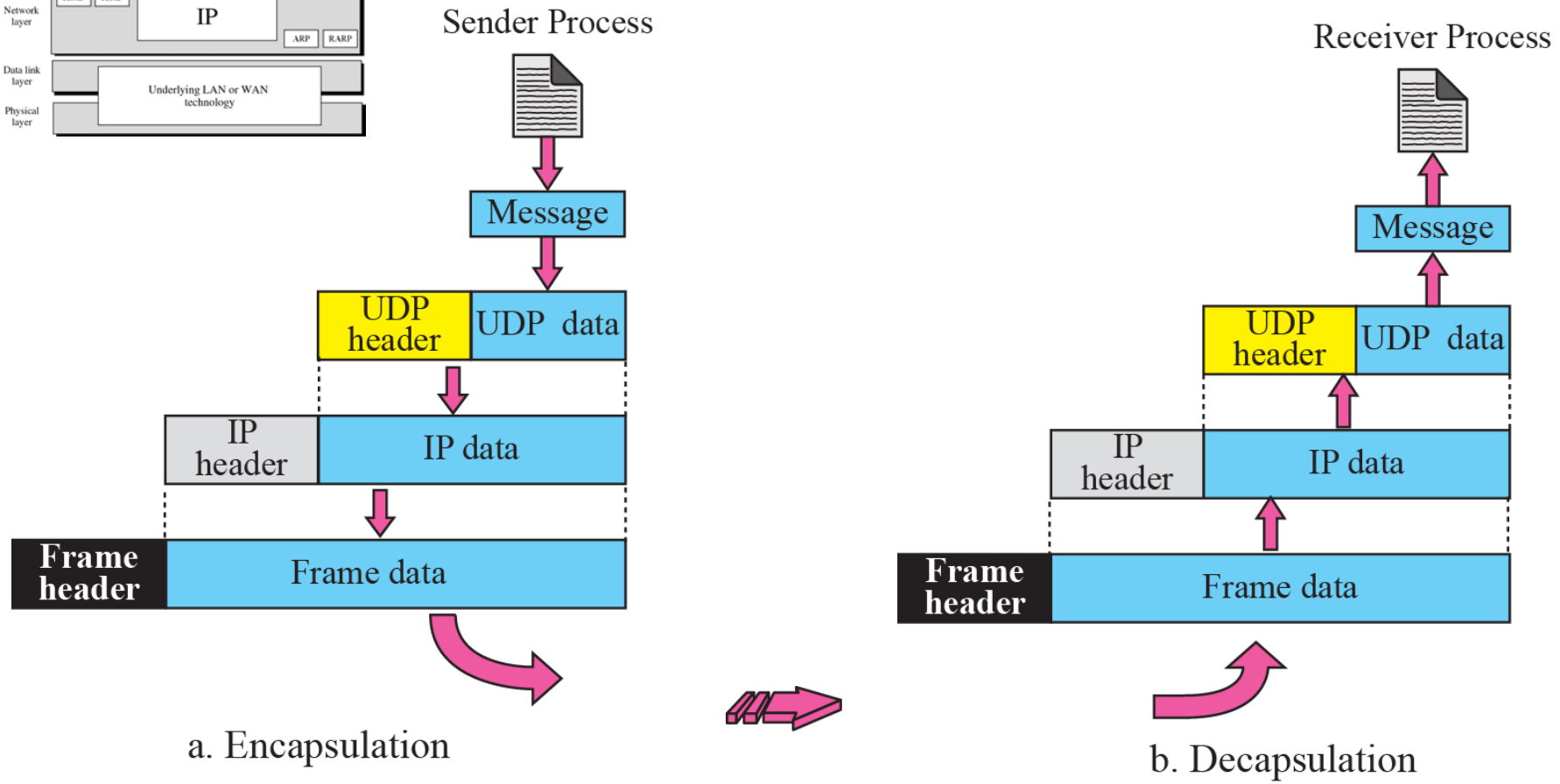
Características UDP

- Orientado a datagramas
  - Un socket ligado a un puerto
  - Puede mandar a cualquier otro socket UDP
  - Puede recibir de cualquier otro socket UDP
  - Un socket UDP puede hacer de cliente o servidor indistintamente, y además simultáneamente con diferentes máquinas remotas.
  - Sin estado

