



**UNICAM**  
UNIVERSITÀ DI CAMERINO

**Laurea  
in  
INFORMATICA**

Internet Reti Sicurezza A.A. 2024/2025  
Capitolo 1 – INTERNET & RETI di CALCOLATORI  
Fausto Marcantoni  
fausto.marcantoni@unicam.it

1



**Dichiarazione di copyright**

*L'utilizzo dei contenuti della lezione sono riservati alla fruizione personale degli studenti iscritti ai corsi dell'Università di Camerino. Sono vietate la diffusione intera o parziale di video o immagini della lezione, nonché la modifica dei contenuti senza il consenso, espresso per iscritto, del titolare o dei titolari dei diritti d'autore e di immagine.*

**Copyright notice**

*The contents of this lesson are subject to copyright and intended only for personal use by students enrolled in courses offered by the University of Camerino. For this reason, any partial or total reproduction, adaptation, modification and/or transformation of the contents of this lesson, by any means, without the prior written authorization of the copyright owner, is strictly prohibited.*



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.2

2

Reti di elaboratori

## Chapter 1: Internet & Reti di Calcolatori

**Obiettivo del corso:**

- Avere una visione d'insieme del "networking"
- approccio:
  - descrittivo
  - Usare Internet come "paradigma"

**Paradigma:** *concetto trasversale che guida nell'analisi dei saperi.*

**Overview:**

- Che cos'è INTERNET
- Cosa sono i protocolli
- Network edge
- Network core
- access net, physical media
- Struttura Internet/ISP
- performance: loss, delay
- protocol layers, service models

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.3

3

Reti di elaboratori

## Cosa è Internet in termini pratici (1/3)

- Una rete che collega tra loro una molteplicità di unità di calcolo sparse geograficamente
- Unità di calcolo → PC – workstation – host – end system – terminali - ...
- Link di comunicazione collegano tra di loro i terminali con velocità (larghezza di banda) differenti
- I terminali normalmente non sono collegati direttamente tra loro ma indirettamente attraverso dispositivi di commutazione (router)
- Un router preleva un pezzo di informazione (pacchetto) che arriva in ingresso e lo reindirizza su uno dei link di uscita

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.4

4

Reti di elaboratori

## Cosa è Internet in termini pratici (2/3)

- L'itinerario compiuto dal pacchetto è conosciuto come **route** o **path** attraverso la rete
- Non esiste un percorso dedicato fra i terminali, ma più terminali condividono un intero cammino o parte di esso (**commutazione di pacchetto**)
- I terminali accedono ad Internet attraverso gli **Internet Service Provider (ISP)** che si interconnettono tra di loro
- Ogni **ISP** costituisce un rete di router e link e consente l'accesso ai privati in una molteplicità di forme

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.5

5

Reti di elaboratori

## Cosa è Internet in termini pratici (3/3)

- I terminali come altri pezzi di Internet eseguono **protocolli** che controllano l'invio e la ricezione (**TCP-IP**)
- La **internet pubblica** è quella a cui ci si riferisce normalmente, ma esistono una infinità di reti private che usando gli stessi hardware e software della pubblica vengono chiamate **INTRANET**
- A livello tecnico internet è resa possibile dalla **creazione**, dalla **prova** e dall'**implementazione** di standard sviluppati da **IETF (Internet Engineering Task Force)**
- I documenti degli standard sono chiamati **RFC (Request For Comment)**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.6

6

Reti di elaboratori

## Componenti di base di Internet

Legenda:

- Host (sistemi periferici)
- Server
- Computer portatile
- Computer a pacchetto
- Commutatore a livello di collegamento (switch)
- Modem
- Stazione base
- Telefono cellulare
- Stazione per telecomunicazioni

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.7

7

Reti di elaboratori

## Modello Client e Server

Il modello Client-Server è costituito da un insieme di processi in esecuzione (applicazione distribuita) su diversi host: i processi che gestiscono una o più risorse sono detti **server** mentre quelli che richiedono l'accesso ad alcune di queste risorse distribuite sono detti **client**.

**Un processo server può a sua volta diventare client ed essere contemporaneamente sia client che server.**

È importante non fare confusione tra server e servizio

- Servizio: Entità astratta fornita da uno o più server;
- Server: Insieme di macchine, spesso eterogenee, che ospitano diversi servizi.

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.8

8

## Applicazione distribuita

per applicazione distribuita si intende:

***un'applicazione costituita da due o più processi che vengono eseguiti in parallelo su sistemi distinti connessi da una rete di comunicazione.***

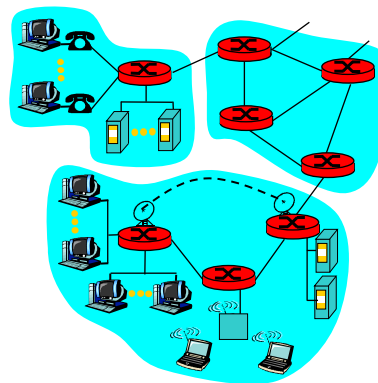
I processi che costituiscono una applicazione distribuita cooperano **sfruttando** i **servizi forniti dalla rete** di comunicazione e dal sistema operativo del sistema.



## Internet in una visione orientata ai servizi

Servizi messi a disposizione da INTERNET:

- **Infrastruttura di comunicazione**
  - consente applicazioni distribuite:
    - Web, email, games, e-commerce, database, e-voting, file sharing, P2P, social network, ...
- **Due tipi di servizi alle applicazioni distribuite:**
  - Servizio affidabile - **connection-oriented**
  - Servizio Non affidabile - **connectionless**
- **Nessuna garanzia del tempo richiesto per spedire i dati**



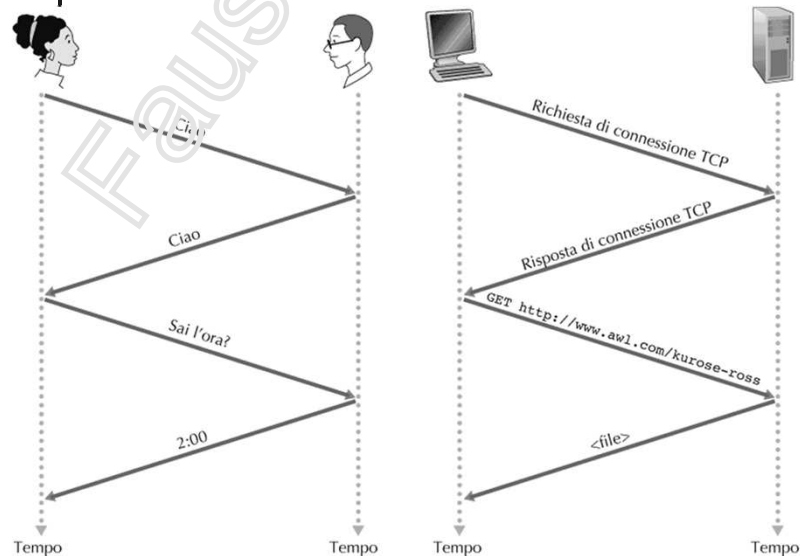
## Che cos'è un PROTOCOLLO?

un insieme di regole formalmente descritte, definite al fine di favorire la comunicazione tra uno o più entità

- ✓ Un **protocollo di rete** è simile a un "protocollo umano".
- ✓ Linee guida - Normativa - ± Standard
- ✓ Qualsiasi attività in Internet che coinvolge due o più entità remote in comunicazione viene **governata** da un protocollo.
- ✓ Un protocollo definisce **il formato e l'ordine dei messaggi** scambiati tra due o più entità in comunicazione.

11

## Che cos'è un PROTOCOLLO?



12

|   |  |
|---|--|
| Reti di elaboratori   | <h2 style="color: blue; margin: 0;">Protocollo : considerazioni</h2> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>Ci sono specifici messaggi che inviamo, e specifiche azioni che facciamo in risposta al messaggio di ritorno o ad altri eventi</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ per esempio:           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ nessuna risposta entro un dato tempo</li> <li>■ un messaggio non richiesto</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ <i>Se le persone operano secondo protocolli diversi (per esempio: se una ha modi di fare che l'altra non ha, o se una capisce il concetto di tempo e l'altra no) i protocolli non interagiscono e non si può produrre lavoro utile.</i></li> <li>■ <b>per poter raggiungere gli obiettivi le due o più entità presenti devono adottare lo stesso protocollo.</b></li> </ul> |  |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori                             |
| 1.13  |  |

13

|   |  |
|---|--|
| Reti di elaboratori   | <h2 style="color: blue; margin: 0;">Protocollo: definizione</h2> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Tutte le attività in Internet</b> che coinvolgono due o più entità remote atte alla comunicazione <b>sono gestite da un protocollo.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Il protocollo nei <b>router</b> determina il percorso del pacchetto dalla sorgente al destinatario</li> <li>■ i protocolli implementati dall'<b>hardware</b> nelle schede di interfaccia con la rete di due calcolatori fisicamente connessi controllano il flusso di bit sul "cavo" fra le due schede di interfaccia</li> <li>■ nei terminali il <b>protocollo di controllo della congestione</b> regola la velocità con cui i pacchetti sono trasmessi tra la sorgente e il destinatario.</li> </ul> </li> </ul> |  |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori                         |
| 1.14  |  |

14

Reti di elaboratori

## Protocollo: definizione

Un protocollo definisce il **formato** e l'**ordine** dei messaggi scambiati tra due o più entità in comunicazione, così come le **azioni** che hanno luogo a seguito della trasmissione e/o ricezione di un messaggio o di altri eventi.

| IPv4 Header (RFC 791)          |  |  |  |                   |  |  |  |                         |  |  |  |   |  |  |  |                                   |  |  |  |               |  |  |  |                          |  |  |  |                      |  |  |  |                  |  |  |  |                          |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|-------------------|--|--|--|-------------------------|--|--|--|---|--|--|--|-----------------------------------|--|--|--|---------------|--|--|--|--------------------------|--|--|--|----------------------|--|--|--|------------------|--|--|--|--------------------------|--|--|--|
| Byte Offset 0                  |  |  |  | Byte Offset 1     |  |  |  | Byte Offset 2           |  |  |  | Byte Offset 3                           |  |  |  | Byte Offset 4                     |  |  |  | Byte Offset 5 |  |  |  | Byte Offset 6            |  |  |  | Byte Offset 7        |  |  |  |                  |  |  |  |                          |  |  |  |
| Version (4-bit)                |  |  |  | IP length (4-bit) |  |  |  | Type of Service (8-bit) |  |  |  | Total Length (16-bit) (in Byte Offsets) |  |  |  | IP Identification Number (16-bit) |  |  |  | R DF          |  |  |  | Fragment Offset (13-bit) |  |  |  | Time to Live (8-bit) |  |  |  | Protocol (8-bit) |  |  |  | Header Checksum (16-bit) |  |  |  |
| Source IP Address (32-bit)     |  |  |  |                   |  |  |  |                         |  |  |  |   |  |  |  | Destination IP Address (32-bit)   |  |  |  |               |  |  |  |                          |  |  |  |                      |  |  |  |                  |  |  |  |                          |  |  |  |
| IP Options (variable...if any) |  |  |  |                   |  |  |  |                         |  |  |  |   |  |  |  |                                   |  |  |  |               |  |  |  |                          |  |  |  |                      |  |  |  |                  |  |  |  |                          |  |  |  |
| data (variable...)             |  |  |  |                   |  |  |  |                         |  |  |  |   |  |  |  |                                   |  |  |  |               |  |  |  |                          |  |  |  |                      |  |  |  |                  |  |  |  |                          |  |  |  |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.15

15

Reti di elaboratori

## Uno sguardo più approfondito della struttura della rete :

- network edge** (sezioni di accesso):
  - applicazioni
  - host
- network core:**
  - routers
  - network of networks
- physical media:**
  - communication links
  - cabling

ordine di importanza

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.16

16



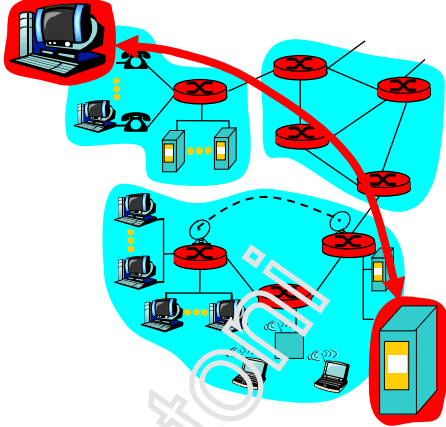
Reti di elaboratori

## The network edge

**end systems (hosts)**

- run application programs
- e.g. Web, email
- at "edge of network"

- **client/server model**
  - client host requests, receives service from always-on server
  - e.g. Web browser/server; email client/server
- **peer to peer model:**
  - minimal (or no) use of dedicated servers
  - e.g. Gnutella, KaZaA, WinMX, emule, torrent, ...
  - *Every machine can be a client and a server, both. Thus all machines are peers of each other.*

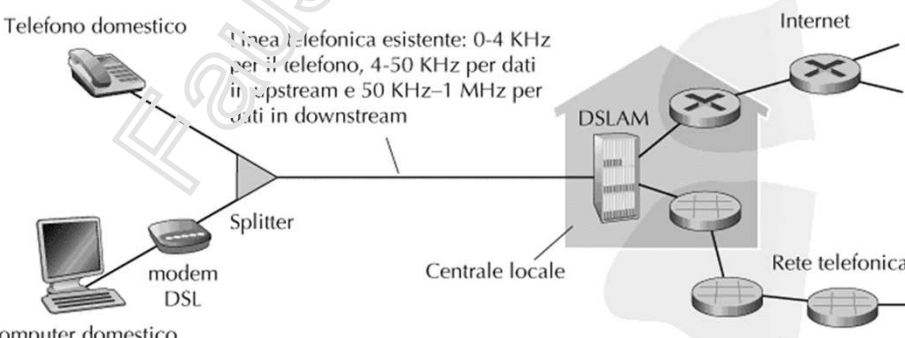


Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.17

17

Reti di elaboratori

## The network edge: a casa vostra



Telefono domestico

Linea telefonica esistente: 0-4 KHz per il telefono, 4-50 KHz per dati in upstream e 50 KHz-1 MHz per dati in downstream

Internet

Splitter

modem DSL

Centrale locale

Computer domestico

Rete telefonica

DSLAM



Il **DSLAM** (Digital **subscriber line** access multiplex) è un moltiplicatore digitale che raccoglie le varie linee Adsl e le moltiplica su un canale di comunicazione a **velocità** maggiore: questo può essere nella maggior parte dei casi un **Virtual Path ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*), oppure un canale **SDH** (*Synchronous Digital Hierarchy*) o un canale **Ethernet**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.18

18

|                     |   |      |
|---------------------|---|------|
| Reti di elaboratori | <h2 style="color: blue; margin: 0;">ONU Optical Network Unit</h2> <p>la classica unità con "cappello rosso" (si chiamano ONU Optical Network Unit ) che sormonta i cabinet</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> |      |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori  | 1.19 |

19

|                     |   |      |
|---------------------|---|------|
| Reti di elaboratori | <h2 style="color: blue; margin: 0;">Optical Network Unit (ONU)</h2> <p>"Optical Network Unit (ONU)": l'apparato attivo, di interfaccia tra la rete in fibra ottica e la rete in rame, <b>dislocato nelle vicinanze dell'utente finale</b> e, specificatamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nell'ambito stradale, nelle reti di accesso FTTN (FTTC)</li> <li>• alla base e in prossimità dell'edificio, nelle reti FTTB</li> </ul> <p>Si interfaccia con le NT (la NT è la terminazione di rete quando l'utente finale è attestato alla rete in rame) degli utenti finali.<br/>La ONU è dislocata in centrale locale nel caso di utenti attestati su rete rigida;</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">   <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: left; font-size: small;">             AUTORITÀ PER LE<br/>GARANZIE NELLE<br/>COMUNICAZIONI           </div> </div> <p style="font-size: x-small; color: red; margin-top: 5px;"><a href="https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Delibera+348-19-CONS/1fe1fd57-1b27-4755-bfd6-89455e12ce09?version=1.0">https://www.agcom.it/documents/10179/15564025/Delibera+348-19-CONS/1fe1fd57-1b27-4755-bfd6-89455e12ce09?version=1.0</a></p> |      |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori  | 1.20 |

20



**Reti di elaboratori**

## FTTN, FTTH, FTTS, FTTC, FTTB

Optical fibers      Metallic cables

>1000ft. (300m)      FTTN

<1000ft. (300m)      FTTC

FTTB

FTTH

Fibra Ottica  
TIM  
4032

**Fausto Marcantoni**      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.23

23

**Reti di elaboratori**

## FTTC

### Soluzione FTTCab

Casa del cliente      Centrale

Rete secondaria in rame      Rete primaria ottica

VDSL2 30+100M 3+20M

ONU Cab

Alimentazione e Condizionamento

Permutatori

Apparati di rete

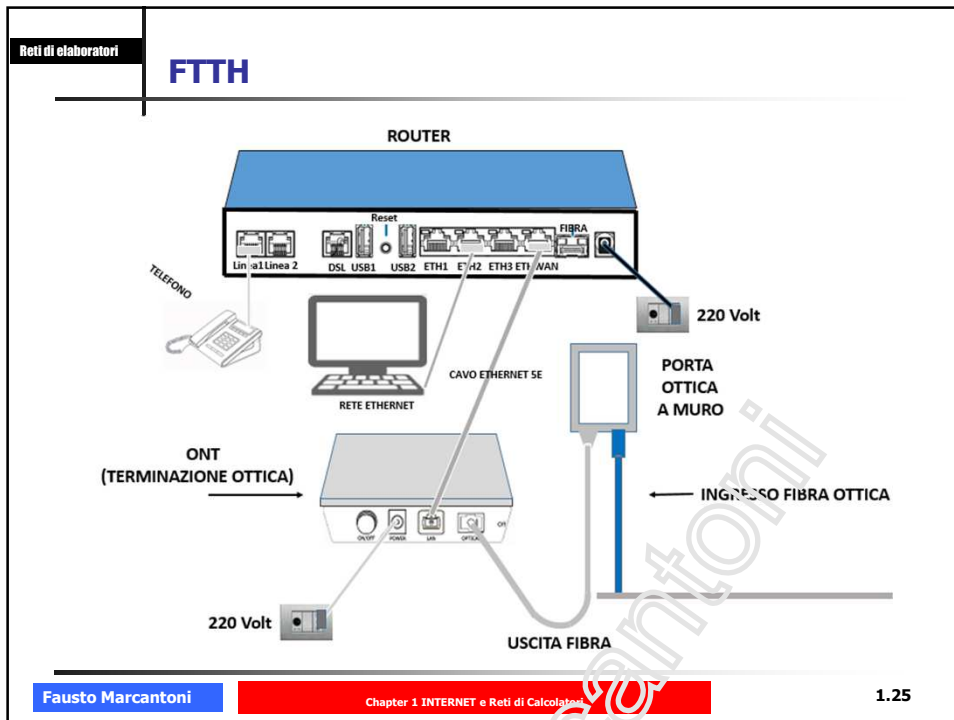
OLT

Borchia

Distributore      Armadio stradale      Camerette      Cunicolo      Muffole

**Fausto Marcantoni**      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.24

24



25



26

# open fiber

Open Fiber nasce per realizzare un'infrastruttura di rete a banda ultra larga (BUL) in fibra ottica FTTH (Fiber To The Home) in tutte le regioni italiane. Per realizzare il nostro progetto abbiamo scelto il modello di business "wholesale only" così da garantire un libero accesso a tutti gli Operatori interessati, a parità di condizioni, fornendo agli utenti finali una vasta possibilità di scelta.

