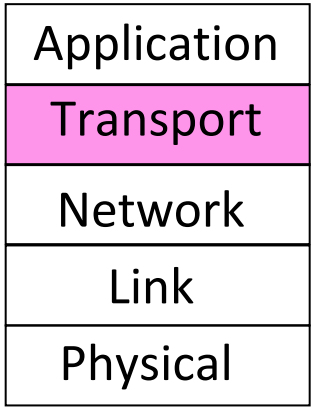
Capítulo 3

Capa de Transporte

Establecimiento y liberación de conexiones



Agenda

- **Aprenderemos los siguientes asuntos:**
  1. **Establecimiento de Conexión**
  2. Establecimiento de Conexión en TCP
  3. Liberación de Conexiones
  4. Liberación de conexiones en TCP

Comparación de segmentos

- **Asumimos que**:
  - *T sec es el **tiempo de vida de paquete***
    - Se eliminan paquetes viejos que andan dando vueltas por ahí.
  - *El origen etiqueta los segmentos con n° de secuencia que no van a reutilizarse dentro de T sec.*
  - *El T debería ser lo suficientemente grande como para incluir retransmisión confirmada (i.e. retransmisión y confirmación de la retransmisión) de un paquete.*

Establecimiento de Conexión

- Como al establecer una conexión se usan segmentos, una conexión debería tener un N° inicial de secuencia con el que comienza a operar.
- **Idea**: vincular N° inicial de secuencia de algún modo al tiempo y para medir el tiempo usar un reloj.

Establecimiento de Conexión

- **Implementación de la idea (de Tomlinson)**:
  - Cada host tiene un **reloj de hora del día**.
    - Los relojes de los hosts no necesitan ser sincronizados;
    - se supone que cada reloj es un contador binario que se incrementa a si mismo en intervalos uniformes.
    - **El reloj continua operando aun ante la caída del host**
  - Cuando se establece una conexión los *k* bits de orden mayor del reloj = **número inicial de secuencia**.

Establecimiento de Conexión

- **Para lograr que al regresar al principio de los n° de secuencia, los segmentos viejos con el mismo n° de secuencia hayan desaparecido hace mucho tiempo**
  - el espacio de secuencia debe ser lo suficientemente grande.

Caída de Hosts

- **Problema**: Cuando un host se cae, al reactivarse sus ET no saben dónde estaban en el espacio de secuencia.
- Este es un problema porque para el siguiente segmento a enviar no se sabe qué números de secuencia generar;
  - si se genera mal, entonces el nuevo segmento podría tener el mismo número de secuencia que otro segmento distinto circulando por la red.
- **Solución**: requerir que las ET estén inactivas durante *T* segundos tras una recuperación para permitir que todos los segmentos viejos expiren (entonces no vamos a tener dos segmentos diferentes con el mismo número de secuencia).

Establecimiento de Conexión

- **Problema: ¿Cómo hacer para establecer una conexión entre dos hosts?**
- **Idea**: Para **establecer conexión** el host de origen envía un segmento CONNECTION REQUEST al destino y espera una respuesta CONNECTION ACCEPTED.
- Supongamos que se establecen conexiones haciendo que un host 1 envía segmento *S* = CR *N*, *P* a host 2, donde *N* es n° de secuencia y *P* es n° de puerto.
  - Host 2 confirma ese pedido con segmento CA *N* (connection accept).

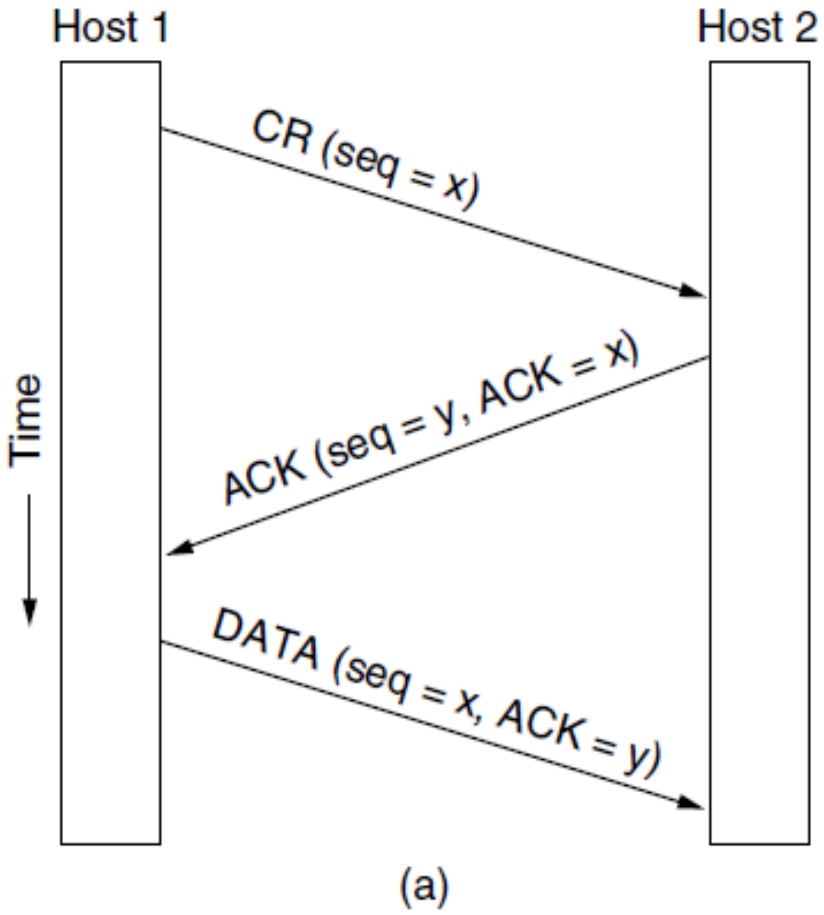
Establecimiento de conexión

- **Caso**: *S* se demora demasiado en llegar a host 2, vence timer en host 1 y host 1 manda un duplicado *S´*= CR, *N*, *P* al host 2.
  - Luego puede pasar que host 2 reciba *S*' y un buen tiempo después *S*.
- **Situación: No se recuerda en el destino n° de secuencias para conexiones.**
- **Problema:** No tenemos forma de saber si un segmento CR conteniendo un n° de secuencia inicial es un duplicado de una conexión reciente o una conexión nueva.
  - No sabe si mandar un segmento CA o no.

Establecimiento de Conexión

Solución: **Acuerdo de tres vías** de Tomlinson de 1975.

