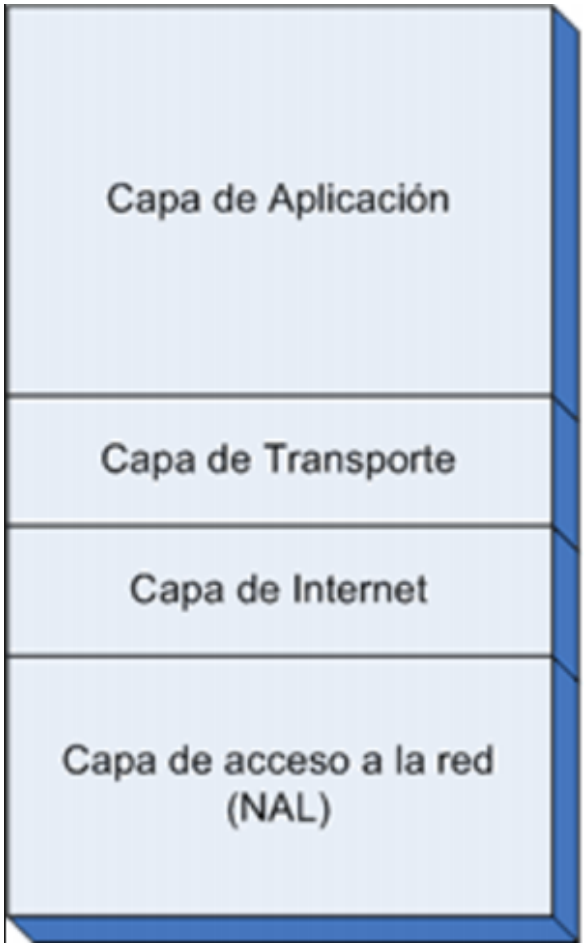
Protocolos de Transporte (Intro)

Redes y Comunicaciones

Introducción

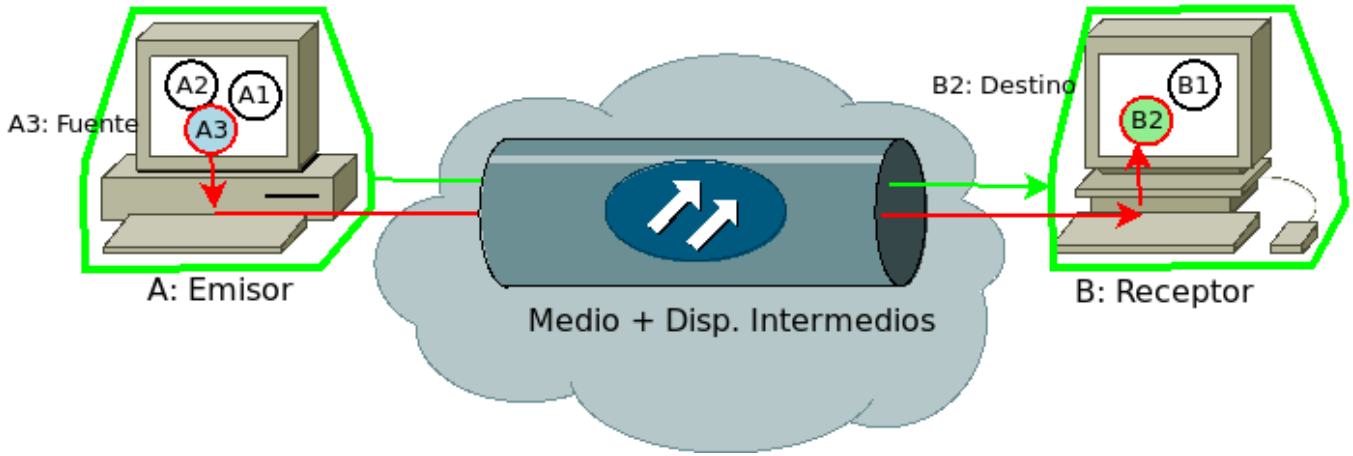
- Transporte de Internet, TCP/IP, usa IP como servicio.
- IP provee un servicio "débil", pero eficiente: "Best-effort".
- En IP los paquetes/datagramas pueden ser descartados, des-ordenados, retardados duplicados o corrompidos.
- Paquetes IP solo dirección DST y SRC, ¿ Cómo elegir la aplic. ?
- IP corre en **"todos" los nodos de la red (internet)** (routers y host), protocolos de transporte solo necesario en **end-points** (hosts).
- IP: comunicación lógica **HOP-BY-HOP**, comunica **hosts**.
- Transporte: comunicación lógica **HOST-TO-HOST (END-TO-END)**, comunica **procesos**.
- Aplicación: comunicación lógica **PROCESS-TO-PROCESS (END-TO-END)** comunica usuarios, agentes, etc.

Stack del modelo TCP/IP, 4 capas



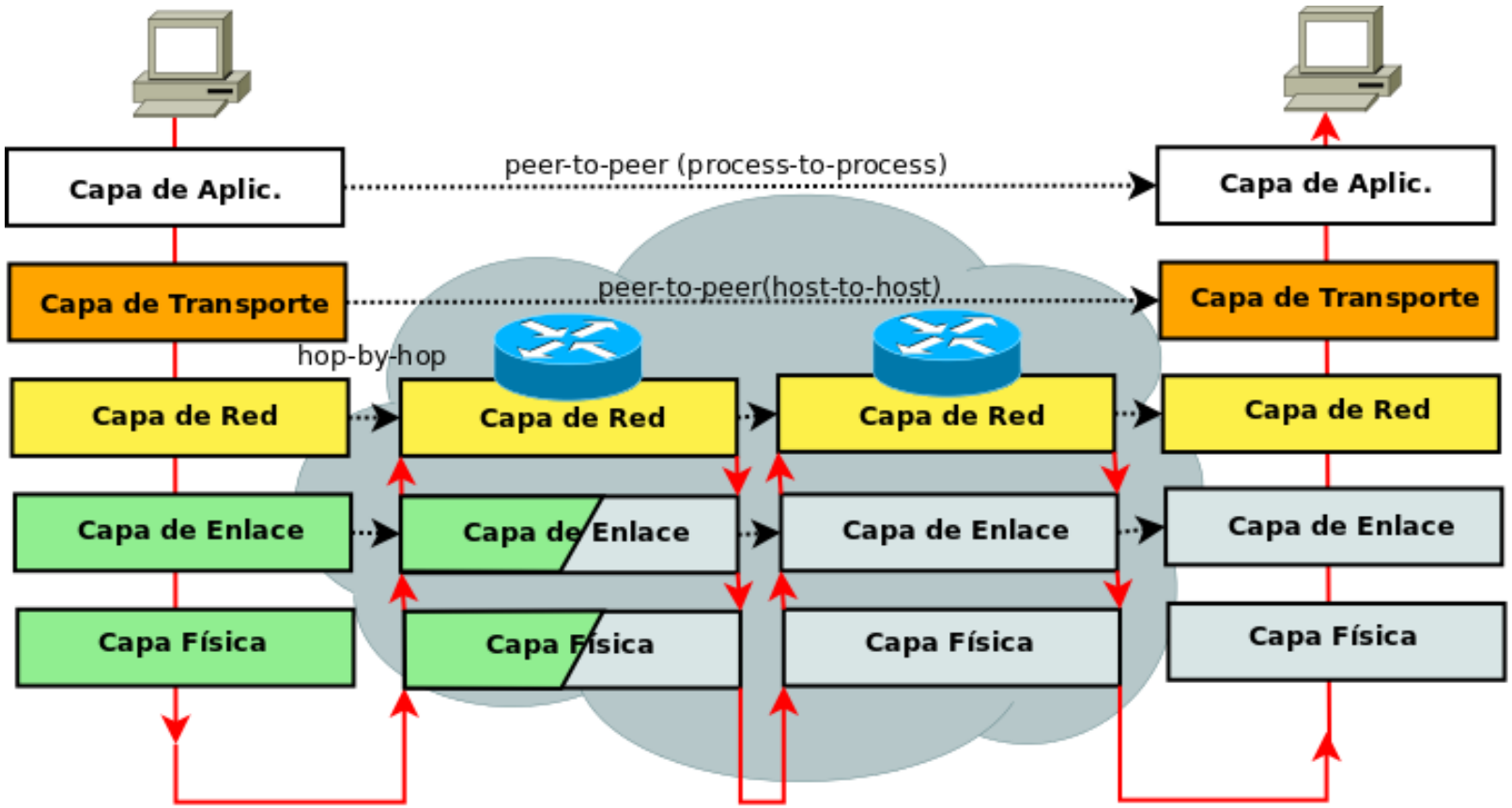
- Capa de transporte brinda servicio a capa de aplicación y usa servicios de capa de internet, (red IP).

