

## Reti di calcolatori

### Livello Trasporto

Prof.ssa Simonetta Balsamo  
Dipartimento di Informatica  
Università Ca' Foscari di Venezia  
balsamo@dsi.unive.it  
<http://www.dsi.unive.it/~reti>

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.1

## Livello Transport scopo 1/2

- Gestisce una **conversazione diretta**, cioè senza intermediari, fra sorgente e destinazione
- il software di livello transport è presente solo sugli **host**, e non nei router della subnet di comunicazione
- I **servizi** principali offerti ai livelli superiori sono vari tipi di trasporto delle informazioni fra una transport entity su un host e la sua peer entity su un altro host
  - Servizi **affidabili orientati alla connessione** (tipici di questo livello)
  - Servizi **datagram** (poco usati in questo livello)

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.2

## Livello Transport scopo 2/2

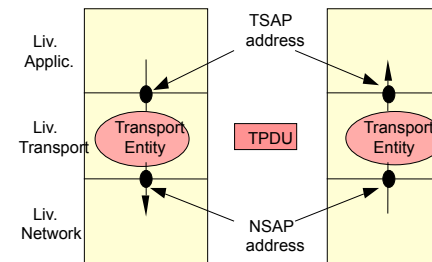
- Possibile specifica della **QoS (Quality of Service)** desiderata specie per servizi con connessione:
  - Massimo ritardo per l'attivazione della connessione
  - Throughput richiesto
  - Massimo ritardo di transito ammesso
  - Tasso d'errore tollerato
  - Tipo di protezione da accessi non autorizzati ai dati in transito

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.3

## Livello Transport



Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.4

## Livello Transport primitive

- Definiscono il modo di accedere ai servizi del livello
  - `accept()` Si blocca finché qualcuno cerca di connettersi
  - `connect()` Cerca di stabilire una connessione
  - `send()` Invia dei dati
  - `receive()` Si blocca finché arriva un TPDU
  - `disconnect()` richiesta di disconnessione

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.5

## Livello Transport protocolli 1/2

- I protocolli di livello transport assomigliano a quelli di livello data link.
  - Controllo degli errori
  - Controllo di flusso
  - Riordino dei TPDU
- Differenze fra livello data link (2) e trasporto (4):
  - Nel livello 2 un **singolo canale** di comunicazione fra entità paritarie
  - Nel livello 4 vi è l'**intera subnet** di comunicazione fra entità paritarie

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.6

## Livello Transport protocolli 2/2

- A livello trasporto:
  - Occorre indirizzare **esplicitamente** il destinatario
  - E' più complicato stabilire la connessione
  - Data la capacità di memorizzazione della rete, si possono ricevere TPDU inaspettati a destinazione
  - **Buffering** e **controllo di flusso** richiedono un approccio differente che nel livello data link, a causa del numero molto variabile di connessioni che si possono avere di momento in momento

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.7

## Livello Transport 3-way handshaking - **attivazione** 1/4

- Se si vuole attivare una connessione, si deve definire la struttura dell'indirizzo di livello transport, detto **TSAPaddress** (**Transport Service Access Point address**) con la forma **NSAP address, informazione supplementare**
- In Internet un TSAP address ha la forma:
  - **IP address:port number**

dove IP address è il NSAP address,  
port number è l'informazione supplementare

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.8

## Livello Transport 3-way handshaking - attivazione 2/4

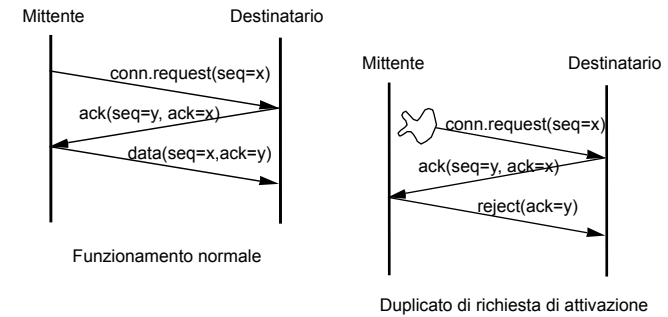
- Protocollo
  - Il richiedente invia un **TPDU** di tipo **conn.request** con un numero **x** proposto come inizio della sequenza
  - Il destinatario invia un **TPDU** di tipo **ack** contenente:
    - La conferma di **x**
    - La proposta di un numero **y** di inizio sequenza
  - Il richiedente invia un **TPDU** di tipo **dati** contenente:
    - I primi dati del dialogo
    - La conferma di **y**
- I valori **x** e **y** possono essere generati in modo da avere valori ogni volta diversi

