Capítulo 3: Capa Transporte - II

ELO322: Redes de Computadores

Agustín J. González

Este material está basado en:

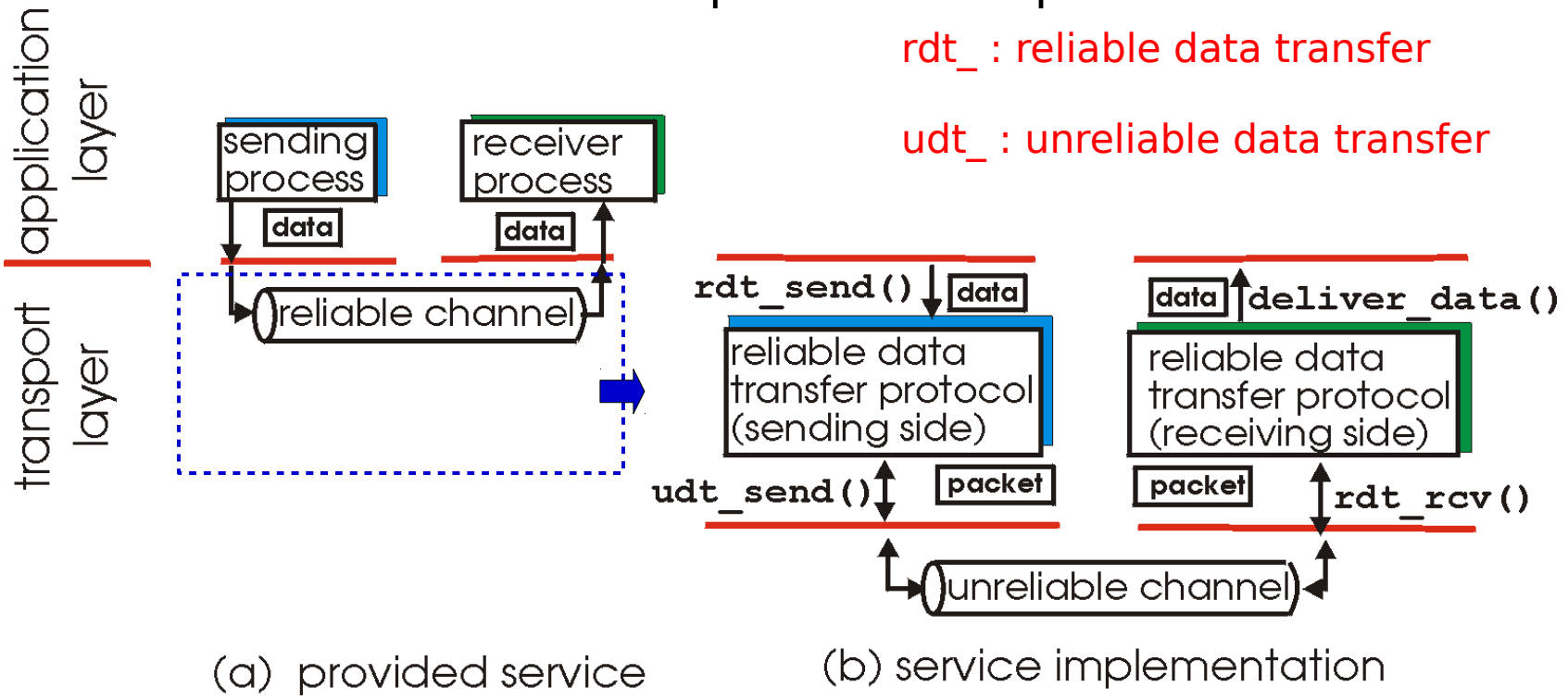
- Material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet.* Jim Kurose, Keith Ross.

Capítulo 3: Continuación

- 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

Principios de transferencia confiable de datos

- **Es un tópico importante en capas de aplicación, transporte y enlace de datos**
- Está en la lista de los 10 tópicos más importantes sobre redes !

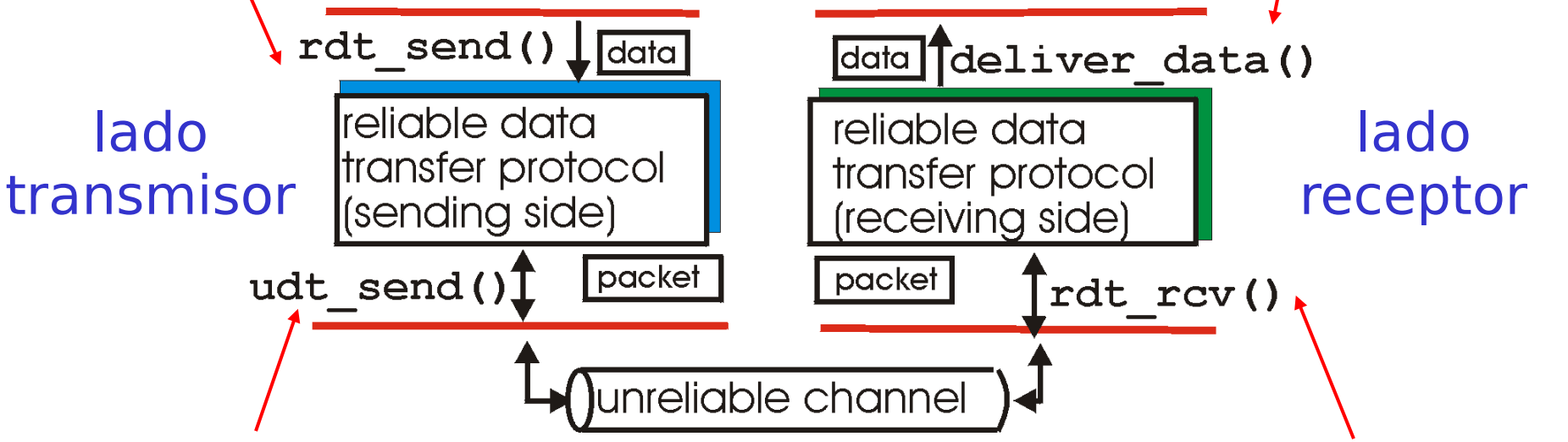


- Las características del canal no-confiable determinarán la complejidad del protocolo de datos confiable (reliable data transfer - rdt)

Transferencia confiable de datos: primeros aspectos (notación para esta parte)

`rdt_send()`: llamado desde arriba, (e.g., por aplicación). Recibe datos a entregar a la capa superior del lado receptor