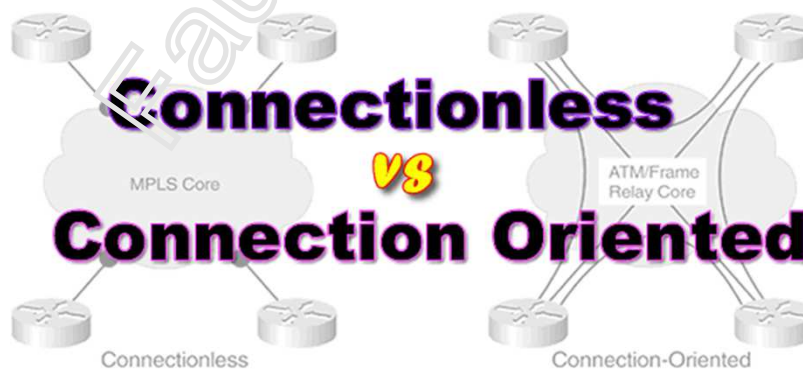
<https://openfiber.it/verifica-copertura/>

<https://openfiber.it/piano-copertura/stato-dei-lavori/>

<https://borsaefinanza.it/open-fiber-cose-e-cosa-fa/>


<https://fibra.click/openfiber/>

<https://www.key4biz.it/open-fiber-qual-e-futuro-e-a-rischio-la-continuita-aziendale/453307/>



Reti di elaboratori

# IETF - RFC



## IETF (Internet Engineering Task Force)

Internet standards

RFCs

RFC Editor

RFC documents contain technical specifications and organizational notes for the Internet. <https://www.rfc-editor.org/>

| Number                    | Files  | Title                                | Authors   | Date           | More Info   | Status  |
|---------------------------|--|--------------------------------------|-----------|----------------|---|---|
| RFC 20<br>a.k.a. STD 80   | ASCII, PDF, PDF with images, HTML, HTML with inline errata | ASCII format for network Interchange | V.G. Cerf | October 1969   | Errata  | Internet Standard (changed from Unknown January 2013) |
| RFC 768<br>a.k.a. STD 6   | ASCII, PDF, HTML   | User Datagram Protocol               | J. Postel | August 1980    |   | Internet Standard                                     |
| RFC 791<br>part of STD 5  | ASCII, PDF, HTML, HTML with inline errata                  | Internet Protocol                    | J. Postel | September 1981 | Errata, Obsoletes RFC 760, Updated by RFC 1122, RFC 2453, RFC 6864                                  | Internet Standard                                     |
| RFC 792<br>part of STD 5  | ASCII, PDF, HTML, HTML with inline errata                  | Internet Control Message Protocol    | J. Postel | September 1981 | Errata, Obsoletes RFC 777, Updated by RFC 2453, RFC 4884, RFC 6633, RFC 6918                        | Internet Standard                                     |
| RFC 793                   | ASCII, PDF, HTML, HTML with inline errata                  | Transmission Control Protocol        | J. Postel | September 1981 | Errata, Obsoletes RFC 701, Obsoleted by RFC 2293, Updated by RFC 1122, RFC 3168, RFC 4024, RFC 4528 | Internet Standard                                     |
| RFC 821<br>part of STD 10 | ASCII, PDF, HTML   | Simple Mail Transfer Protocol        | J. Postel | August 1982    | Obsoletes RFC 785, Obsoleted by RFC 2821  | Internet Standard                                     |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.29

29


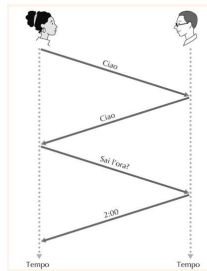
Reti di elaboratori

## Network edge: connection-oriented service

### connection-oriented service

**obiettivo: trasferire dati tra due sistemi (end-system)**

- *Handshaking* – stretta di mano
- setup (prepare for) data transfer ahead of time
  - Ciao....., esempio di protocollo tra umani
  - *set up "state"*
    - Inizio di una comunicazione tra due sistemi
- TCP - Transmission Control Protocol
  - Internet's connection-oriented service

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.30

30

Reti di elaboratori

## Network edge: connection-oriented service

### connection-oriented service

**TCP service** [RFC 793] → [RFC 9293]

<http://www.ietf.org/rfc/rfc0793.txt?number=793>  
<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9293.html>

- *reliable* (**affidabilità**), in-order byte-stream data transfer
  - loss: acknowledgements and retransmissions
- *flow control* (**controllo di flusso**):
  - sender won't overload receiver
- *congestion control* (**controllo della congestione**):
  - senders "slow down sending rate" when network congested

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.31

31

Reti di elaboratori

## Network edge: connectionless service

### connectionless service

**obiettivo: trasferire dati tra due sistemi (end-system)**

- same as before!
- No *Handshaking*
- *set up "state"*



- UDP - User Datagram Protocol
  - Internet's connectionless service

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.32

32




Reti di elaboratori

## Network edge: connectionless service

### connectionless service

- **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]
  - <http://www.ietf.org/rfc/rfc0768.txt?number=768>
- Internet's connectionless service
  - unreliable data transfer
  - no flow control
  - no congestion control



Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.33

33

Reti di elaboratori

## Network edge: connectionless service

**Applications using TCP:**

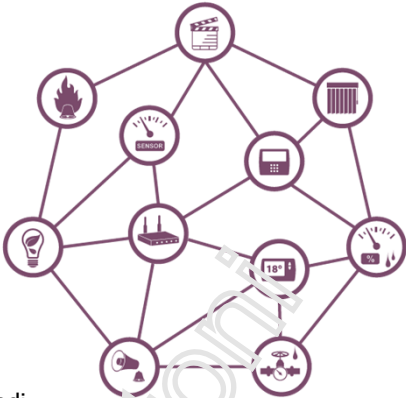
- HTTP (Web)
- FTP (file transfer)
- Telnet - SSH (remote login)
- SMTP (email)
- DNS (zone transfer)

**Applications using UDP:**

- Streaming media
- Teleconferencing
- DNS
- VOIP - Internet telephony
- RIP - routing protocol
- NFS - network file system
- SNMP (Simple Network Management Protocol)

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.34

34

|   |  |
|---|--|
| Reti di elaboratori   | <h2>The Network Core</h2>                |
| <p><b>Come i dati sono trasferiti attraverso la rete</b></p> <p><b>circuit switching:</b><br/>dedicated circuit per call: telephone net</p> <p><b>packet-switching:</b><br/>data sent thru net in discrete "chunks"</p> <p><b>Internet è una rete "mesh"</b></p> <p>ogni nodo è a sua volta collegato ad altri nodi.<br/>Se uno di essi dovesse venir meno, i nodi vicini cercano altri percorsi per trasmettere il segnale</p> |  |
|   |  |
| Fausto Marcontoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori |
| 1.35  |  |

35

|   |  |
|---|--|
| Reti di elaboratori   | <h2>Sezione interna alla rete</h2>       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Commutazione di Circuito (circuit switching)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Le risorse necessarie lungo un percorso (buffer, link a larga banda) sono riservate per la durata della sessione.</li> <li>■ Velocità di <b>trasmissione costante</b> nelle maglie della rete per tutta la durata del collegamento.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Commutazione di Pacchetto (packet switching)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Risorse a richiesta (mettersi in coda per accedere al link di comunicazione)</li> <li>■ Link congestionato → attesa</li> </ul> </li> <li>■ Internet fa del suo meglio per inviare i dati in tempo quasi reale, ma non fornisce alcuna garanzia che ciò avvenga.<br/>Questa modalità di funzionamento è detta <b>best effort</b>.</li> </ul> |  |
| Fausto Marcontoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori |
| 1.36  |  |

36

Reti di elaboratori

## Commutazione di circuito

Ciascun link è costituito da  $n$  "circuiti" (TDM o FDM)

Connessione end-to-end fra gli host A e B, che usa un "circuito" in ciascun link

Legenda:  
 Host  
 Commutatore di circuito

affinché l'host A invii un messaggio all'host B, la rete deve prima **prenotare un circuito** su ciascuno dei due link.

Poiché ciascun link ha  $n$  circuiti, a ciascun circuito end-to-end su un link viene **dedicata la frazione  $1/n$  della larghezza di banda** del link per la durata del circuito.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.37

37

Reti di elaboratori

## FDM vs TDM

**Divisione di frequenza FDM**  
*frequency division multiplexing*

**Divisione di tempo TDM**  
*time-division multiplexing*

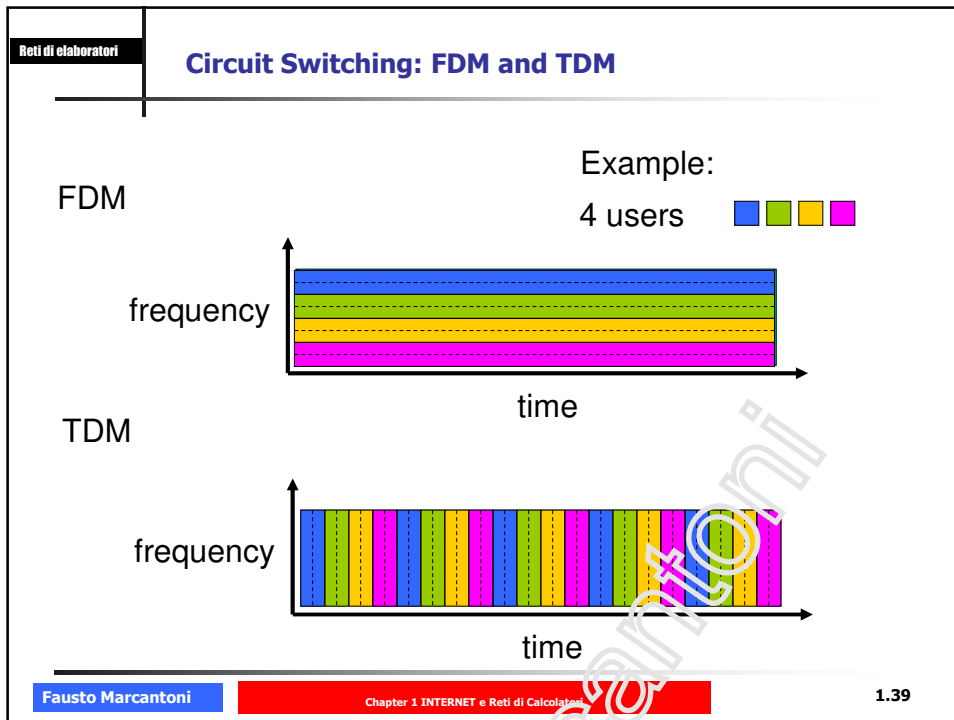
Differenza n. 1  
 TDM: tempo totale disponibile è suddiviso in diversi utenti  
 FDM: totale banda di frequenza sono suddivise in diversi utenti

Differenza n. 2 Multiplexing  
 FDM: un sistema per trasmettere due o più segnali in un percorso comune utilizzando una banda di frequenza diversa per ogni tipo di segnale.  
 TDM: trasmissione di due o più segnali sullo stesso percorso, ma in tempi diversi.

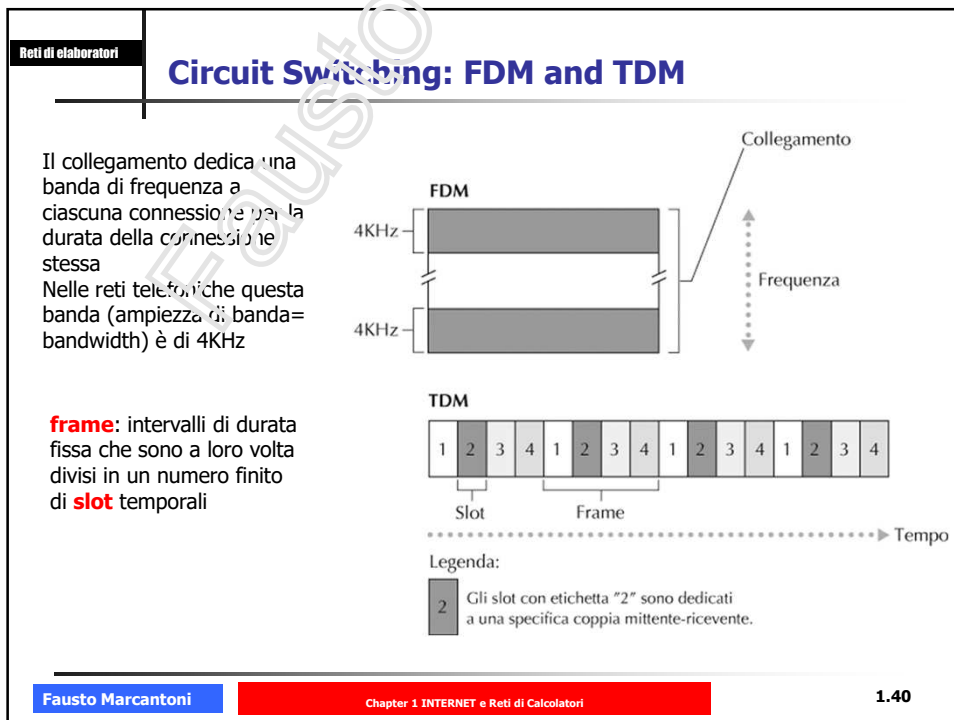
Differenza n. 3  
 TDM: implica il partizionamento della larghezza di banda del canale che collega due nodi in un insieme finito di intervalli di tempo  
 FDM: i segnali "multiplati" provengono da diverse fonti/trasmittitori.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.38

38



39



40

Reti di elaboratori

## Packet Switching

Le applicazioni scambiano messaggi suddivisi in **pacchetti** che viaggiano attraverso collegamenti e **commutatori di pacchetto** → **ROUTER (instradatori)**

I pacchetti vengono trasmessi su ogni link ad una frequenza pari alla **frequenza di trasmissione** del link.

La sequenza dei pacchetti di A e di B **non segue alcun ordine** periodico

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.41

41

Reti di elaboratori

## Packet Switching

Router → **store-and-forward**

il router deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere il primo bit sul link in uscita.  
**ritardo store-and-forward** all'ingresso di ciascun link lungo il percorso del pacchetto.

Se un pacchetto è costituito da L bit e deve essere trasmesso su un link da R bps, il ritardo store-and-forward è uguale a  $L/R$  secondi. (Es.  $L=1480\text{byte}$   $R=640\text{Kbps}$   $L/R=0,0185$  secondi)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.42

42

Reti di elaboratori

## Packet Switching

10 Mbs

A B

queue of packets waiting for output link

1.5 Mbs

C

- Per ciascun link cui è collegato il router ha un **buffer in uscita (detto anche coda in uscita)**,
  - immagazzina pacchetti che il router si appresta a spedire su quel determinato link.
  - i pacchetti subiscono il ritardo dovuto alla coda nel buffer in uscita (**ritardo di coda, queuing delay**).
- **L'entità di questi ritardi è variabile e dipende dal livello di congestione della rete.**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.43

43

Reti di elaboratori

## Network Core: Packet Switching

| La teoria  | La realtà   |
|--|---|
| <p><b>Il flusso dei dati è diviso in pacchetti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ I pacchetti degli utenti A e B condividono le stesse risorse di rete</li> <li>■ Ciascun pacchetto utilizza tutta la larghezza di banda</li> <li>■ Le risorse sono utilizzate quando servono</li> </ul> | <p><b>Problema: contesa di risorse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Il numero delle risorse richieste supera l'ammontare disponibile</li> <li>■ Congestioni dovute a:           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ packets queue</li> <li>■ wait for link use</li> </ul> </li> <li>■ store and forward: i pacchetti si muovono di un salto per volta</li> </ul> |

Commutazione di circuito: allocazione delle risorse indipendentemente dall'utilizzo  
 Commutazione di pacchetto: allocazione di risorse "su richiesta"

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.44

44

Reti di elaboratori

## Packet switching versus circuit switching

**Packet switching permette a più utenti di utilizzare la rete!!!**

esempio

- 1 Mbps link
- each user:
  - 100 kbps when "active"
  - active 10% of time

considerazioni

- circuit-switching:
  - 10 users
- packet switching:
  - with 35 users, probability > 10 active less than .0004

The diagram illustrates a network topology where multiple users (represented by computer icons) are connected to a central router (represented by a blue circle with a cross). The router is then connected to a single output link labeled '1 Mbps link'. The text 'N users' is placed near the router, indicating the number of users connected to it.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.45

45

Reti di elaboratori

## Commutazione di pacchetto / di circuito

- non è realmente appropriata per un **servizio in tempo reale** (per esempio, per le chiamate telefoniche e per le videoconferenze) a causa del suo ritardo variabile e non prevedibile (dovuto principalmente al **ritardo di coda, variabile e imprevedibile**).
- offre una **miglior suddivisione della larghezza di banda** rispetto alla commutazione di circuito
- è più semplice, **più efficiente** e meno costosa da implementare della commutazione di circuito

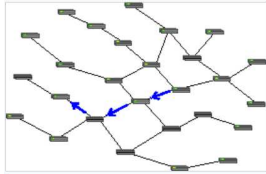
Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.46

46

Reti di elaboratori

## Packet-switched networks: forwarding

# forwarding



- **obbiettivo:**
  - muovere i pacchetti attraverso i router
  - da una **sorgente** (source) a una **destinazione** (destination)
  - esistono diversi algoritmi di instradamento

**Protocolli interni al sistema autonomo (IGP)**

- Protocolli **distance vector** (o di Bellman-Ford)
  - **RIP** Routing Information Protocol
  - **IGRP** Interior Gateway Routing Protocol
- Protocolli **link state**
  - **IS-IS** Intermediate System to Intermediate System
  - **OSPF** Open Shortest Path First
- Protocolli **ibridi**
  - **EIGRP** Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

**Protocolli esterni al sistema autonomo (EGP)**

- **EGP** Exterior Gateway Protocol, *obsoleto*
- **BGP** Border Gateway Protocol


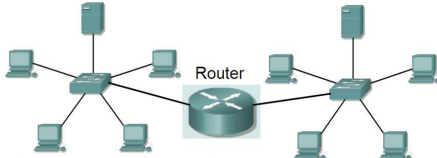


Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.47

47

Reti di elaboratori

## Router

**ROUTER:** dispositivo che **collega** tra loro **due o più reti** scegliendo il **percorso migliore** per i dati e che all'occorrenza **converte il protocollo** di trasmissione.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.48

48



Reti di elaboratori

## Quante reti??

The diagram shows the back panel of a wireless router with the following components labeled:

- Interruttore di accensione (Power switch)
- Porte Ethernet (Ethernet ports labeled Etn1, Etn2, Etn3, Etn4)
- Porte Line 1 e Line 2 (Line ports labeled Line2, Line1)
- Porta linea telefonica ADSL (ADSL port)
- Presa di alimentazione (Power jack)
- Pulsante di reset apparato (Reset button)
- Pulsante registrazione Wi-Fi (Wi-Fi registration button)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.49

49

Reti di elaboratori

## Datagram network

The diagram illustrates a datagram network with four nodes (II, III, IV, and Y) and two source nodes (A and B). Packets are shown moving from A and B through various paths to reach their destinations. For example, a packet from A to Y can take the path A → III → Y, or A → II → III → Y. A packet from B to X can take the path B → II → IV → X, or B → III → IV → X. The paths are shown with arrows and numbers indicating the sequence of hops.