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.9

## Livello Transport 3-way handshaking - attivazione 3/4

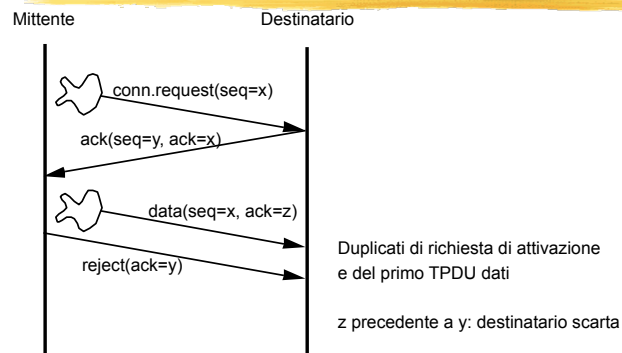


Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.10

## Livello Transport 3-way handshaking - attivazione 4/4



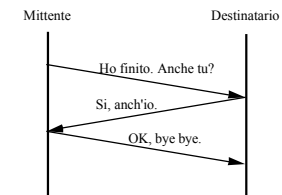
Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.11

## Livello Transport 3-way handshaking - rilascio 1/7

- Ci sono due tipi di rilasci:
  - **asimmetrico**: c'è possibile perdita di dati in una direzione
  - **simmetrico**: rilascio di due connessioni unidirezionali



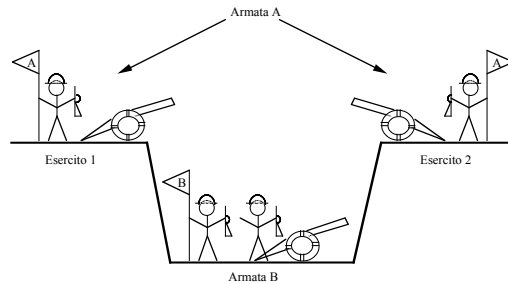
Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.12

## Livello Transport 3-way handshakig - rilascio 2/7

- Le cose non sono così semplici: c'è un problema famoso in proposito, il **problema delle due armate**:



Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.13

## Livello Transport 3-way handshakig - rilascio 3/7

- Definizione del problema delle due armate:
  - I due eserciti che compongono l'armata A sono ciascuno più debole dell'esercito che costituisce l'armata B
  - L'armata A nel suo complesso è più forte dell'armata B
  - I due eserciti dell'armata A possono vincere solo se attaccano contemporaneamente
  - I messaggi fra gli eserciti dell'armata A sono portati da messaggeri che devono attraversare il territorio dell'armata B, dove possono essere catturati

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.14

## Livello Transport 3-way handshakig - rilascio 4/7

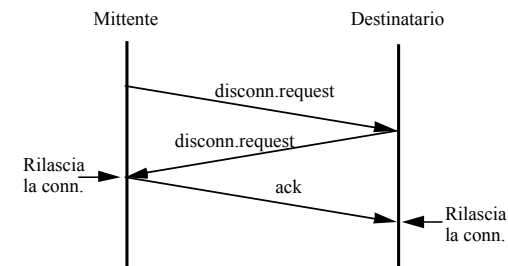
- Una possibilità è:
  - il comandante dell'esercito 1 manda il messaggio "attacchiamo a mezzanotte. Siete d'accordo?"
  - il messaggio arriva, un ok di risposta parte e arriva a destinazione, ma il comandante dell'esercito 2 esita perché non può essere sicuro che la sua risposta sia arrivata
- Non esiste soluzione!**