Direccionamiento a nivel de Transporte



- Red (IP) direcciona hosts, transporta al mensaje del transporte hasta el host (dir IP).
- Transporte (TCP,UDP, u otro) transporta al mensaje de aplicación hasta el proceso (puerto).

Comunicación en Capas



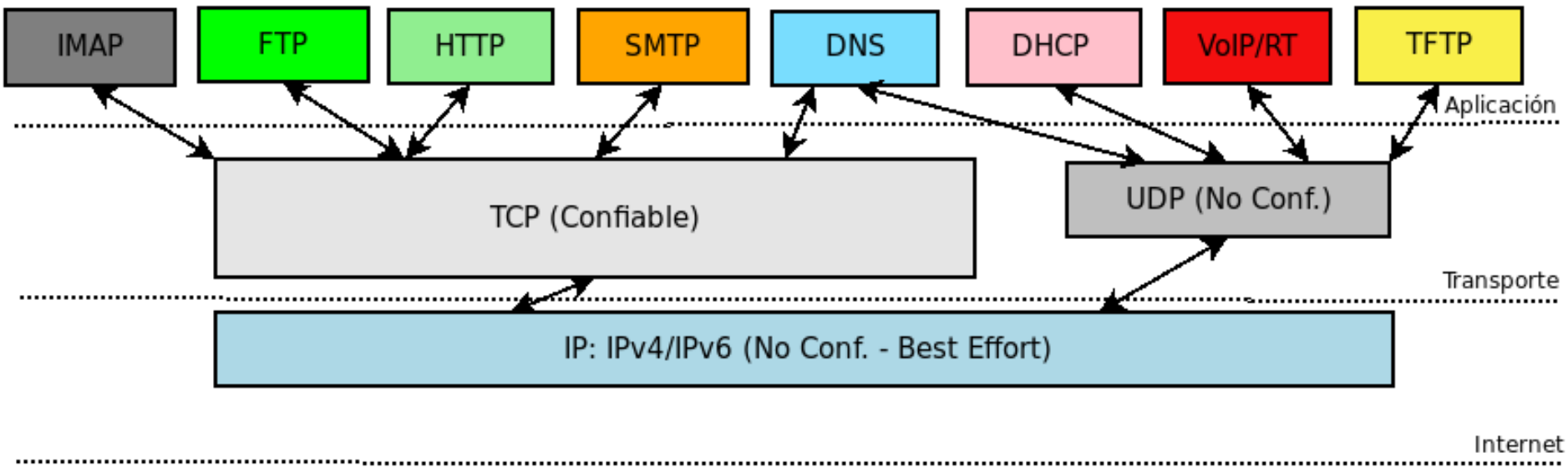
- Aplicación "habla" de proceso a proceso, servicio provisto por la capa de transporte.
- Transporte "habla" de host a host, donde los paquetes (segmentos) son llevados por la red.

Funcionalidad de la Capa de Transporte

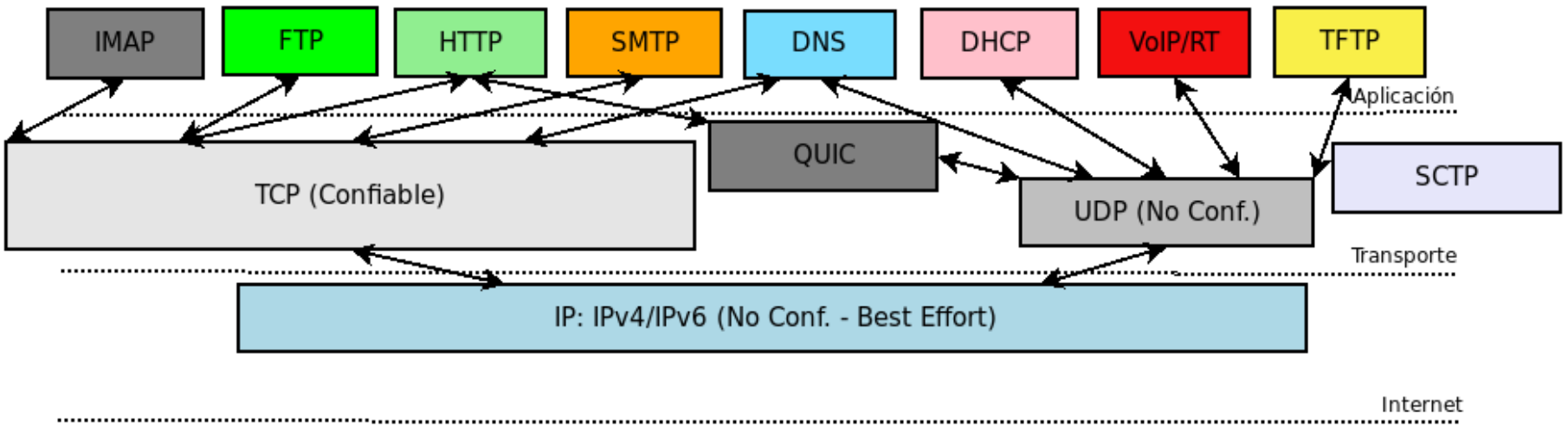
- Encapsulación, define PDU donde se envía los mensajes de la aplicación.
- MUX/DEMUX process-to-process (puertos, Ports).

- Soporte de datos de tamaños arbitrarios.
- Control y Detección de Errores, pérdida, duplicación, se corrompen.
- ¿Cómo enviar info sobre la red de acuerdo al estado de la misma? ¿Cuándo y Cómo una aplic. debe enviar datos?
  - Control de Flujo.
  - Control de Congestión.
- Dos modelos básicos:
  - Modelo Confiable: TCP.
  - Modelo NO Confiable: UDP.

