Capítulo 3: Capa Transporte - I

ELO322: Redes de Computadores

Agustín J. González

Este material está basado en:

- Material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet.* Jim Kurose, Keith Ross.

Capítulo 3: Capa Transporte

Objetivos:

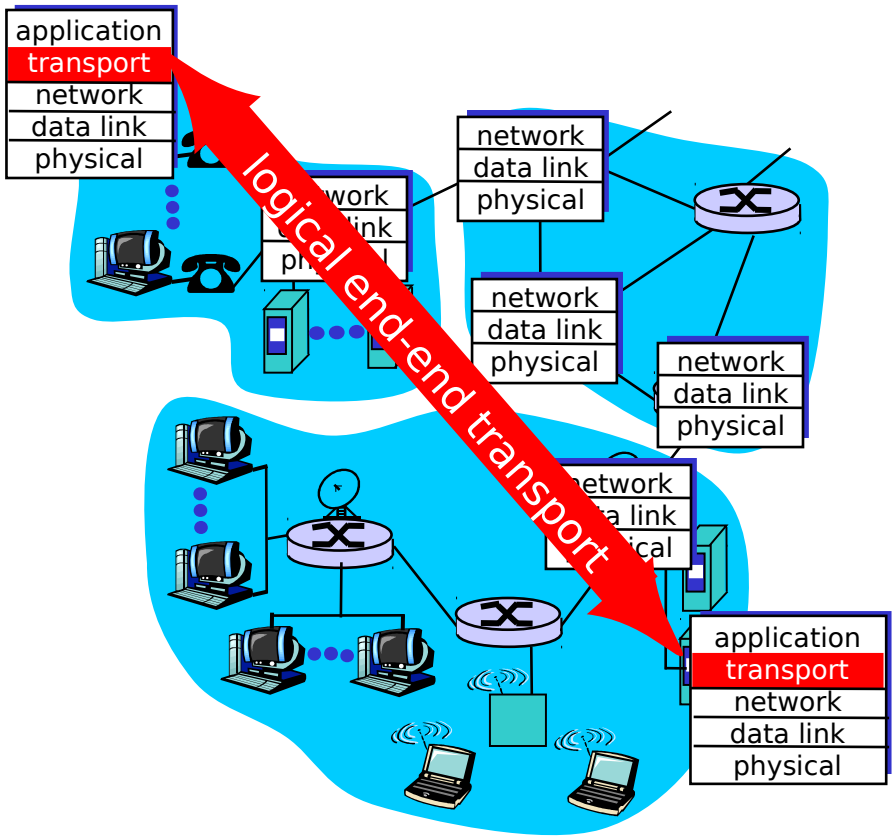
- Entender los principios detrás de los servicios de la capa transporte:
  - Multiplexing / demultiplexing
  - Transferencia confiable de datos
  - Control de flujo
  - Control de congestión
- Aprender sobre los protocolos de transporte en la Internet:
  - UDP (**U**ser **D**atagram **P**rotocol): transporte sin conexión
  - TCP (**T**ransmission **C**ontrol **P**rotocol): transporte orientado a la conexión
  - Control de congestión en TCP

Contenido de Capítulo 3

- 3.1 Servicios de la capa transporte
- 3.2 Multiplexing y demultiplexing
- 3.3 Transporte sin conexión: UDP
- 3.4 Principios de transferencia confiable de datos
- 3.5 Transporte orientado a la conexión: TCP
  - Estructura de un segmento
  - Transferencia confiable de datos
  - Control de flujo
  - Gestión de la conexión
- 3.6 Principios del control de congestión
- 3.7 Control de congestión en TCP

Protocolos y servicios de transporte

- Proveer *comunicación lógica* entre procesos de aplicaciones corriendo en diferentes hosts
- Los protocolos de transporte corren en sistemas terminales (computadores, no equipos internos como routers)
- Hay más de un protocolo de transporte disponible para las aplicaciones
  - Más comunes: TCP y UDP
  - Hoy también SCTP (**S**tream **C**ontrol **T**ransmission **P**rotocol, 2000), DCCP (**D**atagram **C**ongestion **C**ontrol **P**rotocol, 2005)



