

**Commutazione di circuito:**

- tempo impostazione chiamata iniziale
- Divisione per frequenza o per tempo

**Commutazione di pacchetto:**

- Multiplazione e demultiplazione (divido i pacchetti e li ricompongo)

**Ritardo di link**

$$d_{link} = d_{elab} + d_{queue} + d_{trasm} + d_{prop}$$

a = tasso medio di arrivo dei pacchetti

R = velocità di trasmissione in bps

L = lunghezza del pacchetto in bit

d = lunghezza collegamento fisico

s = velocità di propagazione del collegamento

$d_{elab}$  = ritardo di elaborazione dei dati

$d_{queue}$  = ritardo di collegamento =  $\frac{aL}{R}$

$d_{trasm}$  = ritardo di trasmissione =  $\frac{L}{R}$

$d_{prop}$  = ritardo di propagazione  $\frac{d}{s}$

**Throughput** = velocità del collegamento, determinato da quello minore tra i vari link

**TCP/IP (crescendo verso l'alto)**

Strato fisico (bit)

Strato di collegamento (frame dove vengono incapsulati i bit dallo strato fisico)

Strato di rete (pacchetti, instradamento nella rete)

Strato di trasporto (segmenti)

**COMUNICAZIONE VIRTUALE E INDIRETTA (invocazione di funzioni)**

SDU (service data unit) = dati che vengono scambiati tra due entità diversi (esempio fisico, collegamento)

PDU (protocol data unit) = dati nella stessa entità, SDU + header

**Connessioni http (vedere schema del tempo di risposta)**

Non persistenti: 2 RTT per ogni oggetto scambiato

Persistenti: 1 RTT per tutti gli oggetti in una connessione

**Round Trip Time (RTT):** Tempo impiegato da un pacchetto per andare dal client al server e ritornare

**Tempo di distribuzione di un file Architettura client-server**

$u_s$ : banda in upload del collegamento di accesso del server (bit/s)

$u_i$ : banda in upload del collegamento di accesso dell'i-esimo peer (bit/s)

$u_i$ : banda in download del collegamento di accesso dell'i-esimo peer (bit/s)

$F$ : dimensione del file (bit)

$N$ : numero dei peer

Il server invia in sequenza N copie:

$$Tempo = \frac{NF}{u_s}$$

Il client i impiega  $\frac{F}{d_i}$  per scaricare

$D_{cs}$  = Tempo di distribuzione di un file di dimensione F a N client usando l'approccio client/server che aumenta linearmente con N peer

$$D_{cs} = \max \left\{ \frac{NF}{u_s}, \frac{F}{\min(d_i)} \right\}$$

### TCP controllo di flusso

**SN (Sequence Number)**: riferito al primo byte (ottetto) contenuto nel segmento

**AckN (Acknowledgement Number)**: riferito al prossimo ottetto che l'entità ricevente aspetta di ricevere

**RecWindow (Window)**: esprime il numero massimo di ottetti che l'entità emittente può emettere senza ricevere un riscontro per alcuno di questi

### Round Trip Time (RTT) e timeout

$\text{EstimatedRTT} = (1 - \alpha) * \text{EstimatedRTT} + \alpha * \text{SampleRTT}$

$\text{DevRTT} = (1 - \beta) * \text{DevRTT} + \beta * |\text{SampleRTT} - \text{EstimatedRTT}|$

$\text{RTO} = \text{EstimatedRTT} + 4 * \text{DevRTT}$

### Throughput di una connessione TCP

L'efficienza (throughput - TH) di una connessione TCP, nell'ipotesi di overhead nullo e di assenza di ritrasmissioni, è dato da:

$$TH = \frac{\text{tempo di ritrasmissione utile in un RTT}}{RTT} = \min \left[ 1, \frac{W/C}{2\alpha/C} \right] = \min \left[ 1, \frac{W}{2\alpha} \right]$$
$$= \begin{cases} 1 & \text{se } W \geq 2\alpha \\ \frac{W}{2\alpha} & \text{se } W < 2\alpha \end{cases}$$

**Dove:**

- **W**: larghezza(byte) della finestra in trasmissione
- **C**: bit rate della connessione
- **d**: ritardo di propagazione sulla connessione
- **Cd**: prodotto banda-ritardo
- $\alpha = C \frac{d}{8}$  (rapporto tra ritardo di propagazione e tempo di trasmissione di un ottetto) prodotto

banda ritardo espresso in byte

$$W = 2 C \frac{d}{8}$$

**Awdn** = numero di segmenti di lunghezza massima (MSS) che possono essere inviati senza riscontro

Il valore di Awdn non deve superare il minimo tra le larghezze **Congwin della finestra di congestione** e **RecWindow della finestra di ricezione**:

$$Awdn \leq \min \{ Congwin, RecWindow \}$$

### Riassunto

Quando **CongWin** è sotto la soglia, il mittente è nella fase di **slow start**; la finestra cresce in modo esponenziale

