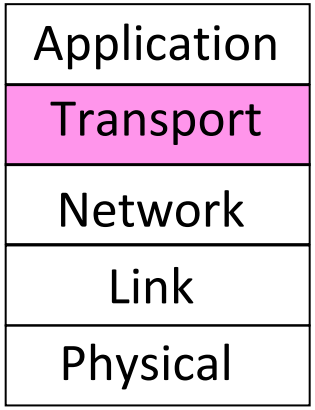
Capítulo 3

Capa de Transporte
Generalidades e introducción a TCP



Capa de transporte

- **Propósito de la capa de transporte**
  - La **capa de transporte** (**CT**) provee comunicación lógica **entre procesos** de aplicación que ejecutan en diferentes sistemas finales.
    - esto no lo puede hacer la capa de red – CR.
    - La CT se implementa (salvo alguna excepción que veremos más adelante) solo en los sistemas finales.
  - **Comunicación lógica**: como si los hosts ejecutando los procesos estuvieran directamente conectados.
  - Para **mejorar la calidad** los servicios de la CR.
    - P.ej: retransmisiones de paquetes perdidos en redes no orientadas a la conexión.
    - P.ej: cuando hay congestión en la red, regulando de manera fina la variación de la tasa de transmisión de paquetes de los hosts.

Capa de transporte

- La CT se ejecuta por completo en los hosts/sistemas finales.
- La CT **confía** en los servicios de la CR.
- **Entidad de transporte (ET)** = software/hardware de la CT.

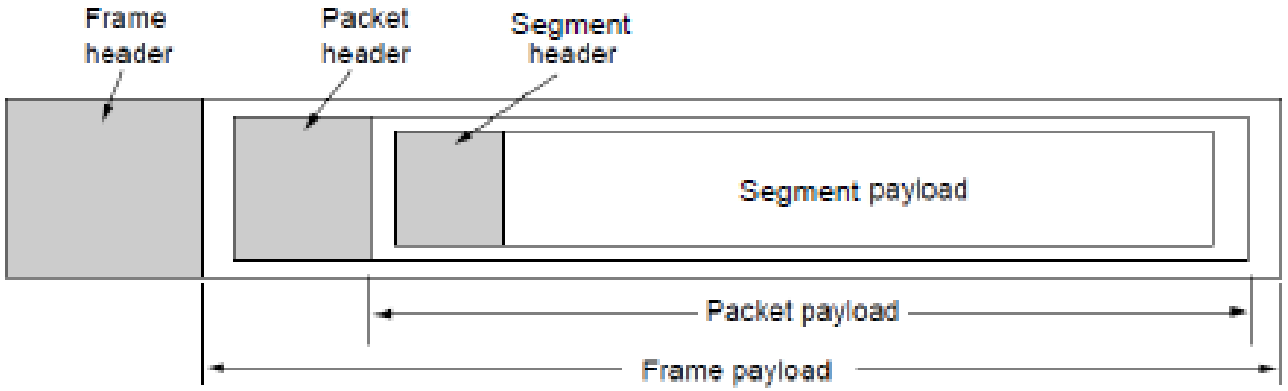
Capa de transporte

- **¿Por qué conviene estudiar la capa de transporte?**
  - Al desarrollar una aplicación de red, hay que pensar en qué requisitos ella tiene referentes a la capa de transporte.
  - Ayuda a hacer aplicaciones más eficientes y de mejor calidad el conocer cómo funciona la capa de transporte.
  - Para usar la API de los sockets hace falta entender cómo funcionan algunos protocolos de capa de transporte.
  - Para mejorar protocolos de capa de transporte o diseñar nuevos protocolos.

Capa de transporte

- **Problemas que soluciona la capa de transporte**
  - Uso de **temporizadores** y las **retransmisiones de paquetes**.
  - El direccionamiento explícito de los destinos.
    - ¿Cómo hacer para que un **proceso** adecuado **atienda a las necesidades** de una máquina **cliente**?
    - El proceso podría **no estar activo**, el cliente podría **no saber** cuál proceso usar, etc.
  - Uso de búferes y control de flujo.
  - Evitar congestionar la red poniendo demasiados paquetes en ella.
    - Cuando la CR pierde paquetes, la CT puede solucionarlo.

Capa de transporte



- **Segmento** = unidad de datos del protocolo de transporte
- **Confirmaciones de recepción** de paquetes enviados.
- **Tipos de paquetes que deben ser confirmados.**
  - paquete de datos
  - paquetes con información de control.