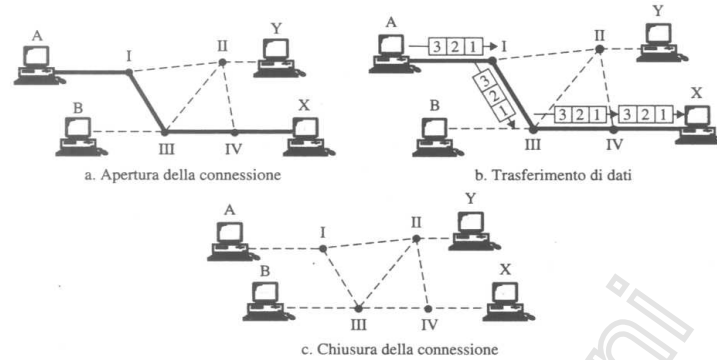
- l'indirizzo di destinazione (**destination address**) nel pacchetto determina il **next hop**
- i **percorsi (routes)** possono cambiare durante la sessione

analogia: driving, asking directions

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.50

50

## Virtual circuit network



- each packet carries tag (virtual circuit ID)
- tag determines next hop
- fixed path determined at *call setup time*, remains fixed thru call

## Circuito Virtuale

Il termine **circuito virtuale** indica che, contrariamente a quanto accade nella commutazione di circuito, lo stesso circuito può essere condiviso tra diversi utenti.

Il circuito virtuale viene **individuato prima della trasmissione dei pacchetti**, per cui sono necessarie tutte le fasi presenti nella commutazione di circuito:

- 1. creazione del circuito virtuale**
- 2. trasmissione dei pacchetti**
- 3. abbattimento del circuito virtuale**

- ✓ call setup:  
per ogni attivazione del circuito prima di poter trasmettere dati
- ✓ ogni pacchetto trasmesso deve avere un **tag di identificazione** del circuito (non importa l'indirizzo di destinazione)

Reti di elaboratori

## ATM

**modalità di trasferimento asincrona (Asynchronous Transfer Mode)**

Una tecnologia a commutazione di cella capace di trasmettere dati, voce e video. Le informazioni vengono impacchettate in **celle da 53 byte** ciascuna spedita autonomamente a destinazione come nella commutazione di pacchetto. Solo che, a differenza della commutazione di pacchetto, qui la cella non contiene l'indirizzo del destinatario ma contiene **il numero del circuito virtuale** su cui deve viaggiare e non deve andarsi a cercare il percorso per raggiungere il destinatario.

Il circuito virtuale si comporta **come se fosse un circuito fisico creato tra i due punti terminali della linea di comunicazione** (come una linea telefonica che collega due persone dopo che si è composto un numero), ma in realtà può consistere di diversi percorsi fisici, così che diverse celle viaggino in parallelo su linee diverse arrivando contemporaneamente alla stessa macchina; in questo modo si ottiene un'elevata scalabilità (possibilità di accrescere) della capacità trasmissiva.

Le velocità variano da 1,5 Mbps a 622 Mbps.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.53

53

Reti di elaboratori

## Tassonomia delle reti

**Tassonomia**

```

graph TD
    A[Reti per telecomunicazioni] --> B[Reti a commutazione di circuito]
    A --> C[Reti a commutazione di pacchetto]
    B --> D[FDM]
    B --> E[TDM]
    C --> F[Reti con circuiti virtuali]
    C --> G[Reti datagram]
  
```

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.54

54

**Reti di elaboratori** **Architettura di Internet : Rete geografica di trasmissione dati**

- Backbone
- Area di Accesso
- Area Utente
- Rete Locale

The diagram illustrates the Internet's geographic data transmission network. It is enclosed in a purple border. At the top, three 'Area utente' (user areas) are shown, each containing a computer and a router. These are connected to a central 'Area di Accesso' (access area) which contains two routers. This access area is connected to a central 'BACKBONE' represented by a cloud. Below the backbone, another 'Area di Accesso' with two routers is shown, which is connected to two 'Rete Locale' (local networks) at the bottom. Each local network consists of a server rack and several computers. The entire structure is connected to a central router in the middle of the access area.

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.55**

55

**Reti di elaboratori** **Reti di accesso**

- Accesso residenziale
  - Modem dial-up (archeologia)
  - xDSL (digital subscribe line)
  - UMTS - 3G - 4G - LTE - 5G
  - HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)
  - FTTC - FTTH
- Accesso aziendale
  - LAN
  - FTTC - FTTB
- Accesso wireless
  - WiFi

The diagram shows different access methods to an 'Internet Service Provider' (ISP). At the top, two 'Area utente' are shown with computers and routers. These are connected to a central router labeled 'Internet Service Provider'. Below this, there are two main access scenarios: 1) 'Accesso aziendale' (business access) shown as a building with a server rack and computers connected to a router. 2) 'Accesso wireless' (wireless access) shown as a server rack with a satellite dish connected to a central router. The central router is also connected to a satellite dish, indicating wireless connectivity.

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.56**

56

Reti di elaboratori

## Che significa ...

**GSM:** Global System of Mobile. E' lo standard di telefonia mobile più diffuso al mondo.

**GPRS:** General Packet Radio Service. E' una delle tecnologie di telefonia mobile. Viene convenzionalmente definita di generazione 2.5, vale a dire una via di mezzo fra la seconda e la terza generazione. E' stato progettato per realizzare il trasferimento di dati a media velocità.

**EDGE:** Enhanced Data rates for GSM Evolution o EGPRS (Enhanced GPRS). E' un'evoluzione dello standard GPRS per il trasferimento dati sulla rete cellulare GSM che consente maggiori velocità di trasferimento dei dati.

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System. E' la tecnologia di telefonia mobile di terza generazione (3G), successore del GSM.

**HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access o ADSM (ADSL + mobile). Può essere considerato l'anello successivo della catena costituita dalla tecnologia GSM (2G), GPRS (2,5G), EDGE (2,75G), UMTS (3G). Con le prestazioni dell'HSDPA si possono ottenere delle velocità di navigazione pari a quelle che erano precedentemente disponibili solo attraverso collegamenti fissi ADSL.

**LTE:** *Long Term Evolution*, indica l'evoluzione degli standard di telefonia mobile [cellulare](#)

**FTTH:** Fiber To The Home  
**FTTC:** Fiber To The Cabinet

<http://www.labinfca.unipr.it/glossario/gloss.htm>  
<https://www.infocert.it/glossario-informatico>

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.57

57

Reti di elaboratori

## Glossario

**Glossario dei termini più utilizzati nel web**

<https://www.infocert.it/glossario-informatico/>  
<http://www.labinfca.unipr.it/glossario/gloss.htm>  
<https://docu.plus/it/doc/informatica/ecdl-glossario-tecnico/22504/view/>  
[https://online.scuola.zanichelli.it/addomineinformatica-files/Zanichelli\\_Addomine\\_volumeIII\\_Glossario.pdf](https://online.scuola.zanichelli.it/addomineinformatica-files/Zanichelli_Addomine_volumeIII_Glossario.pdf)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.58

58

Reti di elaboratori

## Architettura di Internet

Un BACKBONE è una parte della rete di computer che interconnette vari pezzi di rete, fornendo un percorso per lo scambio di informazioni tra le diverse reti LAN o sotto-reti.

Un backbone può legare insieme diverse reti nello stesso edificio, in diversi edifici in un ambiente campus, o su vaste aree

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.59

59

Reti di elaboratori

## Sistemi autonomi (1/2)

**sistema autonomo (Autonomous System- AS)**  
 un insieme di hosts, routers e reti fisiche controllate da una **singola autorità amministrativa** <https://www.iana.org/>


- ✓ ogni AS è identificato da un numero **assegnato dal IANA**
- ✓ Ogni AS è libero di scegliere i criteri di determinazione delle strade al suo interno

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.60

60

Reti di elaboratori


## IANA



<https://www.iana.org/>

The global coordination of the **DNS Root, IP addressing, and other Internet protocol resources** is performed as the Internet Assigned Numbers Authority (IANA) functions.

Coordination of the **global IP and AS number spaces**, such as allocations made to Regional Internet Registries.

In Italia →  <https://www.nic.it/it>

L'ANAGRAFE DEI DOMINI .IT

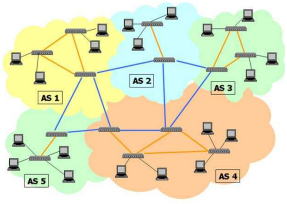
Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.61

61

Reti di elaboratori

## Sistemi autonomi (2/2)

- ✓ Ogni AS deve però affidare in modo specifico ad **uno o più routers il compito di comunicare al mondo esterno** le informazioni di routing al suo interno
- ✓ Le informazioni di instradamento riguardanti **le strade all'interno** di un sistema autonomo sono gestite tra i router del AS per mezzo degli **Interior Gateway Protocols (IGP)**
- ✓ Le informazioni di instradamento riguardanti strade che coinvolgono **più di un sistema autonomo** sono scambiate mediante gli **Exterior Gateway Protocols (EGP)** tra i core routers



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.62

62

Reti di elaboratori

## Sistemi autonomi

<https://www.garr.it/it/infrastrutture/rete-nazionale/collegamenti-con-altre-reti/eleno-dei-peering-presso-gli-ixp>

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.63

63

Reti di elaboratori

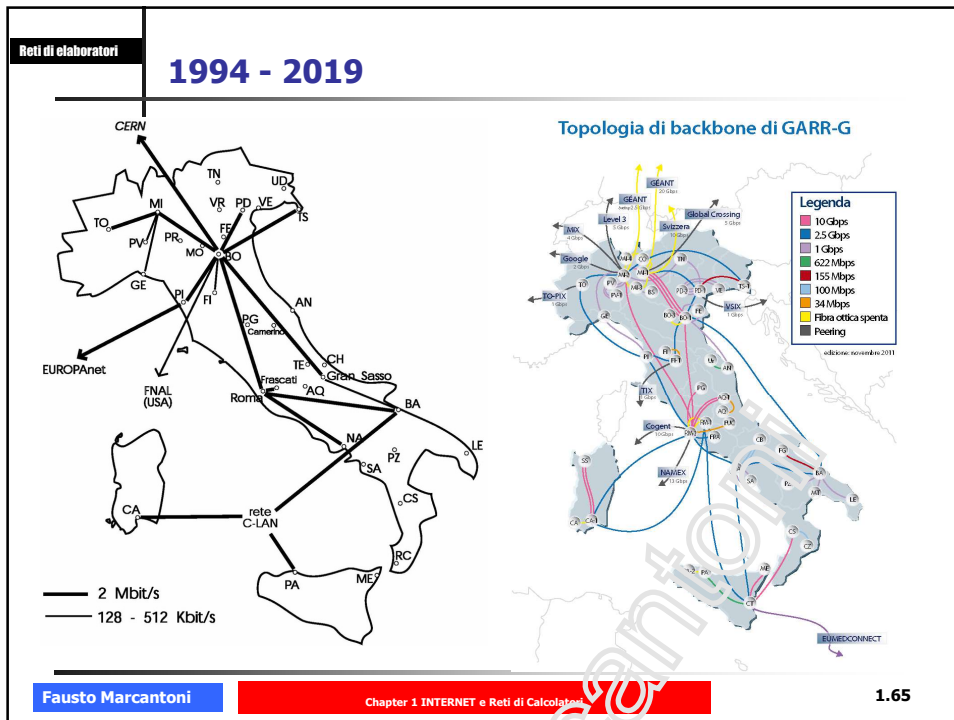
## Architettura di Internet: backbone

[www.euro-ix.net/](http://www.euro-ix.net/)  
[www.top-ix.org/it/connected-networks/](http://www.top-ix.org/it/connected-networks/)  
[www.namex.it](http://www.namex.it)  
[www.mix-it.net/index.php?lang=it](http://www.mix-it.net/index.php?lang=it)

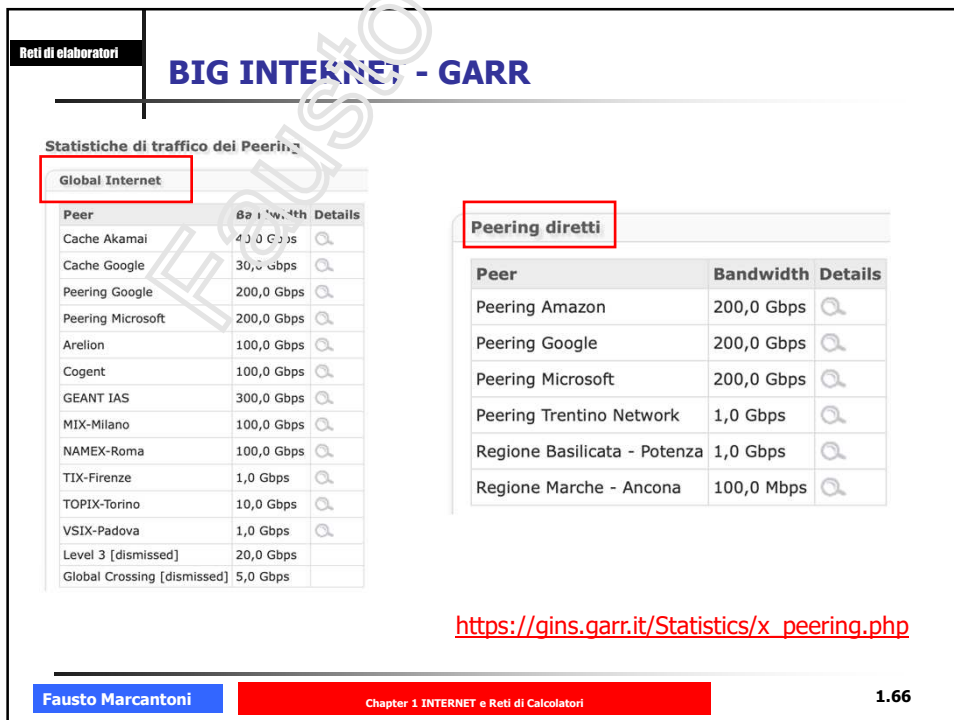
Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.64

64





65



66

Reti di elaboratori

## GÉANT's pan-European research and education network

GÉANT's pan-European **research and education network** interconnects Europe's National Research and Education Networks (NRENs). Together we connect over **50 million users** at 10,000 institutions across Europe.

— 1-9 Gbps  
— multiples of 10 Gbps  
— multiples of 100 Gbps

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.67

67

Reti di elaboratori

## AT THE HEART OF GLOBAL RESEARCH AND EDUCATION NETWORKING

GÉANT

Dark shading connected to regional network  
Light shading global to connect to regional network

— Multiples of 400Gbps  
— 400Gbps  
— Multiples of 100Gbps  
— 100Gbps  
— Multiples of 50Gbps  
— 1-10 Gbps  
— <10Gbps

March 2024

Canada & USA Latin America Europe North Africa & Eastern Mediterranean West & Central Africa Eastern & Southern Africa Central Asia Asia-Pacific Other R&E Networks

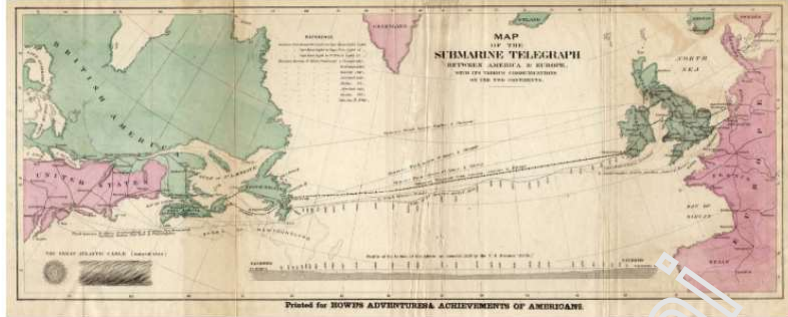
Co-funded by the European Union

geant.org

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.68

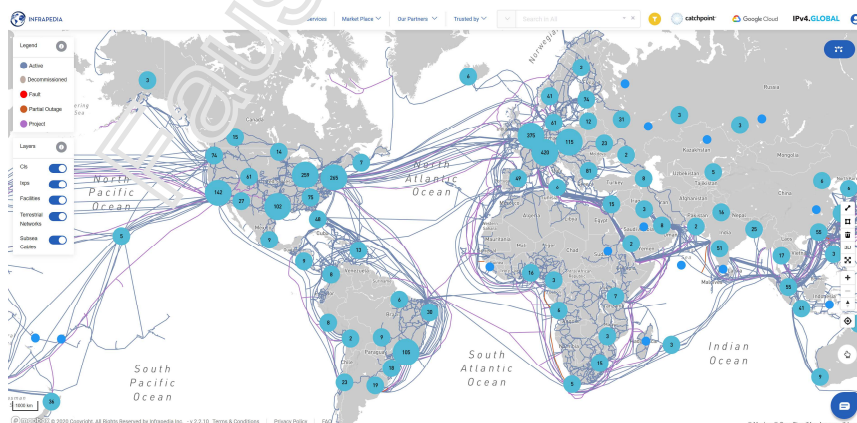
68

## La storia del primo cavo sottomarino



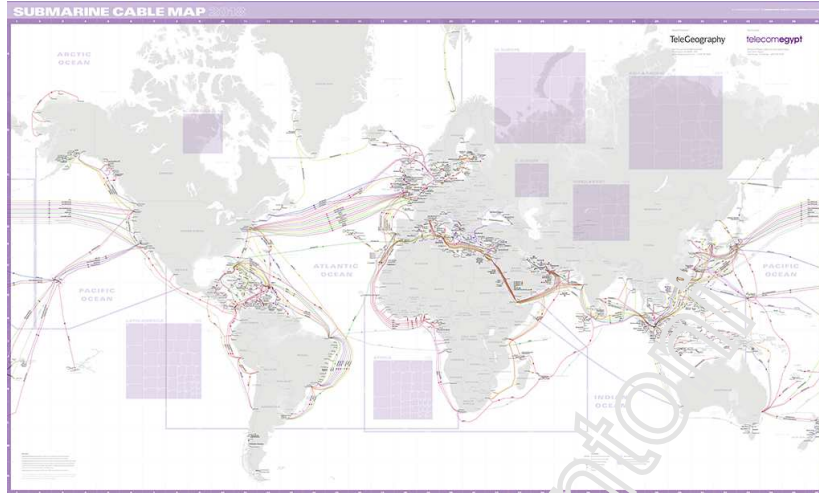
<https://www.redhotcyber.com/post/la-storia-del-primo-cavo-sottomarino/>  
<https://atlantic-cable.com/>

## Network cable map



<https://live.infrapedia.com>

## Submarine Cable Map 2024



<https://submarine-cable-map-2024.telegeography.com/>

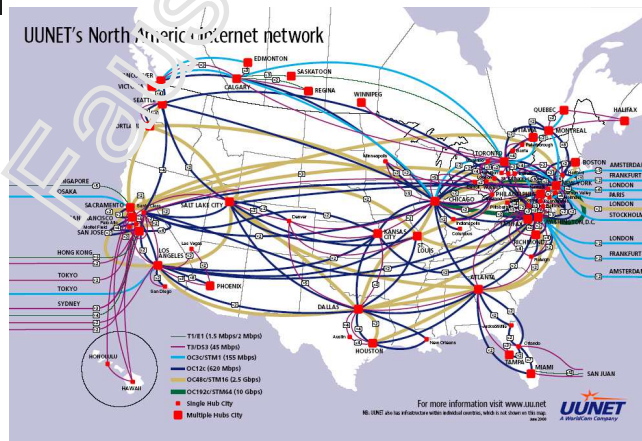
Fausto Marcantoni

Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori

1.71

71

## UUNET's North America Internet network



UUNET è uno dei primi Internet Service Provider, per tempo ed importanza. L'azienda, fondata nel 1987, ha sede principale nel Nord Virginia. È stata la prima azienda a fornire connessioni Internet per il mondo business.