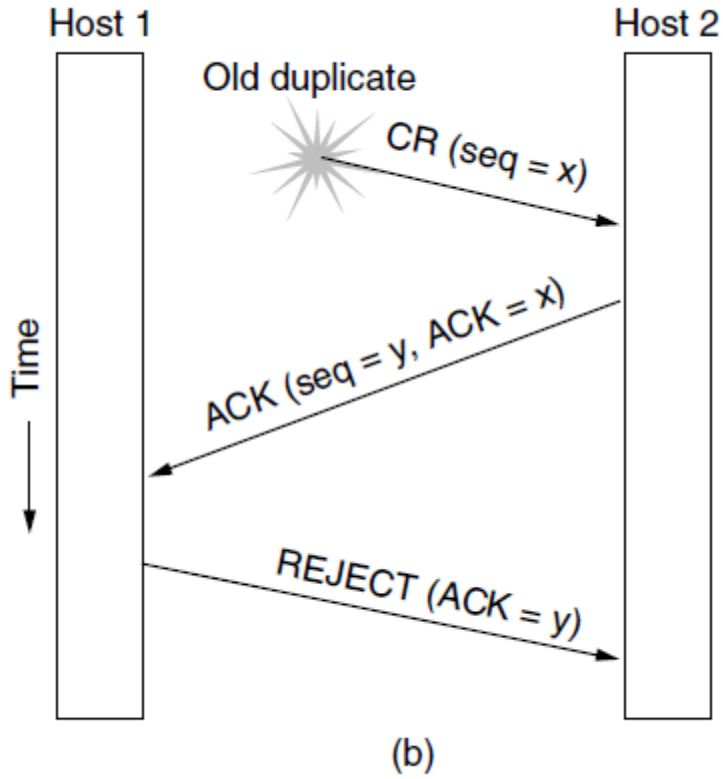
- Caso de operación Normal
- **Fijarse** en el número de secuencia del segmento de datos enviado.
- **¿Cómo sería el caso que llega un segmento CR duplicado al host 2?**



Establecimiento de Conexión

Solución: **Acuerdo de tres vías** de Tomlinson de 1975. Caso de **segmento CR duplicado con retraso**:

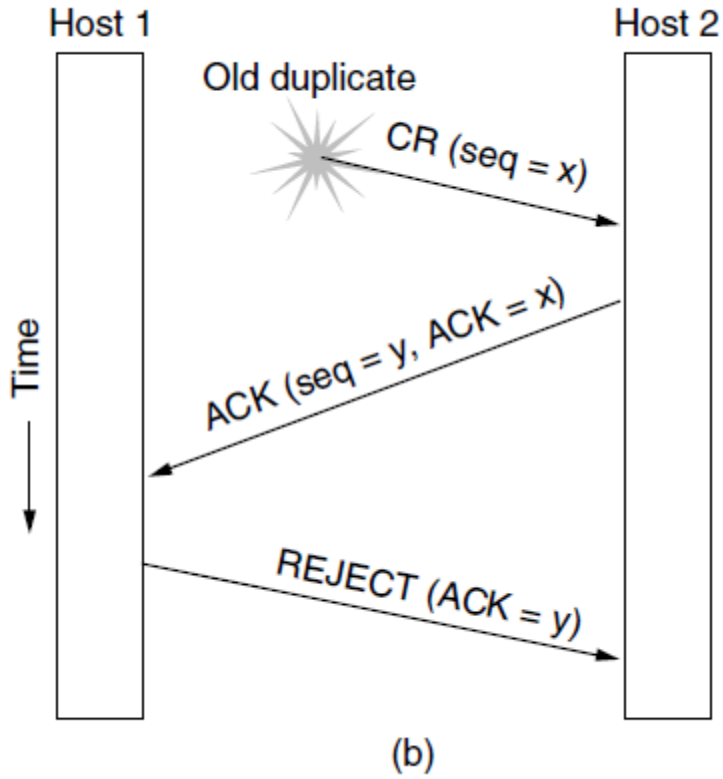
- **¿Qué pasa luego del rechazo del host 1?**



Establecimiento de Conexión

Solución: **Acuerdo de tres vías** de Tomlinson de 1975. Caso de **segmento CR duplicado con retraso**:

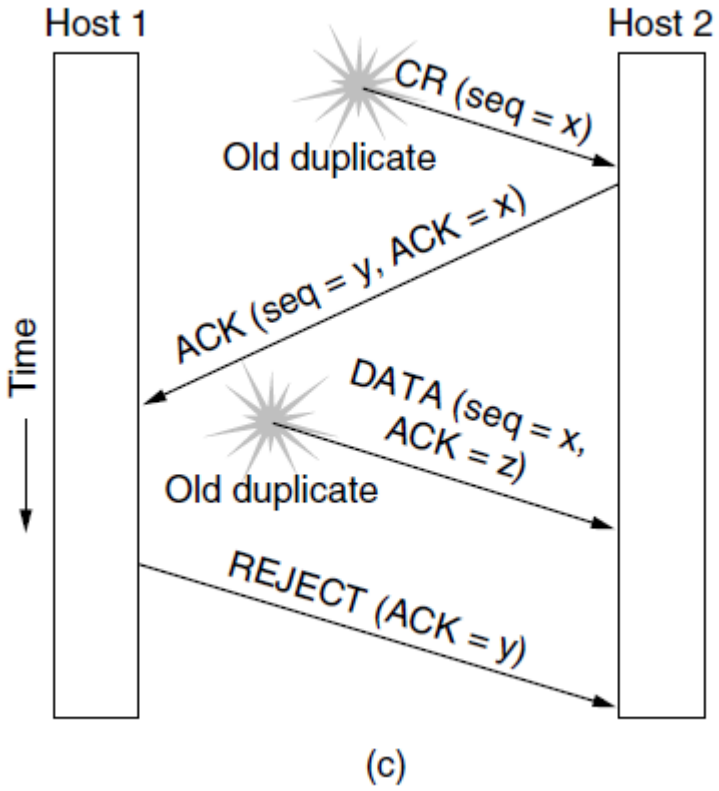
- Al rechazar el host 1 el intento establecimiento de conexión del host 2,
- el host 2 se da cuenta de que fue engañado por un duplicado con retardo y **abandona la conexión**;
- así, un duplicado con retardo no causa daño.



Establecimiento de Conexión

Solución: **Acuerdo de tres vías** de Tomlinson de 1975. Caso de tanto **segmento CR como de datos con retraso**.

- **¿qué significa para el host 2 la llegada del segundo segmento retrasado del host 1?**

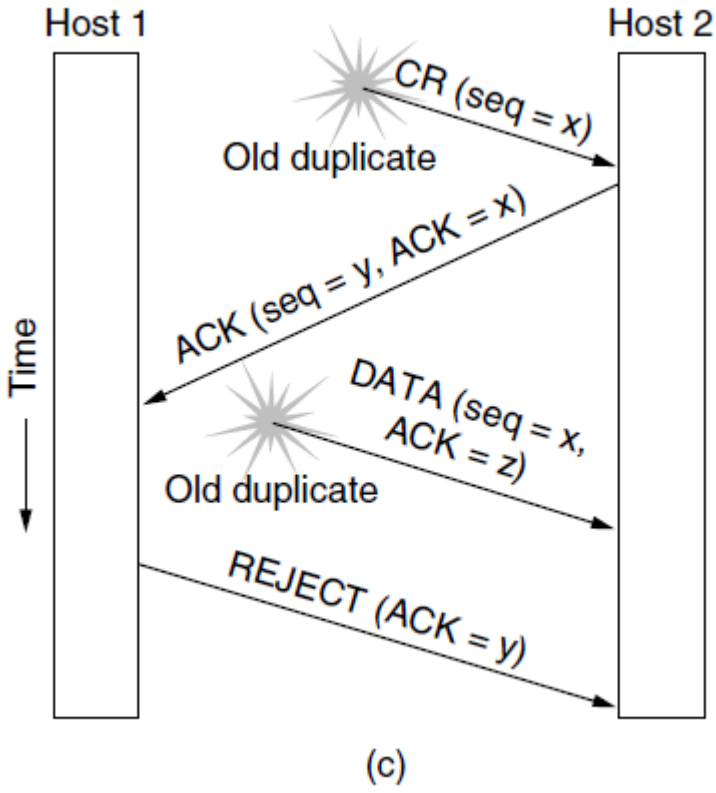


(c)

Establecimiento de Conexión

Solución: **Acuerdo de tres vías** de Tomlinson de 1975. Caso de tanto **segmento CR como de datos con retraso**.