Quando **CongWin** è sopra la soglia, il mittente è nella fase di **congestion avoidance**; la finestra cresce in modo lineare

Quando si verificano **tre ACK duplicati**, il valore di Soglia viene impostato a  $\frac{CongWin}{2}$  e CongWin viene impostata al valore di Soglia

Quando **scade il timeout**, il valore di Soglia viene impostato a  $\frac{CongWin}{2}$  e CongWin è impostata a 1 MSS

### Dimensionamento dei buffer

B dimensione dei buffer, N rappresenta i flussi

$$B = RTT * \frac{C}{\sqrt{N}}$$

### Classi di Indirizzi IP

In base a quanti 1 ho nella rappresentazione iniziale dotted

Classe A: 0

Classe B: 10

Classe C: 110

Classe D: 1110

Classe E: 11110

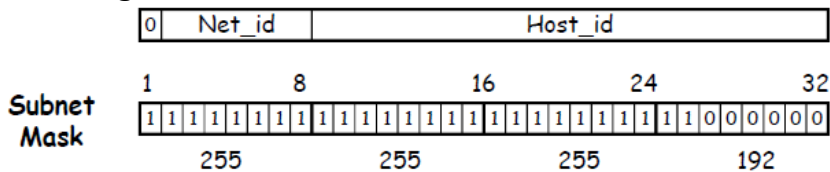
Indirizzi di classe A: 10.0.0.0

Indirizzi di classe B: da 172.16.0.0 a 172.31.0.0

Indirizzi di classe C: da 192.68.0.0 a 192.168.255.0

La subnet mask è una parola di 32bit in cui i bit uguali a **1** identificano i bit del **Net\_Id** e del **Subnet\_Id** mentre quelli uguali a 0 identificano i bit **dell'Host\_Id**

**Subnetting Statico** in cui tutte le subnet hanno la stessa maschera e una lunghezza fissa.



1 numero massimo di sottoreti possibili =  $2^{18} = 262.142$

2 numero massimo di host per sottorete =  $2^6 - 2 = 62$

**Longest Prefix Matching:** il router sceglie la direzione corrispondente al prefisso di lunghezza maggiore.

### Algoritmo con distance vector

**Iterativo, asincrono:** Ogni iterazione locale è causata da una variazione del costo di uno dei link locali o dalla ricezione da un nodo adiacente di un vettore distanza aggiornato

**Distribuito:** Ogni nodo aggiorna i suoi vicini solo quando il suo DV cambia, un router avvisa i nodi adiacenti solo se necessario

### Delay di trasferimento di un messaggio

**Delay minimo:**  $T_{\text{prop}} + \frac{L}{R} = \frac{d}{c} + \frac{L}{R}$

**Campionamento:** Divido il segnale in livelli. Ogni tot tempo prendo un campione (**sampling**) e lo approssimo al livello più vicino. A seconda del livello sul quale cade gli assegno un certo numero di bit. Il numero di bit dipende dal numero di livelli in cui divido il segnale. (3 bit =  $2^3$  8 livelli, 8 bit =  $2^8$  256 livelli)

Il bit rate **BR** in questo caso diventerà =  $\frac{\text{numerodibit}}{\text{campione}} * \frac{\text{numerodicampioni}}{\text{secondo}}$  e da esso dipenderà la qualità del segnale.

### Teorema del campionamento

La larghezza di Banda (Bandwidth)  $W_s(\text{Hz})$  indica quanto velocemente il segnale varia nel tempo.

$F_c = 2 \times W_s$  e da questo ottengo che  $T_c = \frac{1}{F_c}$  è il tempo di ogni quanto campione.