Fausto Marcantoni

Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori

1.72

72

**Reti di elaboratori**

## BIG Internet

Le principali società di **telecomunicazioni** al mondo

- China Mobile
- T-Mobile US
- Verizon
- Comcast
- AT&T
- Deutsche Telekom
- NTT (Nippon Telegraph & Telephone)
- American Tower

The map displays the following companies by region:

- Canada:** BCE, Telus
- USA:** AT&T, Alice USA, ComCast Cable Comm., Lumen Technologies, Verizon
- Messico:** America Movil
- Europa:** AT&T (LU), BT Group (UK), Deutsche Telekom (DE), Orange (FR), Swisscom (CH), Telefonica (ES), Telenor (NO), TIM (IT), Vodafone (UK)
- Giappone:** KDDI, NTT, Softbank
- Corea del Sud:** SK Telecom
- Cina:** China Mobile, China Telecom, China Unicom, CX, Huacision Tel.
- Persepoli, India e Sudafrica:** Bharti Airtel, Bharti Telecom, Bharti Nxtel
- Singapore:** Singtel
- Australia:** Telstra
- Sudafrica:** MTN Group

<https://investire.biz/news/azioni/telecomunicazione-tlc-classifica-aziende-capitalizzazione>

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.73**

73

**Reti di elaboratori**

## BIG Internet

The Best Internet Service Providers of 2024

<https://www.cnet.com/home/internet/best-internet-providers/>

Popular internet service providers

Da fonti sul Web

|                         |                         |                             |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| AT&T Internet           | Verizon Fios            | Google Fiber                |
| Comcast                 | T-mobile Home Internet  | Cox Communications          |
| Frontier Communications | Verizon                 | AT&T                        |
| Spectrum                | T-Mobile                | Best satellite internet     |
| Windstream Holdings     | AT&T Fiber              | FAQ                         |
| HughesNet               | Methodology             | Optimum                     |
| Astound Broadband       | Best internet providers | Best Cheap Internet And ... |
| Best speed tests        | Best rural internet     | Xfinity Internet review     |

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.74**

74

**Reti di elaboratori**

## Market capitalization of the largest internet companies worldwide as of August 2024

| Rank | Name                           | Market Cap | Price    | Today   | Price (30 days) | Country   |
|------|--------------------------------|------------|----------|---------|-----------------|-----------|
| 1    | Alphabet (Google)              | \$2,064 T  | \$168.42 | -0.74%  |                 | USA       |
| 2    | Amazon                         | \$1,943 T  | \$185.13 | -0.64%  |                 | USA       |
| 3    | Meta Platforms (Facebook)      | \$1,458 T  | \$576.47 | -0.70%  |                 | USA       |
| 4    | Tencent                        | \$526.35 B | \$57.28  | -3.41%  |                 | China     |
| 5    | Netflix                        | \$303.04 B | \$706.13 | -0.44%  |                 | USA       |
| 6    | Alibaba                        | \$271.09 B | \$112.74 | -6.26%  |                 | China     |
| 7    | Pinduoduo                      | \$202.26 B | \$145.64 | -8.03%  |                 | China     |
| 8    | ServiceNow                     | \$178.51 B | \$887.18 | -3.04%  |                 | USA       |
| 9    | Uber                           | \$155.97 B | \$74.24  | -1.22%  |                 | USA       |
| 10   | Meltan                         | \$152.88 B | \$25.30  | -14.65% |                 | China     |
| 11   | Booking Holdings (Booking.com) | \$137.48 B | \$4,101  | -2.64%  |                 | USA       |
| 12   | MercadoLibre                   | \$104.74 B | \$2,086  | -0.89%  |                 | Argentina |
| 13   | Shopify                        | \$101.08 B | \$78.45  | -2.11%  |                 | Canada    |
| 14   | Equinix                        | \$83.83 B  | \$883.00 | -0.92%  |                 | USA       |
| 15   | Airbnb                         | \$79.35 B  | \$125.47 | -1.06%  |                 | USA       |
| 16   | PayPal                         | \$79.19 B  | \$77.67  | -0.72%  |                 | USA       |
| 17   | Spotify                        | \$75.38 B  | \$375.40 | -1.86%  |                 | Den       |

<https://companiesmarketcap.com/internet/largest-internet-companies-by-market-cap/>

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.75**

75

**Reti di elaboratori**

## quali sono i migliori provider italia 2023

### quali sono i migliori provider di telefonia, Internet e streaming TV

| Operatore                 | TELEFONIA FISSA E INTERNET |                        |                       | SODDISFAZIONE GLOBALE % | Servizio pay tv    | SODDISFAZIONE GLOBALE % | TELEFONIA MOBILE         |                        |                       |    |
|---------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|----|
|                           | Soddisfazione telefonate   | Soddisfazione internet | Soddisfazione globale |                         |                    |                         | Soddisfazione telefonate | Soddisfazione internet | Soddisfazione globale |    |
| FASTWEB (Fibra ottica)    | 75                         | 76                     | 75                    | 75                      | NETFLIX            | 79                      | COOPVOCE                 | 83                     | 76                    | 80 |
| SKY WIFI (Fibra ottica)   | 70                         | 79                     | 75                    | 75                      | DISNEY+            | 77                      | ILIAD                    | 80                     | 75                    | 78 |
| TISCALI (Fibra ottica)    | 67                         | 74                     | 72                    | 72                      | AMAZON PRIME VIDEO | 74                      | SPUSU                    | 77                     | 76                    | 78 |
| WIND TRE (Fibra ottica)   | 70                         | 70                     | 70                    | 70                      | EUROSPORT          | 71                      | HO.                      | 80                     | 75                    | 78 |
| VODAFONE (Fibra ottica)   | 69                         | 70                     | 70                    | 70                      | SKY                | 70                      | UNO (1) MOBILE           | 79                     | 74                    | 77 |
| EOLO (Ponte radio/Wi-Max) | 66                         | 69                     | 68                    | 68                      | NOW TV             | 67                      | VERY MOBILE              | 78                     | 73                    | 76 |
| FASTWEB (ADSL/VDSL)       | 75                         | 64                     | 66                    | 66                      | APPLETV+           | 66                      | FASTWEB                  | 77                     | 73                    | 75 |
| TIM (Fibra ottica)        | 63                         | 67                     | 66                    | 66                      | CHILI TV           | 66                      | KENA MOBILE              | 76                     | 70                    | 73 |
| WIND TRE (ADSL/VDSL)      | 70                         | 61                     | 63                    | 63                      | DISCOVERY+         | 64                      | POSTEMOBILE              | 73                     | 67                    | 71 |
| TISCALI (ADSL/VDSL)       | 67                         | 61                     | 63                    | 63                      | TIM VISION         | 58                      | TISCALI                  | 75                     | 66                    | 71 |
| EOLO (ADSL/VDSL)          | 66                         | 61                     | 62                    | 62                      | INFINITY+          | 58                      | VODAFONE                 | 74                     | 70                    | 70 |
| VODAFONE (ADSL/VDSL)      | 69                         | 59                     | 61                    | 61                      | VODAFONE TV        | 53                      | WIND TRE                 | 72                     | 66                    | 68 |
| TIM (ADSL/VDSL)           | 63                         | 57                     | 58                    | 58                      | DAZN               | 52                      | TIM                      | 71                     | 65                    | 67 |

<https://www.altroconsumo.it/organizzazione/media-e-press/comunicati/2022/inchiesta-provider-telefonia-internet-e-streaming-tv>

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.76**

76

Reti di elaboratori

# BIG Internet

NETFLIX

ISP Speed Index

**Leaderboard** Last Updated: August 2023

| Rank | Speed (Mbps) | ISP ID         | Type                  | Last 6 Months |
|------|--------------|----------------|-----------------------|---------------|
| 1    | 3.4          | Itad Italia    | Fiber                 |               |
| 2    | 3.2          | Fastweb        | Fiber, DSL            |               |
|      |              | Telecom Italia | Fiber, DSL, Satellite |               |
|      |              | Tiscali        | Fiber, DSL            |               |
|      |              | Vodafone Italy | Fiber, DSL            |               |
| 3    | 3.0          | EOLIO          | Wireless              |               |
|      |              | Wind           | Fiber, DSL            |               |
| 4    | 2.6          | Livem          | Wireless              |               |

[Download CSV](#)

Domanda:  
Perché le partite con Dazn si vedono male?

<https://ispspeedindex.netflix.com/country/italy/>

Fausto Marcantoni
Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori
1.77

77

Reti di elaboratori

# aziende telecomunicazioni internet italiane

aziende telecomunicazioni internet italiane

<https://www.facile.it/adsl/compagnie.html>

<https://www.reteimprese.it/societ%C3%A0-telecomunicazioni>

Fausto Marcantoni
Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori
1.78

78

Reti di elaboratori

## Architettura di Internet: ISP

**ISP internet service provider**

L'Internet Service Provider (ISP) è definito come "quel soggetto che esercita un'attività imprenditoriale che offre agli utenti la fornitura di servizi inerenti Internet", in sostanza è **colui che fornisce ai terzi l'accesso alla rete**, utilizzando una connessione remota tramite linea telefonica, banda larga, fibra ottica e WiFi.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.79

79

Reti di elaboratori

## POP Point of Presence

**POP Point of Presence**

Il **POP (Point of Presence)** è un punto di accesso alla rete (router) lungo la rete di accesso, fornito da un Internet Service Provider (ISP), in grado di instradare il traffico agli utenti finali connessi ad esso (privati e piccole organizzazioni).

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.80

80



Reti di elaboratori

## GARR ISP

<https://www.servizi.garr.it/noc>

Link traffic load

Traffic: UNI-Casertano -- PoP Roma-Tizii [Day]

Traffic: UNI-Casertano -- PoP Roma-Tizii [Year]

**GARR NETWORK**

- GARR Network PoP
- OPTICAL FIBRE**
  - operational
  - planned
  - cross borders fibre
- PEERING**
  - research links
  - Internet links

[https://qins.garr.it/xWeathermap/mapgen\\_auto.php?type=user&id=u](https://qins.garr.it/xWeathermap/mapgen_auto.php?type=user&id=u)

Fausto Marcantoni
Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori
1.81

81

Reti di elaboratori

## Network Access Point (NAP)

Un **Internet Exchange Point (IXP)**, o punto di interscambio, detto anche **NAP (Network Access Point)** è un'infrastruttura fisica che permette a diversi Internet Service Provider di scambiare traffico internet tra loro.

Interconnettendo i propri sistemi autonomi attraverso accordi di peering generalmente gratuiti, ciò permette agli ISP di risparmiare una parte della banda che comprano dai loro upstream provider, e di guadagnare in efficienza e in affidabilità

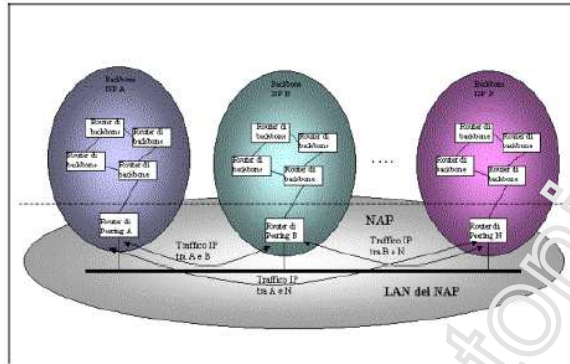
[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Internet\\_exchange\\_points\\_by\\_size](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Internet_exchange_points_by_size)

Fausto Marcantoni
Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori
1.82

82

## Scambio dati tra ISP

Lo scambio di dati tra diversi ISP avviene in base ai cosiddetti "accordi di peering"



Generalmente, gli accordi di peering sono effettuati a titolo gratuito, ovvero nessuna delle due parti paga l'altra per stabilire un peering



83

## Accordo di Peering

Un accordo tra le due o più reti per fare *peering* è realizzato tramite **un'interconnessione fisica delle reti**, con scambio di informazioni sulle reti raggiungibili attraverso ognuna di esse per mezzo del protocollo di routing BGP;

Si tratta di un accordo formalizzato contrattualmente e **gratuito**.

Al fine di ottimizzare i costi, gli ISP si aggregano nei **punti di interscambio**, dove con una singola connessione fisica hanno la possibilità di stabilire sessioni di peering con tutti gli altri provider presenti.

[https://it.wikibooks.org/wiki/Protocolli\\_e\\_architetture\\_di\\_instradamento/Instradamento\\_inter-dominio:\\_peering\\_e\\_transito\\_in\\_Internet](https://it.wikibooks.org/wiki/Protocolli_e_architetture_di_instradamento/Instradamento_inter-dominio:_peering_e_transito_in_Internet)

84

**Reti di elaboratori**

## Peering

The diagram shows three networks: WestNet (green), MidNet (blue), and EastNet (red). Arrows labeled 'Peering' indicate connections between WestNet and MidNet, and between MidNet and EastNet. Below each network, a 'Route Advertisements' box shows the routes being shared. At the bottom, three 'Routing Table' boxes show the state 'after peering': WestNet has two green circles, MidNet has two blue circles and one green circle, and EastNet has two red circles and one blue circle.

<http://www.euro-ix.net/>  
[https://www.namex.it/connected\\_networks/](https://www.namex.it/connected_networks/)  
<http://www.mix-it.net/index.php?lang=it>

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.85**

85

**Reti di elaboratori**

## Nap NameX

**NAMEX**  
 NATIONAL INTERNET EXCHANGE POINT

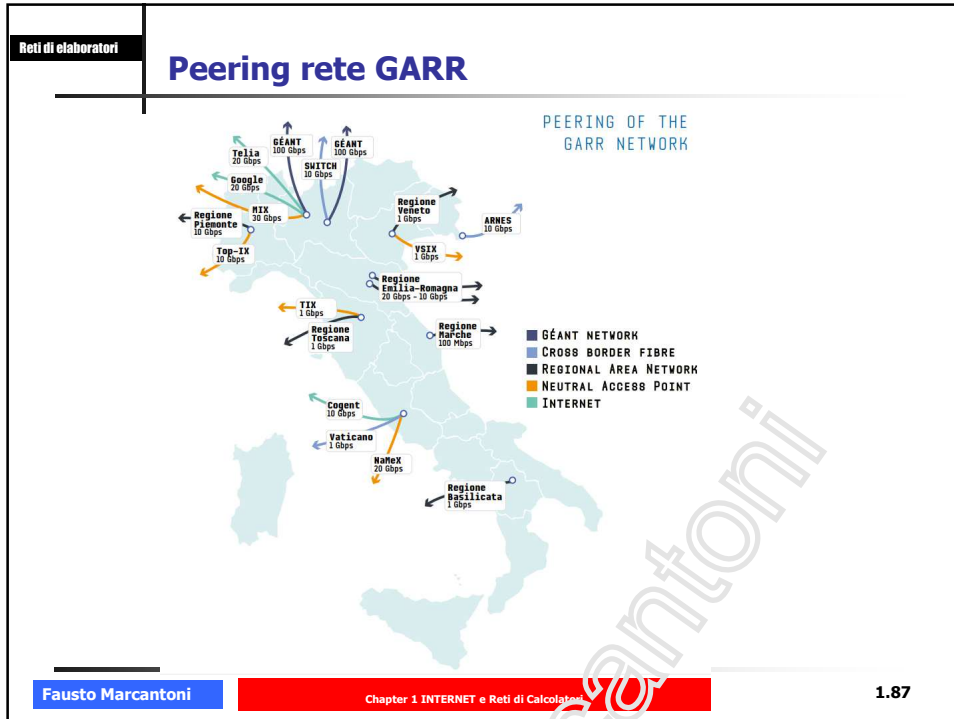
<https://www.namex.it/connected-networks/>

| Name           | Peering bandwidth |
|----------------|-------------------|
| Agesci         | 200 Mbps          |
| Akamai         | 10 Gbps           |
| Aruba          | 2 Gbps            |
| BT Italia      | 4 Gbps            |
| Caspur         | 2 Gbps            |
| Eutelia        | 2 Gbps            |
| Fastnet        | 100 Mbps          |
| Fastweb        | 2 Gbps            |
| GARR           | 13 Gbps           |
| Google         | 20 Gbps           |
| Lottomatica    | 200 Mbps          |
| MC-link        | 2 Gbps            |
| NaMeX          | 200 Mbps          |
| Postecom       | 200 Mbps          |
| Seeweb         | 2 Gbps            |
| Telecom Italia | 21 Gbps           |
| Tiscali Italia | 2 Gbps            |
| Wind           | 2 Gbps            |

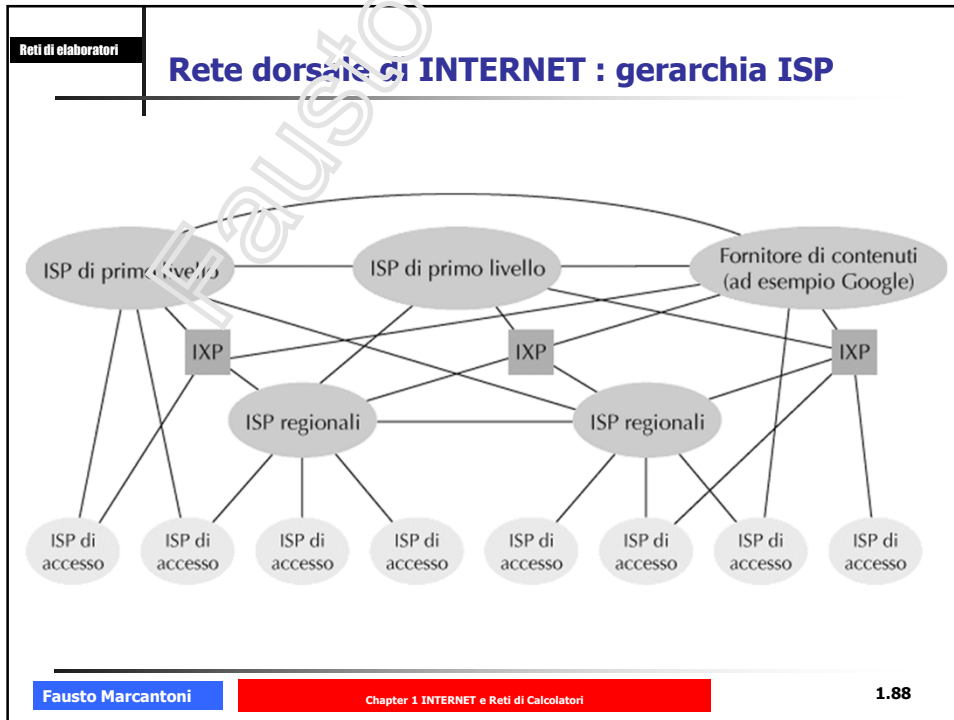
Un Internet Exchange Point (IXP), anche detto NAP (Network Access Point, o Neutral Access Point) è un punto di interscambio di traffico tra Internet Service Provider (ISP).