- cuando llega el segundo segmento retrasado al host 2,
- el hecho de que se confirmó la recepción de *z* en lugar de *y* indica al host 2 que este también es un duplicado viejo.



(c)

Agenda

- **Aprenderemos los siguientes asuntos:**
  1. Establecimiento de Conexión
  2. **Establecimiento de Conexión en TCP**
  3. Liberación de Conexiones
  4. Liberación de conexiones en TCP

Establecimiento de una conexión TCP

- El n° de secuencia inicial de una conexión **no es 0**.
  - Se usa un **esquema basado en reloj** con un pulso de reloj cada **4 μsec**.
  - Al caerse un host, no podrá reiniciarse durante el **tiempo máximo de paquete** (120 seg),
  - para asegurar que no haya paquetes de conexiones previas vagando por Internet.

Establecimiento de una conexión TCP

- **Campos del encabezado TCP para el establecimiento de conexiones**
- **SYN** se usa para establecer conexiones.
  - Solicitud de conexión: SYN = 1 y ACK = 0.
  - La respuesta de conexión sí lleva una confirmación de recepción, por lo que tiene SYN = 1 y ACK = 1.
    - Recordar que además hay campo con N° de secuencia confirmado.

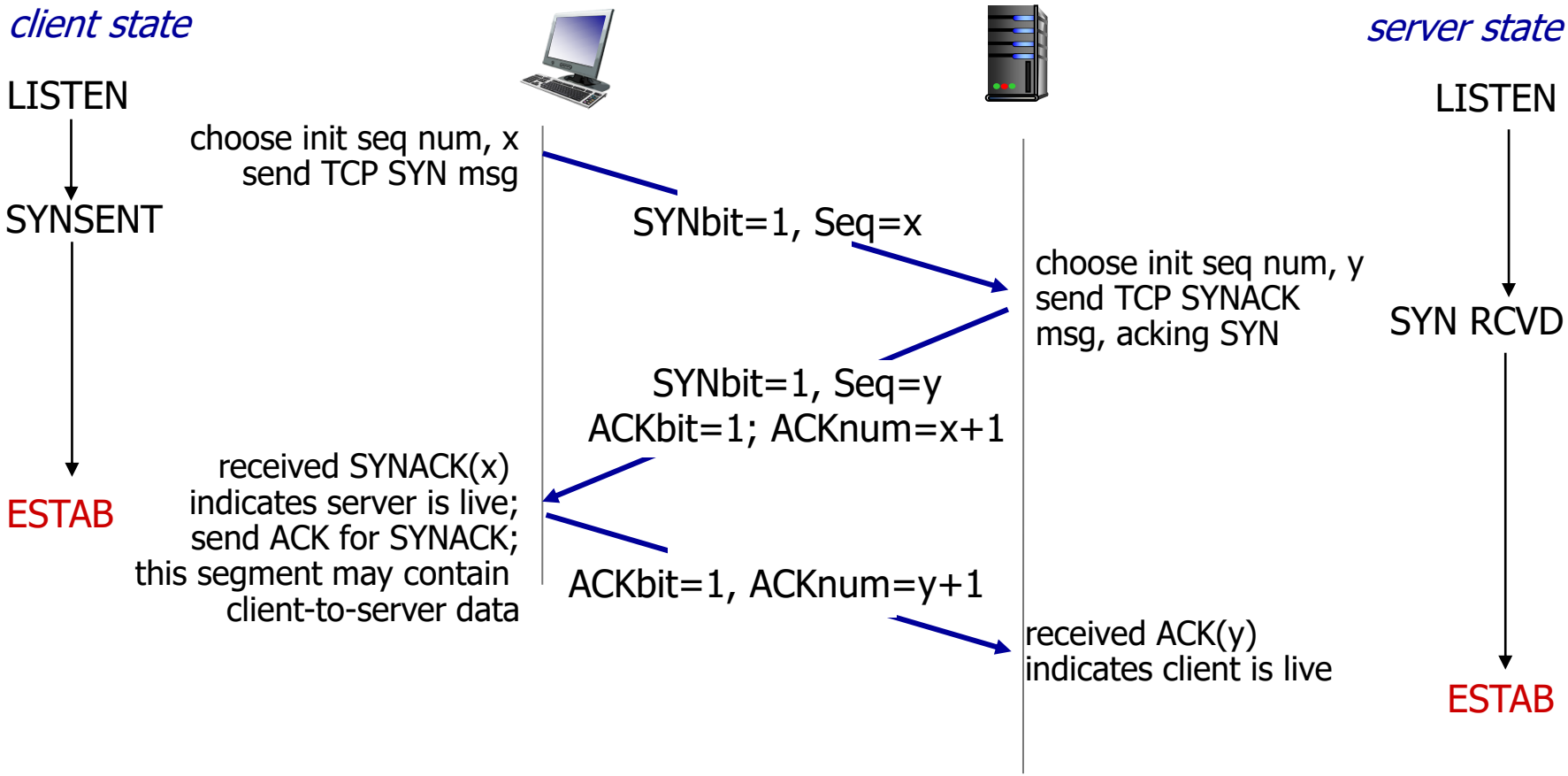
Establecimiento de una conexión TCP

- En TCP las conexiones usan el **acuerdo de 3 vías**
  1. Para establecer una conexión, el servidor, espera pasivamente una conexión entrante ejecutando LISTEN y ACCEPT y
     - especificando cierto origen o bien nadie en particular.
  2. En el lado del cliente ejecuta CONNECT
     - la cual envía un segmento TCP con el **bit SYN encendido y el bit ACK apagado**, y espera una respuesta.

Establecimiento de una conexión TCP

3. Al llegar el segmento al destino, la ETCP allí revisa si **hay un proceso** que haya ejecutado un LISTEN en el puerto indicado en el campo puerto de destino.
4. Si no lo hay envía una respuesta con el **bit RST encendido** para **rechazar la conexión**.
5. Si algún proceso está escuchando en el puerto ese proceso recibe el segmento TCP entrante y puede entonces aceptar o rechazar la conexión; si la acepta se envía un segmento de ack.
6. La secuencia de segmentos TCP enviados en el caso normal se muestra en la Figura siguiente.

Establecimiento de una conexión TCP



Establecimiento de una conexión TCP

- **Ejercicio**: El campo de números de secuencia en el encabezado TCP es de 32 bits de largo,
  - lo cual es suficientemente largo para cubrir 4 billones de bytes de datos.
  - Incluso si tantos bytes nunca fueran transferidos por una conexión única, ¿por qué puede el número de secuencia pasar de $2^{32} - 1$ a 0?
  - Tener en cuenta en la figura de la filmina anterior.

