

II Livello Trasporto

Obiettivi:

Comprendere i principi costitutivi dei servizi del livello trasporto:

- multiplexing/ demultiplexing
- Trasf. dati affidabile
- controllo flusso
- controllo congestione

Realizzazione in Internet

Panoramica:

Servizi del livello trasporto
 multiplexing/ demultiplexing
 trasporto connectionless : UDP
 principi del trasferimento dati affidabile
 Trasporto connection-oriented: TCP
 trasferimento affidabile
 controllo del flusso
 Management della connessione
 principi controllo congestione
 controllo congestione del TCP

Livello Trasporto 3a-1

Servizi e protocolli di Trasporto

Forniscono una comunicazione logica tra i processi applicativi in esecuzione su host differenti

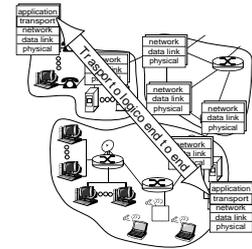
I protocolli di trasporto agiscono sugli end systems

Servizi di trasporto e di rete:

Livello network:
 trasferimento dati tra end systems

Livello trasporto:
 trasferimento dati tra processi

Si appoggia su, e migliora, i servizi di livello network



Livello Trasporto 3a-2

Protocolli del Livello Trasporto

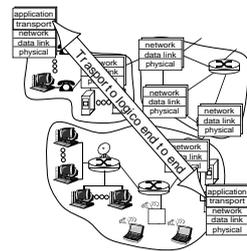
Servizi di trasporto Internet:

Consegna affidabile e ordinata di tipo unicast (TCP)

- congestione
- Controllo del flusso
- setup della connessione

Consegna inaffidabile ("best-effort"), disordinata di tipo unicast o multicast: UDP

servizi non disponibili:
 real-time
 garanzia sulla banda
 multicast affidabile



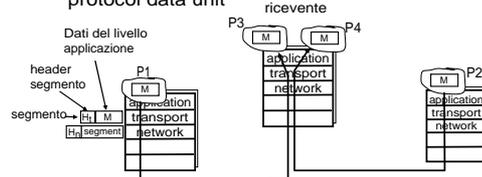
Livello Trasporto 3a-3

Multiplexing/demultiplexing

Segmento - unità di dati scambiati tra entità di livello trasporto

TPDU: transport protocol data unit

Demultiplexing: consegna dei segmenti ricevuti ad opportuni processi di livello applicazione



Livello Trasporto 3a-4

Multiplexing/demultiplexing

Multiplexing:
 raccolta dati dai processi di applicazione, imbustamento dati con header (poi usati per il demultiplexing)

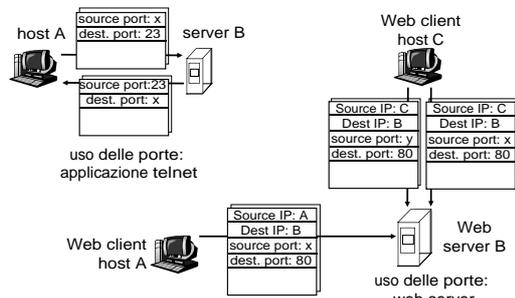
multiplexing/demultiplexing:
 Basati sui numeri di porta e gli indirizzi IP del mittente e del destinatario

- porte di source, dest in ogni segmento
- Porte well-known per applicazioni specifiche



Livello Trasporto 3a-5

Multiplexing/demultiplexing: esempi



Livello Trasporto 3a-6

UDP: User Datagram Protocol [RFC 768]

Il protocollo di trasporto di Internet "senza fronzoli"
 Servizio "best effort", i segm. UDP possono essere:
 persi
 Consegnati all'appl. fuori ordine
 connectionless:
 non c'è handshaking tra mittente e destinatario
 UDP
 ogni segmento UDP viene trattato separatamente dagli altri

Perchè esiste UDP?

Non occorre stabilire una connessione (meno ritardi)
 semplicità: non occorre gestire la connessione
 L'header del segmento è piccolo
 Non c'è controllo della congestione: l'UDP può spedire dati tanto velocemente quanto lo si desidera

Livello Trasporto 3a-7

UDP (2)

Spesso è utilizzato per le applicazioni con streaming multimedia che sono

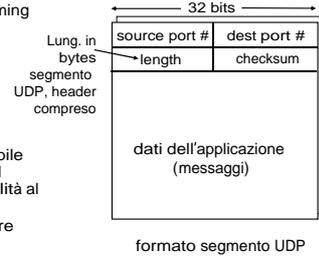
loss tolerant
 rate sensitive

Altri usi UDP:

DNS
 SNMP

Trasferimento affidabile con UDP: aggiungere il controllo dell'affidabilità al livello applicazione

Recupero dell'errore specifico per l'applicazione!