**Fausto Marcantoni** Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori **1.86**

86



87



88

|  |  |
|--|--|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="margin: 0;">Rete dorsale di INTERNET : gerarchia ISP</h2> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gerarchia a livello di fornitori di servizi internet           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gli ISP di accesso sono alla base</li> <li>■ In vetta un numero limitato di ISP di livello 1</li> </ul> </li> <li>■ Caratteristiche di un ISP di livello 1 (reti di dorsale)           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Link e router molto veloci (2,5 – 10 Gbit/s)</li> <li>2. Essere connessi direttamente con ognuno degli altri di livello 1</li> <li>3. Essere connessi ad un gran numero di ISP di livello 2</li> <li>4. Avere copertura internazionale</li> </ol> </li> <li>■ ISP di livello 2 copertura regionale o nazionale           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Per la copertura internazionale debbono connettersi con gli ISP di livello 1</li> <li>■ Possono connettersi anche tra di loro</li> </ul> </li> </ul> |  |
| Fausto Marcantoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori                             |
| 1.89   |  |

89

|   |  |
|---|--|
| Reti di elaboratori   | <h2 style="margin: 0;">un'organizzazione gerarchica</h2> |
| <p>Gli AS su Internet sono interconnessi con un'organizzazione gerarchica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Tier 1</b> (ad es. Seaborn, Sprint): operatore internazionale che interconnette le grandi città con link a larga banda e a lunga distanza e trasporta grandi flussi di traffico lungo le dorsali;</li> <li>■ <b>Tier 2</b> (ad es. Telecom Italia): operatore nazionale che raccoglie il traffico dai singoli utenti attraverso molti punti di accesso grazie alla sua presenza capillare sul territorio;</li> <li>■ <b>Tier 3</b>: operatore locale che serve un'area geografica molto ristretta</li> </ul> <p><b><i>L'instradamento inter-dominio su Internet è principalmente guidato dagli accordi commerciali tra gli operatori ai vari livelli gerarchici:</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Tier 1</b>: può annunciare, indipendentemente dalla copertura geografica della sua rete, la raggiungibilità della <u>full route</u> (0.0.0.0/0), cioè la raggiungibilità di (quasi) ogni AS di destinazione su Internet, senza dover acquistare il transito da altri provider né pagare qualche tassa di accesso;</li> <li>✓ <b>Tier 2</b>: deve acquistare il transito da un operatore Tier 1 al fine di poter raggiungere l'intera Internet, e può stabilire molti accordi di <u>peering</u> con altri provider Tier 2;</li> <li>✓ <b>Tier 3</b>: non ha alcun accordo di peering, e semplicemente acquista il <u>transito</u> da un provider Tier 2 (o Tier 1).</li> </ul> |  |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori                 |
| 1.90  |  |

90

Reti di elaboratori

## Rete dorsale di INTERNET : riepilogo

- **Point of Presence (POP)** → un gruppo di router di un ISP a cui si possono connettere gli altri ISP affittando una linea di comunicazione
- **Peering Point** → connessione paritetica di due ISP di livello 1 interconnettendo una coppia di POP
- **Network Access Point (NAP)** → luogo fisico di connessione gestito da una terza parte di molti ISP

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.91

91

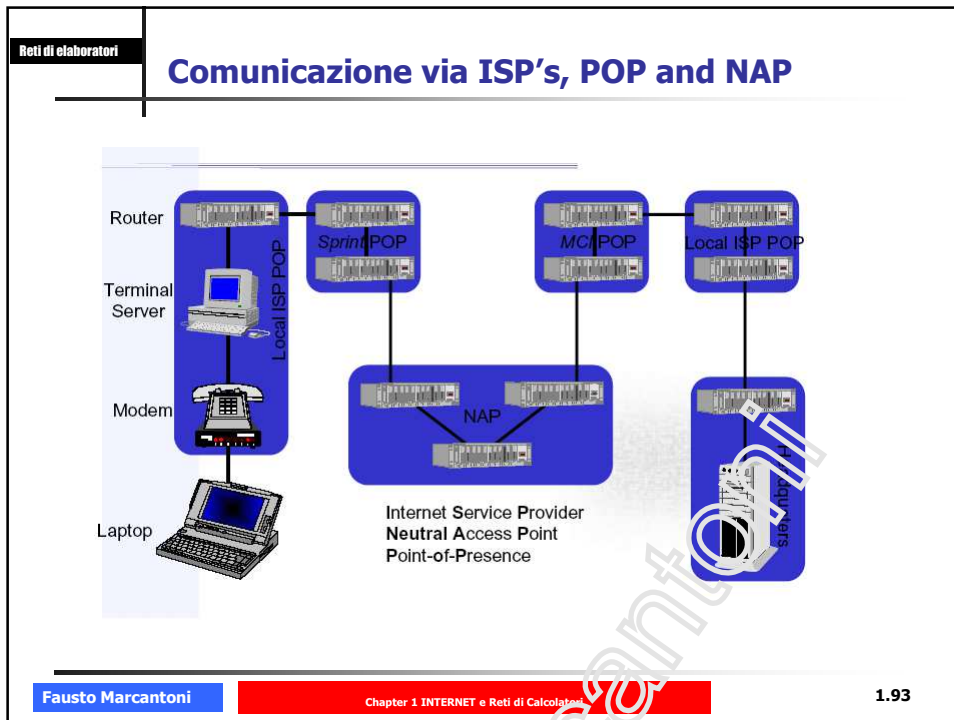
Reti di elaboratori

## Comunicazione in Internet

The diagram illustrates the components of Internet communication and their interconnections. On the left, a **Client** (represented by a person at a computer) is connected to a **Corporate LAN** (represented by a row of four computer icons). This LAN is connected to a **Telephone system** (represented by a rack of equipment). The telephone system connects to a **POP** (Point of Presence), which is a grid of router icons. The POP is connected to a **Regional ISP** (represented by a cluster of router icons). This Regional ISP is connected to the **Backbone** (represented by a large, complex network of router icons). The Backbone is connected to a **NAP** (Network Access Point), which is a grid of router icons. The NAP is connected to another **Regional ISP**, which is in turn connected to a **Server farm** (represented by a stack of server icons). A **Router** icon is also shown at the bottom right, connected to the Backbone and the Server farm.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.92

92



93

Reti di elaboratori

## Esercitazione:

navigando in rete trovare:

- POP
- NAP
- Peering
- ISP

Fausto Marcantoni

Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori

1.94

94

Reti di elaboratori

Quando qualche cosa non funziona è sempre colpa della rete



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.95

95

Reti di elaboratori

Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

**Ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto**

- Principali ritardi:
  - ritardo di elaborazione**
  - ritardo di accodamento**
  - ritardo di trasmissione**
  - ritardo di propagazione**

che complessivamente formano il **ritardo totale di nodo** (*nodal delay*).

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.96

96



Reti di elaboratori

## Tipi di ritardo nel cammino di un pacchetto

Dalla sorgente alla destinazione un pacchetto può subire dei ritardi

Elaborazione di nodo    Accodamento (attesa di trasmissione)    Trasmissione    Propagazione

Fausto Marcantoni    Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori    1.97

97

Reti di elaboratori

## Ritardi nelle reti a commutazione di pacchetto

- Ritardo di elaborazione
  - Il tempo richiesto per **esaminare l'intestazione** del pacchetto e per determinare dove instradarlo
- Ritardo di coda
  - Quando è accodato, il pacchetto subisce un ritardo di **coda in attesa** di essere trasmesso sul link.
- Ritardo di trasmissione
  - l'ammontare del tempo richiesto **per trasmettere** tutti i bit del pacchetto nel link
- Ritardo di propagazione
  - Quando un bit è immesso nel link, esso si deve **propagare** dal router A fino al router B. Il tempo richiesto per la propagazione dall'inizio del link del router A al router B è il ritardo di propagazione.

Fausto Marcantoni    Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori    1.98

98

Reti di elaboratori

## Ritardo di elaborazione

**Ritardo di elaborazione (*processing delay*):** tempo richiesto per **esaminare l'intestazione del pacchetto** e per determinare dove dirigerlo [**instradarlo**] (nell'ordine dei microsecondi o inferiori).

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.99

99

Reti di elaboratori

## Ritardo di accodamento

**Ritardo di accodamento (*queuing delay*):** il pacchetto subisce un ritardo di accodamento **mentre attende la trasmissione sul collegamento** (nell'ordine dei microsecondi o dei millisecondi).

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.100

100

Reti di elaboratori

## Ritardo di trasmissione

**Ritardo di trasmissione (*transmission delay*):**  
 Sia  $L$  la lunghezza del pacchetto, in bit, e  $R$  bps la velocità di trasmissione del collegamento dal router A al router B. Il ritardo di trasmissione  $\rightarrow L/R$  (nell'ordine dei microsecondi o dei millisecondi).

|     |            |         |             |
|-----|------------|---------|-------------|
| L   | 1480       | Byte    | 11.840      |
| R   | 100        | Mbps    | 100.000.000 |
| L/R | 0,00011840 | Ritardo |             |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.101

101

Reti di elaboratori

## Ritardo di propagazione

**Ritardo di propagazione (*propagation delay*):**  
 è dato da  $d/v$ , dove  $d$  è la distanza tra i due router, mentre  $v$  è la velocità di propagazione nel collegamento.  
 in copper cable and in optic fiber =  $2/3 c$

$c$  = Velocità della luce 299 792 458 m/s

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.102

102

Reti di elaboratori

## Confronto

### Confronto tra ritardo di Trasmissione e di Propagazione

- Il ritardo di **trasmissione** è il tempo richiesto dal router per spingere all'esterno il pacchetto;
  - è funzione della lunghezza del pacchetto
  - della velocità di trasmissione del link
  - non ha nulla a che fare con la distanza fra due router.
- Il ritardo di **propagazione** è il tempo che impiega un bit a propagarsi da un router al successivo;
  - è funzione della distanza fra due router
  - non ha nulla a che vedere con la lunghezza del pacchetto o la velocità di trasmissione del link.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.103

103

Reti di elaboratori

## Autostrada informatica

The diagram shows a queue of ten cars labeled 'Coda di dieci auto' moving from left to right. Two toll booths, labeled 'Casello', are positioned 100 km apart. The distance between the queue and the first toll booth is also 100 km. Arrows indicate the 100 km distances between the queue and the first toll booth, and between the two toll booths.

- Le auto si **propagano** a 100 km/h
- Distanza tra due caselli 100Km
- Il casello impiega **12 sec** per il pagamento (transmission time)
- auto=bit; carovana=packet**
- La carovana si muove quando tutti solo arrivati al casello
- Domanda: quanto tempo passerà prima che tutta la carovana sia accodata al 2° casello?**

- Time to "push" = tempo necessario per far entrare tutte le auto in autostrada =  $12 \cdot 10 = 120 \text{ sec}$
- Time to propagate = tempo affinché le auto percorrano il tratto tra i 2 caselli:  $100\text{km}/(100\text{km/h}) = 1 \text{ h}$
- Risposta: 62 minuti**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.104

104

Reti di elaboratori

## Caso Autostrada bo/mi

Coda di dieci auto      Casello      Casello

← 100 km      → 100 km ---

- Le auto si **propagano** a **1000 km/h**
- Distanza tra due caselli **100Km**
- Il casello impiega **60 sec** per il pagamento (transmission time)
- auto=bit; carovana=packet**
- La carovana si muove quando tutti solo arrivati al casello
- Domanda: quanto tempo passerà prima che tutta la carovana sia accodata al 2° casello?**

- Time to "push" = tempo necessario per far entrare tutte le auto in autostrada =  $60 \cdot 10 = 600 \text{ sec}$
- Time to propagate = tempo affinché le auto percorrano il tratto tra i 2 caselli:  $100 \text{ km} / (1000 \text{ km/h}) = 6 \text{ minuti}$
- Risposta: le prime auto arrivano al 2° casello prima che le ultime abbiano lasciato il 1°**

Fausto Marcantoni      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.105

105

Reti di elaboratori

## Ritardo totale di un nodo: considerazioni

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{elab}} + d_{\text{coda}} + d_{\text{tras}} + d_{\text{prop}}$$

Il **ritardo di propagazione** può essere **trascurabile** (un paio di microsecondi) per un link che collega due router della stessa università; ma può corrispondere a centinaia di micro secondi per due router collegati dal link di un satellite geostazionario, e questo può costituire il termine dominante.

Il **ritardo di trasmissione** può variare **da trascurabile a significativo**. Il suo contributo è tipicamente trascurabile per velocità di trasmissione di 10 Mbit/s o superiore (per esempio, per reti LAN); però può essere di centinaia di millisecondi per pacchetti Internet di grandi dimensioni inviati sul link da un modem a 28,8 Kbit/s.

Il **ritardo di elaborazione**, è spesso **trascurabile**, ma può essere influenzato in modo sensibile dalla capacità di instradamento del router, cioè dalla massima velocità a cui un router può spedire i pacchetti.


La più complicata e importante componente del ritardo totale del nodo è il **ritardo di coda**. A differenza degli altri tre ritardi, il **ritardo di coda** può **variare da pacchetto a pacchetto**. Quindi, nel caratterizzare il ritardo di coda si usano misure statistiche, come la media del ritardo, la sua varianza e la probabilità che superi alcuni valori specifici.

Fausto Marcantoni      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.106

106

Reti di elaboratori

## Valutazione del ritardo di coda



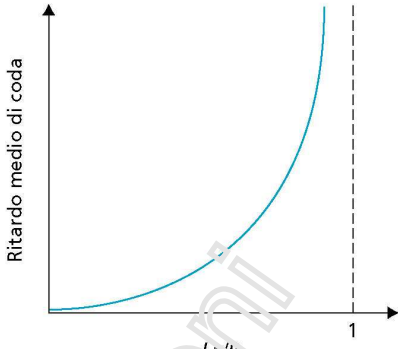
$a$  → la velocità media di arrivo dei pacchetti (pacchetti/s).

$R$  → la velocità di trasmissione, cioè la velocità (in bit/s) a cui un bit è spinto all'esterno della coda.

Supponiamo anche, per semplicità, che tutti i pacchetti siano costituiti da  $L$  bit.

La velocità media a cui i bit arrivano ad accodarsi è  $\lambda$  bit/s.

Infine, assumiamo che la capacità della coda sia molto grande, così che possa contenere un numero essenzialmente infinito di bit.



Il rapporto  $\lambda a/h$  è l'**intensità del traffico**, spesso ha un ruolo importante nella stima delle dimensioni della coda.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.107

107

Reti di elaboratori

## Prestazioni di una rete : larghezza di banda

### **larghezza di banda**

- Numero di bit che possono essere trasmessi dalla rete in un certo intervallo di tempo
  - 10 milioni di bit al secondo → 10 Mbps
- A volte è utile pensare alla larghezza di banda come al tempo necessario per trasmettere un bit
  - 10 Mbps → 0,1 microsecondi

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.108

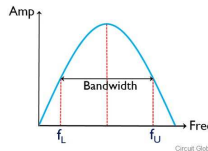
108

## ampiezza di banda

Con il termine **ampiezza di banda** si indicano due concetti leggermente diversi ma strettamente legati

**Caratterizzazione del canale o del sistema trasmissivo:** quantità che si **misura in hertz** e **rappresenta la larghezza dell'intervallo di frequenze utilizzato dal sistema trasmissivo**, ovvero l'intervallo di frequenze che un mezzo fisico consente di trasmettere senza danneggiare il segnale in maniera irrecuperabile. **Maggiore è l'ampiezza di banda, maggiore è la quantità di informazione che può essere veicolata attraverso il mezzo trasmissivo.**

**Caratterizzazione di un collegamento:** quantità espressa in bit al secondo (bps), detta anche **bit o transmission rate** (velocità di trasmissione), anche rate, ovvero **la quantità di bit al secondo che un link garantisce di trasmettere**



## Speed Test

<https://speedtest.garr.it/>



<https://www.speedtest.net/it>



<https://www.testvelocita.it/>



<https://www.mio-ip.it/test-velocita-connessione/>

**MIO-IP**

<https://fast.com/it/>

POWERED BY NETFLIX

Reti di elaboratori

## Prestazioni di una rete

larghezza di banda  
bit rate  
throughput  
latenza



QUALE SI RIEMPIRA' PER PRIMA?



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.111

111

Reti di elaboratori

## bandwidth e bit rate

Il **bit rate** dipende sia dalla banda (in hertz) che dalla specifica tecnica di trasmissione, o formato di modulazione digitale utilizzato.

Il **bit rate** è proporzionale alla banda in hertz

Per **bandwidth** di una rete **si intende il bit rate garantito (nominalmente) dai suoi link**

Esempio:  
 il rate di un link Fast Ethernet è di 100 Mbps, ovvero tale rete può inviare al massimo 100 Mbps  
 Il rate fornisce un'indicazione della capacità della rete di trasferire dati

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.112

112



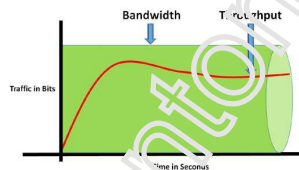
## throughput

Il **throughput** (portata) indica quanto velocemente riusciamo effettivamente a inviare i dati tramite una rete

Numero di bit al secondo che passano attraverso un punto della rete

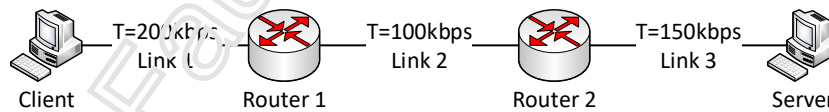
Un link può avere un rate di B bps, ma possiamo inviare solo T bps tramite quel link, con T sempre inferiore a B

- il rate è una misura della **potenziale** velocità di un link
- il throughput è una misura dell'**effettiva** velocità di un link (quanto velocemente riusciamo a inviare i dati in realtà)



113

## Throughput su un percorso di tre link



Il throughput dei dati per il percorso è 100 kbps

In generale in un percorso con n link in serie abbiamo:

$$\text{Throughput} = \text{minimo}\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$$

114

Reti di elaboratori

## Throughput su internet

Client —  $T1=100\text{Mbps}$  — Internet (Throughput > 1Gbps) —  $T2=640\text{kbps}$  — Server

La situazione reale in Internet è che i dati normalmente passano attraverso **due reti di accesso** e **la dorsale Internet**.  
 La dorsale ha un throughput molto alto (gigabit al secondo), quindi il throughput viene definito come il minimo tra i due link di accesso che collegano la sorgente e la destinazione alla dorsale.

Nell'esempio il throughput è il minimo tra T1 e T2.  
 Se T1 è 100 Mbps (Fast Ethernet LAN) e T2 è 640 kbps (ADSL), il throughput è 640 kbps.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.115

115

Reti di elaboratori

## Throughput su internet

$R_s = 1\text{Mbps}$   
 $R_c = 2\text{Mbps}$   
 $R = 5\text{Mbps}$

caso a  $\neq$  caso b

a. b.