Agenda

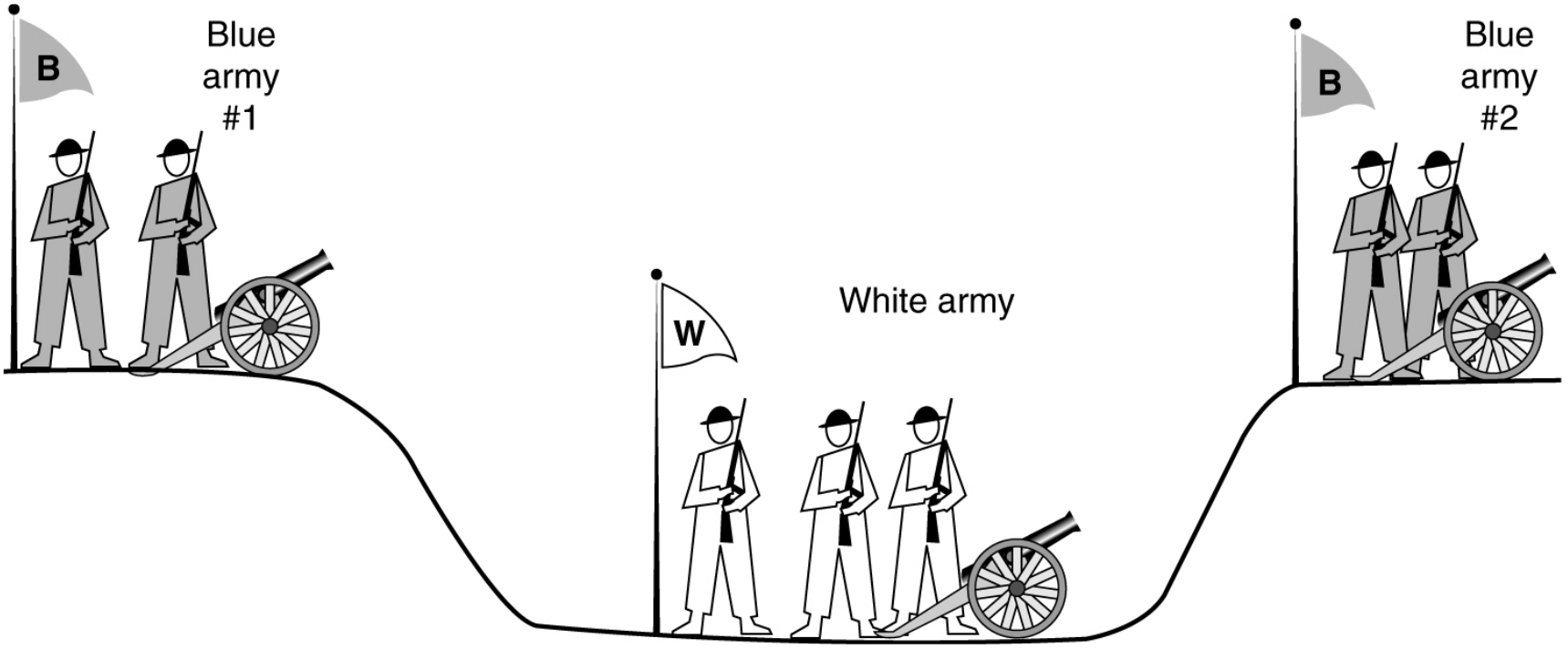
- **Aprenderemos los siguientes asuntos:**
  1. Establecimiento de Conexión
  2. Establecimiento de Conexión en TCP
  3. **Liberación de Conexiones**
  4. Liberación de conexiones en TCP

Liberación de Conexiones

- **Problema**: ¿Cómo hacer un protocolo para liberación de conexiones?
- **Idea 1**: Podríamos pensar en un protocolo en el que:
  - el host 1 dice “ya terminé ¿terminaste también?”;
  - Si el host 2 responde “Ya terminé también. Adiós”, la conexión puede liberarse con seguridad.
- **Evaluación:** un protocolo así no siempre funciona.
  - Porque existe el **problema de los dos ejércitos**

Liberación de Conexiones

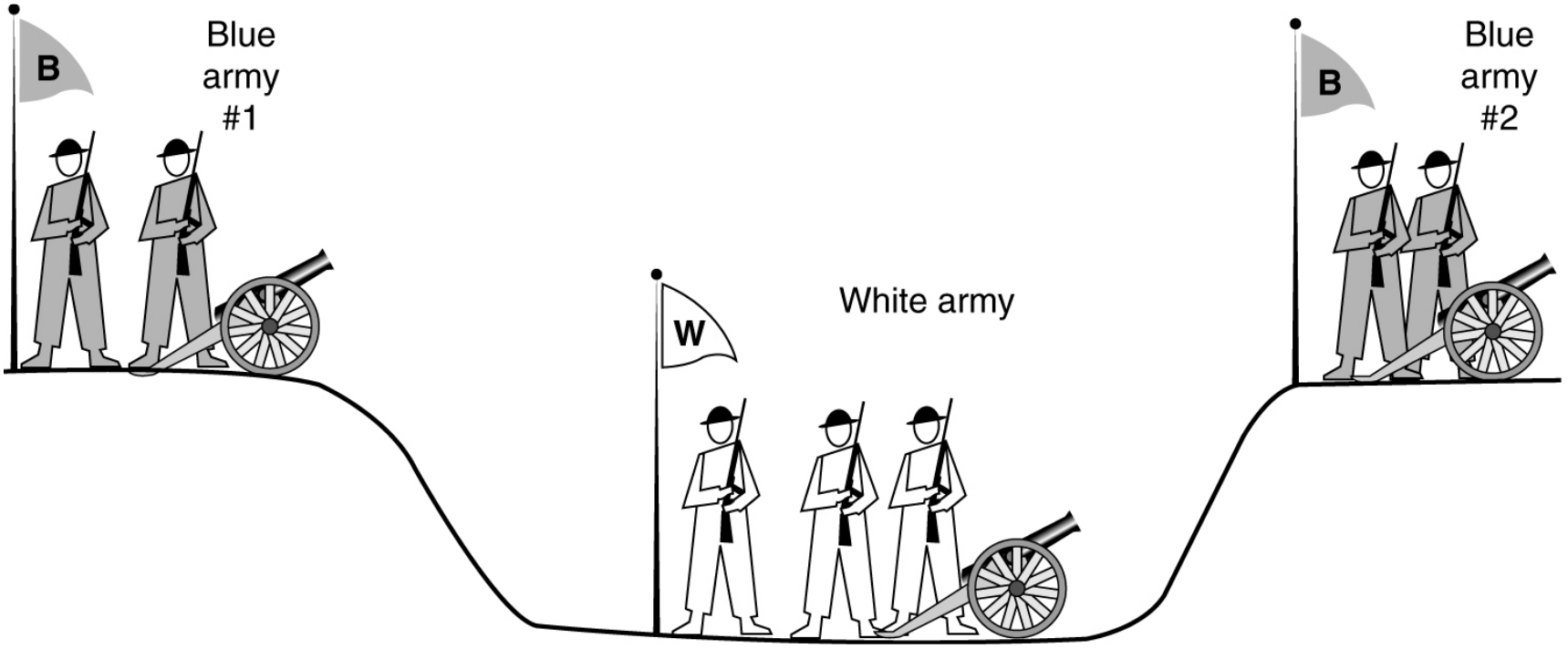
Si los dos ejércitos azules atacan simultáneamente van a ganar. Por eso quieren sincronizar su ataque.