Livello Trasporto 3a-8

UDP checksum

Obiettivo: rilevare "errori" (per es., bit invertiti) nei segmenti trasmessi

Mittente:

contenuti del segmento trattati come sequenze di interi a 16-bit
 checksum: somma (in complemento a 1) dei contenuti del segmento
 Il mittente inserisce il valore del checksum nel campo checksum del pacchetto UDP

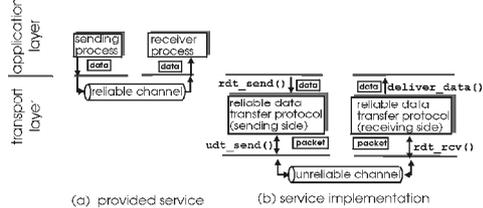
Destinatario:

Calcola il checksum del segmento ricevuto
 Verifica se il checksum calcolato è uguale al valore del campo checksum:
 NO - errore rilevato
 YES - nessun errore rilevato (non vuol dire che non ci siano errori ...)

Livello Trasporto 3a-9

Principi di trasferimento affidabile

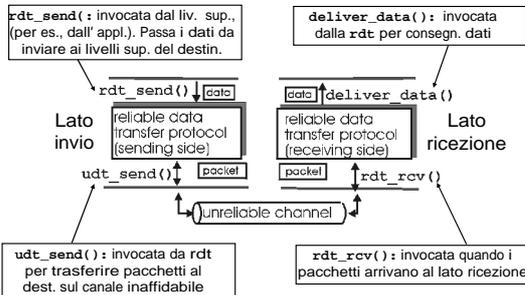
Importante per i livelli applicazione, trasporto, data link
 È nella top-10 delle problematiche di rete importanti!



Le caratteristiche di un canale inaffidabile determinano la complessità di un protocollo per il trasferimento affidabile dei dati (rdt - reliable data transfer)

Livello Trasporto 3a-10

Reliable data transfer (1)



Livello Trasporto 3a-11

Reliable data transfer: Introduzione

Sviluppiamo incrementalmente le parti mittente e destinatario di un protocollo rdt

Consideriamo solo trasferimenti monodirezionali

ma le info di controllo vanno in ambedue le direzioni!

mittente e destinatario come macchine a stati finiti



Livello Trasporto 3a-12

Rdt1.0: trasferim. affidabile su canale affidabile

Il canale sottostante è perfettamente affidabile
 Non ci sono errori nei bit
 Non si perdono pacchetti

FSMs separate per mittente e destinatario:
 Il mittente invia dati nel canale sottostante
 Il destinatario legge dati dal canale sottostante

(a) rdt1.0: sending side (b) rdt1.0: receiving side

Livello Trasporto 3a-13

Rdt2.0: canale con errori sui bit

Il canale può alterare i bits del pacchetto
 il checksum UDP usato per rilevare gli errori sui bit

la questione: come recuperare gli errori:
 acknowledgements (ACKs): il destinatario dice esplicitamente al mittente che il pkt ricevuto è OK
 negative acknowledgements (NAKs): il destinatario dice esplicitamente al mittente che il pkt ricevuto ha errori

Il mittente ritrasmette i pkt se riceve un NAK
 Un esempio umano che usa ACK e NAK?

Nuovi meccanismi nel rdt2.0 (rispetto a rdt1.0):
 Rilevamento errori
 Feedback del destinatario: msg di controllo (ACK,NAK)
 dal dest->mitt

Livello Trasporto 3a-14

rdt2.0: specifiche delle FSM

FSM del mittente FSM del destinatario

Livello Trasporto 3a-15

rdt2.0: in azione (nessun errore)

FSM del mittente FSM del destinatario

Livello Trasporto 3a-16

rdt2.0: in azione (scenario errori)

FSM del mittente FSM del destinatario

Livello Trasporto 3a-17

rdt2.0 ha un buco fatale!