Capa transporte vs. capa red

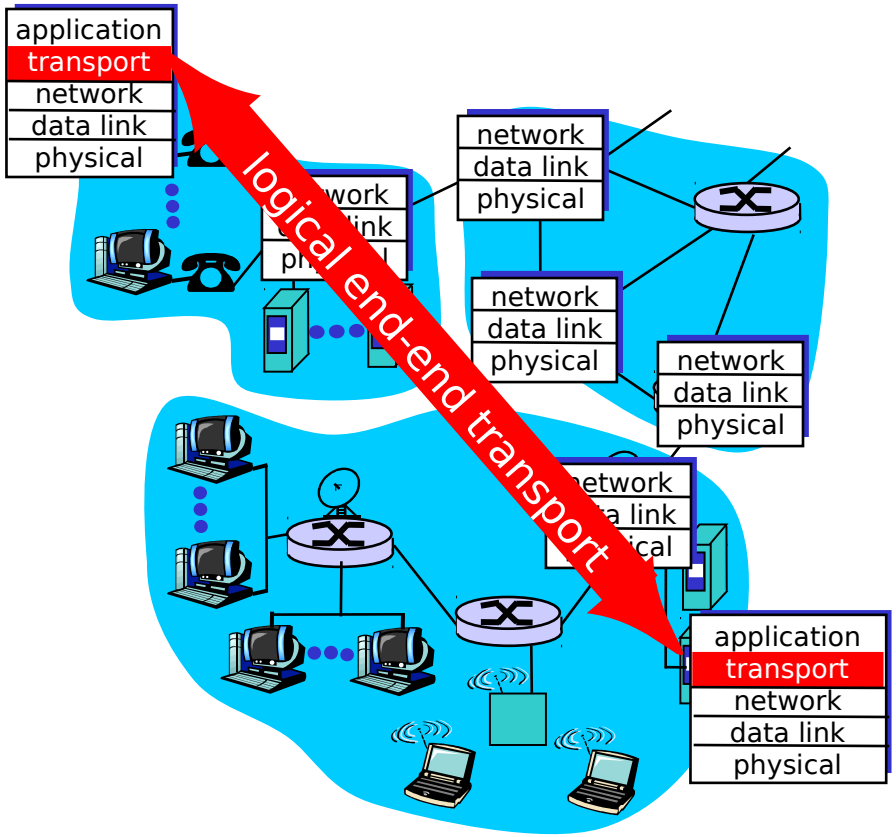
- *Capa transporte:* encargada de la comunicación lógica entre procesos
  - Depende y mejora los servicios de la capa de red
- *Capa de red:* encargada de la comunicación lógica entre hosts

Analogía:

- *12 niños en una casa envían cartas a 12 niños. en otra casa*
- *Ann y Bill recopilan las cartas en cada hogar y las envían por correo. También distribuyen las cartas que llegan.*
- Procesos = niños
- Mensajes aplicación = cartas en sobres
- Hosts = casas
- Protocolo de transporte = Ann y Bill
- Protocolo capa red = servicio de correos

Protocolos de capa transporte en Internet

- TCP: Entrega confiable y en orden
  - Tiene: Control de flujo
  - Tiene: control de congestión
  - Establecimiento de conexión
- UDP: Entrega no confiable, tal vez desordenada:
  - Básicamente el mismo servicio de IP: “mejor esfuerzo” (best-effort)
- Qué servicios **no** se ofrecen:
  - Garantías de retardo
  - Garantías de ancho de banda
  - (Básicamente porque no es fácil -o posible- implementarlo basándose en los servicios de IP)



Contenido de Capítulo 3

- 3.1 Servicios de la capa transporte
- 3.2 Multiplexing y demultiplexing
- 3.3 Transporte sin conexión: UDP
- 3.4 Principios de transferencia confiable de datos
- 3.5 Transporte orientado a la conexión: TCP
  - Estructura de un segmento
  - Transferencia confiable de datos
  - Control de flujo
  - Gestión de la conexión
- 3.6 Principios del control de congestión
- 3.7 Control de congestión en TCP