- Suponga que el comandante de ejército azul 1 manda mensaje: “qué le parece que ataquemos en el horario X?”, el mensaje llega y el comandante del ejército azul 2 contesta que está de acuerdo. **¿Va a ocurrir el ataque?**

Liberación de Conexiones

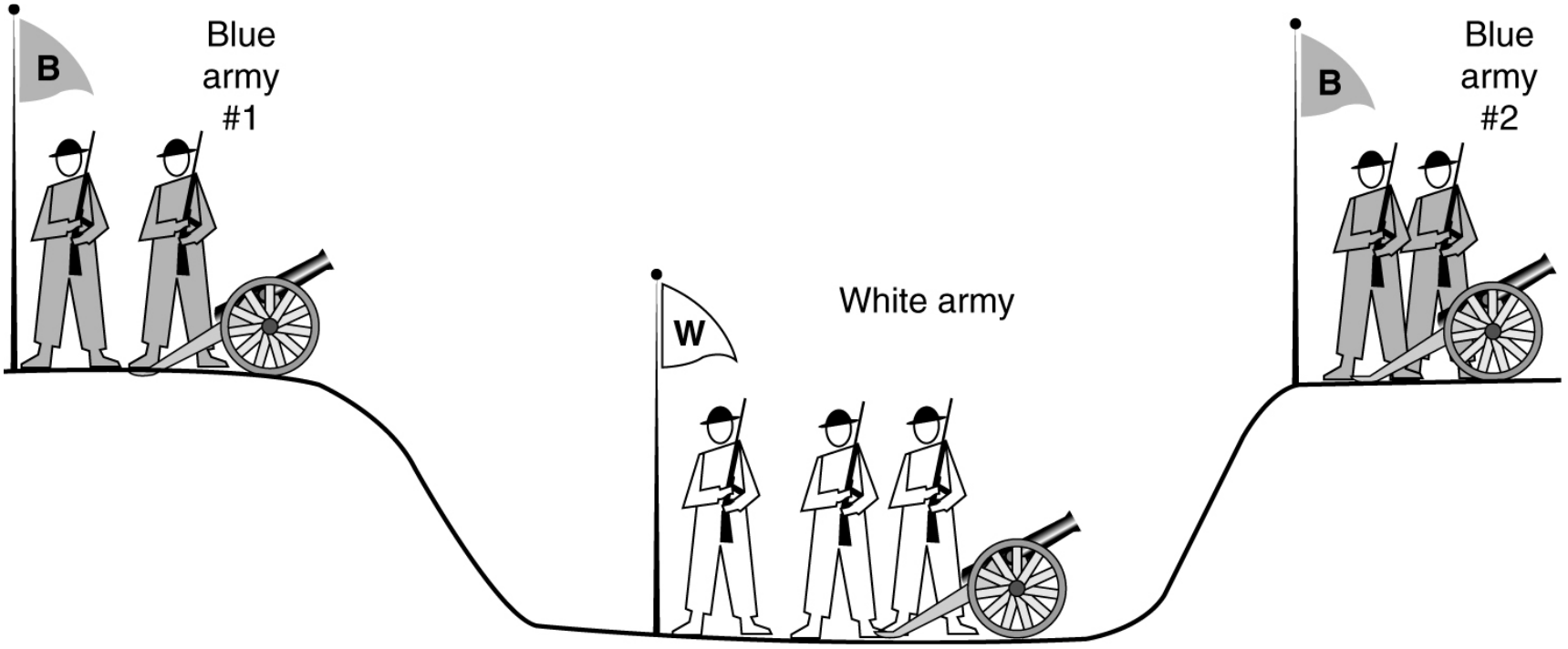
Si los dos ejércitos azules atacan simultáneamente van a ganar. Por eso quieren sincronizar su ataque.



- No porque el comandante del ejército azul 2 no sabe si el mensaje fue recibido por el ejército azul 1.

Liberación de Conexiones

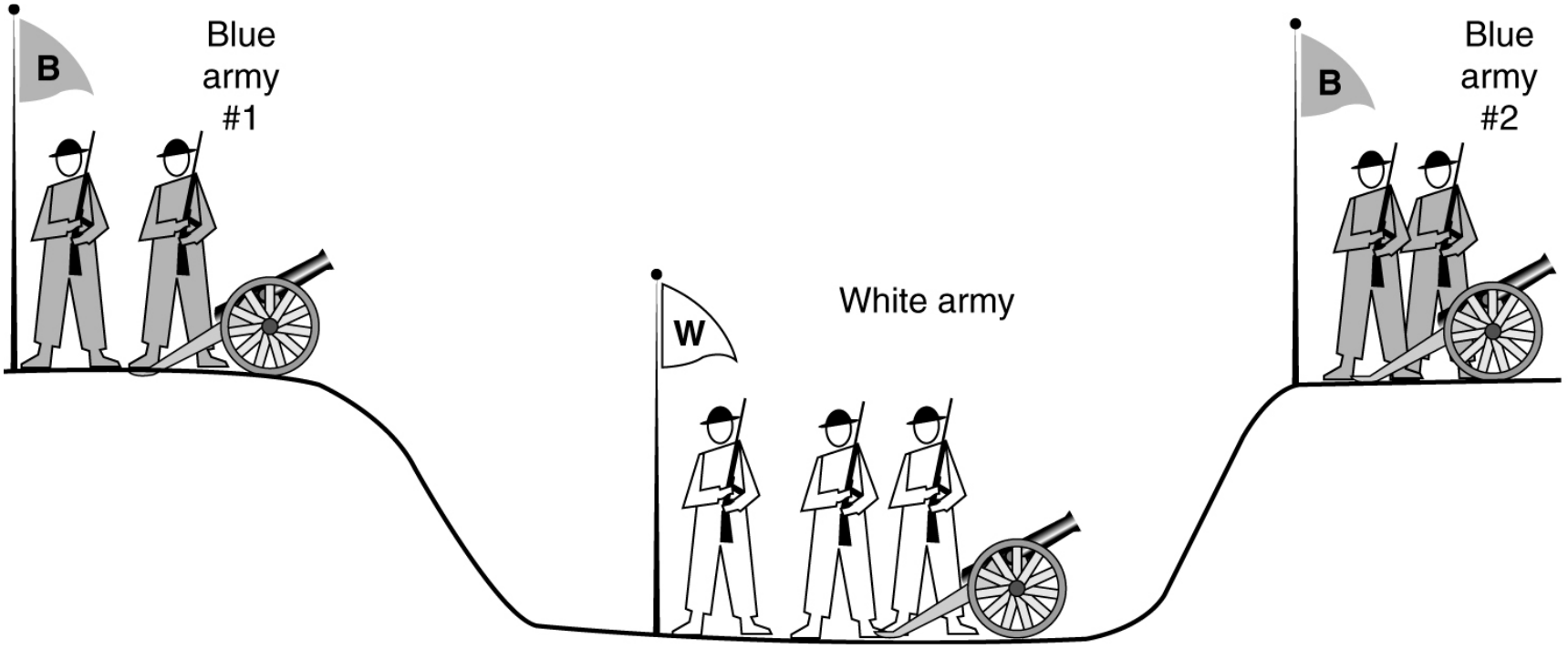
Si los dos ejércitos azules atacan simultáneamente van a ganar. Por eso quieren sincronizar su ataque.



- Supongamos que mejoramos el protocolo de la filmina previa haciendo que el comandante del ejército azul 1 confirme la recepción del mensaje del comandante del ejército azul 2. **¿Va a ocurrir el ataque?**

Liberación de Conexiones

Si los dos ejércitos azules atacan simultáneamente van a ganar. Por eso quieren sincronizar su ataque.