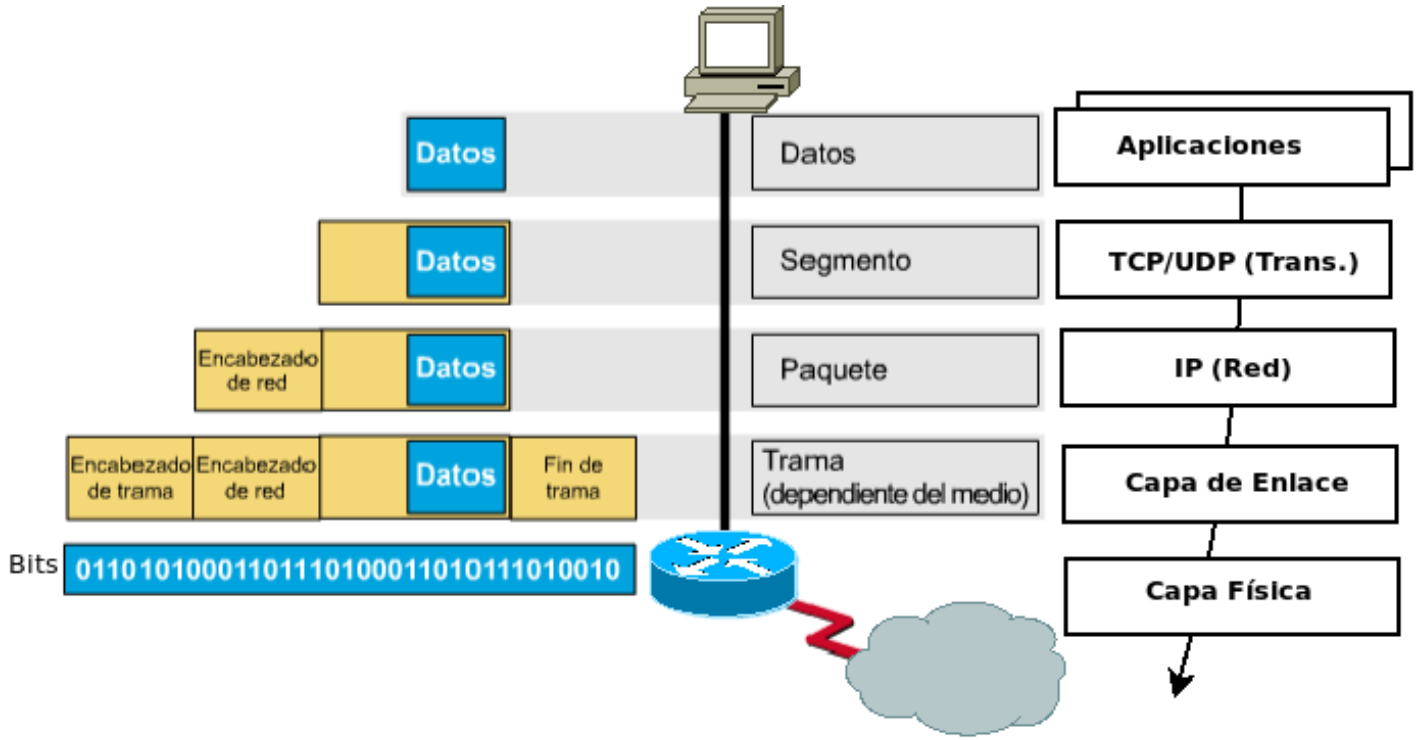
Protocolos de Transporte



Protocolos de Transporte, Alt.

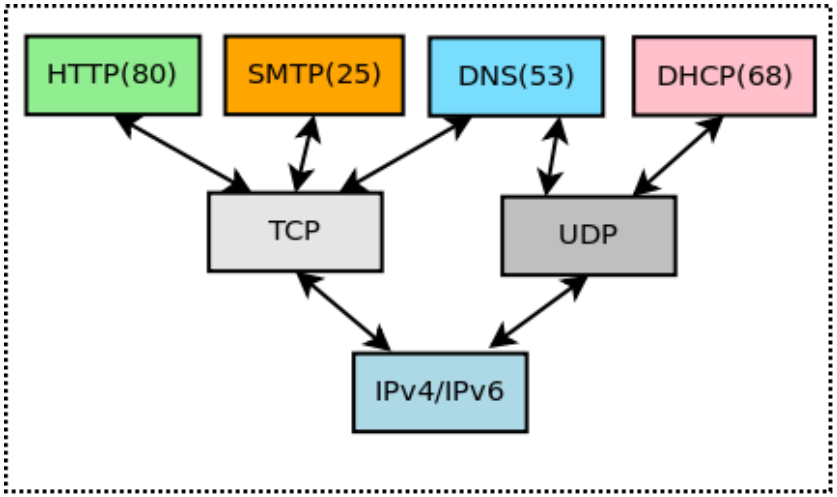


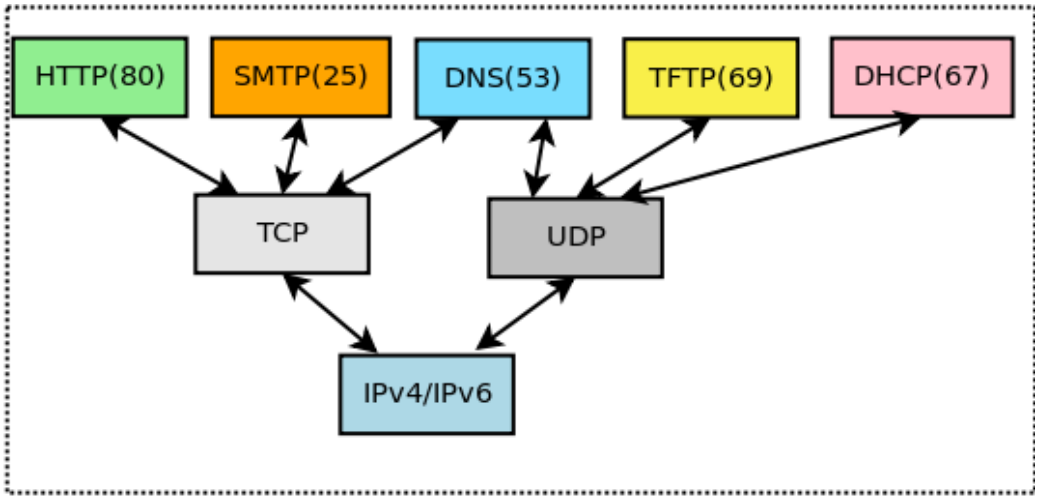
Protocolos de Transporte, Encapsulación

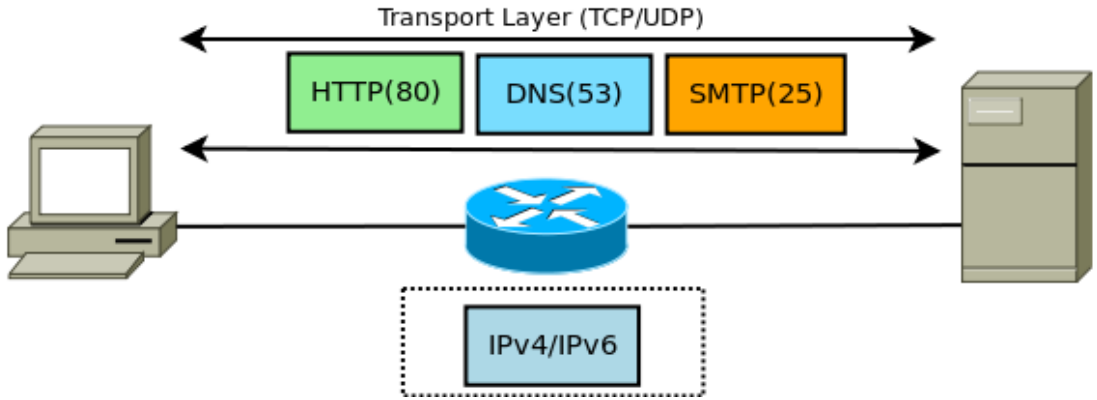


- PDU: Protocol Data Unit.
- IP (Red), capa de Internet en el modelo TCP/IP, PDU: paquete o datagrama.
- Transporte, PDU: de forma general segmento, UDP: datagrama.

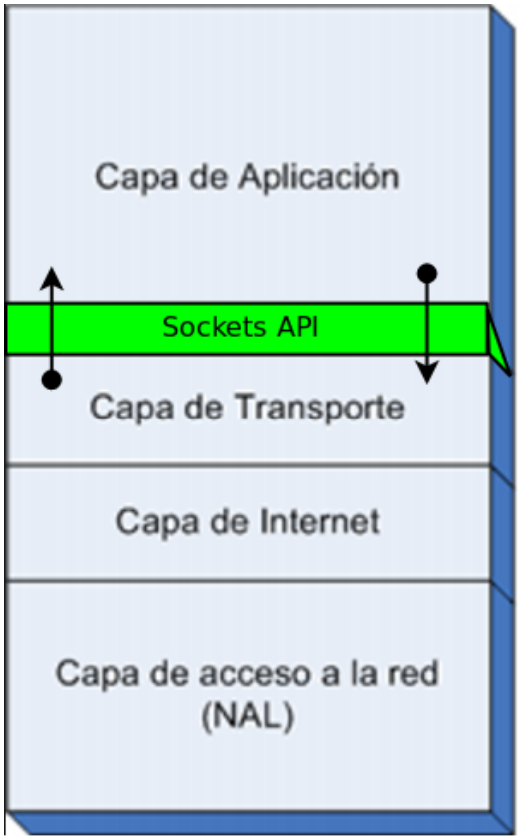
Multiplexación del Transporte

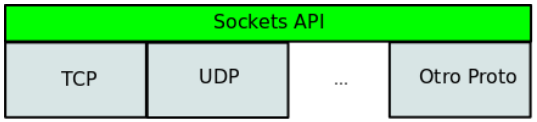






Selección del Protocolo de Transporte





- La aplicación de acuerdo a como esta programada selecciona el transporte.
- El acceso a los servicios de transporte se hace mediante API:**Network socket**.