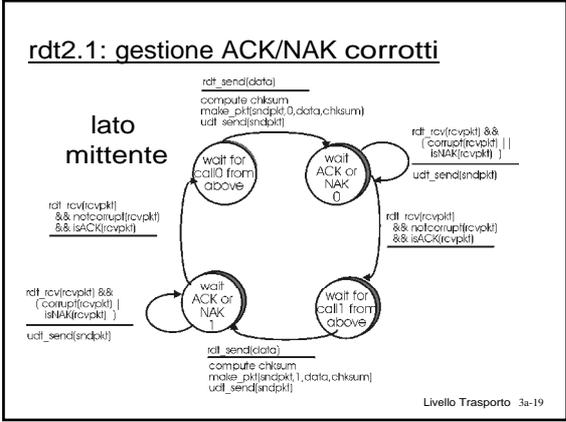
Che succede se si altera un ACK/NAK?
 Il mitt. non sa cosa è accaduto al dest!
 Non può ritrasmettere e basta: possibili duplicati

Trattamento duplicati:
 il mitt. aggiunge sequence number a ciascun pkt
 il mitt. ritrasmette il pkt corrente se ACK/NAK corrotti
 dest. scarta (non consegna ai livelli superiori) i pkt duplicati

Che fare?
 ACK/NAK del mittente e ACK/NAK del dest? Che succede se si perde un ACK/NAK del mittente?
 ritrasmettere, ma si possono ritrasmettere pacchetti ricevuti correttamente!

stop and wait
 il mittente invia un solo pacchetto e poi attende la risposta del destinatario

Livello Trasporto 3a-18

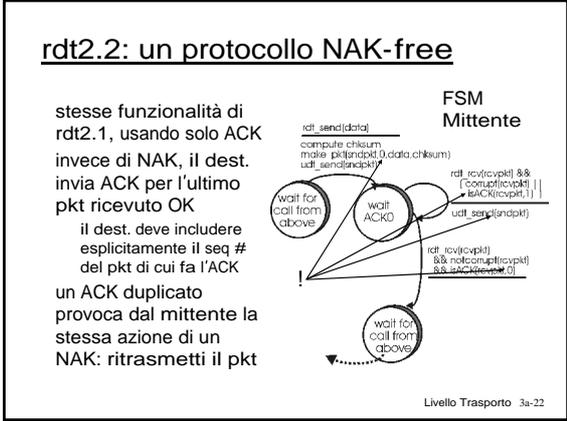


rdt2.1: discussione

Mittente:
 aggiunta di seq# al pkt bastano due seq# (0,1)
 Perché?
 deve controllare se vengono ricevuti ACK/NAK corrotti
 Il doppio degli stati
 lo stato deve "ricordare" se il pkt "corrente" ha seq# 0/1

Destinatario:
 Deve controllare se il pacchetto ricevuto è un duplicato
 lo stato indica se il seq # del pacchetto atteso deve essere 0 o 1
 nota: il dest. non può sapere se il suo ultimo ACK/NAK è stato ricevuto correttamente dal mittente