- No porque el comandante del ejército azul 1 no sabe si la confirmación de recepción fue recibida por el ejército azul 2.

Liberación de Conexiones

- **Proposición**: No existe un protocolo que resuelva el problema de los dos ejércitos:
- **Demostración**:
  - Supongamos que existiera un protocolo; o el último mensaje del protocolo es esencial o no lo es.
  - Si no lo es, hay que eliminarlo y así seguir hasta que quede un protocolo en el que todos los mensajes son esenciales.
  - ¿Qué ocurre si el mensaje final no pasa?
    - Si se pierde el ataque no ocurrirá; dado que el emisor del mensaje nunca puede estar seguro de su llegada, no se arriesgará a atacar; el otro ejército azul sabe esto, por lo que no atacará tampoco.

Liberación de Conexiones

- **Aplicación del problema de los dos ejércitos a liberación de conexiones**:
  - Para el caso de liberación de conexión “atacar” equivale a “desconectar”.
  - Si ninguna de las partes está preparada para desconectarse hasta estar convencida que la otra está preparada para desconectarse también, nunca ocurrirá la desconexión.

Liberación de Conexiones

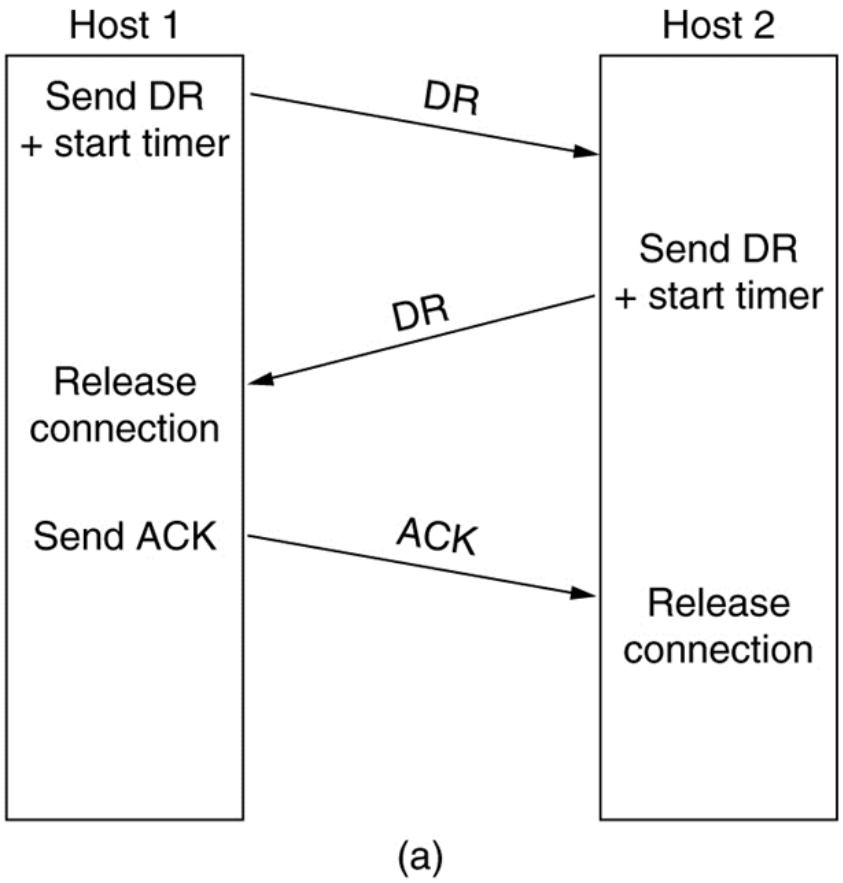
- **Ejercicio**: El problema de los dos ejércitos no tiene solución;
  - ¿qué precio se tiene que pagar en la liberación de conexiones debido a este hecho?

Liberación de Conexiones

- **Idea 2**: Vamos a permitir que cada parte decida cuando la conexión está terminada. Este es un problema más sencillo.
- Ahora estudiamos cuatro escenarios de liberación de conexión usando un **acuerdo de 3 vías**.
  - Aunque este protocolo no es infalible, generalmente es adecuado.
- **La liberación de conexión en un host significa:**
  - que la ET remueve la información sobre la conexión de su tabla de conexiones abiertas y avisa de alguna manera al dueño de la conexión (i.e. el usuario de transporte).
- **¿Cómo sería el caso normal de acuerdo de 3 vías? (usar idea 2 y que se envían mensajes DR – de pedido de desconexión.)**

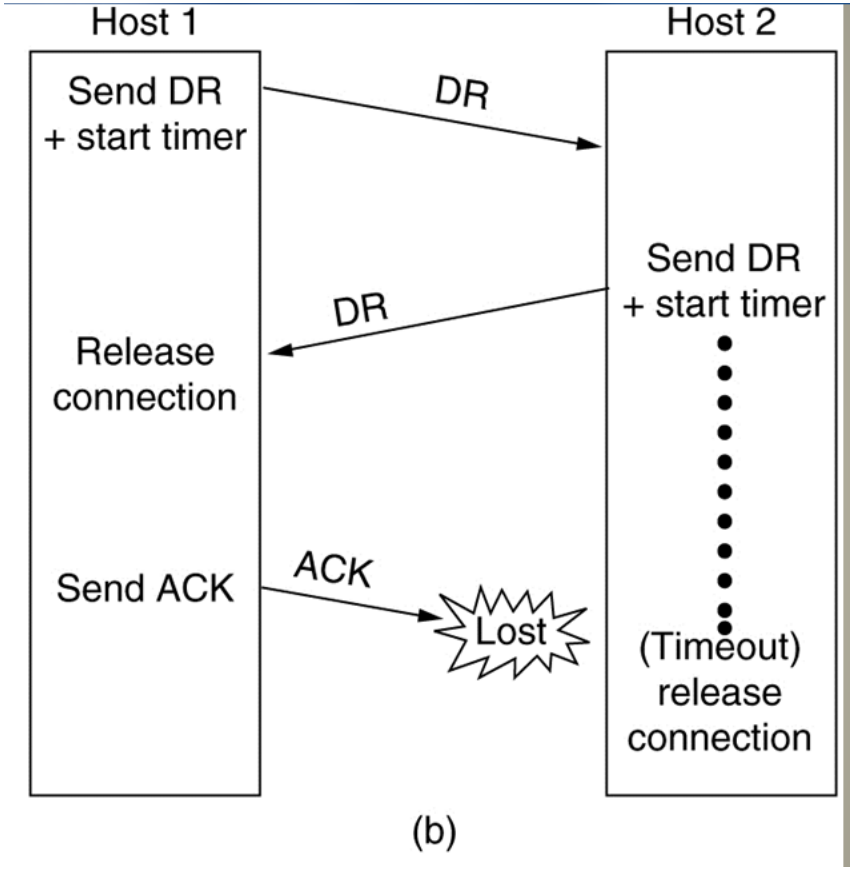
Liberación de Conexiones

- **Caso normal**: (DR significa DISCONNECTION REQUEST)
  1. Host 1 envía un segmento DR e inicia un temporizador para el caso que no llegue DR de host 2;
  2. al llegar DR al host 2, éste emite un segmento DR e inicia un temporizador para el caso que no llegue respuesta de host 1;
  3. al llegar esta DR el host 1 envía de regreso un segmento ACK y libera la conexión;
  4. cuando el segmento ACK llega el host 2 también libera la conexión.