Capa de transporte

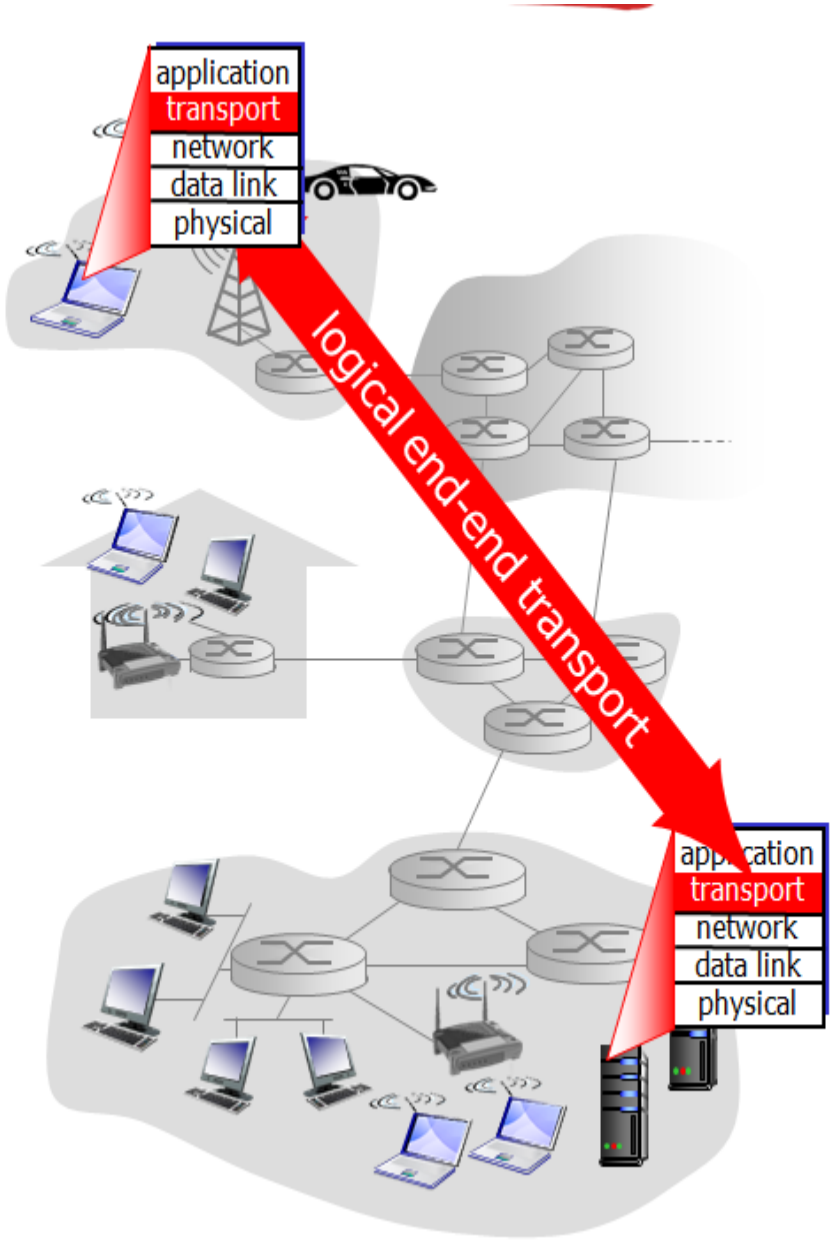
- **Problema**: La capa de transporte debería permitir:
  - la entrega de segmentos al host de destino;
  - que la entrega de segmentos sea ordenada (respetando el orden del flujo de datos a enviar recibido de la capa de aplicación).

Capa de transporte

- **Solución 1**: Para la entrega ordenada de segmentos al host de destino se puede:
  - Numerar los segmentos a enviar (usando **números de secuencia**) – respetando el orden del flujo de datos recibido de la capa de aplicación.
  - Usar para cada número de segmento enviado un **temporizador de retransmisiones**.
  - Mandar **confirmaciones de recepción (ACK)** para segmentos recibidos correctamente.
  - Si expira el temporizador de un segmento sin recibir el ACK, retransmitir el segmento correspondiente.
  - Los segmentos recibidos son **re-ensamblados en orden** y entregados a la capa de aplicación del receptor.

TCP

- **TCP (protocolo de control de transmisión)**
  - **Meta**: proporcionar un flujo de bytes confiable de extremo a extremo a través de una interred no confiable.
- TCP se adapta dinámicamente a las propiedades de la interred y se sobrepone a muchos tipos de fallas.
- **Entidad de transporte TCP (ETCP)**.
- Usaremos la palabra TCP para referirnos: a veces a la ETCP y a veces al protocolo TCP.