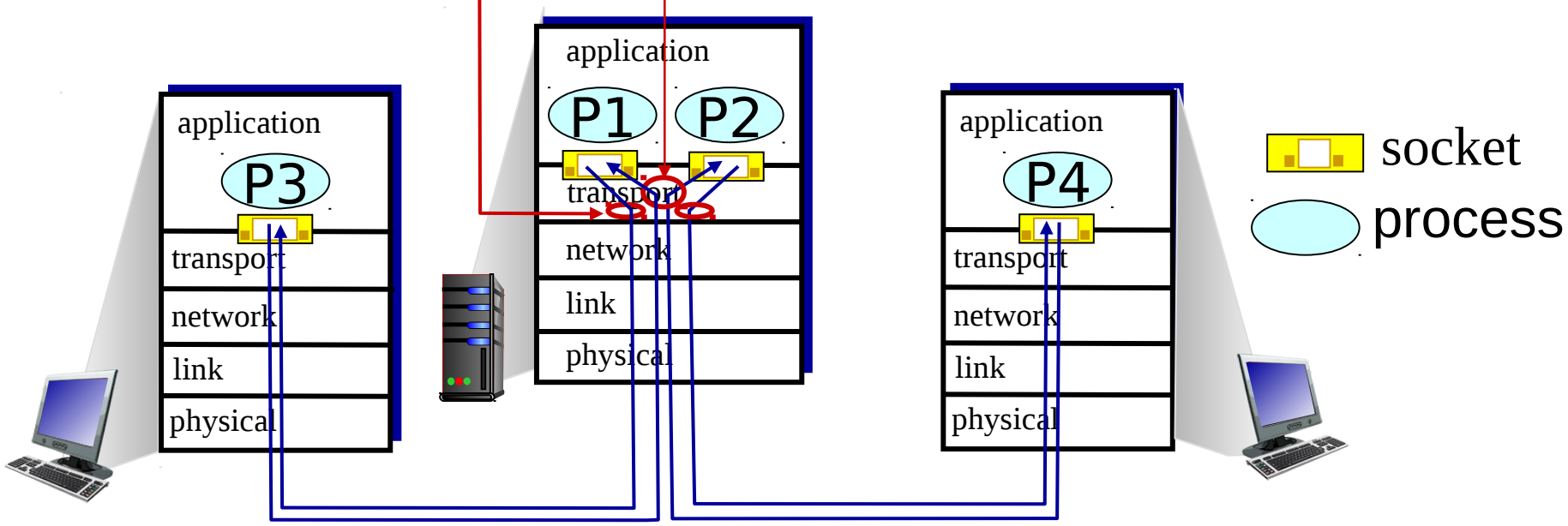
Multiplexación/demultiplexación

Multiplexación en host Tx:

Capa de transporte:
Recopila datos desde múltiples sockets, usa info. de encabezado (puerto e IP origen, puerto e IP destino)

Demultiplexación en host Rx:

Entrega el segmento recibido al socket correcto
Basado en puerto (UDP)
Basado en 4-tupla (TCP)



Cómo trabaja la demultiplexación?

- El host Rx recibe datagramas IP
  - Cada datagrama tiene dirección IP fuente y dirección IP destino
  - Cada datagrama incluye 1 segmento de la capa transporte
  - Cada segmento tiene números de puerto fuente y destino
- En general el host usa las direcciones IPs y números de puertos para conducir un segmento al socket apropiado
- Puertos 0-1023 reservados por protocolos establecidos, HTTP: 80, FTP: 21, están definidos en RFC 1700

Formato de segmento TCP/UDP

Demultiplexación sin conexión (UDP)

- Capa de transporte del receptor reconoce Socket destino por puerto destino y la aplicación reconocer remitente por la IP y puerto origen.
- Cuando la capa transporte recibe un segmento UDP (lado receptor):
  - Chequea número de puerto destino en segmento
  - Dirige el segmento UDP al socket con ese número de puerto
- Datagramas IP con direcciones IP y/o números de puerto origen diferentes pueden ser dirigidos al mismo socket destino.