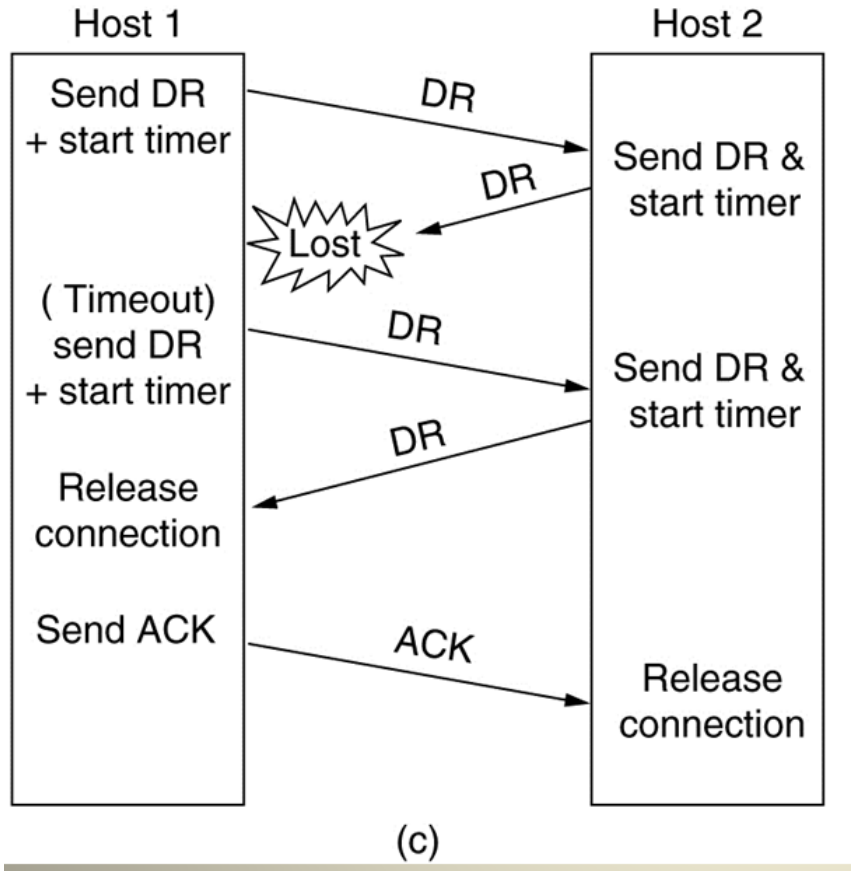
Liberación de Conexiones

- **Caso 2: Si se pierde el último segmento ACK**
  - al expirar el temporizador la conexión se libera de todos modos.



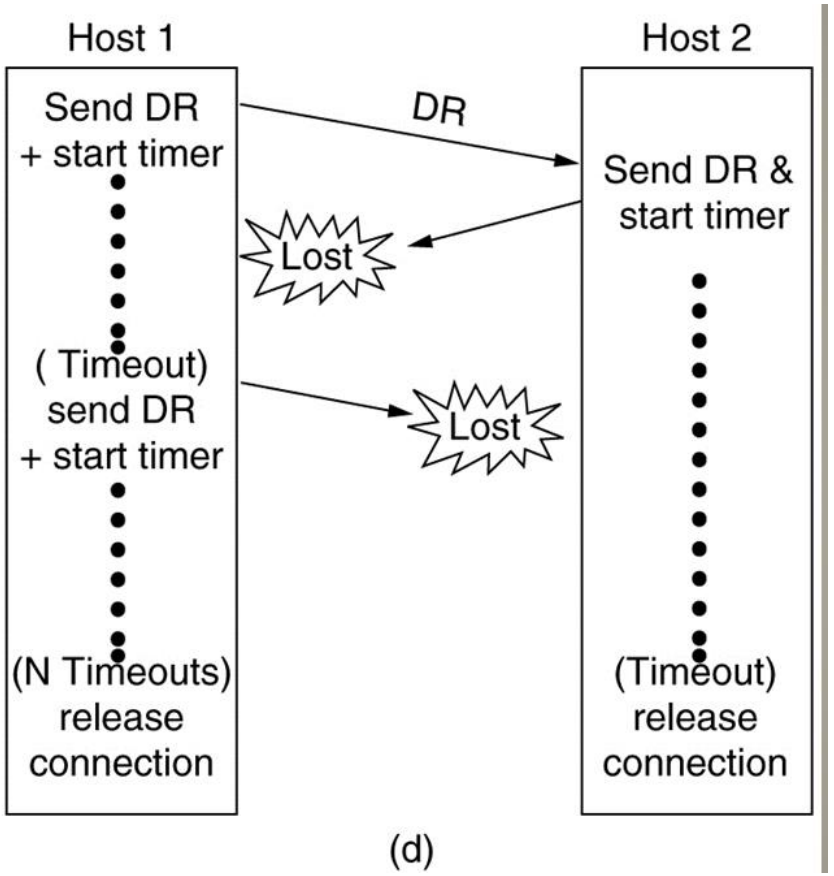
Liberación de Conexiones

- **Caso 3: Si se pierde el segundo DR qué pasa:**
  - el host 1, no recibirá la respuesta esperada, su temporizador expirará y todo comenzará de nuevo.



Liberación de Conexiones

- **Caso 4: Respuesta perdida y DRs subsiguientes perdidos**. Supongamos que todos los intentos repetidos de retransmitir la DR también fallan debido a la pérdida de segmentos.
  - Tras *N* reintentos el emisor se da por vencido y libera la conexión.
  - Mientras tanto también termina el temporizador del receptor y también se sale.



Liberación de Conexiones

- **¿En qué caso el protocolo anterior falla? (mirar caso no considerado)**
- **Respuesta**: este protocolo falla si se pierde la DR inicial y *N* retransmisiones.
- **¿Por qué en este caso hay falla?**

Liberación de Conexiones

- **El protocolo anterior falla** si se pierde la DR inicial y *N* retransmisiones.
  - El emisor se dará por vencido y liberará la conexión, pero el otro lado no sabrá nada sobre los intentos de desconexión y seguirá plenamente activo.
  - Esta situación origina una **conexión abierta a medias**.
- **Problema: ¿Cómo hacer para que no ocurran las conexiones abiertas a medias?**

Liberación de Conexiones

- **Solución 1**: Pudimos haber evitado este problema no permitiendo que el emisor se diera por vencido tras *N* reintentos, sino obligándolo a seguir insistiendo hasta recibir una respuesta.
- **Problema de esta solución:**
  - si se permite que expire el temporizador en el otro lado, entonces el emisor continuará eternamente, pues nunca aparecerá una respuesta.
- **¿Cómo acabar con las conexiones abiertas a medias de los dos lados?**

Liberación de Conexiones

- **Solución 2:** Una manera de matar conexiones abiertas a medias es:
  - si no ha llegado ningún segmento durante una cierta cantidad de segundos al host 2, se libera automáticamente la conexión en el host 2.
  - Luego el host 1 detectará la falta de actividad y también se desconectará.
  - Esta solución también resuelve el caso que la red "se rompió" y los hosts ya no pueden conectarse.
- **¿Cómo se puede implementar la solución anterior?**

Liberación de Conexiones

- **Implementación**: Es necesario que cada ET tenga un temporizador que se detenga y se reinicie con cada envío de un segmento.
- **Evaluación del protocolo obtenido**: no se puede garantizar **absolutamente** que cuando se libera una conexión no ocurre pérdida de datos.
  - Pero si se puede limitar mucho que esto suceda.