`deliver_data()`: llamado por **`rdt`** para entregar los datos al nivel superior



`udt_send()`: llamado por rdt para transferir paquetes al receptor vía un canal no confiable

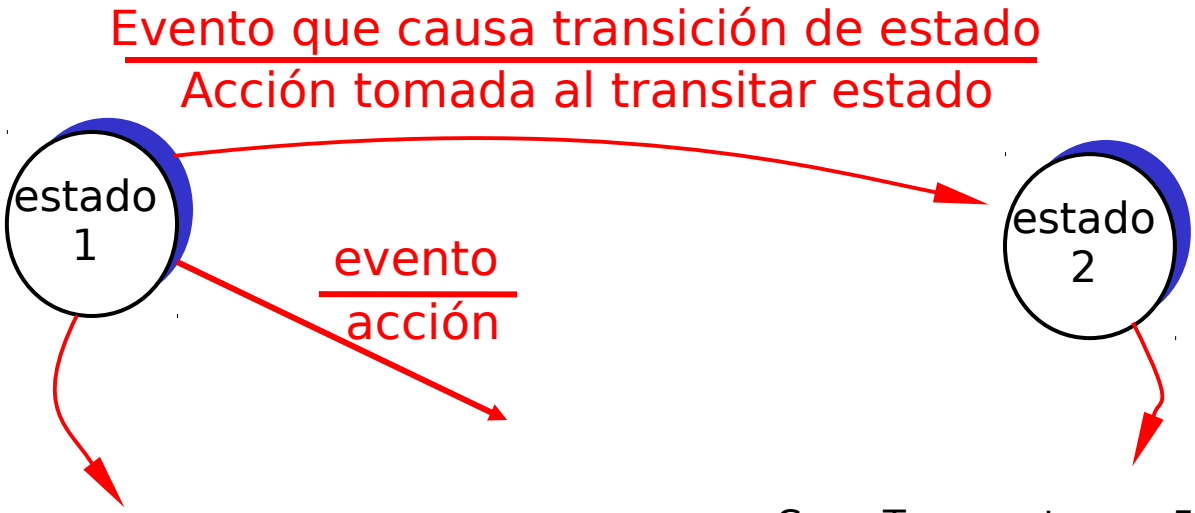
`rdt_rcv()`: llamada cuando un paquete llega al lado receptor

Transferencia confiable de datos: primeros aspectos

Pasos a seguir:

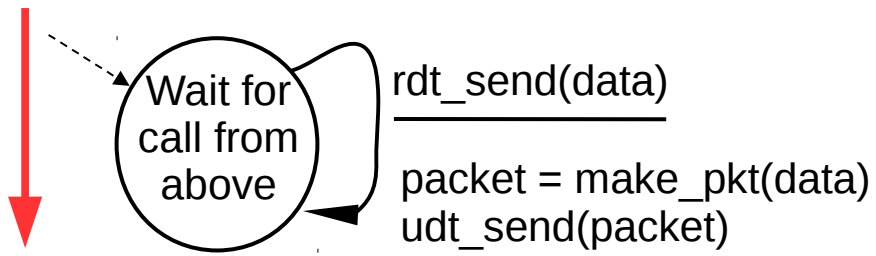
- Desarrollaremos incrementalmente los lados Tx y Rx del protocolo de transferencia confiable (rdt)
- Consideraremos sólo transferencias de datos unidireccionales
  - Pero la información de control fluirá en ambas direcciones!
- Usaremos máquina de estados finitos (Finite State Machine) para especificar el Tx y Rx

estado: cuando estamos en un "estado", el próximo es determinado sólo por el próximo evento

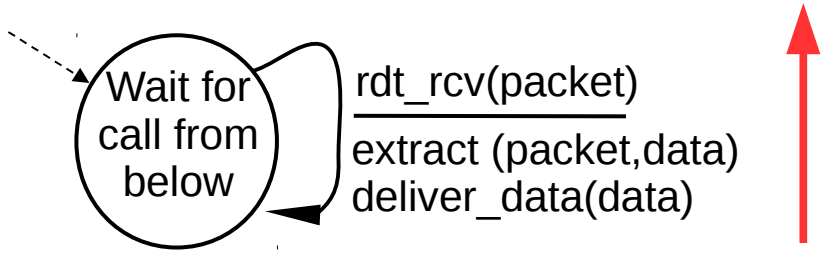


Rdt1.0: transferencia confiable sobre canal confiable (las bases)

- Canal subyacente utilizado es perfectamente confiable (caso ideal, utópico)
  - no hay errores de bit
  - no hay pérdida de paquetes
  - No hay cambio de orden en los paquetes
- Distintas MEFs (Máquina de Estados Finita) para el transmisor y receptor:
  - transmisor envía datos al canal inferior
  - receptor lee datos desde el canal inferior