Re-visitemos: Código **Cliente** Socket UDP

- Cliente: Creamos socket y datagrama con núm. de puerto:

  serverName = 'hostname'

  serverPort = 12000

  clientSocket = socket(AF_INET,SOCK_DGRAM)

  message = ……

  clientSocket.sendto(message,(serverName, serverPort))

- Durante su transporte en la red, el Socket UDP destino queda identificado por (2-tuple):

  (Dirección IP destino, Número puerto destino)

Re-visitemos: Código **Servidor** Socket UDP

- Servidor crea el socket en un puerto específico:

```
serverPort = 12000
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
serverSocket.bind(('', serverPort))
 :
```

- Recibe paquete del cliente, usa IP y puerto orígenes del mensaje para responder:

```
 message, clientAddress = serverSocket.recvfrom(2048)
       :
```

- Servidor responde usando la información obtenida del paquete:

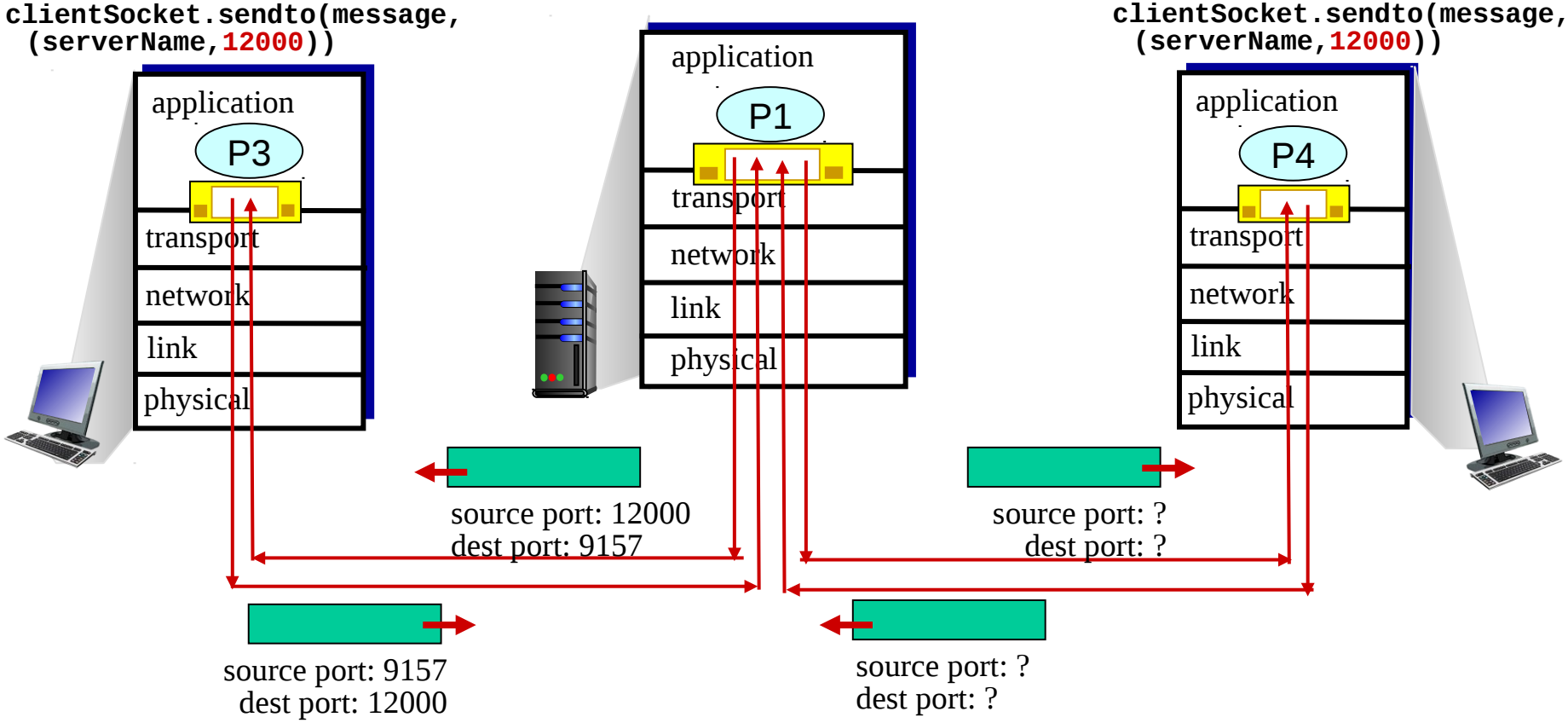
```
 serverSocket.sendto(modifiedMessage, clientAddress)
```