TCP

- **Problemas que resuelve TCP:**
  - Retransmisión de paquetes:
    - uso de números de secuencia, confirmaciones de recepción y temporizadores.
  - Fijar la duración de temporizadores de retransmisiones (algoritmo complejo)
  - Manejo de conexiones entre pares de procesos
  - Direccionamiento
  - Control de congestión
  - Control de flujo

TCP

- Una ETCP acepta **flujos de datos** a **transmitir** de procesos locales,
  - Cada flujo de datos se **divide en fragmentos** llamados segmentos que no exceden los 64 KB,
  - y se envía cada segmento dentro de un datagrama IP.

TCP

- El servicio TCP se obtiene al hacer que tanto el servidor como el cliente creen **sockets**.
  - **Dirección de un socket** = IP + Puerto
  - Para obtener el servicio TCP se debe **establecer una conexión** explícitamente entre el socket en la máquina emisora y uno en la máquina receptora.
- Un socket puede usarse para **múltiples conexiones** al mismo tiempo:
  - dos o más conexiones pueden terminar en el mismo socket.
  - Las **conexiones se identifican** mediante los identificadores de sockets de los dos extremos: (socket1, socket2).

TCP

- **Importante**: Cada byte de un flujo de datos a enviar en una conexión TCP tiene su propio **número de secuencia** de 32 bits.
  - Esto impone un límite en el tamaño de un flujo de datos.
- **¿Por qué se necesitan los números de secuencia?**
  - para confirmaciones de recepción y para otros asuntos según veremos.
- La ETCP emisora y la receptora intercambian datos en forma de **segmentos**.
  - Segmento = **encabezado TCP** ++ (0 o más bytes) de datos.

TCP

- **Límites que restringen el tamaño de un segmento**
  - Cada segmento, debe caber en la carga útil de 65.515 bytes del IP.
  - Cada red tiene una **unidad máxima de transferencia (MTU)** y cada segmento debe caber en la MTU.
    - En la práctica la MTU es usualmente de 1500 bytes (el tamaño de la carga útil de Ethernet).

TCP

- **Problema**: La capa de red (que incluye IP)
  - no proporciona ninguna garantía de que los datagramas se entregarán de manera apropiada,
  - tampoco garantiza que se entregarán.
- **Solución de TCP**:
  - Si un datagrama se recibe correctamente se confirma su recepción.
  - Si no se confirma la recepción de un datagrama luego de un intervalo de tiempo entonces se debe retransmitir.
  - Corresponde a TCP terminar los temporizadores y retransmitir los datagramas conforme sea necesario.

TCP

- **Problema**: Los datagramas que llegan podrán hacerlo en el orden incorrecto.
  - Esto sucede cuando se trabaja con redes de datagramas.
- **Esto es un problema porque:**
  - Usualmente la capa de aplicación del receptor necesita procesar los mensajes en el orden en que fueron enviados.
- **Solución**: Corresponde a TCP **reensamblar** los mensajes en la *secuencia apropiada*.

TCP

- Cuando un transmisor envía un segmento, también inicia un temporizador.
  - Cuando llega el segmento a destino, la ETCP receptora devuelve un segmento (con datos si existen, sino sin ellos) que contiene un **número de confirmación de recepción** igual al *siguiente número de secuencia que espera recibir.*
  - Si el temporizador expira antes de llegar el ack, el emisor envía de nuevo el segmento.