Collegamento collo di bottiglia di capacità  $R$

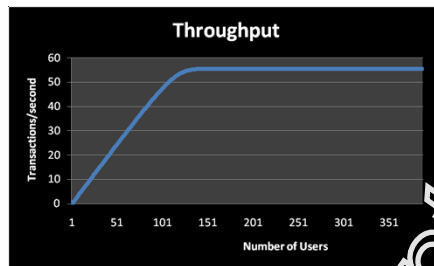
Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.116

116

## Throughput nelle reti di calcolatori

**Throughput end-to-end:** misura critica delle prestazioni in una rete di calcolatori.

Se il file consiste di  $F$  bit e il trasferimento richiede  $T$  secondi affinché  $B$  riceva tutti gli  $F$  bit, il **throughput medio** del trasferimento del file è di  $F/T$  bps.



## Teoremi

### Teorema di Nyquist

*stabilisce la massima velocità trasmissiva di un canale digitale*

$$\text{bit rate} = 2 \times H \times \log_2 V$$

$H$  = banda del canale

$V$  = numero dei livelli discreti

### Teorema di Shannon

*stabilisce la massima velocità trasmissiva di un canale digitale in presenza di rumore*

$$\text{bit rate} = H \times \log_2 (1 + S/N)$$

$H$  = banda del canale

$S/N$  = rapporto segnale/rumore

Reti di elaboratori

## Unità Metriche

| Exp.       | Explicit                   | Prefix | Exp.      | Explicit                          | Prefix |
|------------|----------------------------|--------|-----------|-----------------------------------|--------|
| $10^{-3}$  | 0.001                      | milli  | $10^3$    | 1,000                             | Kilo   |
| $10^{-6}$  | 0.000001                   | micro  | $10^6$    | 1,000,000                         | Mega   |
| $10^{-9}$  | 0.000000001                | nano   | $10^9$    | 1,000,000,000                     | Giga   |
| $10^{-12}$ | 0.000000000001             | pico   | $10^{12}$ | 1,000,000,000,000                 | Tera   |
| $10^{-15}$ | 0.000000000000001          | femto  | $10^{15}$ | 1,000,000,000,000,000             | Peta   |
| $10^{-18}$ | 0.000000000000000001       | atto   | $10^{18}$ | 1,000,000,000,000,000,000         | Exa    |
| $10^{-21}$ | 0.0000000000000000000001   | zepto  | $10^{21}$ | 1,000,000,000,000,000,000,000     | Zetta  |
| $10^{-24}$ | 0.000000000000000000000001 | yocto  | $10^{24}$ | 1,000,000,000,000,000,000,000,000 | Yotta  |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.119

119

Reti di elaboratori

## Latenza

La **latenza** (o **tempo di latenza**), in informatica, di un sistema può essere definita come **l'intervallo di tempo che intercorre fra il momento in cui arriva l'input al sistema ed il momento in cui è disponibile il suo output**. In altre parole, la latenza non è altro che una **misura della velocità di risposta di un sistema**.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.120

120

Reti di elaboratori

## Prestazioni di una rete : latenza (ritardo)

- Tempo necessario ad un messaggio per attraversare la rete da un capo all'altro.
  - Viene misurata in unità di tempo (100msec. → Tipico valore intercontinentale)
- Per alcune applicazioni è importante conoscere il **tempo di andata e ritorno** chiamato **round-trip time (RTT)**

Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.121

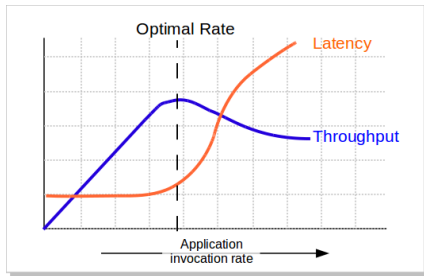
121

Reti di elaboratori

## Combinazione latenza larghezza di banda

### Combinazione latenza - larghezza di banda

- La loro importanza relativa **dipende dall'applicazione**
  - Un client che invia messaggi di 1 byte e riceve risposte di 1 byte ha prestazioni molto diverse su una tratta con RTT di 100 msec piuttosto che su una tratta di RTT di 1 msec. Ed in questo caso non ha nessuna importanza la larghezza di banda
  - Quando devo recuperare una immagine di 25 Megabyte maggiore è l'ampiezza di banda e maggiore è la prestazione del servizio



Fausto Marcontoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.122

122

Reti di elaboratori

## Verificare la latenza

| Hop | Count | IP                 | Name                        | Avg  | Min  | Cur  | PL% | Latency |
|-----|-------|--------------------|-----------------------------|------|------|------|-----|---------|
| 1   | 39    | 193.205.92.2       | 193.205.92.2                | 0,8  | 0,5  | 0,7  |     |         |
| 2   | 39    | 193.204.11.40      | 193.204.11.40               | 1,4  | 0,6  | 0,8  |     |         |
| 3   | 39    | 193.206.137.62     | 193.206.137.62              | 9,5  | 5,6  | 6,3  |     |         |
| 4   | 38    | 185.191.180.53     | ri1-bo01-rs1-bo01.bo01.garr | 6,1  | 5,7  | 6,0  |     |         |
| 5   | 38    | 185.191.180.57     | rs1-bo01-re1-mi02.mi02.garr | 15,4 | 14,4 | 14,5 |     |         |
| 6   | 38    | 142.250.164.230    | 142.250.164.230             | 12,8 | 11,5 | 11,7 |     |         |
| 7   | 38    | 108.170.245.81     | 108.170.245.81              | 12,5 | 12,1 | 12,5 |     |         |
| 8   | 38    | 142.250.211.31     | 142.250.211.31              | 14,5 | 14,2 | 14,5 |     |         |
| 9   | all   | 38 142.250.180.132 | www.google.com              | 11,7 | 11,1 | 11,5 |     |         |

Round Trip (ms) 11,7 11,1 11,5 Focus: 12:07:53 - 12:08:12

Latency (ms) 30 25 ms 20 ms 10 ms 0 11:59 12:00 12:01 12:02 12:03 12:04 12:05 12:06 12:07 12:08

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.123

123

Reti di elaboratori

## Ritardo end-to-end (dal sorgente alla destinazione)

$$d_{\text{end-to-end}} = N (d_{\text{elab}} + d_{\text{tras}} + d_{\text{prop}})$$

- ✓ consideriamo **N** router fra gli host sorgente e destinatario.
- ✓ la **rete non sia congestionata** (così che il ritardo di coda sia trascurabile)
- ✓ il **ritardo di elaborazione** a ciascun router e all'host sorgente sia **costante**
- ✓ la **velocità di trasmissione** (in uscita) di ciascun router e del l'host sorgente sia **R bit's costante**
- ✓ il **ritardo di propagazione** fra ogni coppia di router e fra l'host sorgente e il primo router sia **costante**

Per avere una sensazione tangibile del ritardo in una rete di calcolatori, possiamo utilizzare il programma di diagnostica Traceroute che ha una sua precisa RFC (1393)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.124

124

Reti di elaboratori

## "Real" Internet delays and routes

- Come faccio a vedere il "vero" ritardo di Internet?
- Misura i tempi di percorrenza dei pacchetti trasmessi lungo la rotta verso un host
- Consideriamo n router tra sorgente e destinazione
  - sends three packets that will reach router i<sub>mo</sub> on path towards destination
  - router i<sub>mo</sub> will return packets to sender
  - sender times interval between transmission and reply.

<https://geotracerroute.com/>  
<https://qsuite.tools/traceroute>  
<https://visualtraceroute.net/>

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.125

125

Reti di elaboratori

## Tracert (windows)

```

C:\Documents and Settings\r\ni>tracert www.raai.it
Rilevazione instradamento verso www.raai.it [212.162.68.64]
su un massimo di 30 punti di passaggio:
  1  1 ms  <1 ms  <1 ms  193.204.11.2
  2  1 ms  <1 ms  <1 ms  193.204.11.35
  3  279 ms  270 ms  293 ms  rc-unicam-rc-an-3.an.garr.net [193.206.140.205]
  4  50 ms  10 ms  11 ms  rc-an-rt-rm1.rm1.garr.net [193.206.134.225]
  5  833 ms  861 ms  645 ms  rt-rm1-rt-rm2-1.rm2.garr.net [193.206.134.198]
  6  11 ms  11 ms  11 ms  wind-nap.namex.it [193.201.28.11]
  7  12 ms  11 ms  11 ms  151.6.1.85
  8  12 ms  11 ms  11 ms  RMCA-B01-RMID-T02-Ge10-1.wind.it [151.6.4.42]
  9  12 ms  13 ms  12 ms  RMCA-E03-fe00.wind.it [151.6.81.219]
 10  919 ms  927 ms  933 ms  151.5.160.10
 11  21 ms  21 ms  20 ms  212.162.64.138
 12  * * * Richiesta scaduta.
 13  * * * Richiesta scaduta.
 14  * * * Richiesta scaduta.
 15  * * * Richiesta scaduta.
 16  * * * Richiesta scaduta.
 17  * * * Richiesta scaduta.
 18  * * * Richiesta scaduta.
  
```

destinazione

??????????

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.126

126

Reti di elaboratori

## Tracert (windows)

Content Delivery Network  
Content Distribution Network

```

C:\Users\fausto.mfausto>tracert www.rai.it
Traccia instradamento verso a1214.d.akamai.net [193.206.135.137]
su un massimo di 30 punti di passaggio:
 1  1 ms  <1 ms  1 ms  193.205.92.2
 2  <1 ms <1 ms <1 ms 193.204.11.40
 3  8 ms  8 ms  8 ms 193.206.131.29
 4  8 ms  8 ms  8 ms r-rm2-rx1-rm2-rm2.garr.net [90.147.80.53]
 5  15 ms 15 ms 15 ms r-rm2-r-bol-11.bol.garr.net [90.147.80.11]
 6  15 ms 14 ms 15 ms a193-206-135-137.deploy.akamaitechnologies.com [193.206.135.137]

Traccia completata.
C:\Users\fausto.mfausto>

C:\Users\fausto.mfausto>tracert www.nasa.org
Traccia instradamento verso www.nasa.org [185.53.177.30]
su un massimo di 30 punti di passaggio:
 1  1 ms  1 ms  1 ms 193.205.92.2
 2  <1 ms <1 ms <1 ms 193.204.11.40
 3  8 ms  8 ms  8 ms 193.206.131.29
 4  8 ms  8 ms  8 ms rxi-rm2-rx2-rm2-rm2.garr.net [190.217.208.3]
 5  8 ms  8 ms  8 ms te0-0-2-3.rcr11.rom01.atlas.cogentco.com [149.6.22.73]
 6  12 ms 12 ms 12 ms te0-0-2-1.rcr11.qzo03.atlas.cogentco.com [154.54.37.180]
 7  18 ms 17 ms 16 ms te0-0-1-2.rcr11.vce01.atlas.cogentco.com [154.54.37.180]
 8  22 ms 22 ms 21 ms be2273.rcr21.mil01.atlas.cogentco.com [154.54.37.180]
 9  26 ms 25 ms 25 ms be2043.ccr21.zrh01.atlas.cogentco.com [154.54.37.180]
10  31 ms 30 ms 30 ms be3073.ccr22.muc03.atlas.cogentco.com [131.24.24.201]
11  31 ms 33 ms 31 ms te0-0-1-2.agr12.muc03.atlas.cogentco.com [131.24.24.201]
12  31 ms 31 ms 31 ms te0-0-2-1.rcr11.b015933-1.muc03.atlas.cogentco.com [154.25.8.22]
13  31 ms 31 ms 31 ms 149.6.156.202
14  31 ms 31 ms 31 ms 185.53.177.30

Traccia completata.
C:\Users\fausto.mfausto>

```

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.127

127

Reti di elaboratori

## CDN - Content Delivery Network

Una **CDN** (*Content Delivery Network*) è una sistema distribuito di server (una rete) che **consegna contenuti** (pagine web, video, immagini, ecc...) agli utenti finali **basandosi sulla loro posizione geografica**.

Il vantaggio di adottare questo tipo di tecnologia è di **migliorare effettivamente la velocità di consegna dei contenuti** di un determinato sito con un elevato traffico di richieste oppure di siti che necessitano di una presenza globale. Tanto più vicino geograficamente è il server Content Delivery Network all'utente finale, tanto più veloce il contenuto sarà consegnato.

Una **Content Delivery Network** copia il contenuto di un sito internet **su una rete di server distribuiti geograficamente in diverse locazioni, facendo caching dei contenuti della pagina**.

Quando un utente richiede un contenuto specifico, la CDN redirige la sua richiesta dal server di origine al server della Content Delivery Network **più vicino all'utente** e consegna il contenuto che ha in cache. Il processo è completamente trasparente per l'utente finale e gli dà la sensazione di un tempo molto migliore di risposta della pagina web.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.128

128



Reti di elaboratori

## Traceroute (linux)

```

studente@studente-virtual-machine: ~
studente@studente-virtual-machine: $ traceroute www.raai.it --resolve-hostname
traceroute to e12563.a.akamaiedge.net (104.85.9.142), 64 hops max
 1  193.205.92.2 (_gateway)  0,505ms  0,628ms  0,517ms
 2  193.204.11.40 (193.204.11.40)  0,702ms  0,472ms  0,499ms
 3  193.206.131.29 (193.206.131.29)  9,321ms  8,706ms  9,141ms
 4  90.147.81.50 (rx1-rm2-rx2-rm2.rm2.garr.net)  16,048ms  15,896ms  15,759ms
 5  185.191.181.88 (185.191.181.88)  9,759ms  18,845ms  10,956ms
 6  185.191.181.69 (185.191.181.69)  27,529ms  15,411ms  21,689ms
 7  217.29.66.214 (akamai2.mix-it.net)  17,271ms  17,043ms  17,145ms
 8  * * *
 9  * * *
10  * * *
11  * * *
12  * * *
13  * * *
14  * * *
15  * * *
16  * ^C
studente@studente-virtual-machine: ~$

```

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.129

129

Reti di elaboratori

## tracert - tracepath (linux)

```

root@polola207: ~
root@polola207: ~# tracert www.raai.it
tracert to www.raai.it (212.162.68.64), 30 hops max, 40 byte packets
 1  193.205.92.2 (193.205.92.2)  1.172 ms  1.310 ms  1.414 ms
 2  193.204.11.35 (193.204.11.35)  1.133 ms  1.193 ms  1.084 ms
 3  rc-unicam-rc-an-4.an.garr.net (193.206.140.209)  4.783 ms  4.709 ms  4.725 ms
 4  rc-an-rt-rm1.rm1.garr.net (193.206.134.225)  9.231 ms  9.597 ms  9.515 ms
 5  rt-rm1-rt-rm2-2.rm2.garr.net (193.206.134.118)  10.085 ms  10.019 ms  10.714 ms
 6  rt-rm2-rt-mi2.mi2.garr.net (193.206.134.229)  19.489 ms  18.740 ms  18.667 ms
 7  rai.mix-it.net (217.29.66.26)  20.401 ms  20.907 ms  21.279 ms
 8  212.162.64.154 (212.162.64.154)  29.517 ms  32.669 ms  32.575 ms
 9  * * *
10  * * *
11  * * *
12  * * *
13  * * *
14  *
root@polola207: ~#
root@polola207: ~# tracepath www.raai.it
1: polola207.informatica.unicam.it (193.205.92.195)  1.008ms pmtu 1500
2: 193.205.92.2 (193.205.92.2)  4.924ms
3: no reply
4: no reply

```

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.130

130

## Mtr in linux

```

studente@studente-virtual-machine: ~
My traceroute [v0.95]
studente-virtual-machine (193.205.92.139) -> www.ra.i.it (2022-10-06T09:00:39+0200)
Keys: Help  Display mode  Restart statistics  Order of fields  quit

      Packets
Host      Loss%  Snt  Last  Avg  Best  Wrst StDev
1. _gateway      0.0%   16   0.9   0.9   0.7   1.1   0.1
2. 193.204.11.40  0.0%   16   1.0   0.9   0.7   1.1   0.1
3. 193.206.131.29 0.0%   16   9.5   8.9   8.7   9.5   0.3
4. rx1-rm2-rx2-rm2.rm2.garr.net 0.0%   16  16.1  16.6  15.8  19.1   0.9
5. 185.191.181.88 0.0%   16   9.7   9.4   9.1   9.7   0.2
6. 185.191.181.69 0.0%   16  16.1  16.1  15.7  18.1   0.6
7. akamai2.mix-it.net 0.0%   15  17.0  17.7  16.6  21.9   1.8
8. a104-85-9-142.deploy.static.akamai 0.0%   15  16.0  16.2  16.0  19.4   0.1

```

131

## Traceroute in MacOS

```

faustomarccantoni — traceroute www.ra.i.it — 80x24
Last login: Wed Oct  5 10:17:52 on console
faustomarccantoni@MacBook-Pro-di-Fausto ~ % traceroute www.ra.i.it
traceroute to a104-85-9-142.deploy.static.akamaiedge.net (104.85.9.142), 64 hops max, 40 byte packets
 0  193.205.92.2 (193.205.92.2)  5.738 ms  1.017 ms  0.787 ms
 1  193.204.11.40 (193.204.11.40)  2.689 ms  1.437 ms  1.286 ms
 2  rx1-rm2-rx2-rm2.rm2.garr.net (193.206.137.62)  7.898 ms  6.888 ms  6.560 ms
 3  r11-bo01-rs1-bo01.bo01.garr.net (185.191.180.53)  9.753 ms  6.977 ms  6.560 ms
 4  r11-bo01-rs1-mi01.mi01.garr.net (185.191.180.51)  10.381 ms
 5  rs1-bo01-re1-mi02.mi02.garr.net (185.191.180.57)  18.153 ms
 6  rs1-mi01-re1-mi02.mi02.garr.net (185.191.180.158)  10.673 ms  10.106 ms
 7  akamai2.mix-it.net (217.29.66.214)  17.208 ms  16.098 ms  16.083 ms
 8  * * *
 9  * * *

```

132

## Mtr in MacOs

```

faustomarcantoni — mtr - sudo — 80x24

My traceroute [v0.95]
MacBook-Pro-di-Fausto (193.205.92.79) -> www.raai.it (102024-09-16T10:26:42+0200)
Keys: Help Display mode Restart statistics Order of fields quit

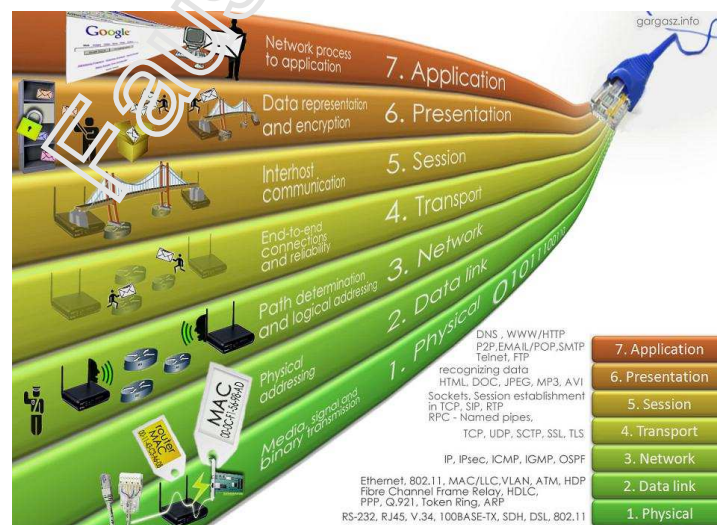
Packets
Pings
Host      Loss%  Snt  Last  Avg  Best  Wrst StDev
1. 193.205.92.2      0.0%  25   1.1   1.2   0.8   4.8   0.8
2. 193.204.11.40     0.0%  25   1.5   1.4   1.1   1.9   0.2
3. ru-uni-camerino-rl1-bo01.bo01.ga 0.0%  25   6.2   6.8   6.2  10.1   1.0
4. rl1-bo01-rs1-mi01.mi01.garr.net  0.0%  25   9.2   9.3   9.0  11.5   0.5
5. rs1-mi01-rs1-mi02.mi02.garr.net  0.0%  24  12.4  13.1  11.9  24.3   2.6
6. akamai2.mix-it.net 0.0%  24   9.9  11.0   9.6  22.5   3.0
7. a104-85-9-142.deploy.static.akam 0.0%  24   9.0   9.2   9.0   9.9   0.2

```

<https://support.cpanel.net/hc/en-us/articles/360062300093-how-to-use-MTR-on-MacOS>

133

## Stratificazione protocollare (Protocol "Layering")



134

Reti di elaboratori

## Stratificazione protocollare (Protocol "Layering")

Le reti sono complesse!

