reliable transport

error detection vs error correction

attraverso il checksum siamo in grado di capire se c'è stato un errore (error detection). Possiamo anche implementare una tecnica di **error correction** che consiste nella ridondanza dei dati in modo da fare sia error detection che error correction. Il modo più semplice consiste nell'utilizzare nel **redundant encoding**: 1 bit è mappato con n bit, in questo modo è possibile rilevare e correggere un errore (es. 1 è rappresentato con 111). E' un approccio poco efficiente, stiamo sprecando molta banda per rappresentare un singolo bit. Il moderno approccio consiste nel **scartare** i frame con errori.

errori nel data frames

Viene introdotto un **timer**, parte quando il mittente invia il frame e termina quando riceve l'ACK dal destinatario.

- **ACK ricevuto**: il frame è stato ricevuto correttamente, il timer viene fermato
- **ACK non ricevuto**: il frame è stato perso, il timer scade e viene ritrasmesso il frame
- **scade il timer**: o non è mai arrivato il frame o non è mai arrivato l'ACK, il frame viene ritrasmesso

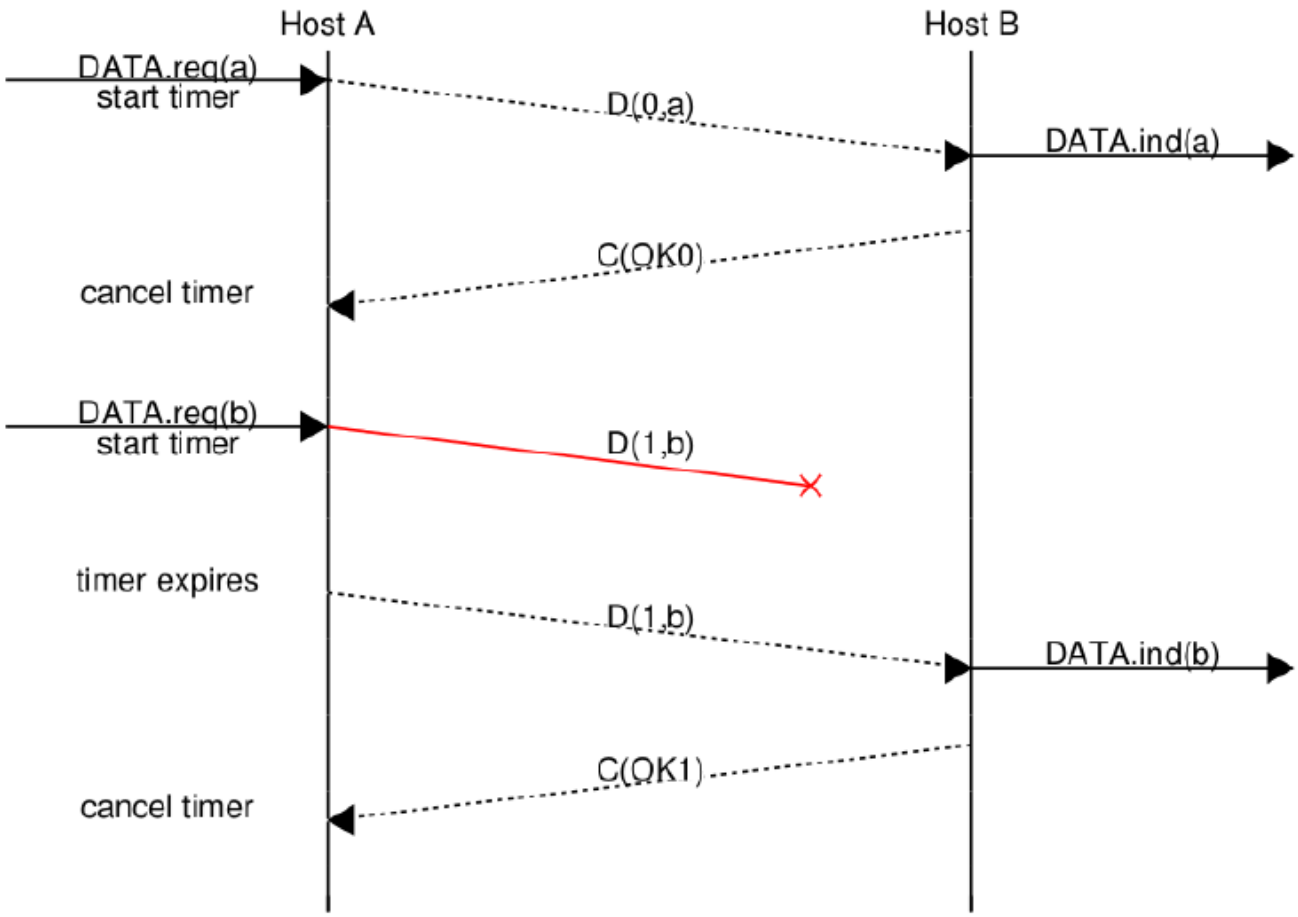
errori nell'ACK

Nel caso in cui l'ACK venga perso, il mittente non riceve nessuna informazione e quindi non sa se il frame è stato ricevuto correttamente o meno. In questo modo ritrasmette il frame, il problema sta nel fatto che il mittente riceve lo stesso frame due volte e non sa se è un nuovo frame o se è duplicato.

sequence number

Il destinatario deve avere un modo per distinguere i frame duplicati dai frame nuovi. Viene aggiunto all'header del frame un sequence number composto da un bit che viene alternato, questo processo è chiamato **Alternate Bit Protocol (ABP)**.