Liberación de Conexiones

La **liberación simétrica**:

- Cada parte se cierra por separado, independientemente de la otra
- Una de las partes emite un DISCONNECT *porque ya no tiene más datos por enviar y aun está dispuesta a recibir datos de la otra parte.*
- Una conexión se libera cuando ambas partes han emitido una primitiva DISCONNECT.

Liberación de Conexiones

- **La liberación simétrica:**
  - Es ideal cuando cada proceso tiene una cantidad fija de datos por enviar y sabe con certidumbre cuándo los ha enviado.
  - En otras situaciones la determinación de si se ha efectuado o no todo el trabajo o si debe terminarse o no la conexión no es tan obvia.
- TCP trabaja con liberación simétrica.

Agenda

- **Aprenderemos los siguientes asuntos:**
  1. Establecimiento de Conexión
  2. Establecimiento de Conexión en TCP
  3. Liberación de Conexiones
  4. **Liberación de conexiones en TCP**

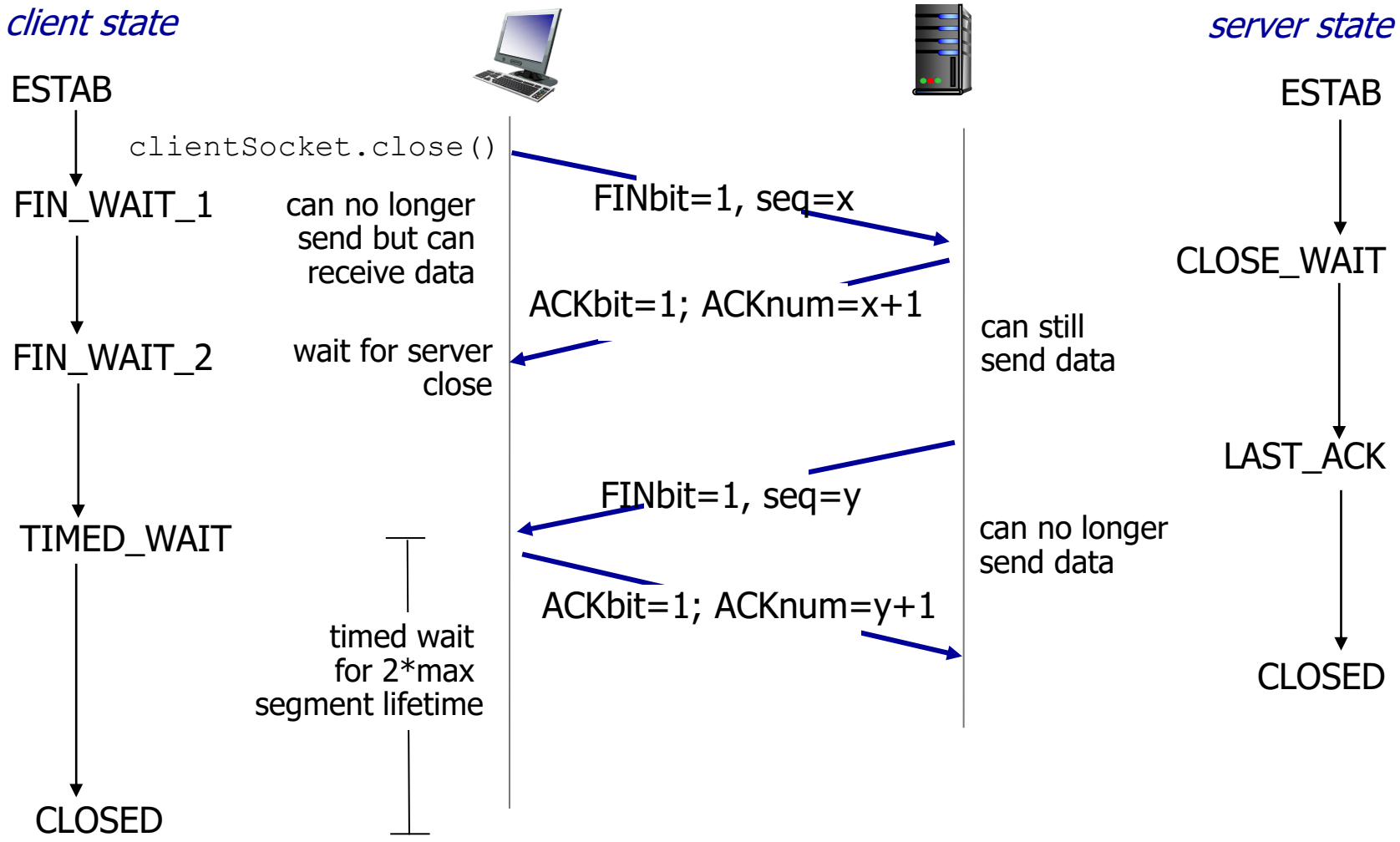
Liberación de una conexión TCP

- **Campo usado por TCP para liberación de conexiones:**
- **FIN:** especifica que el emisor no tiene más datos que transmitir.
  - Tras cerrar una conexión, un proceso puede **continuar recibiendo** datos indefinidamente.
  - Ambos segmentos, SYN y FIN, tienen n° de secuencia, y por tanto, tienen la garantía de procesarse en el orden correcto.

Liberación de una conexión TCP

- **Ejercicio**: Dar la secuencia de mensajes para la liberación de una conexión TCP considerando:
  - Se usa liberación simétrica.
  - Se usa el campo FIN.
  - Los segmentos con FIN prendido son confirmados.
  - En los segmentos usar los campos: AckNum, AckBit, y Seq.

Liberación de una conexión TCP



Liberación de una conexión TCP

- **Resumen**
  - Para liberar una conexión cualquiera de las partes puede enviar un segmento TCP con el **bit *FIN* establecido**, lo que significa que no tiene más datos por transmitir, pero todavía ***puede recibir*** datos del otro lado.
  - Al confirmarse la recepción del *FIN*, ese sentido se apaga (el receptor del ack no va a enviar más).
    - Sin embargo puede continuar un flujo de datos indefinido en el otro sentido.

Liberación de una conexión TCP

- Cuando ambos sentidos se han apagado, se libera la conexión.
- Normalmente se requieren 4 segmentos TCP para liberar una conexión: un *FIN* y un *ACK* para cada sentido.
  - Sin embargo es posible que el primer *ACK* y el segundo *FIN* estén contenidos en el mismo segmento, reduciendo la cuenta total a 3.

Liberación de una conexión TCP

- Una vez que el cliente manda el Ack al servidor, entra en un estado de espera llamado TIMED-WAIT.
- El tiempo gastado en TIMED_WAIT es de dos tiempos de vida de paquete.
  - TCP espera esta cantidad para garantizar que todos los paquetes de la conexión han muerto, en el caso que el Ack final se haya perdido
- Luego de la espera la conexión se cierra formalmente y todos los recursos del lado del cliente son liberados.

Liberación de una conexión TCP

- Ambos extremos de una conexión TCP pueden enviar segmentos *FIN* al **mismo tiempo**.
  - La recepción de ambos se confirma de la manera normal, y se apaga la conexión.
  - **No hay diferencia** entre la liberación secuencial o simultánea por parte de los hosts.