- Molti elementi:
  - host
  - router
  - link fisici dalle caratteristiche diverse
  - applicazioni
  - protocolli
  - hardware, software

**Domanda:**  
Come organizzare la struttura della rete?

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.135

135

Reti di elaboratori

## Stratificazione dei protocolli

Per dare struttura alla progettazione dei **protocolli di rete** i progettisti li organizzano (oltre che in base all'hardware e al software che li implementa) in **livelli o strati (layer)**.

**Ciascun protocollo appartiene a un livello.**

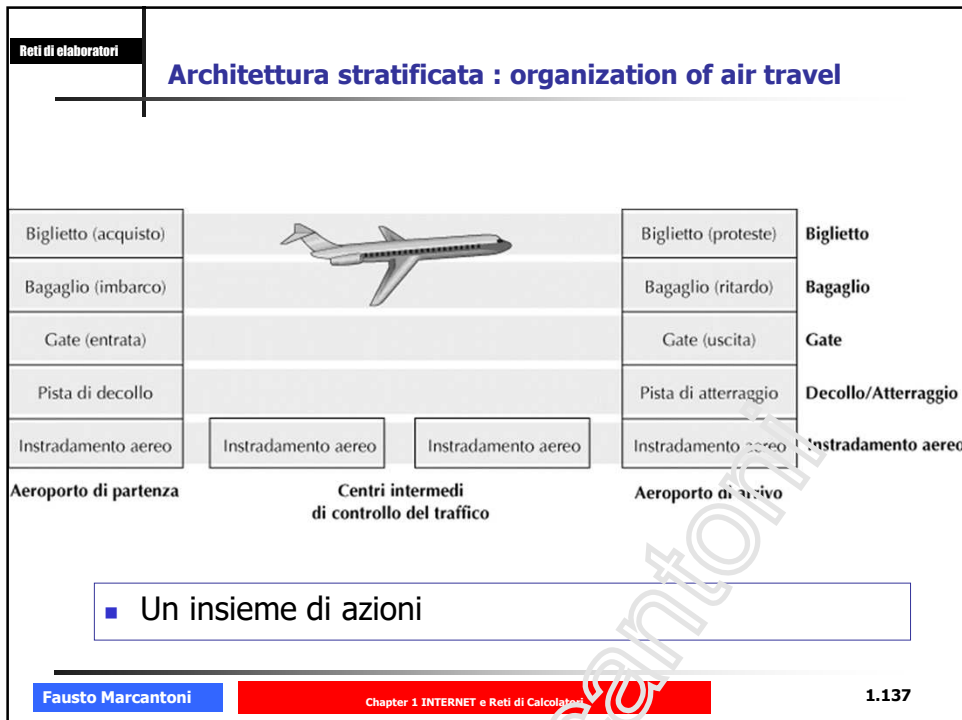
Un livello di protocolli può essere implementato via **software, hardware** o con una combinazione dei due.

Considerati assieme, i protocolli dei vari livelli sono detti **pila di protocolli (protocol stack)**.

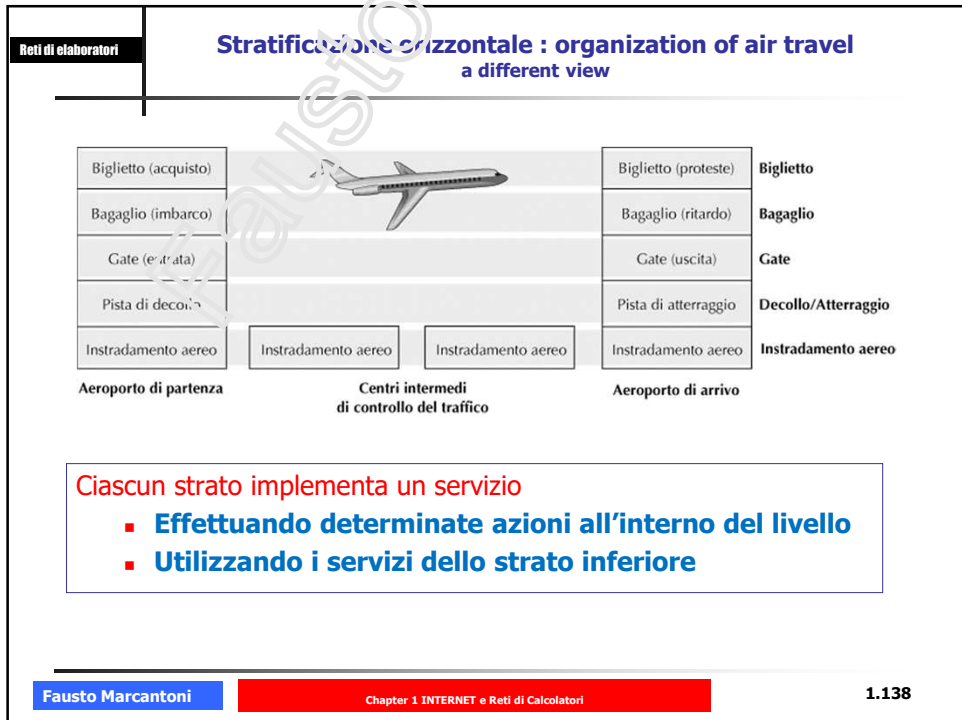
|              |   |                                    |
|--------------|---|------------------------------------|
| Application  | → | FTP, SMTP, SNMP ...                |
| Transport    | → | TCP    UDP                         |
| Internetwork | → | IP                    ICMP    IGMP |
| Link         | → | Ethernet, X.25, ARP, OSPF, NDP ... |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.136

136



137



138

Reti di elaboratori

## Il nostro viaggio

Biglietto (acquisto)      Biglietto (proteste)

Bagaglio (imbarco)      Bagaglio (ritardo)

Gate (entrata)      Gate (uscita)

Pista di decollo      Pista di atterraggio

Instradamento aereo      Instradamento aereo

Instradamento aereo

Fausto Marcantoni      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.139

139

Reti di elaboratori

## Perché la stratificazione?

I sistemi sono complessi:

- La stratificazione permette una **più facile organizzazione** e individuazione delle funzionalità
- La **modularità** facilita la **manutenzione** e la **modifica** dei sistemi
  - La modifica dell'implementazione dei servizi resi da uno strato è trasparente (non si modifica l'interfaccia)
  - Es., *cambiare il vettore non altera il funzionamento complessivo del servizio aereo*

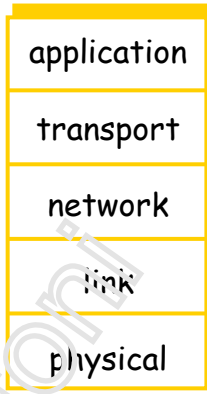
Fausto Marcantoni      Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori      1.140

140

Reti di elaboratori

## La stratificazione di Internet

- **application:** supporto per le applicazioni di rete
  - ftp, smtp, http
- **transport:** trasferimento dati end-to-end
  - tcp, udp
- **network:** trasferimento di datagrammi da sorgente a destinazione (host-to-host)
  - ip, routing protocols
- **link:** trasferimento di dati tra elementi di rete adiacenti
  - ppp, ethernet
- **physical:** bit "sul cavo"
  - frequenze, impulsi



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.141

141

Reti di elaboratori

## Protocol Data Unit

### Protocol Data Unit (PDU)

unità d'informazione o pacchetto scambiata tra due *peer entity* in un protocollo di comunicazione di un'architettura di rete a strati.

La PDU è composta da:

- **Protocol Control Information (PCI)**, ovvero le **informazioni di controllo** quali, per esempio gli indirizzi, i numeri di sequenza e i flag; la PCI è generalmente posta in testa alla PDU (in tal caso è detta *header*) o in coda (*trailer* o *footer*).
- **Service Data Unit (SDU)**, ovvero i **dati da trasmettere**. La SDU costituisce il *payload* della PDU ed è generalmente ottenuta a partire dalle PDU degli strati più in alto nella **pila** protocollare.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.142

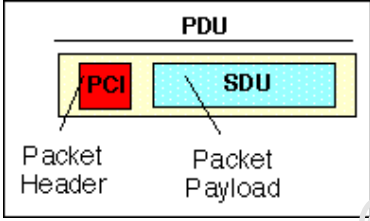
142

Reti di elaboratori

## PDU

La PDU è fatta di due parti:

- **header** Protocol Control Information (PCI)
- **payload** Service Data Unit (SDU)



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.143

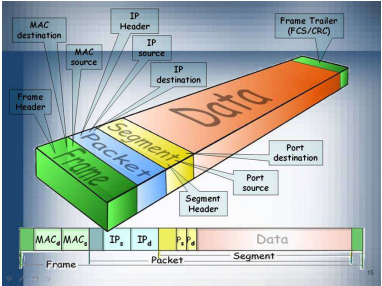
143

Reti di elaboratori

## PDU – Protocol Data Unit

Quando lo strato n dell'host A invia una n-PDU allo strato n dell'host B, lo strato n dell'host A passa l'n-PDU allo strato n-1, lasciando allo strato n-1 il compito di spedire l'n-PDU allo strato n di B;

**quindi si dice che lo strato n si affida allo strato n-1 per spedire le sue n-PDU a destinazione**



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.144

144



Reti di elaboratori

## PDU – Protocol Data Unit

Quando lo strato n dell'host A invia una n-PDU (*PDU- Protocol data unit*) allo strato n dell'host B, lo strato n dell'host A passa l'n-PDU allo strato n-1 e quindi lascia allo strato n-1 il compito di spedire l'n-PDU allo strato n di B; quindi si dice che lo strato n si affida allo strato n-1 per spedire le sue n-PDU a destinazione

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.145

145

Reti di elaboratori

## Incapsulamento

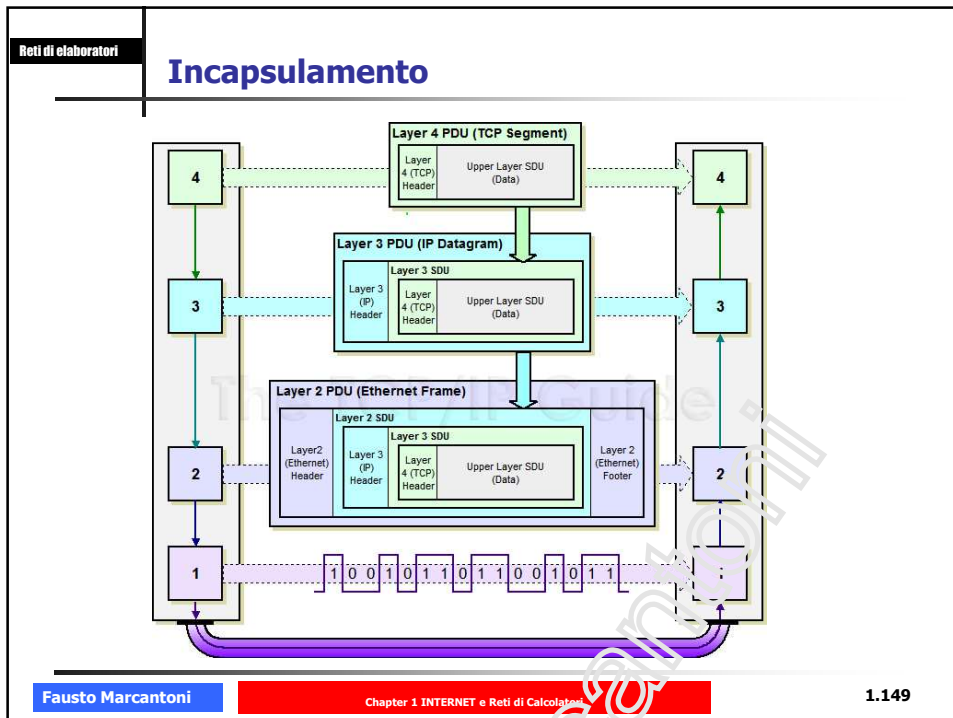
- Mentre le informazioni discendono attraverso i livelli cambiano il proprio formato su ciascun livello:
 

**incapsulamento**
- Quando i dati risalgono, ciascuna intestazione determina in che modo spostare i dati per i vari livelli
- a ciascun livello si staccano le intestazioni dei livelli precedenti in modo di avere lo stesso formato del livello analogo alla parte trasmissione.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.146

146





149



150

Reti di elaboratori

## Interfacce e Servizi

- il livello n-1 fornisce servizi al livello n (**service provider**)
- il livello n usa i servizi del livello n-1 (**service user**)
- I servizi offerti sono accessibili attraverso il **Service Access Point**
- ogni SAP ha un **indirizzo** che lo identifica univocamente

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.151

151

Reti di elaboratori

## Servizi e protocolli

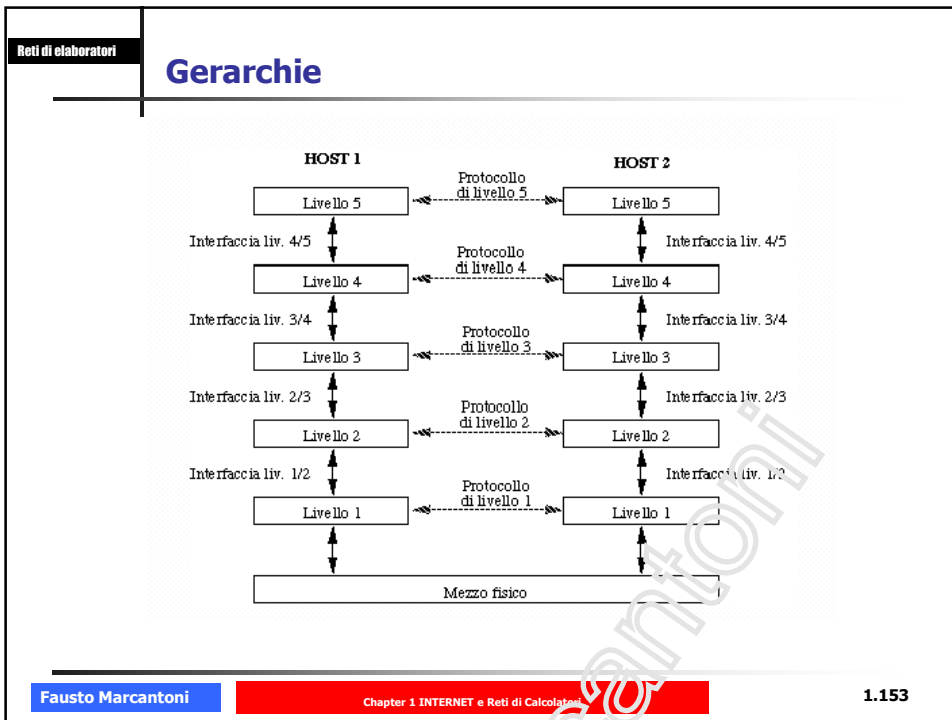
**Servizio:** insieme di operazioni primitive che un livello offre al livello superiore. L'implementazione di tali operazioni non riguarda il livello superiore

**Protocollo:** insieme di regole che governano il formato ed il significato delle informazioni (messaggi, frame, pacchetti) che le peer entity si scambiano tra loro

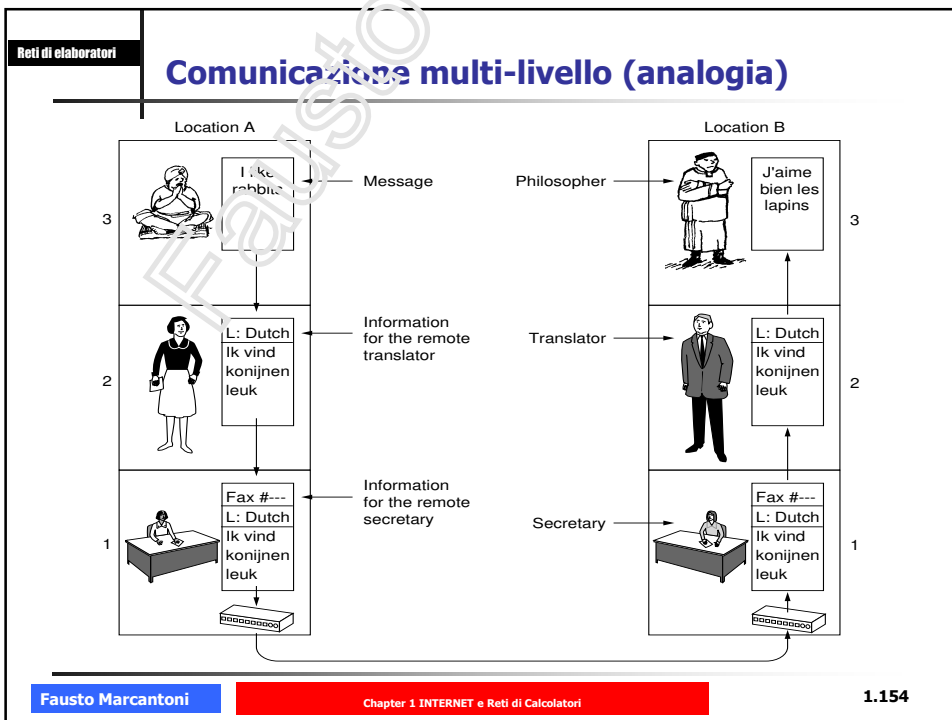
**Le entità usano i protocolli per implementare i propri servizi.**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.152

152



153



154



155

Reti di elaboratori

### Livelli, protocolli, interfacce

- Anche se è definito un protocollo di livello N, **nessun dato è trasferito direttamente da un livello N all'altro**
- Ogni livello **passa dati e informazioni di controllo al livello sottostante**, sino a quando si raggiunge il livello fisico che effettua la trasmissione
- L'interfaccia definisce quali operazioni primitive e servizi sono forniti da un livello ai livelli superiori

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.156

156

Reti di elaboratori

## Livelli, protocolli, interfacce

- L'insieme dei livelli e dei protocolli utilizzati definisce una **architettura di rete**
- Due host possono dialogare anche se utilizzano **diverse piattaforme hardware e diversi sistemi operativi**, purché adottino la stessa architettura di rete
- L'insieme dei protocolli di una architettura utilizzati su un certo host viene detto **pila di protocolli (protocol stack)**.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.157

157

Reti di elaboratori

## La pila protocollare di Internet

|          | Fila protocollare | PDU           |
|----------|-------------------|---------------|
| Strato 5 | Applicazione      | Messaggio     |
| Strato 4 | Trasporto         | Segmento      |
| Strato 3 | Rete              | Datagram      |
| Strato 2 | Collegamento      | Frame (trama) |
| Strato 1 | Fisico            | 1-PDU         |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.158

158

Reti di elaboratori

## Funzione degli strati

**Strato di applicazione**  
 Lo strato di applicazione è responsabile del supporto delle applicazioni della rete.  
 Esempio: HTTP, SMTP, FTP, Telnet, SSH,...