UDP

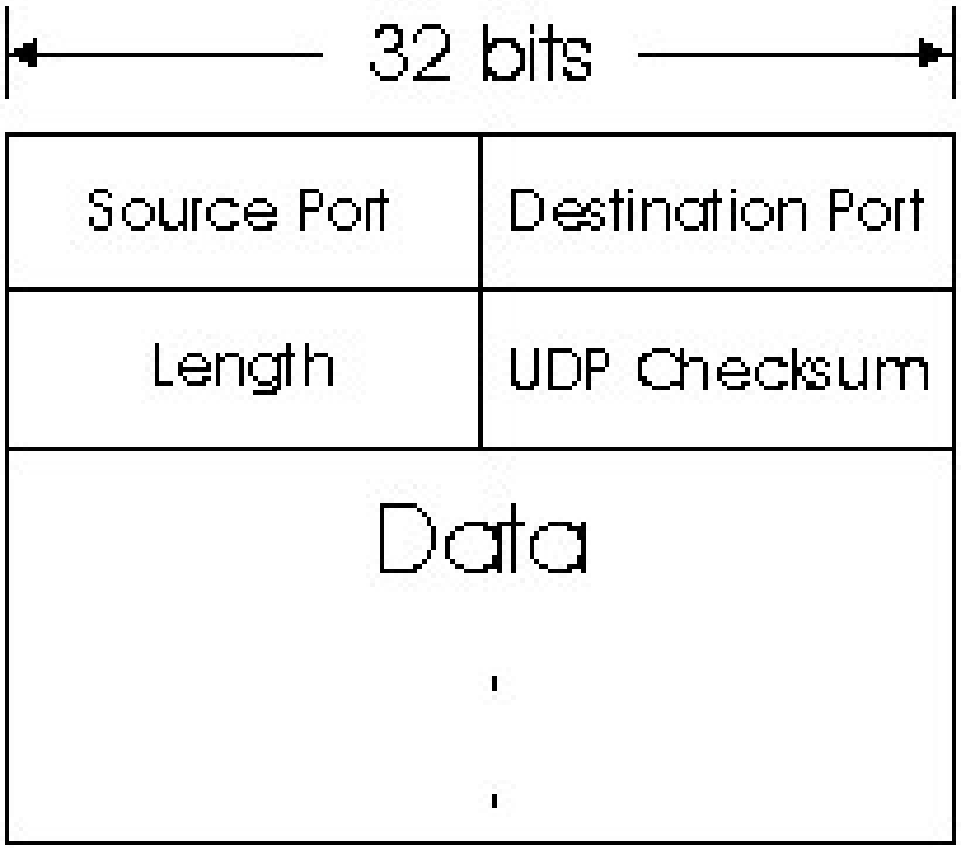
- User Datagram Protocol (RFC-768).
- Protocolo Minimalista. Menor Overhead.
- Características de IP: best-effort.
- Orientado a Packets/Datagramas (mensajes auto-contenidos).
- PDU: Datagrama (Por coherencia con nivel Transporte se suele llamar Segmento).
- Solo provee MUX/DEMUX y detección de algunos errores(UDP4, puede desact.).
- No incrementa Overhead end-to-end.
- No requiere establecimiento de conexión.
- Servicio FDX.
- Aplicaciones: video/voz streaming/TFTP/DNS/Bcast/Mcast, transporte de transporte (QUIC).

Headers/Encabezados y Servicios de UDP

- El encabezado IP provee: Ruteo, Fragmentación, Detección de algunos errores.
- El encabezado UDP provee: MUX/DEMUX de aplic. , Detección de errores (no obligatorio para UDP4, UDP sobre IPv4).
- IP indica que lleva UDP con el código de protocolo 17.

```
? grep udp /etc/protocols
udp     17      UDP # user datagram protocol
```

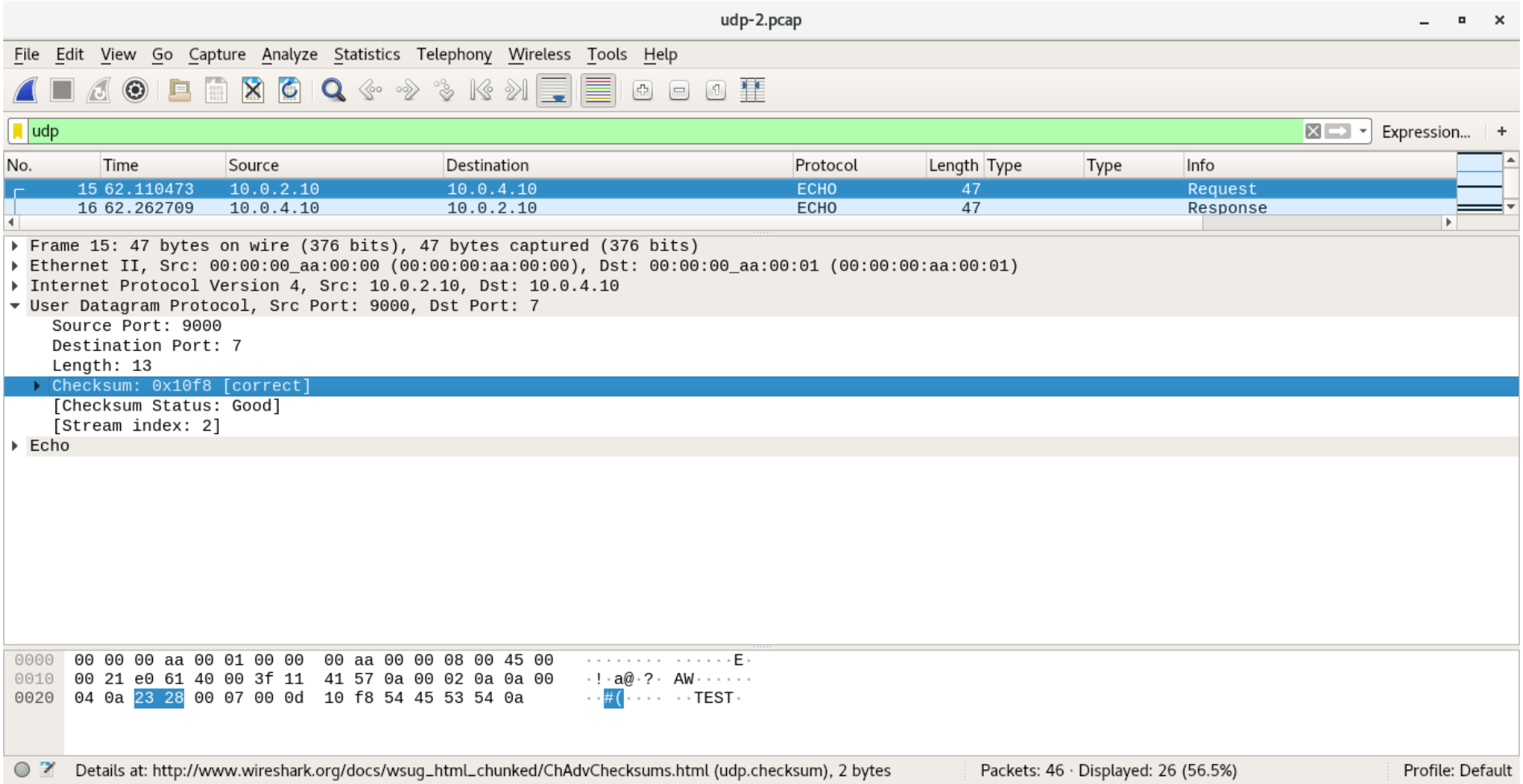
Datagrama UDP



Campos del Datagrama UDP

- Puertos: MUX/DEMUX.
- Longitud: UDP HDR + Payload.
- Checksum
  - Cálculo Ca1, Opcional. 0 = Sin checksum.
  - Calculado HDR + PseudoHDR + Payload.
  - PseudoHDR: IP.SRC + IP.DST + Zero + IP.PROTO + UDP.LENGTH.
  - PseudoHDR: protección contra paquetes mal enrutados.
  - Aplicaciones de LAN por eficiencia lo podrían deshabilitar.
  - Si tiene error se descarta silenciosamente.