Tx

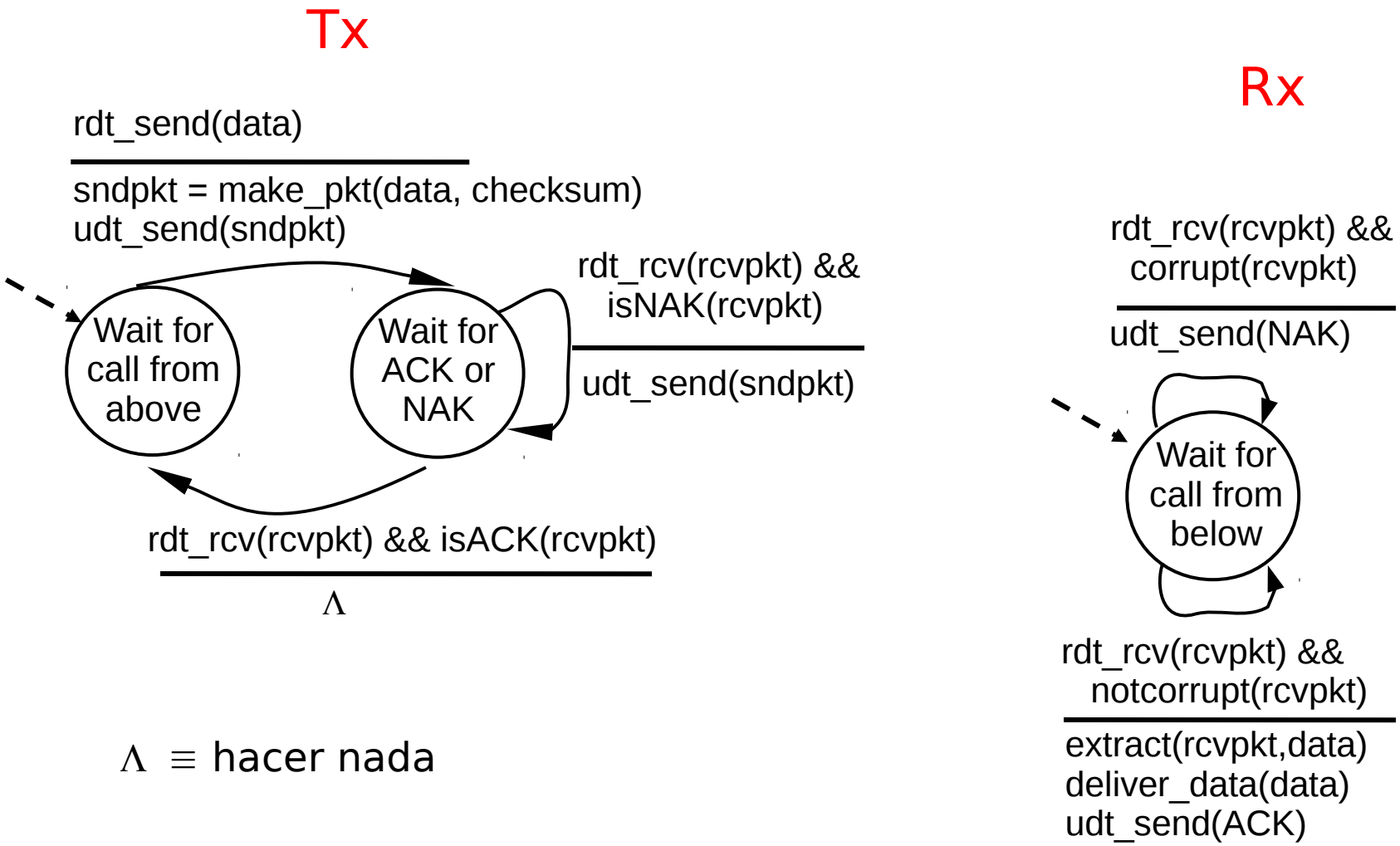


Rx

Rdt2.0: Canal con **bits errados**

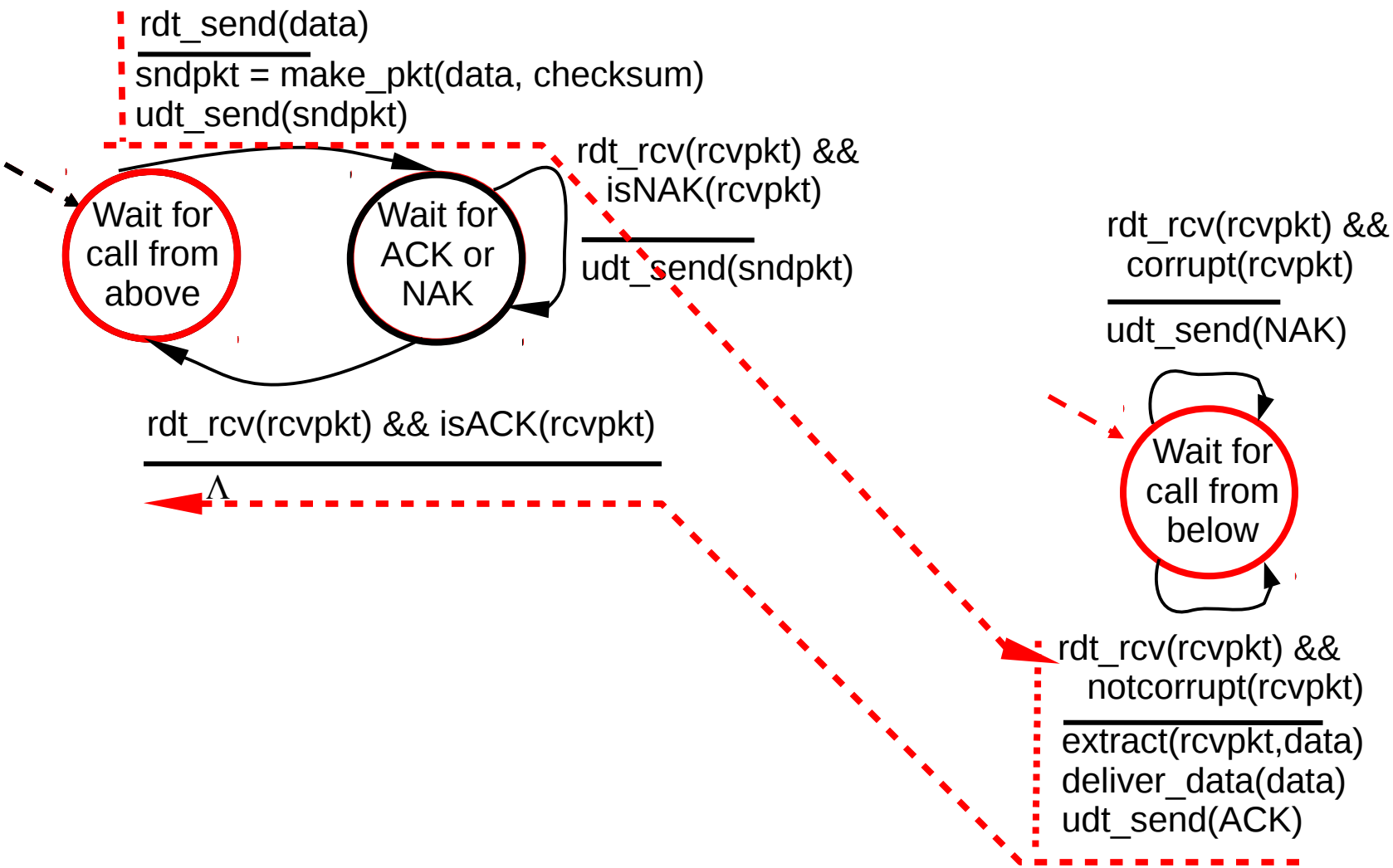
- Canal inferior puede invertir bits del paquete
  - Usamos checksum para detectar los errores de bits
  - Supondremos que no se pierden paquetes ni hay desorden
- La pregunta: ¿Cómo recuperarnos de errores?:
  - *acknowledgements (ACKs):- acuses de recibo:* receptor explícitamente le dice al Tx que el paquete llegó OK
  - *negative acknowledgements (NAKs): – acuses de recibo negativos:* receptor explícitamente le dice al Tx que el paquete tiene errores.
  - Tx re-transmite el paquete al recibir el NAK
- Nuevos mecanismos en **`rdt2.0`** (sobre **`rdt1.0`**):
  - Detección de errores
  - Realimentación del receptor: mensajes de control (ACK, NAK) Tx <-------- Rx