Demultiplexión sin conexión (ejemplo)

```
serverSocket=socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
serverSocket.bind(('',12000))
                    :
                    :
```

```
clientSocket =
 socket(AF_INET,SOCK_DGRAM)
           :
clientSocket.sendto(message,
 (serverName,12000))
```

```
clientSocket =
 socket(AF_INET,SOCK_DGRAM)
           :
clientSocket.sendto(message,
 (serverName,12000))
```



Un mismo socket recibe mensajes desde distintos hosts. La aplicación los distingue por la IP y puerto origen de cada mensaje.

Demultiplexación orientada a la conexión **(TCP)**

- Un socket maneja solo un cliente.
- Sockets TCP queda definido por (4-tupla):
  - Dirección IP Origen
  - Número de puerto Origen
  - Dirección IP Destino
  - Número de puerto Destino
- Host receptor usa los cuatro valores para dirigir los segmentos al socket apropiado.
- Un host servidor puede soportar muchos sockets TCP en un mismo puerto simultáneos:
  - Cada socket es identificado por su 4-tupla propia
- Un servidores Web tiene un socket diferente por cada cliente conectado
  - HTTP no-persistente tendrá diferentes sockets por cada petición de datos

Re-visitemos: Código Cliente Socket TCP

- Cliente: Creamos socket con IP y núm. de puerto:

```
serverName ='hostname'
serverPort = 12000
clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
clientSocket.connect((serverName,serverPort))
 :
```

- La capa de transporte asigna un puerto local para el socket del cliente.
- Para enviar información vía un socket conectado sólo se envía el dato (no requiere indicar destino cada vez)

```
sentence = raw_input('Input lowercase sentence: ')
clientSocket.send(sentence)
```

Re-visitemos: Código Servidor Socket TCP

- Servidor crea el welcome socket en un puerto específico:

```
serverPort = 12000
serverSocket = socket(AF_INET,SOCK_STREAM)
serverSocket.bind(('',serverPort))
serverSocket.listen(1)
```

- Al aceptar una conexión se crea un nuevo socket para este cliente específico:

```
connectionSocket, addr = serverSocket.accept()
```