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.15

## Livello Transport 3-way handshaking - rilascio 5/7



Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.16

**6/7**



S. Balsamo A.A. 2010

B9 17

## 7/7



B0 19

**1/3**

- Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

B9 19

**2/3**

- Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9 20

## Livello Transport controllo flusso e buffering 3/3

- **Gestione buffering** grande variabilità di dimensione dei TPDU:
  - Pool di buffer **uguali**: poco adatto
  - Pool di buffer di **dimensioni variabili**: gestione più complessa, ma efficace
  - **Singolo array** (grande) per connessione, gestito circolarmente: adatto per connessioni gravose, spreco di spazio per quelle con poco scambio regole in base al tipo di traffico
  - **Traffico bursty ma poco gravoso**: niente buffer a destinazione, bastano buffer alla sorgente
  - **Traffico gravoso**: buffer grandi a destinazione

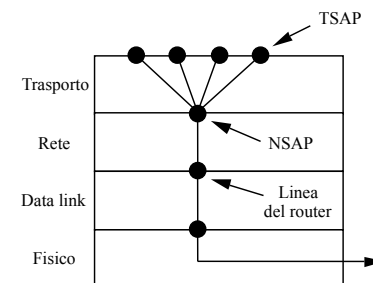
Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.21

## Livello Transport multiplex 1/2

- Se le connessioni di livello network (in una rete che le offre) sono costose da istituire, allora è conveniente convogliare molte conversazioni transport su un'unica connessione network (**upward multiplexing**)

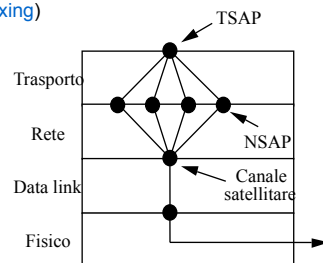


Livello trasporto

R9.22

## Livello Transport multiplex 2/2

- Se si vuole ottenere una banda superiore a quella consentita a una singola connessione network, allora si può guadagnare banda ripartendo la conversazione transport su più connessioni network (**downward multiplexing**)



Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.23

## Livello Transport Internet

- Il livello transport di Internet è basato su due protocolli:
  - **TCP (Transmission Control Protocol)**
  - **UDP (User Data Protocol)**
- TCP è stato progettato per fornire un flusso di byte affidabile, da sorgente a destinazione, su una rete non affidabile. Offre un servizio **reliable** e **connection oriented**
- Si occupa di:
  - Accettare dati dal livello application
  - Spezzarli in **segment**, il nome usato per i TPDU (max 64 Kbyte)
  - Consegnarli al livello network, eventualmente ritrasmettendoli
  - Ricevere segmenti dal livello network
  - Rimetterli in ordine, eliminando buchi e doppioni
  - Consegnare i dati, in ordine, al livello application

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.24

## Livello Transport socket 1/2

- Il socket number costituisce il TSAP.
- I port number hanno 16 bit. Quelli minori di 256 sono i cosiddetti **well-known port**, riservati per i servizi standard. Ad esempio

Port number	Servizio
7	Echo
20	Ftp (control)
21	Ftp (data)
23	Telnet
25	Smtp
80	Http
110	Pop versione 3

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.25

## Livello Transport socket 2/2

- Le caratteristiche più importanti sono:
  - Ogni byte del flusso TCP è numerato con un numero d'ordine a 32 bit, usato sia per il controllo di flusso che per la gestione degli ack
  - Un segmento TCP non può superare i 65.535 byte
  - Un segmento TCP è formato da:
    - Uno header, a sua volta costituito da:
      - Una parte fissa di 20 byte
      - Una parte opzionale
      - I dati da trasportare