Cálculo de Checksum



Cálculo de Checksum (Cont.)

```
Pseudo header SRC=10.0.2.10, DST=10.0.4.10, PROTO=17
              0A00 020A 0A00 040A 0011

UDP header SRCP=9000, DSTP=7, LEN=13, LEN-PH=13, CKSUM=0
           2328 0007 000D 000D

DATA       5445 5354 0A00

   00001010 00000000 = 10.0
   00000010 00001010 = 2.10
   00001010 00000000 = 10.0
   00000100 00001010 = 4.10
   00000000 00010001 =   17
   00100011 00101000 = 9000
   00000000 00000111 =    7
   00000000 00001101 =   13
   00000000 00001101 =   13
   00101010 01000101
   00101001 01010100
   00001010 00000000
  ------------------
  ~11101111 00000111     EF07 ~EF07 = 10F8
   00010000 11111000
```

Cálculo de Checksum (ejemplo con Carry(C))

```
Pseudo header SRC=10.0.2.10, DST=10.0.4.10, PROTO=17
              0A00 020A 0A00 040A 0011

UDP header SRCP=9000, DSTP=7, LEN=15, LEN-PH=15, CKSUM=0
           2328 0007 000F 000F

DATA       5445 5354 0A00 FF[00] [00] = v. padding

   00001010 00000000 = 10.0
   00000010 00001010 = 2.10
   00001010 00000000 = 10.0
   00000100 00001010 = 4.10
   00000000 00010001 =   17
   00100011 00101000 = 9000
   00000000 00000111 =    7
   00000000 00001111 =   15
   00000000 00001111 =   15
   01010100 01000101
   01010011 01010100
   00001010 00000000
   11111111 00000000
  ------------------
{1}11101110 00010111
                 {1}
  ------------------
  ~11101110 00011000
   00010001 11100111       EE18 ~EE18 = 11E7
```

TCP

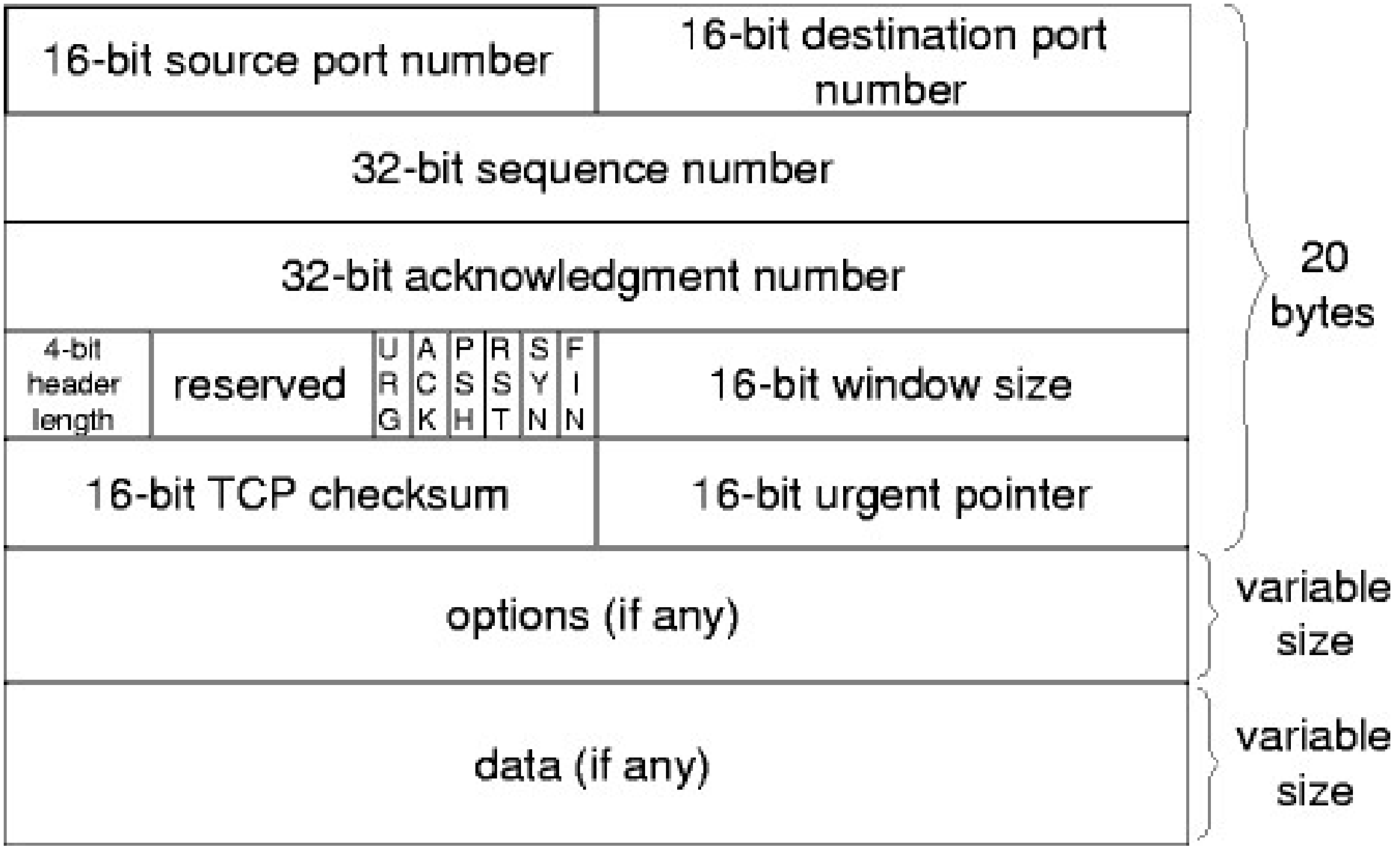
- Transport Control Protocol (RFC-793).
- Protocolo confiable, ordenado, con buffering, control de errores, flujo y de congestión.
- Orientado a Streams (secuencia de bytes, $\equiv$ archivo).
- PDU: Segmento, una porción del stream de bytes.
- Provee MUX/DEMUX.
- Incrementa Overhead end-to-end para ofrecer confiabilidad.
- Requiere establecimiento de conexión (y cierre).
- Servicio FDX.
- Aplicaciones: transferencia de archivos, FTP/HTTP/SMTP/acceso remoto(SSH, telnet,...)/Unicast.