rdt2.0: Especificación de la MEF

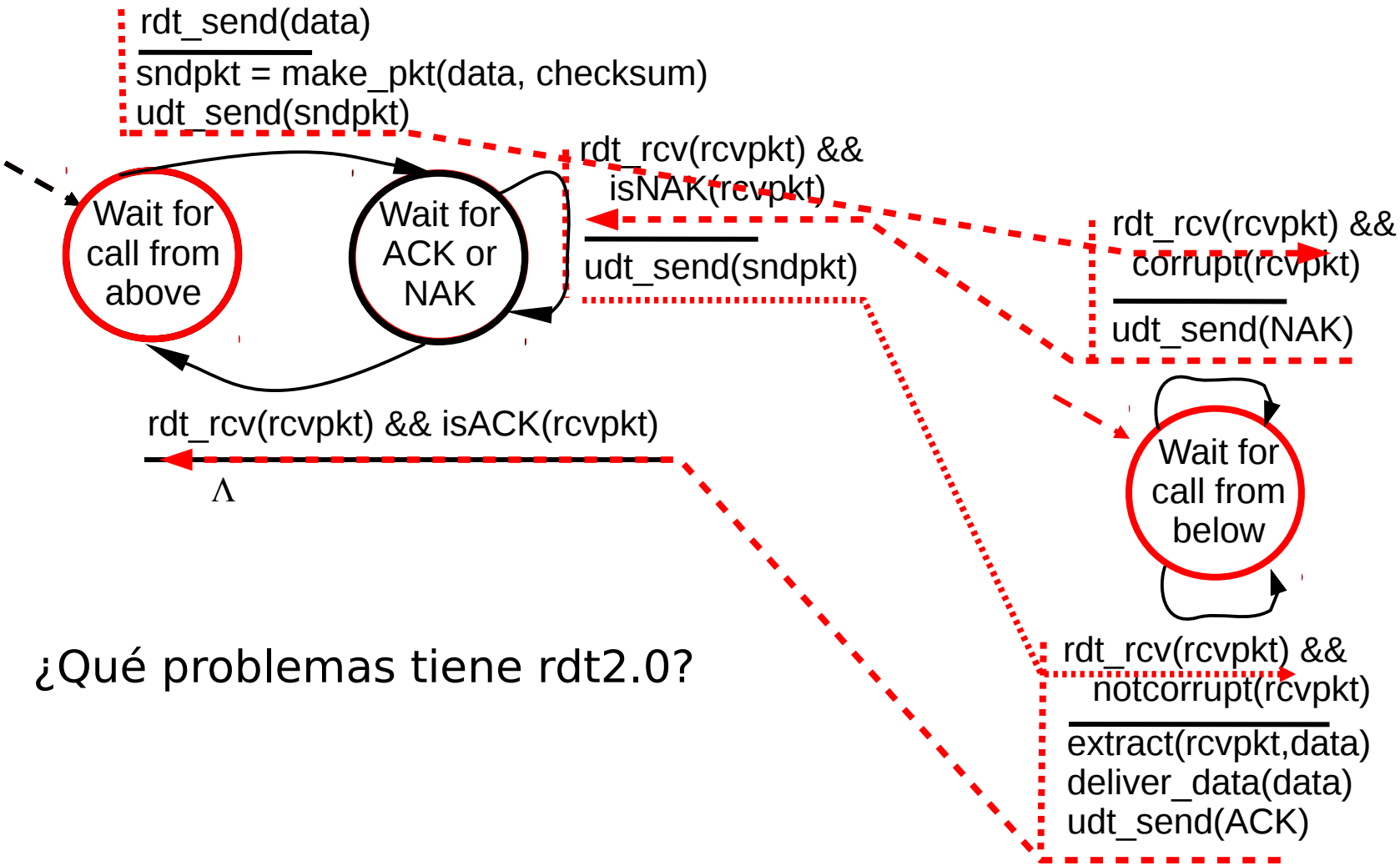


Λ ≡ hacer nada

rdt2.0: operación sin errores



rdt2.0: operación con error y una retransmisión



¿Qué problemas tiene rdt2.0?

rdt2.0 tiene una falla fatal!

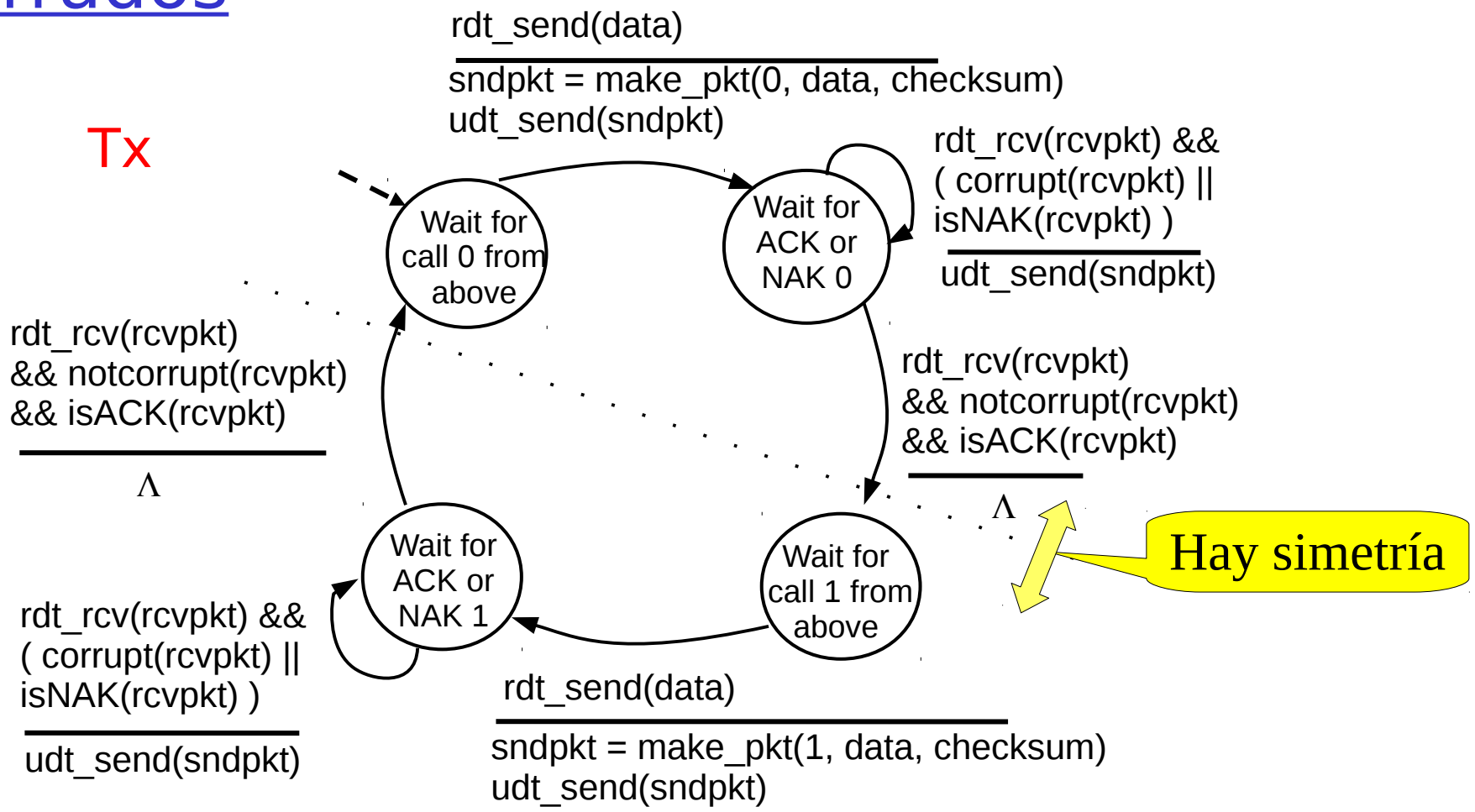
¿Qué pasa si se corrompe el ACK/NAK?