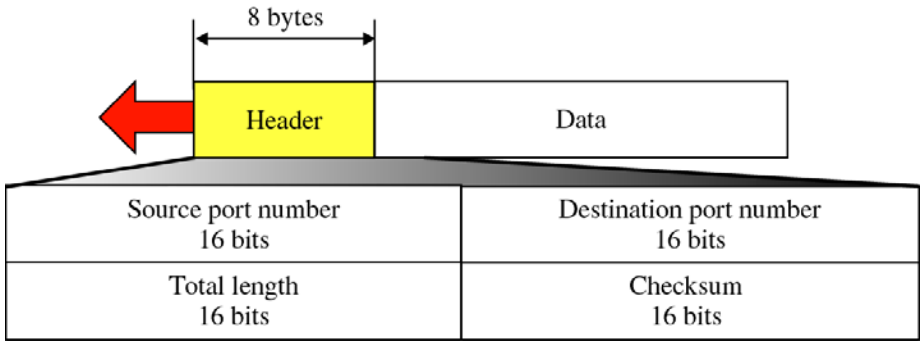


UDP encapsulación





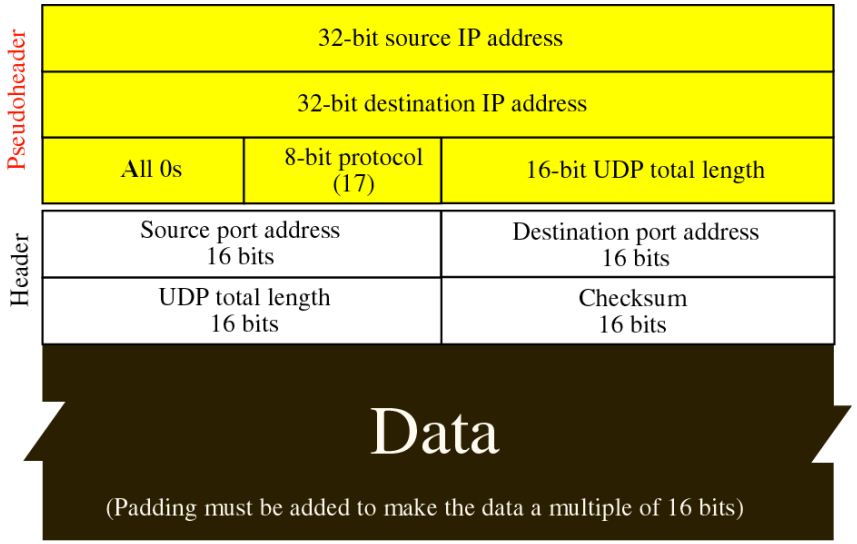
3.1 Cabecera UDP



- Source/Destination port (16bits)
- Length (16bits): longitud total de la cabecera UDP+datos en bytes. Valor máximo: 2^{16}-1=65535, pero el campo longitud de la cabecera IP también tiene este máximo, por lo que el mayor tamaño posible de datos UDP será: 65535-20(IP)-8(UDP) = 65507 bytes.
- Checksum (16bits): calculado como el CRC de IP en palabras de 16 bits aplicado sobre
  - cabecera UDP
  - datos UDP: se hace padding con 0's hasta múltiplo de 16bits.
  - seudocabecera UDP

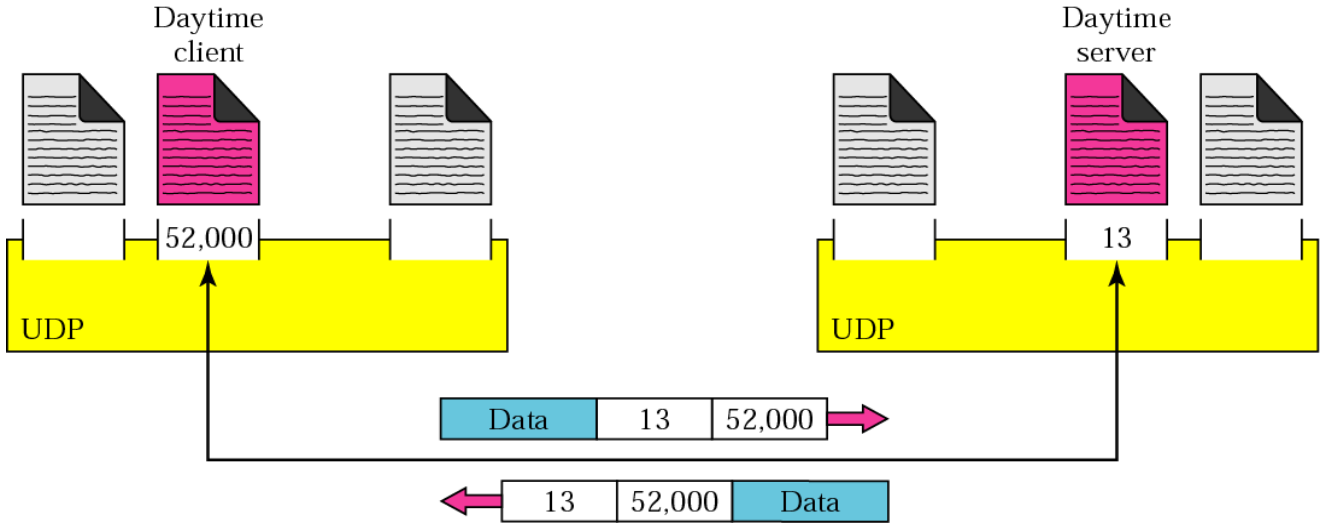
Seudocabecera UDP para el checksum

- Incluye ciertos campos de la cabecera IP:
  - IP origen
  - IP destino
  - Protocolo
  - Longitud UDP
- Permite una doble comprobación de que los datos han llegado al destino adecuado.