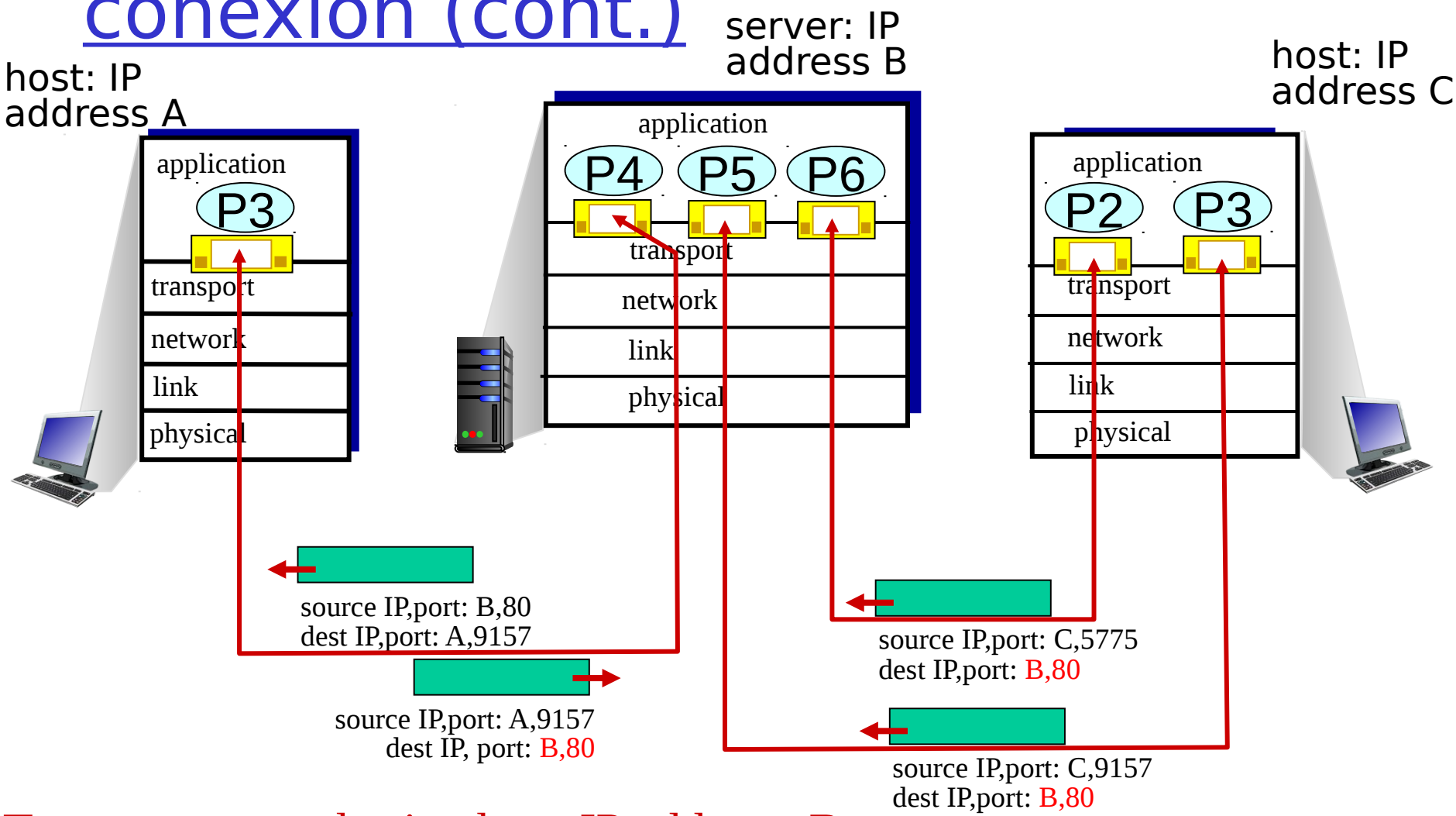
- Se lee desde socket de conexión:

```
sentence = connectionSocket.recv(1024)
```

- Se responde usando el mismo socket de conexión:

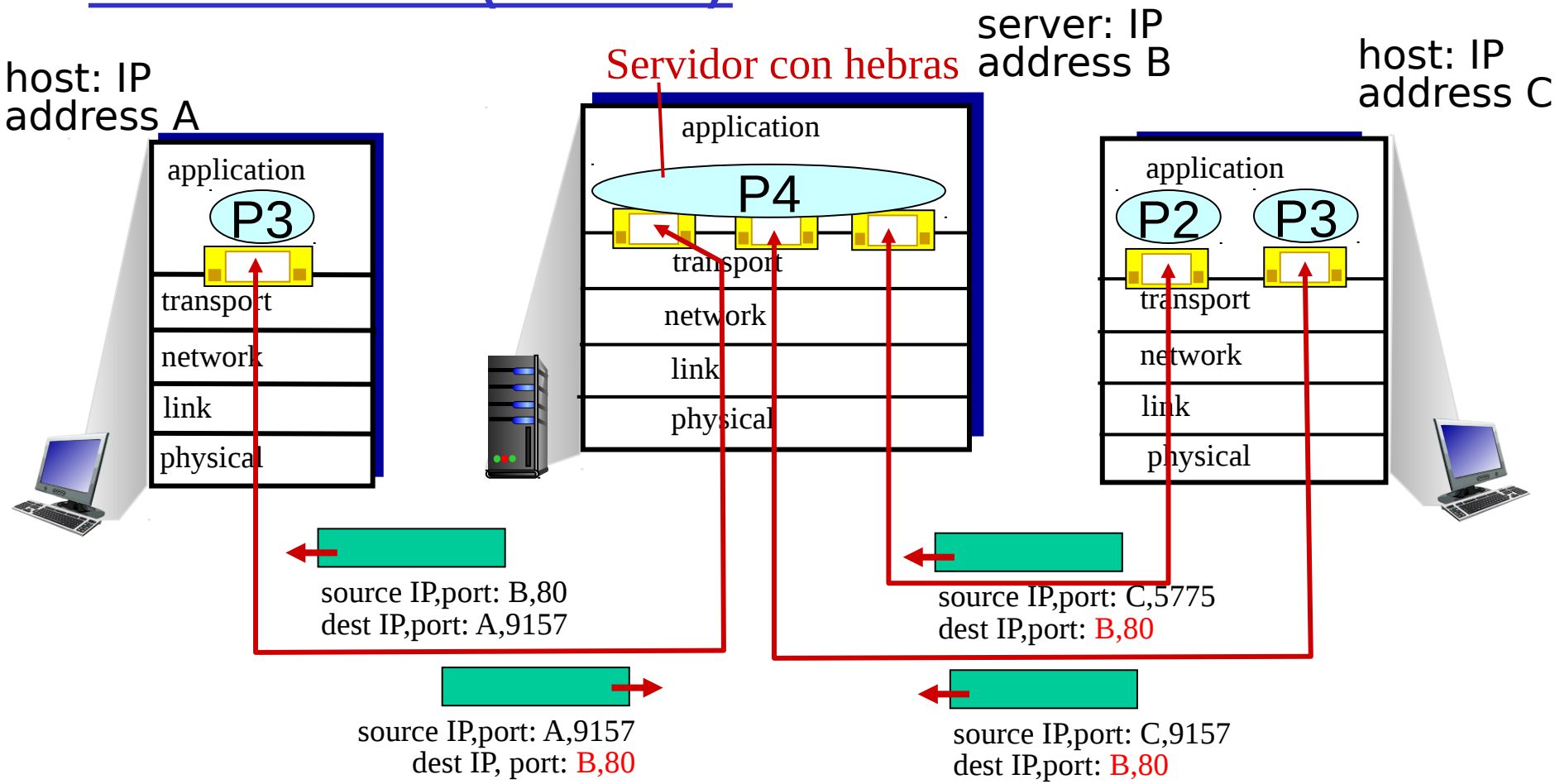
```
connectionSocket.send(capitalizedSentence)
```

Demultiplexación orientada a la conexión (cont.)



Tres segmentos destinados a IP address: B, dest port: 80 son demultiplexados a sockets *diferentes*. Esto es muy distinto a UDP

Demultiplexación orientada a la conexión (cont.)



Aquí un único proceso maneja **distintos sockets** para cada cliente, uno en cada hebra. La programación de esto se estudia en ELO330

Contenido de Capítulo 3

- 3.1 Servicios de la capa transporte
- 3.2 Multiplexing y demultiplexing
- 3.3 Transporte sin conexión: UDP
- 3.4 Principios de transferencia confiable de datos
- 3.5 Transporte orientado a la conexión: TCP
  - Estructura de un segmento
  - Transferencia confiable de datos
  - Control de flujo
  - Gestión de la conexión
- 3.6 Principios del control de congestión
- 3.7 Control de congestión en TCP

UDP: User Datagram Protocol [RFC 768]

- Básicamente agrega puerto a paquete IP
- Servicio de “mejor esfuerzo”, un segmento UDP se puede:
  - perder
  - Entregar a la aplicación fuera de orden
- *Sin conexión:*
  - No hay handshaking (establecimiento de conexión) entre servidor y receptor UDP
  - Cada segmento UDP es manejado en forma independiente de los otros