- Tx no sabe qué pasó en el receptor!
- Idea, retransmitir paquete ante la llegada de un ACK o NAK dañado.
- No puede sólo retransmitir: generaría posible duplicado
- Surge necesidad de poner números de secuencia para detectar duplicados.

Manejo de duplicados:

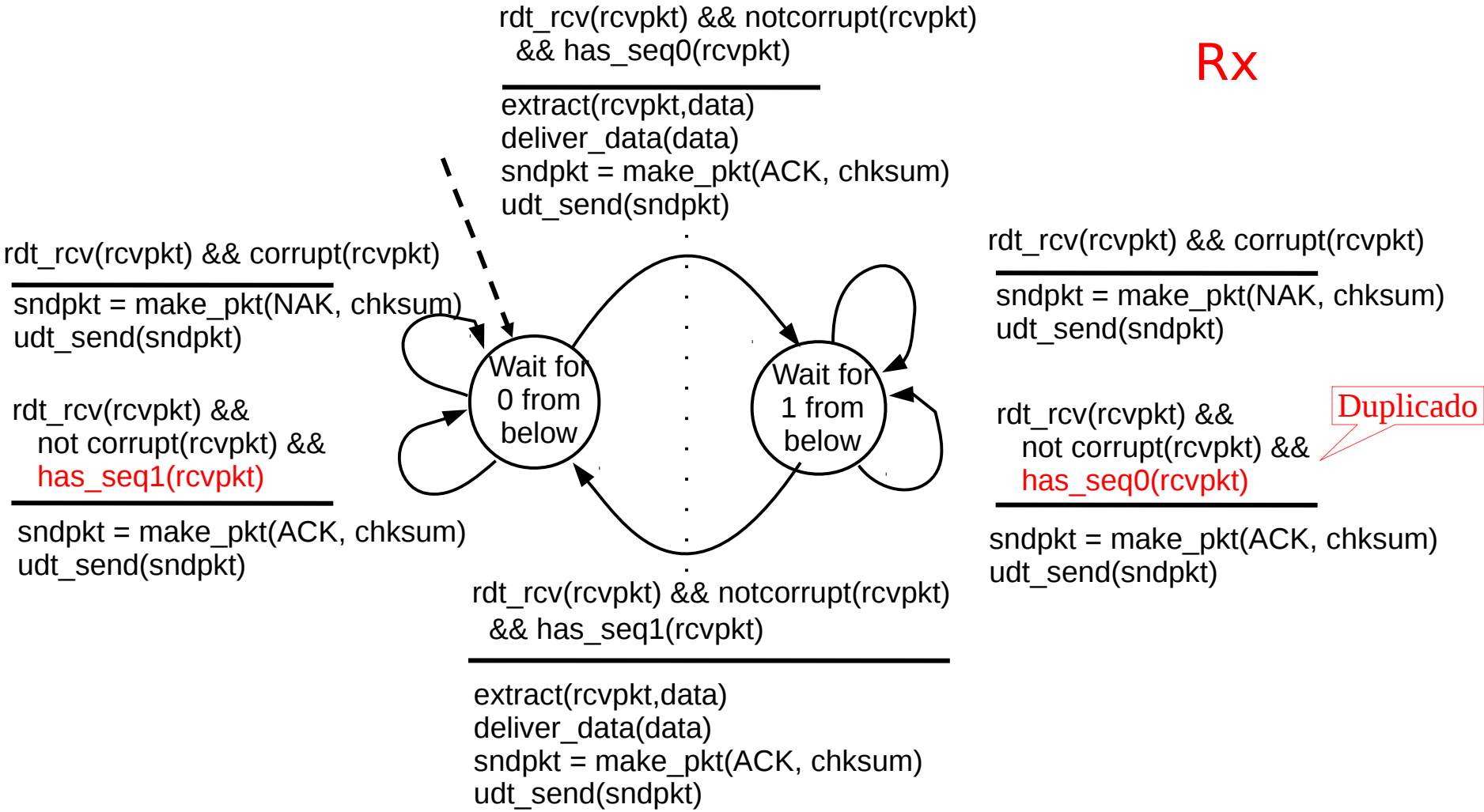
- Tx agrega *números de secuencia* a cada paquete
- Tx retransmite el paquete actual si ACK/NAK llega mal
- El receptor descarta (no entrega hacia arriba) los paquetes duplicados

rdt2.1: Tx, manejo de ACK/NAKs errados



Transmisor incluye # de secuencia para permitir al receptor descartar duplicados

rdt2.1: Receptor, manejo de ACK/NAKs errados



rdt2.1: discusión

Transmisor:

- Agrega # secuencia al paquete
- 2 #'s (0,1) de secuencia son suficientes, por qué?
- Debe chequear si el ACK/NAK recibido está corrupto.
- El doble del número de estados
  - Estado debe "recordar" si paquete "actual" tiene # de secuencia 0 ó 1

Receptor:

- Debe chequear si el paquete recibido es duplicado
  - Estado indica si el número de secuencia esperado es 0 ó 1
- Nota: el receptor *no* puede saber si su último ACK/NAK fue recibido OK por el Tx

¿Podemos adaptar rdt2.1 para tolerar pérdidas de paquetes?

rdt2.2: un protocolo libre de NAK

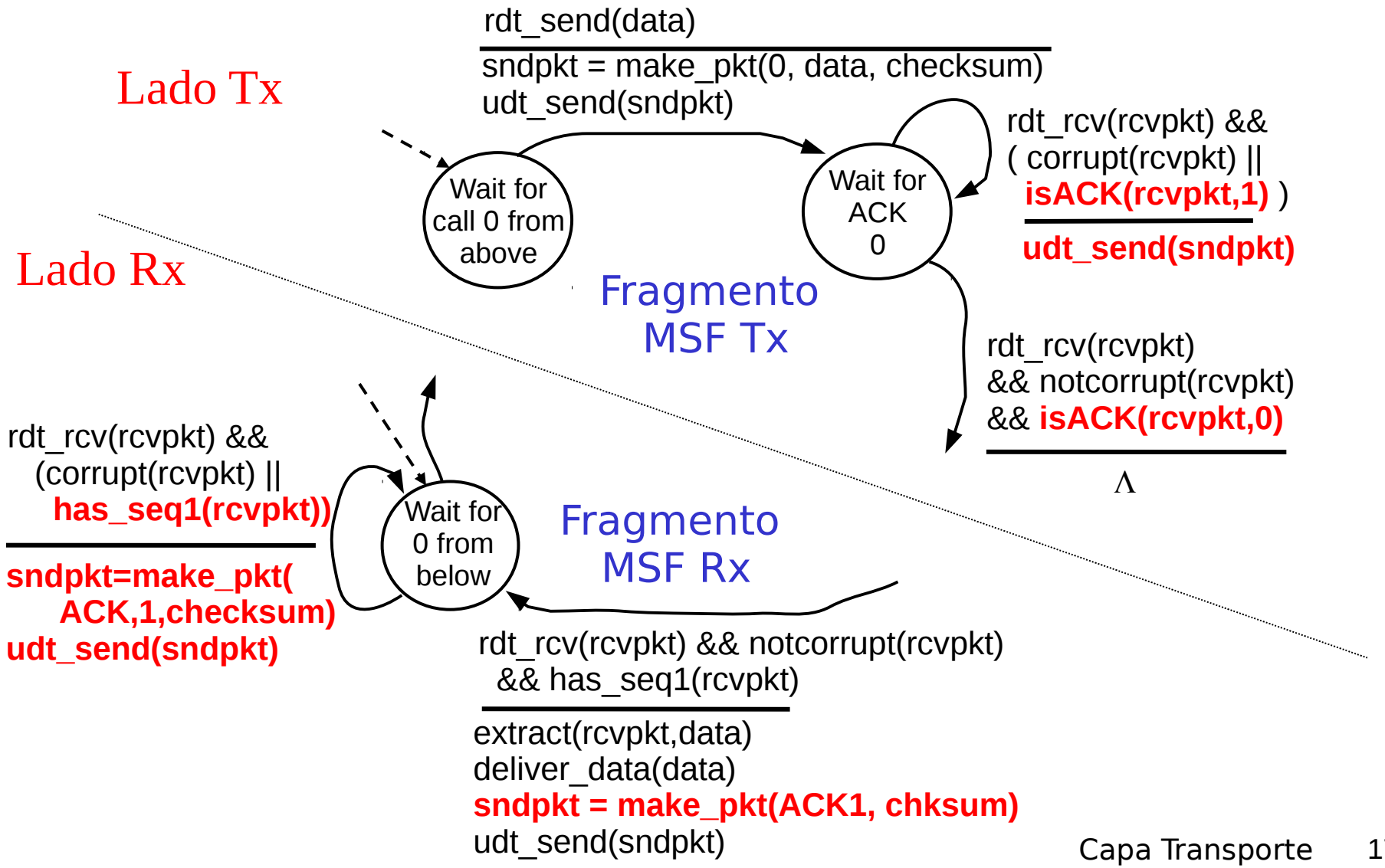
- No podemos enviar NAK de un paquete que nunca llegó.
- Preparándonos para la pérdida de paquetes, es mejor prescindir de los NAK.
- Se busca la misma funcionalidad que rdt2.1, usando sólo ACKs
- En lugar de NAK, el receptor re-envía ACK del último paquete recibido OK
  - Receptor debe *explícitamente* incluir # de secuencia del paquete siendo confirmado con el ACK
- ACK duplicados en el Tx resulta en la misma acción que NAK: *retransmitir paquete actual*

En rdt2.2 seguiremos suponiendo que no hay pérdidas

¿Cómo usted compara usar sólo NAK versus usar sólo ACK?

- ¿Qué le dice su madre/padre: llámame al llegar a destino -ACK- o llámame si tienes algún problema -NAK?
- Si no hay pérdidas, se podría ahorrar mensajes al trabajar sólo con NAK.
- Si pérdidas son posibles, el uso de NAK debe descartarse, pues no podemos distinguir entre un paquete que llegó bien de uno perdido.
- Resumen: sí podemos usar solo ACKs, pero no solo NAKs.

rdt2.2: Fragmentos del Transmisor y receptor



Hasta aquí

- Si el canal es ideal, el mecanismo es simple: solo enviar los datos (rdt 1.0).
- Si hay errores, pero no se pierden paquetes, usar ACK y NAK. (rdt 2.0)
- Si los ACK o NAK también pueden venir con errores, el tx re-envía el paquete; entonces debemos usar número de secuencia para eliminar duplicados. (rdt 2.1)
- Se puede evitar NAK, enviando ACK duplicados en lugar de NAK, entonces debemos usar número de secuencia para detectar ACK duplicados (ver rdt 2.2)

rdt3.0: Canales con errores y pérdidas

Suposición nueva:

- Canal subyacente también puede perder paquetes (de datos o ACKs)
  - checksum, # de secuencias, ACKs, y retransmisiones ayudan pero no son suficientes