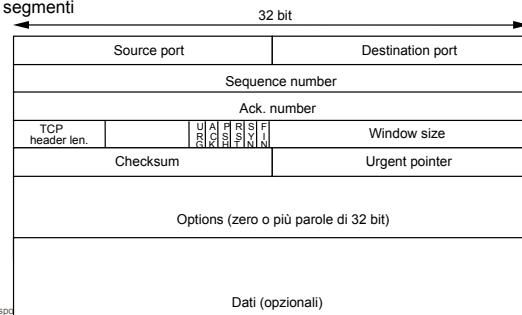
Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.26

## Livello Transport formato segmento TCP

- TCP usa un meccanismo di sliding window di tipo **go-back-n** con timeout. Se questo scade, il segmento si ritrasmette. Le dimensioni della finestra scorrevole e i valori degli ack sono espressi in numero di byte, non in numero di segmenti



Livello trasporto

R9.27

## Livello Transport - sequence number

- I campi dell'header hanno le seguenti funzioni:
  - Sequence number**: # del primo byte nel campo dati
  - Ack. Number**: # del prossimo byte aspettato
  - TCP header length**: quante parole di 32 bit nell'header
  - URG**: 1 se urgent pointer è usato, 0 altrimenti
  - ACK**: 1 se l'ack number è valido, 0 altrimenti
  - PSH**: dati urgenti (**pushed data**)
  - RST**: richiesta di reset
  - SYN**: in fase di setup della connessione (SYN=1 ACK=0 - richiesta - SYN=1 ACK=1 accettata connessione)
  - FIN**: per rilasciare una connessione
  - Window size**: # byte spedibili a partire da quello che confermato con l'ack #
  - Checksum**: simile a IP

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.28

## Livello Transport controllo congestione 1 /3

- TCP assume che, se gli ack non tornano in tempo, ciò sia dovuto a congestione della subnet piuttosto che a errori di trasmissione
- TCP è preparato ad affrontare due tipi di problemi:
  - Scarsità di buffer a destinazione
  - Congestione della subnet
- Ciascuno dei problemi viene gestito da una specifica finestra mantenuta dal mittente:
  - La finestra del buffer del ricevitore
  - La **congestion window**, quanto spendibile senza causare congestione

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.29

## Livello Transport controllo congestione 2/3

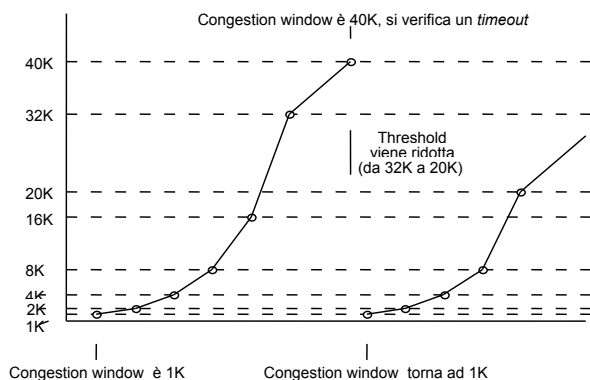
- La **congestion window** viene gestita:
  - Dimensione iniziale: max segmento usato nella connessione;
  - Per ogni ack a tempo la finestra *raddoppia* fino a un **threshold** poi aumenta linearmente di un segmento per volta
  - Quando si verifica un timeout per un segmento:
    - Il valore di threshold viene impostato alla *metà* della dimensione della congestion window
  - La dimensione della congestion window viene impostata alla dimensione del **max segmento** usato nella connessione

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.30

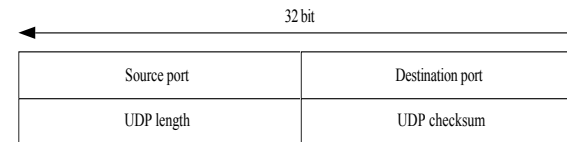
## Livello Transport controllo congestione 3/3



R9.31

## Livello Transport protocollo UDP

- Fornisce un flusso di byte non affidabile ed non connesso utile per inviare dati senza connessione (es. client-server)
- Lo header di un segmento UDP è molto semplice:



- La funzione **checksum** può essere disattivata, nel caso di traffico real-time (come voce e video)

Livello trasporto

S. Balsamo A.A. 2010

R9.32