Headers/Encabezados y Servicios de TCP

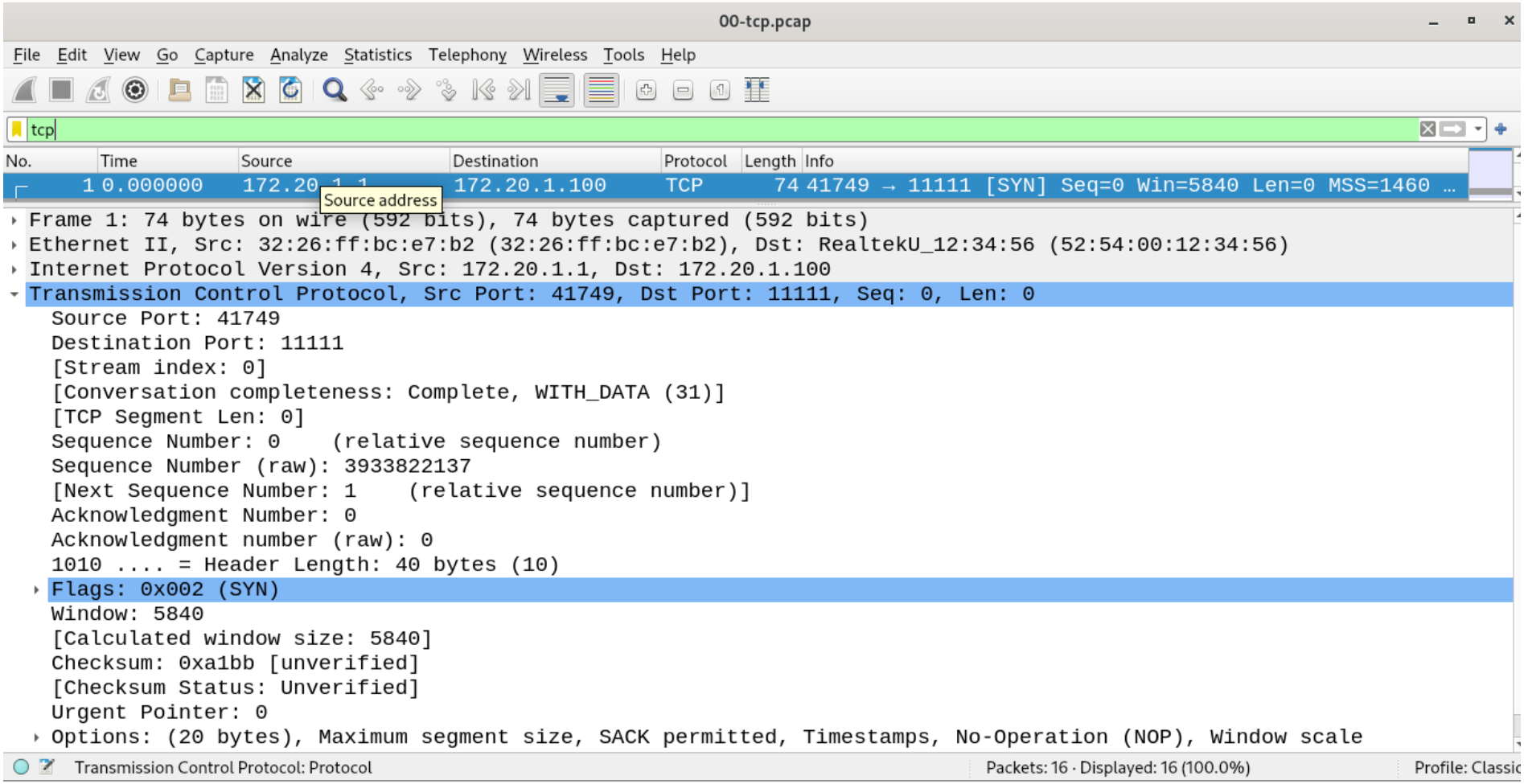
- El encabezado IP provee: Ruteo, Fragmentación, Detección de algunos errores, pero no hace controles.
- El encabezado TCP provee: MUX/DEMUX de aplic. , Detección de errores (obligatorio) y controles para hacerlo confiable.
- IP indica que lleva TCP con el código de protocolo 6.

```
? grep tcp /etc/protocols
tcp     6       TCP # transmission control protocol
```

Segmento TCP



Segmento TCP (Cont.)



Campos del Segmento TCP

- Puertos: MUX/DEMUX.
- No tiene Longitud total, si de HDR LEN (variable, max 60B Unit=4B).
- Total LEN se computa para PseudoHDR, no viaja en el segmento.
- El tamaño del segmento se calcula dentro del datagrama IP.
- Checksum:
  - Cálculo Ca1. Obligatorio, calculado, igual que UDP.
  - Si tiene error podría pedir retransmisión, implementación de TCP descarta y espera RTO (Retransmission Timer).
- Necesidad de manejar Timers, RTO (tmout. por cada segmento). (implementaciones lo manejan más eficientemente).

Campos del Segmento TCP (Cont.)

- Campos de Sesiones: Flags: SYN(Synchronize), FIN(Finish), RST (Reset).
- Campo de Detección de Errores: Checksum.
- Campos de Control de Errores: ACK, Num. Sec (\#Seq), Num. Ack (#Ack).
- Campo de Control de Flujo: a los de control de errores se agrega, Win.
- Campos de Control de Congestión: se agregan flags si participa la red.

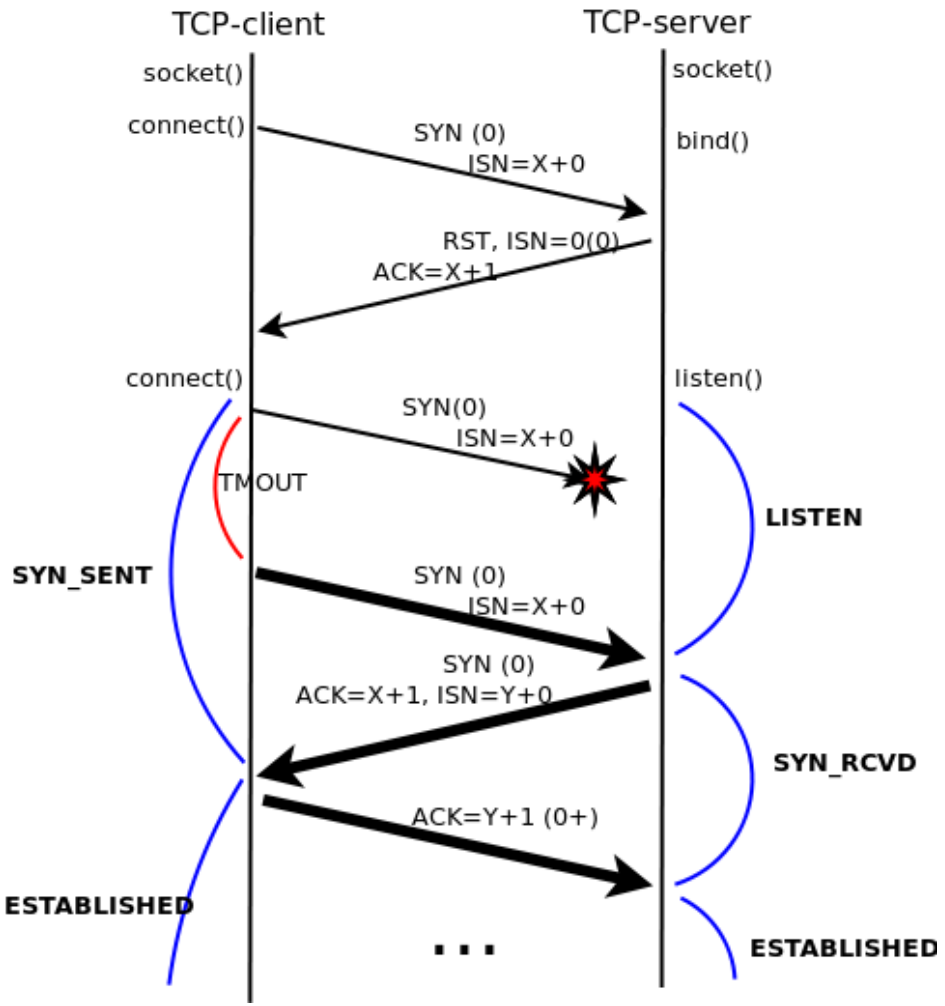
Funcionamiento de TCP

- TCP entrega y envía lo datos agrupados o separados de forma dis-asociada de la aplicación:
  - La aplicación puede enviar 3000 bytes en un write y TCP lo podría enviar en 3 segmentos separados de 1000 bytes c/u.
  - La aplicación puede enviar 100 bytes y luego otros 200 y TCP esperar para enviarlos todos juntos en un segmento de 300 bytes.
  - La aplicación puede intentar leer 200 bytes del buffer y TCP solo entregar 150 bytes y luego el resto.
- Requiere mantener "recursos" en cada extremo para los controles:
  - Buffers de Rx y Tx.
  - Timer(s) RTO.
  - Varibles: datos enviados, no confirmados, retransmisiones, umbrales, RTT, etc.
  - Estado de la conexión.