TCP

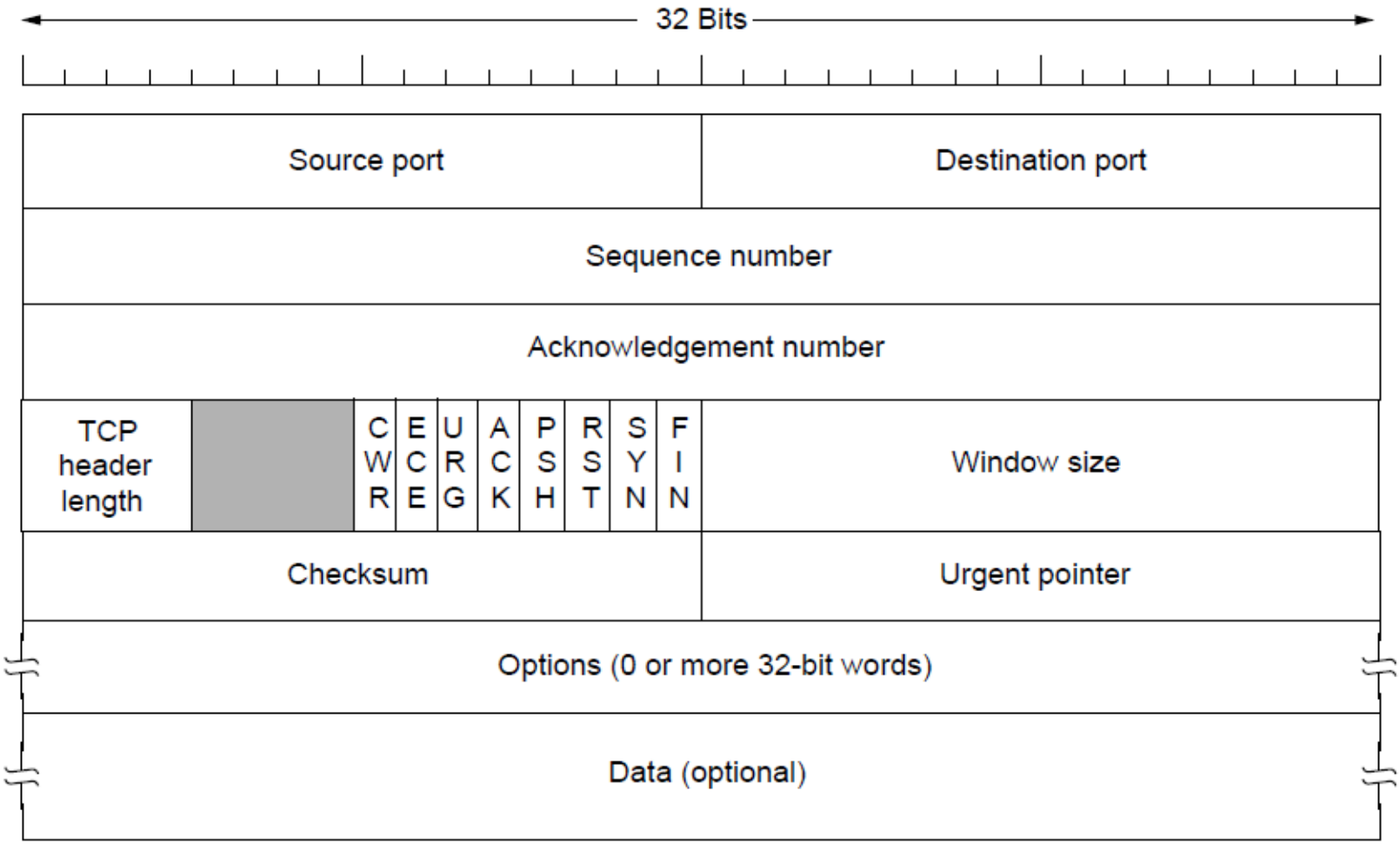
- **Problemas a manejar/resolver por TCP eficientemente:**
  - Pueden llegar segmentos fuera de orden,
    - los bytes 3072-4095 podrían llegar pero no enviarse el ack, porque los bytes 2048-3071 no han aparecido aun.
    - **Consecuencias:**
      - Habrá que esperar a veces antes de entregar segmentos a la capa de aplicación.
      - Habrá que esperar a veces antes de enviar confirmaciones de recepción.
  - También pueden **retardarse segmentos** en tránsito durante tanto tiempo que el temporizador del emisor expira y los segmentos se retransmiten.

TCP

- **Situación**: Las retransmisiones podrían incluir *rangos de bytes diferentes a los de la transmisión original*.
  - **Esto puede suceder porque:**
  - Hay nuevos datos pare enviar y se los puede mandar.
- Se requiere una **administración cuidadosa** para llevar el control de los bytes que se han recibido correctamente en un momento determinado

Segmentos TCP

1. **Encabezado fijo** de 20 bytes
2. **Opciones de encabezado** en palabras de 32 bits
3. **Datos** opcionales



Segmentos TCP

- Los **segmentos sin datos** se usan para acks y **mensajes de control**.
- **Puerto de origen** y **puerto de destino:**
  - Son de 16 b cada uno.
  - La dirección de un puerto más la dirección IP del host forman un **punto terminal único** de 48 b.
  - Los puntos terminales de origen y de destino en conjunto **identifican** la conexión.

El encabezado del segmento TCP

- El campo **número de secuencia** de un segmento
  - es ***un número de byte en el flujo de bytes transmitido*** y
  - corresponde al **primer byte** en el segmento.
  - Tiene 32 b de longitud.
- El campo **número de confirmación de recepción**
  - indica el **siguiente byte esperado** del flujo de bytes a transmitir.
  - Tiene 32 b de longitud.

El encabezado del segmento TCP

- **ACK** se establece en 1 para indicar que el n° de confirmación de recepción es válido.
  - Si el ACK = 0 entonces el segmento no contiene una confirmación de recepción.

El encabezado del segmento TCP

- La **longitud del encabezado TCP:** N° de palabras de 32 bits en el encabezado TCP.
- El **campo de opciones** es de longitud variable.

El encabezado del segmento TCP

- **Ejercicio**: Responder:
  - ¿Hasta cuántas palabras de 32 b se pueden tener en un encabezado TCP?
  - ¿Hasta cuántas palabras de 32 b puede ocupar el campo de opciones?