## Libro uomo

### Argomenti

- 1) Topologie di rete: 1-4
- 2) Sorgenti informativa (VBR) ritmo picco/medio, intermittenza: 5-7
- 3) Architetture protocollari (interazione fra stati, capacità e efficienza): 9-11
- 4) Assegnazione delle risorse (capacità, TDMA/FDMA, ON/OFF): 13-15/ 17-21 /24-26
- 5) Ritardi di trasferimento (valore minimo di L): 28-35 (calcolo del valore di H)
- 6) Accesso multiplo con assegnazione dinamica (valore di L, Dimensione unità, CSMA/CD): 39-41
- 7) Reti in area locale (CSMA/CD, hub-bridge): 43-45
- 8) Procedure di recupero d'errore (STOP&WAIT, GO-BACK-N, riemissione selettiva e non) : 48-57  
**(IMPORTANTI)**
- 9) Protocollo IP frammentazione: 61-75 **(IMPORTANTI)**
- 10) Protocollo TCP: 76-78 (esercizio 77 tabella)

**Ritmo binario medio:** numero di bit emessi complessivamente in un periodo

$$(\text{esempio } R_m = \frac{125 \text{ kbit}}{20 \text{ s}} = 6.25 \text{ kbit/s})$$

**Ritmo di picco:** massimo valore di ritmo binario  $R_p$

$$\text{Grado di intermittenza: } G = \frac{R_p}{R_m} = \text{ritmo di picco/ritmo medio}$$

$$\text{Coefficiente di attività: } A = \frac{1}{G}$$

$$\text{Capacità: } C = \frac{\text{numero di bit complessivi emessi in un trama}}{\text{durata temporale della trama stessa}}$$

$$\text{Efficienza: } E = \frac{\text{numero di bit utili (dati) da trasferire}}{\text{numero complessivo di bit trasferiti}}; E = \frac{R_p}{C}$$

$$\text{Valore minimo di L, avviene quando: } \frac{L}{R} = \frac{L+H}{C}$$

$$\text{Rendimento massimo } \max \rho = \frac{1}{1+\alpha} = \frac{1}{1+\frac{RD}{M}} \quad (\text{esempio esercizio 40})$$

Con D ritardo di propagazione

Da cui:

$$L = \frac{1-\max \rho}{\max \rho} \quad M = \frac{\max \rho}{1-\max \rho}$$

**Nel caso di CSMA/CD (esempio esercizi 41 ecc)**

$$L_{min} = (2D + T_R) * R$$

$$E = \frac{T}{T + \frac{2D}{A}}$$

Esercizio 43

$$E = \frac{1}{1 + \frac{2eLR}{cF}}$$

**Finestra critica (esercizio 54)**

$$W_s \geq \frac{T_c}{H+L}$$

**Portata media normalizzata**

$$P = \frac{W_s * L}{T_c} * \frac{1}{C}$$

# **ERRORI NEL LIBRO**

|                                      |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| Pg. 87<br>Rg. 11                     | $D_1 = 3 * D + \frac{H + M}{C} =$ $3 * 0,5 \text{ ms} + \frac{(48 + 800) \text{ bit}}{40 \text{ kbit/s}} = 65,1 \text{ ms}$ | $D_1 = 3 * D + 3 * \frac{H + M}{C} =$ $3 * 0,5 \text{ ms} + 3 * \frac{(48 + 800) \text{ bit}}{40 \text{ kbit/s}} = 65,1 \text{ ms}$ |
| Pg. 92<br>Rg. 18                     | 2. Espressione e valore numerico dell'efficienza  | 2. Valore del ritardo di trasferimento  |
| Pg. 165<br>Rg. 7                     | ...una riga per R2  | ...una riga per R3  |
| Pg. 168<br>Rg. 7                     | ...ottiene la rete 129.80.64.0/19   | ...ottiene la rete 149.80.64.0/19   |
| Pg. 171<br>Rg. 6                     | ...avrà indirizzo 193.212.100.  | ...avrà indirizzo 193.212.100.0   |
| Pg. 173<br>Rg. 9                     | ...tecnica del <i>subnetting</i>  | ...tecnica del <i>subnetting</i> con maschere di lunghezza variabile  |
| Pg. 174<br>Rg. 20                    | →195.168.13.166/28  | →195.168.13.174/28  |
| Pg. 177<br>Rg. 11                    | ...che ha indirizzo 140.25.220.0/19   | ...che ha indirizzo 140.25.220.0/23   |
| Pg. 180<br>Rg. 3<br>della<br>tabella | eth1  | eth2  |
| Pg. 180<br>Rg. 4<br>della<br>tabella | eth1  | eth2  |
| Pg. 182<br>Rg. 3                     | inoltare tutto il traffico ...  | inoltare attraverso Y tutto il traffico diretto verso le sottoreti indicate in figura, tranne...                                    |
| Pg. 182<br>Rg. 4                     | verso l'host H  | verso l'host 151.100.45.163   |
| Pg.182<br>Figura                     | manca indirizzo di Router X su 134.90.9.0   | aggiungere 134.90.9.1   |