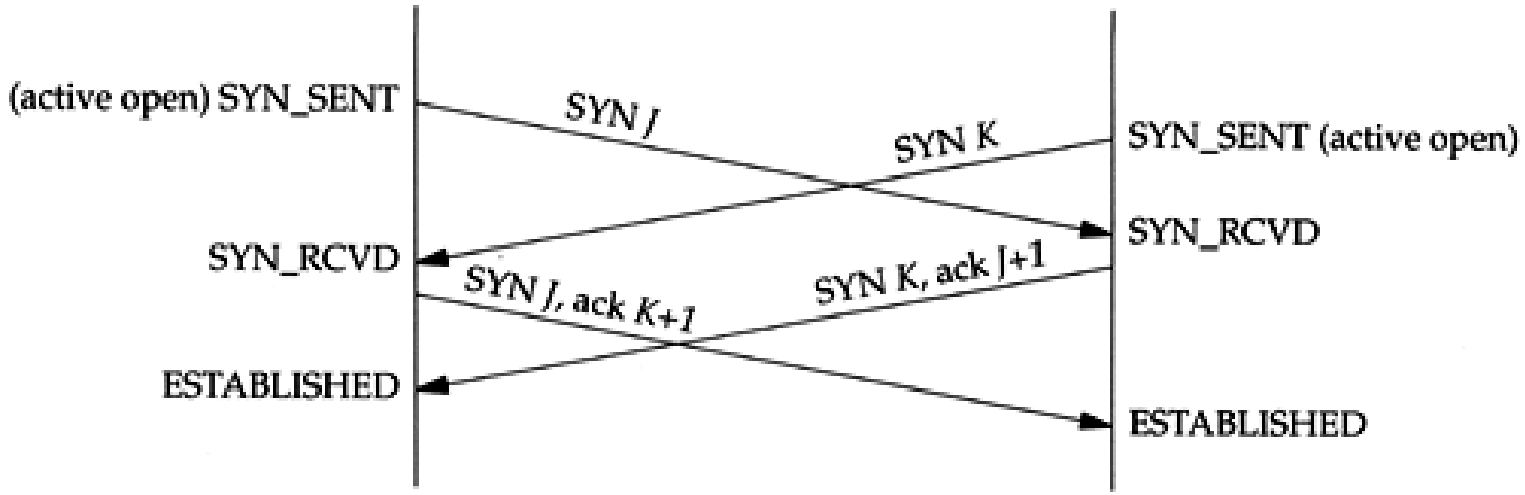
TCP Establecimiento de Conexión

- Flags: SYN (Synchronize), ACK (Acknowledge) y RST (Reset).
- 3Way-Handsake (3WH).
- En el 3 segmento se puede enviar info.
- el ISN (Initial Sequence Number), se utiliza un contador que se incrementa cada 4 mseg.
- RST si no hay proceso en estado LISTEN.
- Open Pasivo (servidor) y Activo (cliente).
- Open simultáneo.

3 Way Handshake



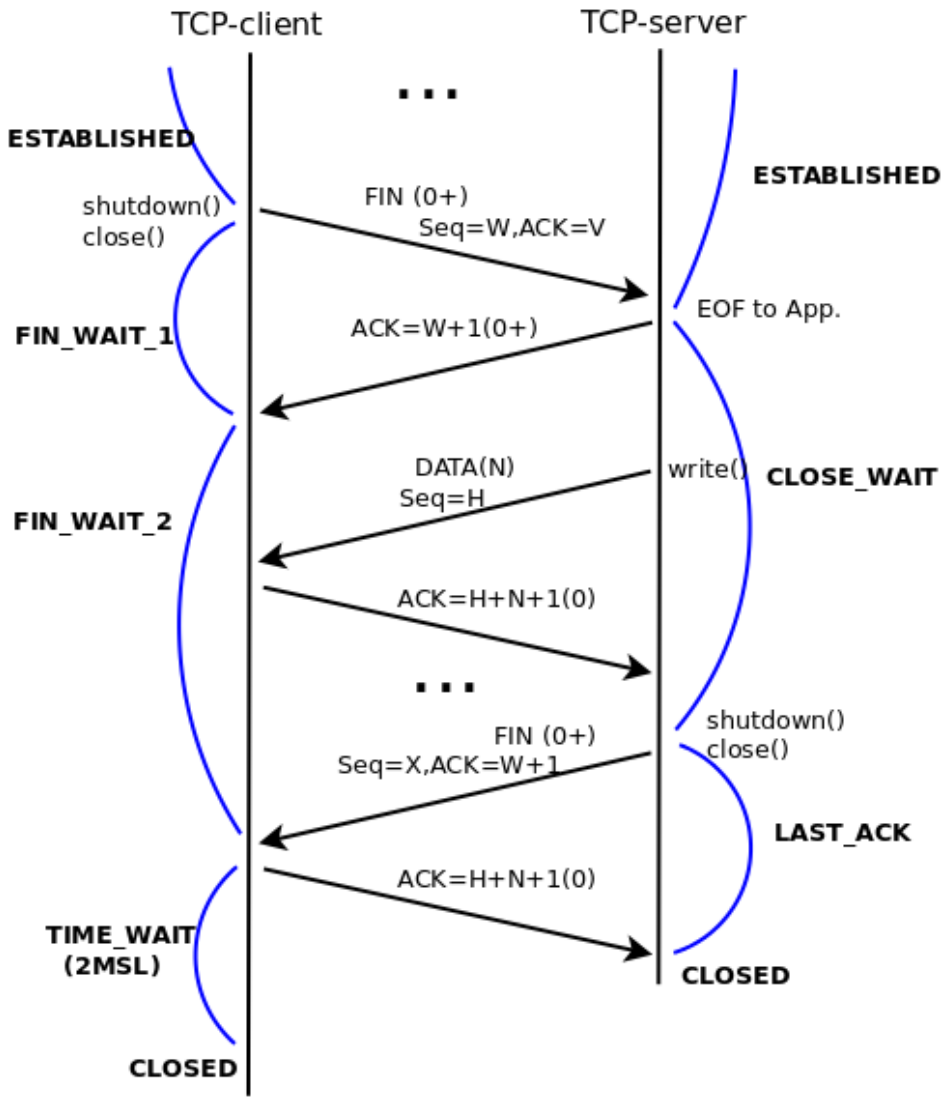
3 Way Handshake (Open Simultáneo)