3.2 Ejemplo de servicio UDP

- Servicio Daytime.



Ejemplo de servicio UDP

- **tcpdump -n**

```
11:27:20.948616 IP 130.206.158.132.46612 > 130.206.158.141.daytime: UDP, length 2
11:27:20.948830 IP 130.206.158.141.daytime > 130.206.158.132.46612: UDP, length 26
```

- **tcpdump –xX**

```
11:27:20.948616 IP 130.206.158.132.46612 > 130.206.158.141.daytime: UDP, length 2
        0x0000:  4500 001e 098d 4000 4011 ee93 82ce 9e84  E.....@.@.......
        0x0010:  82ce 9e8d b614 000d 000a c7ff 3f0a       ............?.
```

Sport 46612 | Dport 13 | TotLen 10 | CRC

```
11:27:20.948830 IP 130.206.158.141.daytime > 130.206.158.132.46612: UDP, length 26
        0x0000:  4500 0036 0000 4000 4011 f808 82ce 9e8d  E..6..@.@.......
        0x0010:  82ce 9e84 000d b614 0022 aa12 3135 204d  .........."..15.M
        0x0020:  4152 2032 3031 3220 3131 3a32 373a 3230  AR.2012.11:27:20
        0x0030:  2043 4554 0d0a                           .CET..
```

Respuesta: 15 MAR 2012 11:27:20 CET

Ejemplo de servicio UDP

Port	*Protocol*	*Description*
7	Echo	Echoes a received datagram back to the sender
9	Discard	Discards any datagram that is received
11	Users	Active users
13	Daytime	Returns the date and the time
17	Quote	Returns a quote of the day
19	Chargen	Returns a string of characters
53	Nameserver	Domain Name Service
67	Bootps	Server port to download bootstrap information
68	Bootpc	Client port to download bootstrap information
69	TFTP	Trivial File Transfer Protocol
111	RPC	Remote Procedure Call
123	NTP	Network Time Protocol
161	SNMP	Simple Network Management Protocol
162	SNMP	Simple Network Management Protocol (trap)

3.3 Cuándo usar UDP

- La falta de fiabilidad y segmentación supone más tareas para la aplicación.
- Sin embargo, UDP es:
  - Rápido, no hay fase de establecimiento de conexión.
  - Ligero, supone poca sobrecarga de protocolo (8 bytes).

- Será por tanto útil para:
  - Aplicaciones de control y gestión.
  - Aplicaciones de difusión.
  - Aplicaciones de tiempo real.

Cuándo usar UDP

- Aplicaciones de control y gestión
  - Requieren normalmente poco intercambio de información, del tipo petición-respuesta.
  - Los paquetes son pequeños. Dependiendo de la aplicación pueden generarse en gran número.
  - UDP evita el coste de apertura y cierre de conexiones TCP.

- Aplicaciones de difusión
  - Necesiten usar direcciones destino Multicast o Broadcast.
  - Con TCP no es posible.

Cuándo usar UDP

- Aplicaciones de tiempo real
  - Necesitan un control absoluto de los paquetes generados en la red, por ejemplo, del espaciado entre paquetes.
  - El retardo extremo a extremo y el jitter son importantes.
    - El buffer en recepción permite ocultar parte del retardo y jitter.
  - Pequeñas pérdidas de paquetes son tolerables.
    - Algunas de estas pérdidas pueden ser ocultadas por los codecs.
  - Ejemplos:
    - Aplicaciones de voz sobre IP (VoIP).
    - Transmisión de audio/video en tiempo real (la aplicación es la encargada del control de la comunicación casi en su totalidad). Streaming.

Resumen

- Paradigmas de comunicaciones:
  - Cliente/Servidor
  - P2P
- Multiplexación de aplicaciones gracias al uso de puertos.
- UDP
  - Ofrece un servicio de datagramas (no orientado a conexión)
  - Permite utilizar puertos para identificar aplicaciones origen/destino de los mensajes
  - No aporta fiabilidad
  - No incorpora mecanismos de control de flujo y congestión
  - Es un protocolo sin estado
  - La aplicación tiene control sobre el tamaño de los paquetes y cuando se envían
  - Útil en aplicaciones que requieran un protocolo con poca carga de cabeceras, sin señalización extra, con múltiples destinatarios y/o con control absoluto por parte de la aplicación

Referencias

- [Forouzan]
  - Capítulo 13, “Introduction to the Transporte Layer”, sección 13.1
  - Capítulo 14, “User Datagram Protocol (UDP)”, secciones 14.1-14.4
- [Stevens]
  - Capítulo 11 “UDP: User Datagram Protocol”