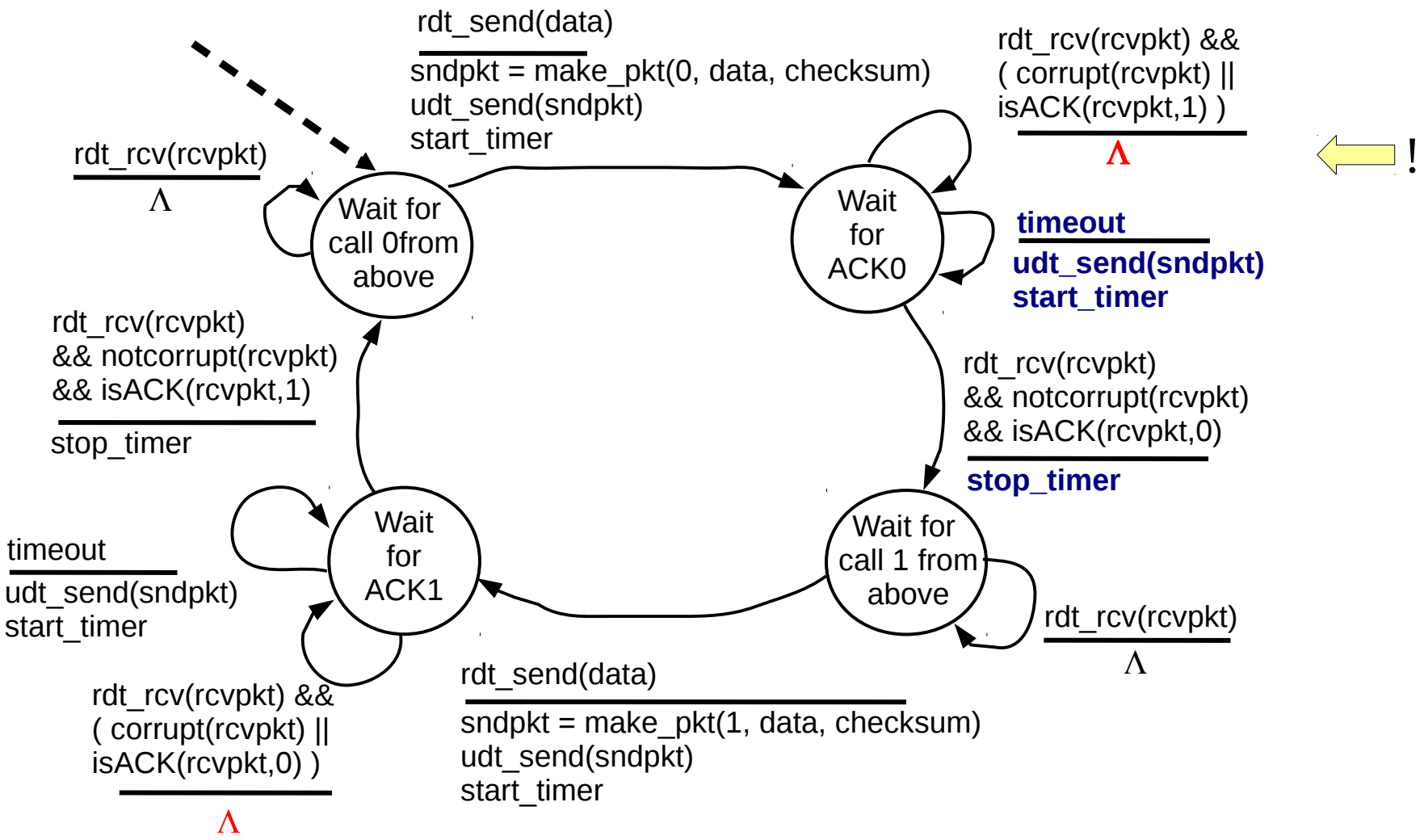
stop and wait

Tx envía un paquete,
Luego para y espera por la respuesta del Rx
Si no llega, hace re-envío
hasta que llegue ACK.

Estrategia: transmisor espera un tiempo "razonable" por el ACK

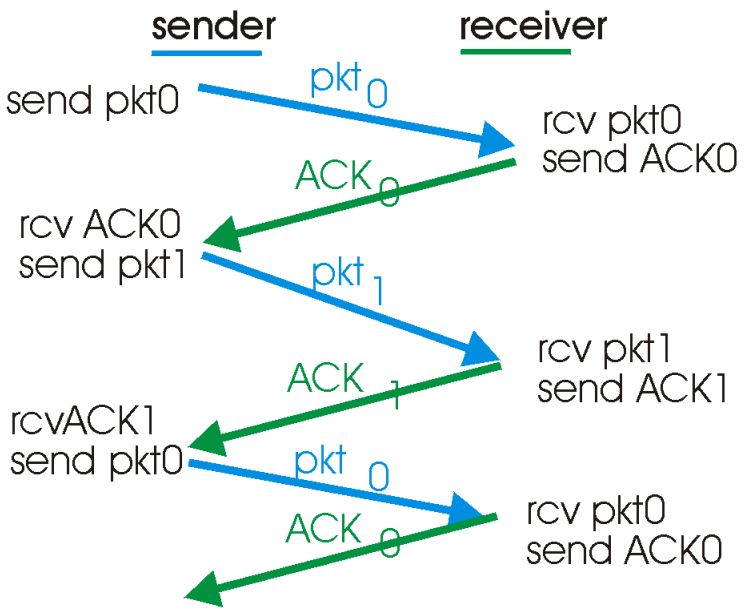
- Retransmitir si no se recibe ACK en este tiempo
- Si el paquete (o ACK) está retardado (no perdido):
  - La retransmisión será un duplicado, pero el uso de #'s de secuencia ya maneja esto
  - Receptor debe especificar el # de secuencia del paquete siendo confirmado en el ACK
- Se requiere un temporizador.
- Este protocolo se conoce como: Stop and wait protocol (parar y esperar)