Livello Trasporto 3a-21



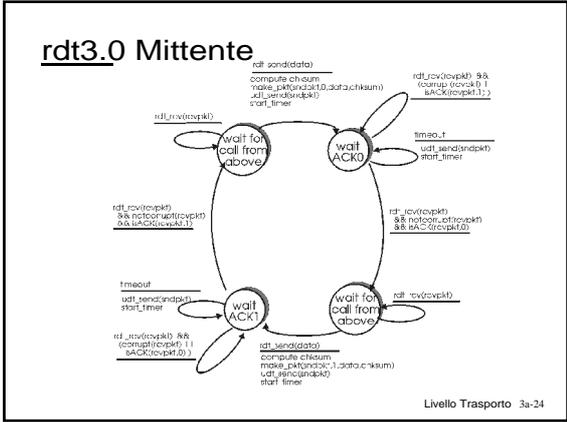
rdt3.0: canali con errori e perdite

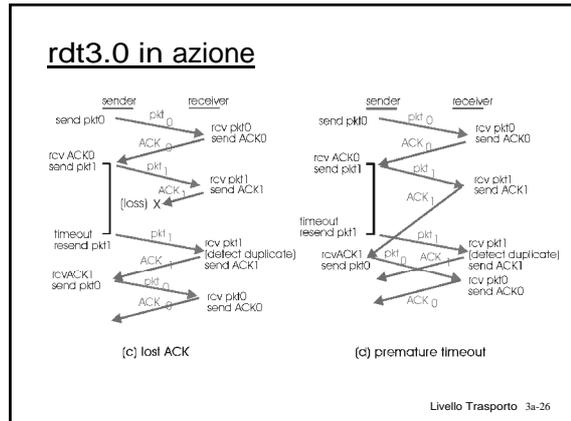
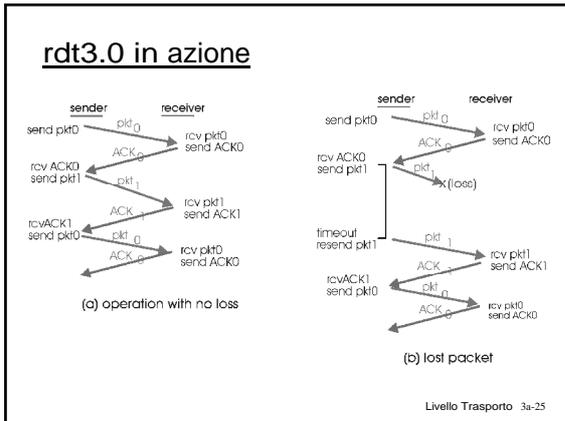
Nuova ipotesi: il canale sottostante può anche smarrire pacchetti (sia dati che ACK)
 checksum, seq. #, ACK, ritrasmissioni sono di aiuto ma non bastano

D: come gestire gli smarrimenti?

Un approccio: il mittente attende un "ragionevole" ammontare di tempo per un ACK
 Ritrasmette se non riceve ACK entro questo tempo se il pkt (o l'ACK) era solo in ritardo (non smarrito):
 la ritrasmissione genera un duplicato ma i seq. # sono già in grado di gestirlo
 il dest. Deve specificare il seq # del pkt di cui fa ACK
 Ci vuole un countdown timer

Livello Trasporto 3a-23





Performance del rdt3.0

rdt3.0 funziona, ma le prestazioni fanno schifo!
 esempio: link da 1 Gbps, ritardo prop. 15 ms e-e, pacchetto 1KB :

$$T_{\text{Trasm.}} = \frac{8\text{kb/pkt}}{10^{**9} \text{ b/sec}} = 8 \text{ microsec}$$

$$\text{Utilizzazione} = U = \frac{\text{frazione del tempo}}{\text{mitt. impegn. spedire}} = \frac{8 \text{ microsec}}{30.016 \text{ msec}} = 0.00015$$

1KB pkt ogni 30 msec -> 33kB/sec throughput su un link 1 Gbps
 Il protocollo limita l'uso delle risorse fisiche (teoricamente potresti andare a 128MB/sec!!!).

Livello Trasporto 3a-27

Protocolli Pipelined

Pipelining: il mittente accetta l'esistenza di molti pacchetti "in viaggio", non ancora riscontrati
 L'intervallo di numeri di sequenza si deve incrementare
 Bufferizzazione al mittente e/o al destinatario

(a) a stop-and-wait protocol in operation

(b) a pipelined protocol in operation

Due generiche forme di protocolli pipelined:
 go-Back-N, selective repeat

Livello Trasporto 3a-28

Go-Back-N

Mittente:
 k-bit seq # nell'header del pkt
 "finestra" consentita di (al massimo) N pacchetti consecutivi non riscontrati

ACK(n): riscontra tutti i pkts fino a seq # n - "ACK cumulativo"
 può nascondere ACK duplicati (vedi destinatario)
 Un solo timer
 timeout(n): ritrasmette il pkt n e tutti i pacchetti con seq # maggiori nella finestra

Livello Trasporto 3a-29

GBN: FSM estesa del mittente

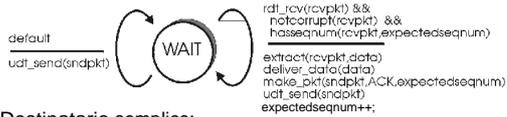
```

rdt_send(data)
{
  if (nextseqnum < base+N) {
    compute checksum
    make_pkt(ndp&pkt(nextseqnum), nextseqnum, data, checksum)
    udt_send(ndp&pkt(nextseqnum))
    if (base == nextseqnum)
      start_timer
    nextseqnum = nextseqnum + 1
  }
  else
    refuse_data(data)
}

rdt_rcv(rcv_pkt) && natsuccess(rcv_pkt)
{
  base = getchecksum(rcv_pkt)+1
  if (base == nextseqnum)
    stop_timer
  else
    start_timer
}
  