Alternate Bit Protocol



- **mittente**:
  - invia il frame con il sequence number `0`
  - aspetta l'ACK
  - se l'ACK è ricevuto, invia il frame con il sequence number `1`
  - se l'ACK non è ricevuto, ritrasmette il frame con il sequence number `0`
- **destinatario**:
  - riceve il frame con il sequence number `0`
    - se il frame è corretto, invia l'ACK con il sequence number `0`
    - se il frame è corrotto, scarta il frame e non invia l'ACK

Aggiungendo il bit nell'header del frame è stata cambiata la struttura del frame, l'interfaccia superiore non è a conoscenza di questo cambiamento.

performance Soffermiamoci un momento sulle performance di questo protocollo. Supponiamo di voler trasmettere un frame di `1500B`, il tempo di trasmissione è di `10ms` (`RTT=20ms`). Assumiamo inoltre che la rete abbia una capacità di $10^9 b/s$. Il frame impegherà quindi $\frac{1500*8}{10^9}=0.012ms$ ad essere trasmesso (l'ACK è molto piccolo quindi trascurabile). Non stiamo sfruttando le capacità della rete perchè nello stesso tempo siamo in grado di inviare molti più frame.

pipelining

questa tecnica consiste nell'inviare una serie di frame senza aspettare l'acknowledgment dal destinatario. Dobbiamo comunque evitare di sovraccaricare la rete e mantenere l'affidabilità, introduciamo la **sliding**

window.

sliding window

In quest o caso i numeri di sequenza sono composti da una serie di bit per poter garantire la trasmissione di piu frame. Nell'immagine A e B si sono accordati per avere una sliding window grande 5, in questo modo A invierà 5 frame e si fermerà in attesa dell'ACK. Appena viene ricevuto l'ACK relativo al sequence number più basso nella sliding window si sposta la sliding window.

flow control and frame loss

La finestra scorrevole implementa il controllo di flusso e riduce l'impatto dell'RTT; in questo modo i frame arrivano in blocco e vengono ACKd in blocco. Abbiamo bisogno di una politica per gestire la **perdita** di qualche frame. **side note**: se prendiamo per esempio un server, il cui compito è gestire molte connessioni allo stesso tempo, la politica oltre a funzionare correttamente deve essere anche veloce. In questo caso non importa se è perfetta.

go-back-n

- **ricevitore**:
  - accetta solamente i frame che arrivano in-sequence
  - appena il destinatario riceve un frame, invia l'ACK contenente il sequence number dell'ultimo frame in-sequence
  - il destinatario scarta ogni frame che non è in-sequence
  - L'ACK è considerato *cumulativo* nel senso che, oltre a confermare il suo sequence number, conferma anche tutti i frame precedenti
  - I frame sono processati uno ad uno, il ricevitore non contiene alcun buffer
- **mittente**:
  - il mittente possiede un **buffer** della dimensionde della sliding window
  - i frame sono inviati con sequence number crescenti fino a quando non si riempie la sliding window
  - se il buffer è pieno, il mittente si ferma in attesa degli ACK
  - il mittente, dato che risulta computazionalmente complicato mantenere un timer per ogni frame da inviare, ne ha solamete uno condiviso che viene avviato quando il primo frame è inviato.
  - Appena il mittente riceve un ACK
    - rimuove tutti i frame ACKd (gli ACK sono cumulativi)
    - fa ripartire il timer solamente se ci sono ancora frame nel buffer
  - se scade il timer il mittente ritrasmette tutti i frame nel buffer che non sono stati ACKd

limitazioni

go-back-n è semplice da implementare e aiuta a ridurre l'impatto dell'RTT, ma, se ci sono molte perdite risulta inefficiente:

- il detinatario accetta solo i frame in-sequence
- il mittente invia **tutti** i frame non confermati

selective repeat

E' un modo per migliorare il go-back-n

- il destinatario ora contiene un buffer e accetta i frame all'interno della finestra
- nell'ACK viene inviato, oltre al sequence number subito prima l'inizio della finestra, la lista di sequence number dei frame ricevuti correttamente ma fuori ordine
- il mittente quindi ritrasmette solamente quelli che non sono stati ACKd