rdt3.0 Transmisor

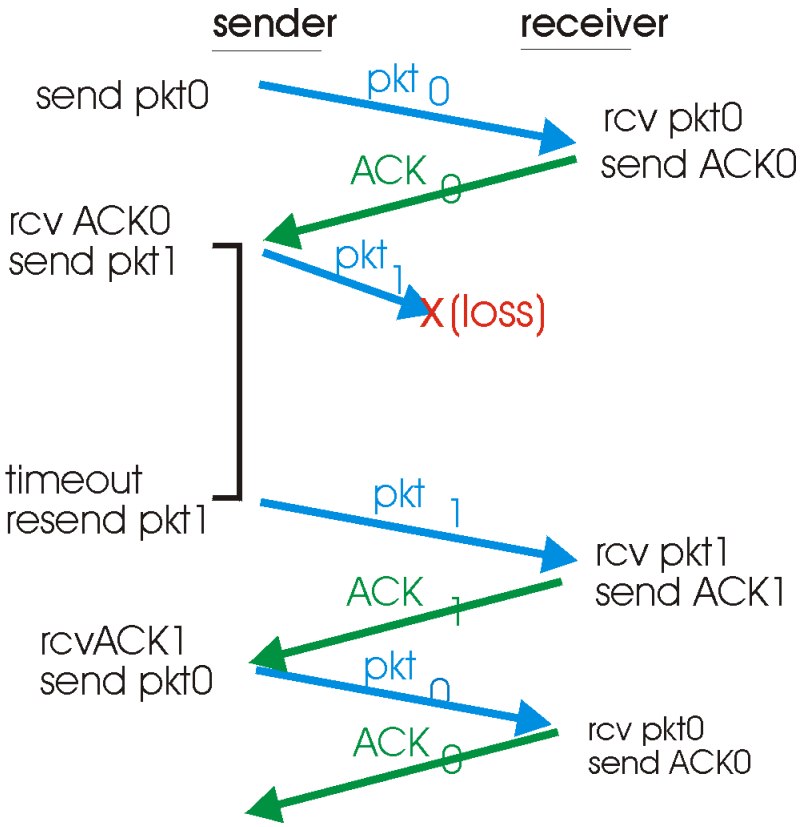


Hay simetría en los estados con # sec.=0, 1

rdt3.0 en acción



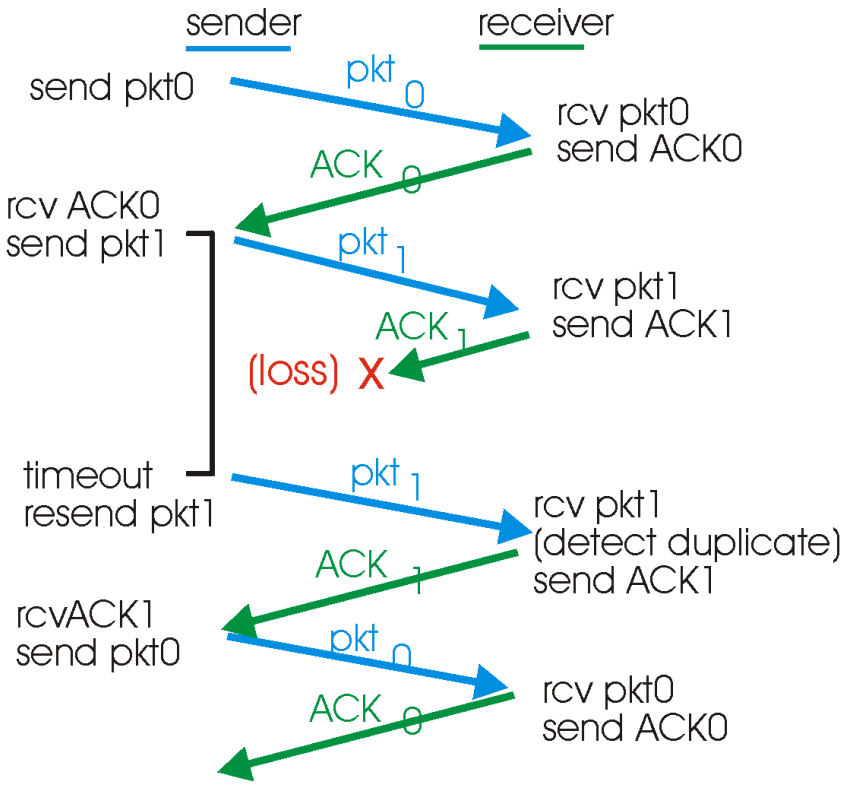
a) Operación **sin** pérdidas



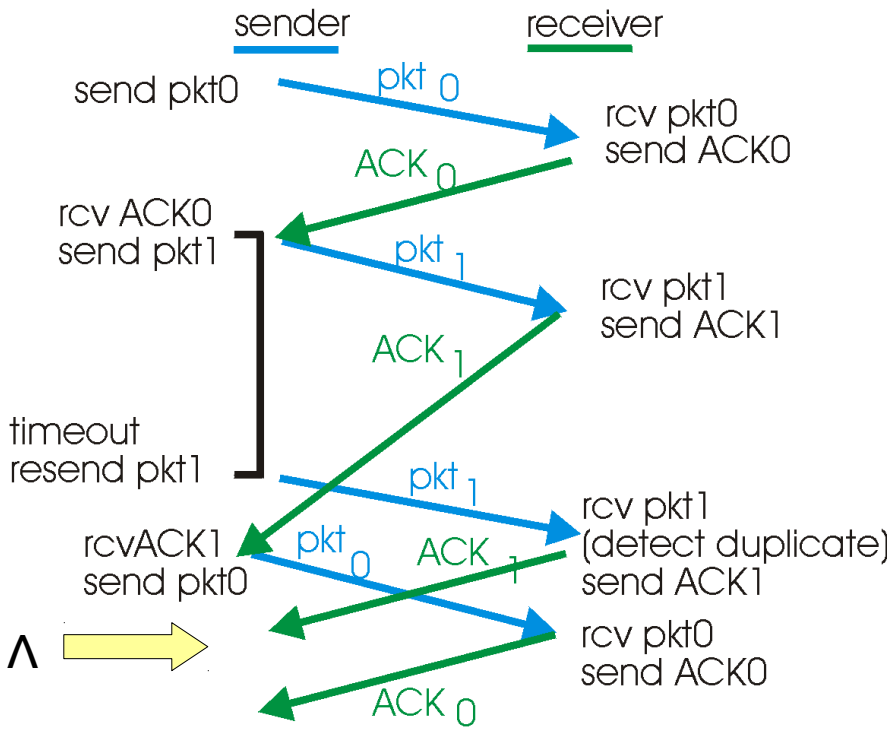
b) Operación **con** pérdidas

Es fundamental suponer que los paquetes no cambian su orden durante su trayecto

rdt3.0 en acción



c) Pérdida de ACK



d) Timeout prematuro

Capítulo 3: Continuación

- 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
- 3.4.2 Protocolos con Pipeline: Go-Back-N y Selective Repeat.
- 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