```

Livello Trasporto 3a-30

GBN: FSM estesa del destinatario



Destinatario semplice:

ACK-only: invia sempre un ACK per il pkt correttamente ricevuto col più alto seq # in-ordine può generare ACK duplicati

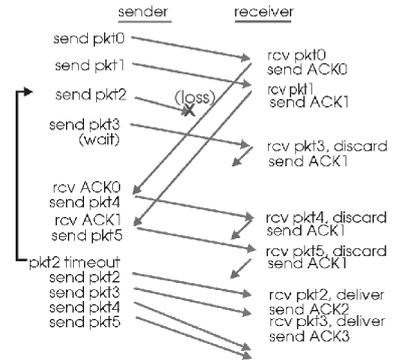
deve solo ricordare **expectedseqnum**

Pkt fuori ordine :

scarta (non bufferizza) -> non c'è buffer al destinatario! dai un ACK per il pkt con il più alto seq # in ordine

Livello Trasporto 3a-31

GBN in azione



Livello Trasporto 3a-32

Selective Repeat

destinatario riscontra individualmente tutti i pkt correttamente ricevuti

Bufferizza i pkt, come necessario, per poterli alla fine consegnare in ordine al livello superiore

mittente re-invia solo i pkt per i quali non riceve ACK

timer del mittente per ciascun pkt non riscontrato

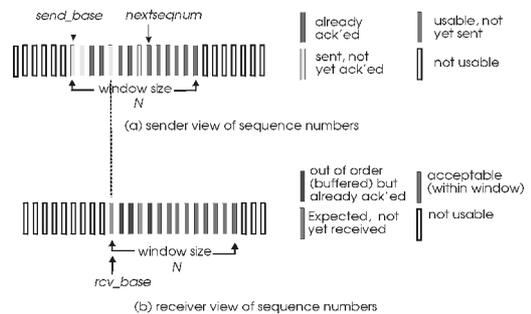
Finestra del mittente

N seq # consecutivi

Limita di nuovo i seq # dei pkt inviati e non riscontrati

Livello Trasporto 3a-33

Selective repeat: finestre mittente/destin.



Livello Trasporto 3a-34

Selective repeat

sender

Dati dall'alto:

Se c'è un seq # disponibile nella finestra, invia pkt

timeout(n):

reinvia pkt n, riavvia timer

ACK(n) in [sendbase, sendbase+N]:

segna pkt n come ricevuto if n è il più piccolo unACKed pkt, avanza window base al prossimo unACKed seq #

receiver

pkt n in [rcvbase, rcvbase+N-1]

invia ACK(n)

Fuori ordine: buffer

In ordine: consegna, avanza la window al prossimo pkt non ancora ricevuto

pkt n in [rcvbase-N, rcvbase-1]

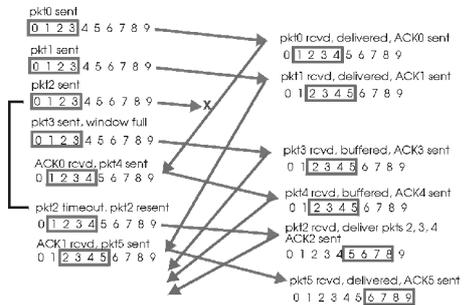
ACK(n)

altrimenti:

ignora

Livello Trasporto 3a-35

Selective repeat in azione



Livello Trasporto 3a-36

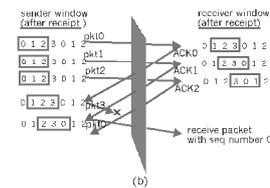
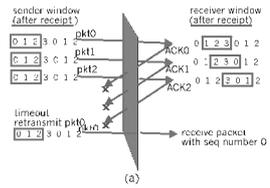
Selective repeat: un dilemma

Esempio:
seq #: 0, 1, 2, 3
window size=3

Il destinatario non
distingue le due
situazioni!

in (a) sbaglia e
considera come nuovi
pkt i duplicati

Q: che relazione tra la
dimensione dei seq # e
quella della window?



Livello Trasporto 3a-37

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.