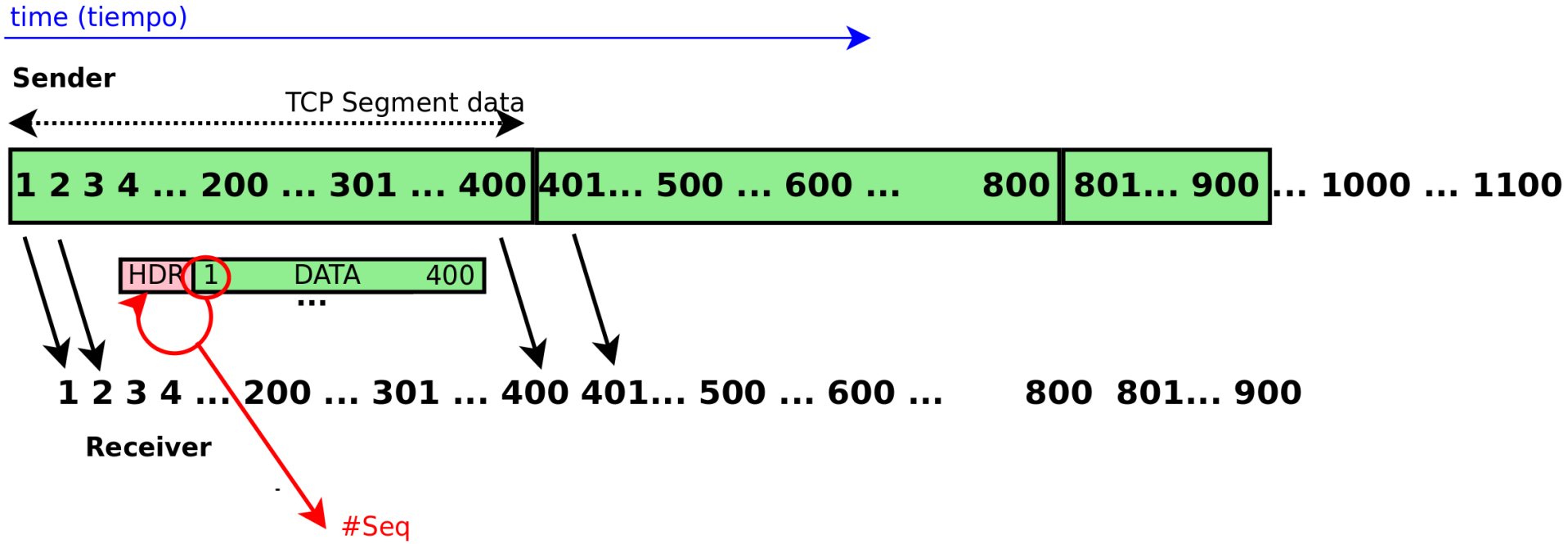
TCP Cierre de Conexión

- Flags: FIN (Finish), ACK y RST.
- 4Way-Close (4WC).
- Posibilidad de Half-Close.
- Podría cerrarse en 3WC.
- Espera en TIME_WAIT, 2MSL (aprox. 2*2min).
- Evitar con `SO_REUSEADDR`.
- Cierre incorrecto con RST.
- Close simultáneo.

TCP Close


TCP-client
TCP-server
ESTABLISHED
shutdown()
close()
FIN (0+)
Seq=W,ACK=V
ESTABLISHED
EOF to App.
FIN_WAIT_1
ACK=W+1(0+)
DATA(N)
Seq=H
write()
CLOSE_WAIT
FIN_WAIT_2
ACK=H+N+1(0)
shutdown()
close()
FIN (0+)
Seq=X,ACK=W+1
LAST_ACK
ACK=H+N+1(0)
TIME_WAIT
(2MSL)
CLOSED
CLOSED

Orientado a streams (secuencia en orden de bytes)

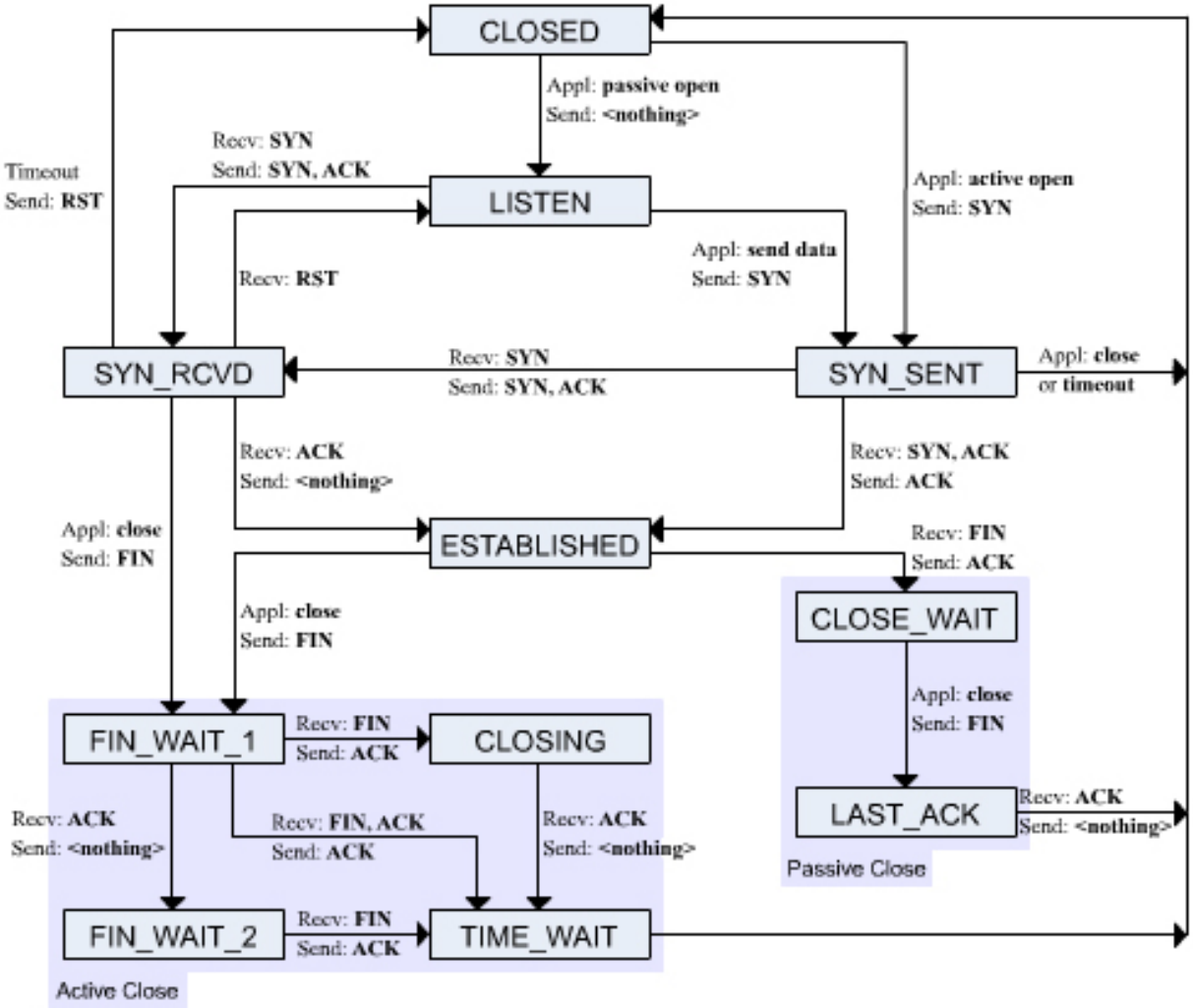


Nums. de Secuencia/ACK TCP

Control de Errores TCP

- Errores que pueden existir en IP:
  - Pérdida de paquetes: descartados.
  - Des-ordenados, retardados.
  - Duplicados.
  - Corrompidos.
- TCP intenta solucionarlos con el control de Errores que implementa.

TCP, Diagrama de Estados (FSM)



[StevI] TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, Addison-Wesley, 1 ed. 1994. W. Richard Stevens. 2 ed. K. Fall, W. Stevens.

[KR] Kurose/Ross: Computer Networking (8th Edition).

[RFC-768] http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc768.txt. User Datagram Protocol (Jon Postel 1980 USC-ISI IANA).

[RFC-793] http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc793.txt. TCP Transmission Control Protocol (Jon Postel 1981 USC-ISI IANA).

[STANFORD-CS144] Introduction to Computer Networking, Stanford Course.

[TCPIPG] TCP/IP Guide: http://www.tcpipguide.com/.

[COM05] Ethereal, Wireshark. Autor original Gerald Combs, 2005.
http://www.ethereal.com/.
http://www.wireshark.org/.