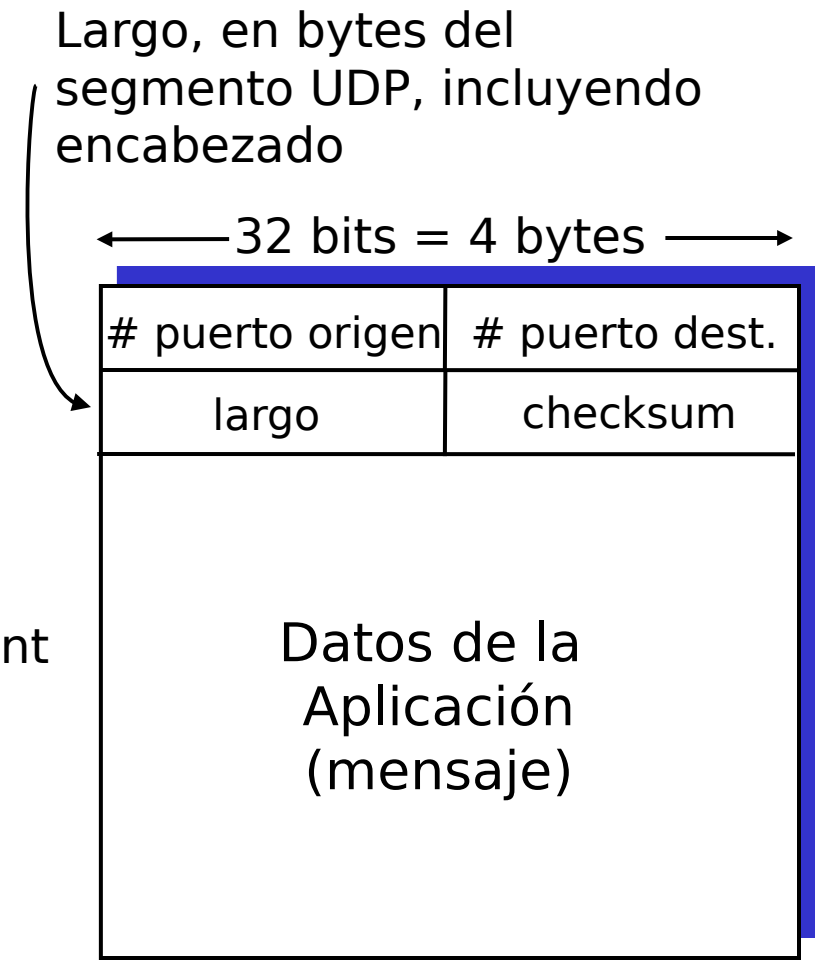
“Mejor esfuerzo”: Haré todo lo posible por entregarlo, pero no lo garantizo.

Por qué existe UDP?

- No requiere establecimiento de conexión (lo cual agregaría retardo)
- Simple: no se requiere mantener estado en el Tx y el Rx
- Pequeño segmento de encabezado => menor overhead
- No hay control de congestión: UDP puede transmitir tan rápido como se desee

UDP: más detalle

- A menudo es usado por flujos (streaming) multimedia en aplicaciones que:
  - Toleran pérdida de datos
  - Son sensibles a la tasa de transmisión
- Otros usos de UDP
  - DNS
  - SNMP (Simple Network Management Protocol)
- Es posible lograr transferencias confiables sobre UDP: se debe programar la confiabilidad en la capa aplicación
  - En este caso la recuperación de errores depende de la aplicación!



Formato segmento UDP

Checksum UDP (suma de chequeo)

Objetivo: detectar “errores” (e.g., bits cambiados) en segmentos transmitidos

Transmisor:

- Trata el contenido de cada segmento como una secuencia de enteros de 16 bits
- checksum: “suma” del contenido del segmento y luego invierte cada bits (se conoce como tomar el complemento 1).
- Transmisor pone el valor del checksum en el campo checksum del datagrama UDP
- Incluye algunos campos de IP (para los que quieren comprobarlo con wireshark).

Receptor:

- Calcula el checksum del segmento recibido
- Chequea si el checksum calculado corresponde al valor de checksum recibido en el campo:
  - NO corresponde => error detectado
  - SI => no hay error detectado. *Pero podrían haber errores sin embargo!*

Ejemplo Checksum en Internet

- Notar
  - Cuando sumamos números, la reserva del bit más significativo debe ser sumada al resultados
  - Luego se invierte cada bit (esto es tomar el complemento 1 del resultado).
  - Ejemplo: sumar dos enteros de 16-bits

Contenido de Capítulo 3

- 3.1 Servicios de la capa transporte
- 3.2 Multiplexing y demultiplexing
- 3.3 Transporte sin conexión: UDP
- 3.4 Principios de transferencia confiable de datos
- 3.5 Transporte orientado a la conexión: TCP
  - Estructura de un segmento
  - Transferencia confiable de datos
  - Control de flujo
  - Gestión de la conexión
- 3.6 Principios del control de congestión
- 3.7 Control de congestión en TCP