SSH  
The Secure Shell

SMTP The Server POP

TELNET

FTP-SITE

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.159

159

Reti di elaboratori

## Funzione degli strati

**Strato di trasporto**  
 Lo strato di trasporto fornisce il servizio di trasporto dei messaggi dello strato di applicazione fra le estremità client e server di un'applicazione.

In Internet ci sono due protocolli di trasporto, TCP e UDP;

Il **TCP** fornisce alle sue applicazioni un servizio **orientato alla connessione**. Questo servizio comprende la **garanzia di consegna** a destinazione dei messaggi dello strato di applicazione e un **controllo di flusso** (cioè l'adattamento tra le velocità di mittente e destinatario).

Il protocollo **UDP** fornisce alle sue applicazioni un servizio **senza connessione**, che è un servizio davvero privo di fronzoli.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.160

160



Reti di elaboratori

## Funzione degli strati : rete

**Strato di rete**

Lo strato di rete è responsabile dell'instradamento dei datagram da un host all'altro.

Ha un protocollo che definisce i campi nel datagram IP e come i terminali e i router agiscono su questi campi: questo è il tanto celebrato protocollo IP. Esiste un solo protocollo IP, e tutti i componenti di Internet che hanno uno strato di rete devono impiegare il protocollo IP.



Lo strato di rete Internet contiene anche i protocolli di instradamento che determinano il percorso che i datagram devono seguire fra sorgente e destinazione. Internet ha molti protocolli di instradamento.

Internet è una rete di reti, e l'amministratore della rete può, all'interno della rete, far funzionare qualunque protocollo di instradamento desideri.

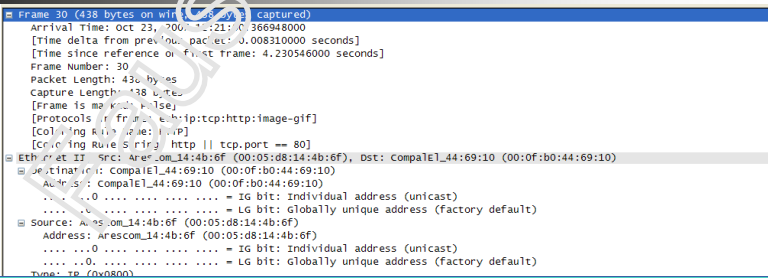
Sebbene lo strato di rete contenga sia il protocollo IP sia numerosi protocolli di instradamento, spesso ci si riferisce a questo strato come allo strato IP, per il fatto che IP è il collante che tiene insieme Internet.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.161

161

Reti di elaboratori

## Funzione degli strati : collegamento e fisico



**Strato di collegamento – data link**

Per muovere un pacchetto da un nodo (host o commutatore di pacchetto) al successivo sul percorso, lo strato di rete deve delegare il servizio allo strato di collegamento.

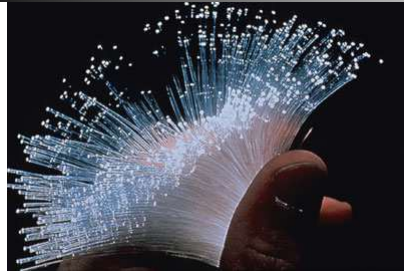
In particolare, a ciascun nodo IP passa il datagram allo strato di collegamento, che lo invia al nodo successivo lungo il percorso. A questo nodo successivo, lo strato di collegamento passa il datagram allo strato di rete.

Esempio: Ethernet, PPP, ...

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.162

162

## Funzione degli strati : collegamento e fisico



### Strato fisico

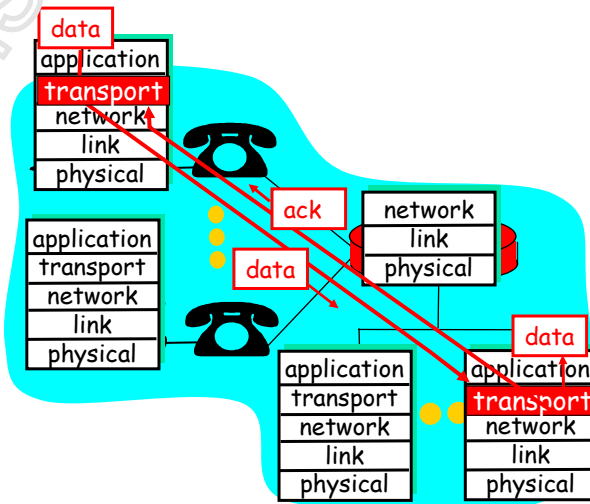
Il compito dello strato di collegamento è di muovere interi **frame** da un elemento della rete a quello adiacente, il compito dello strato fisico è di **muovere singoli bit** all'interno della rete da un nodo al successivo.

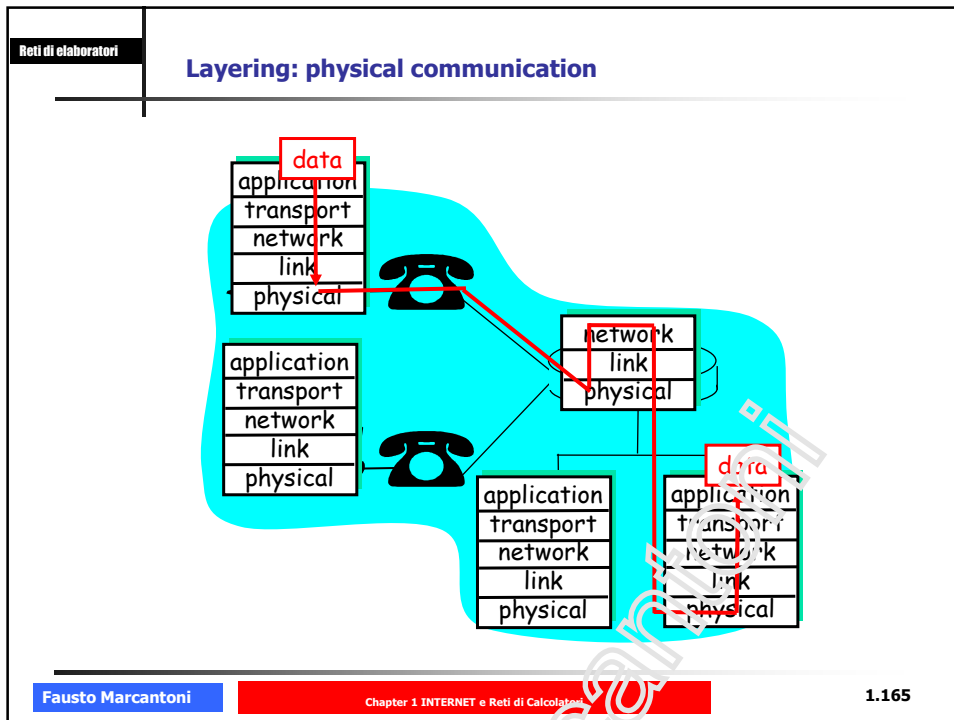
Anche i protocolli in questo strato sono dipendenti dal **link**, e dipendono anche dal mezzo trasmissivo del link

## Layering: logical communication

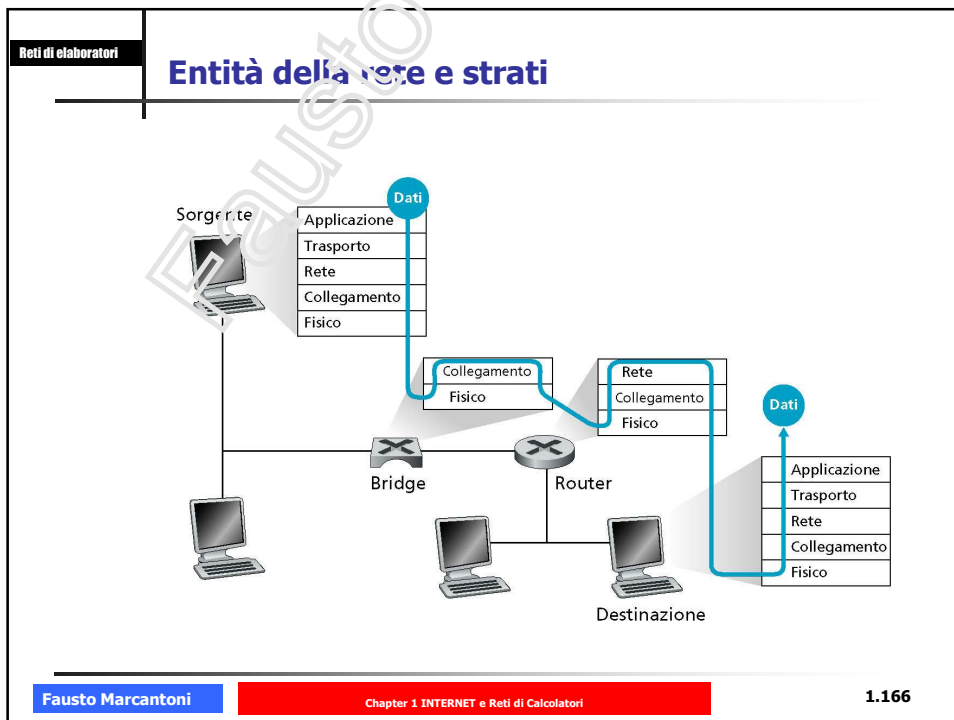
### E.g.: transport

- Preleva dati da app.
- Indirizzamento, crea datagramma
- Invia il datagramma all'entità pari del lato destinazione
- Attendi che il peer confermi il ricevimento
- analogia: ufficio postale

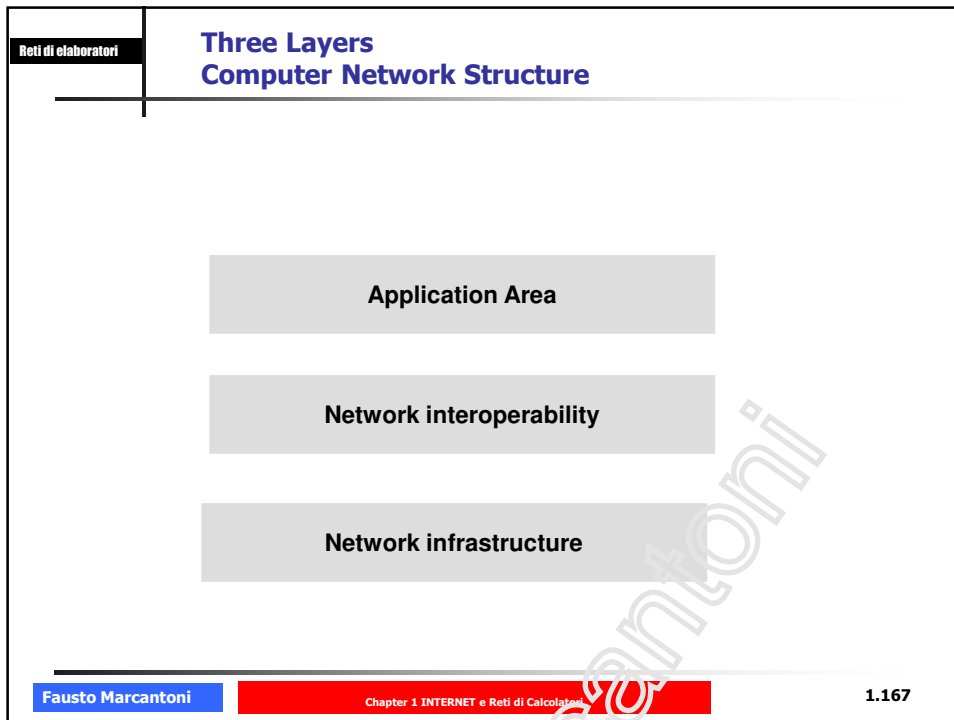




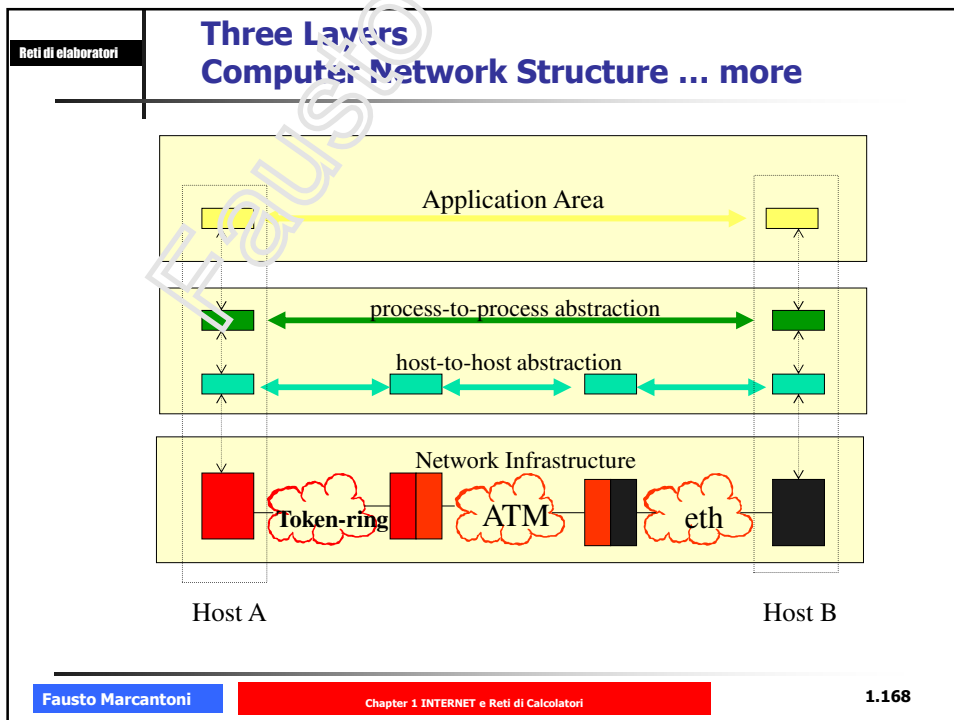
165



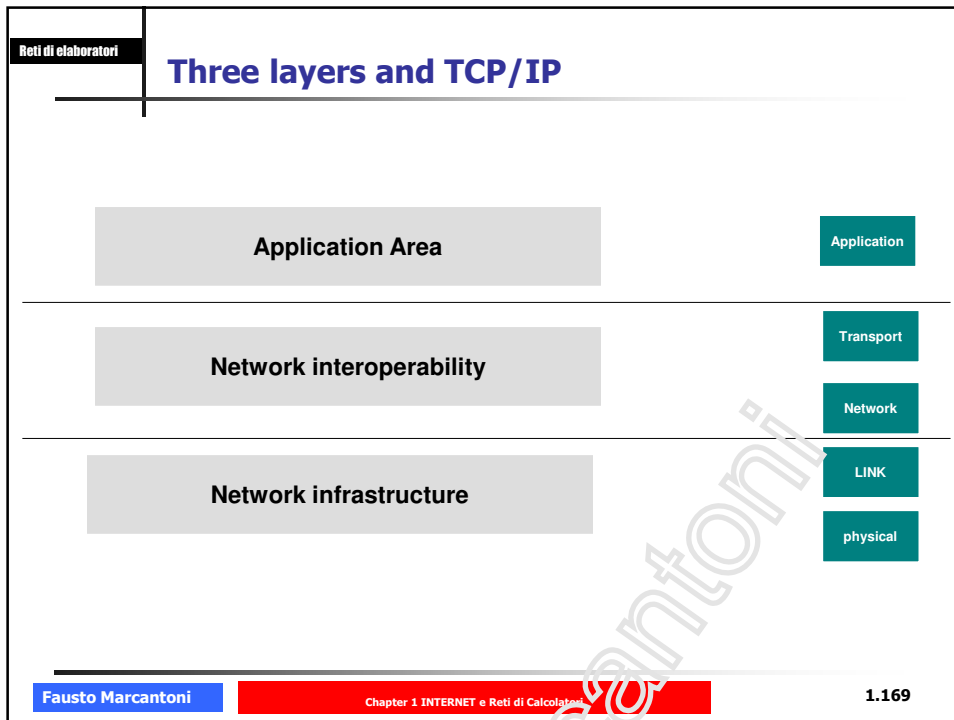
166



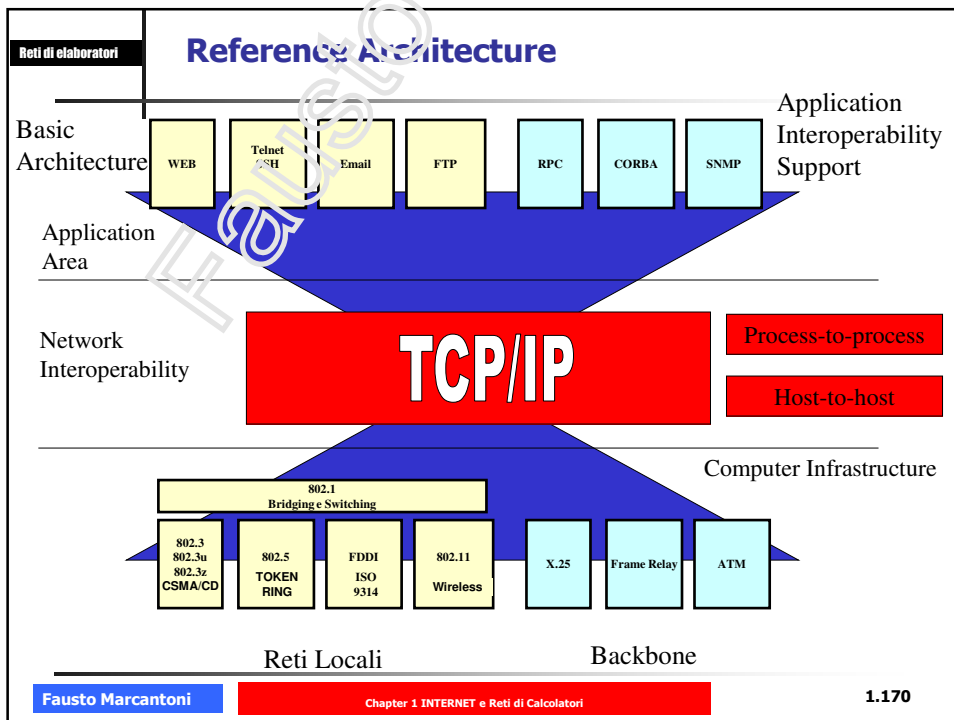
167



168



169



170

Reti di elaboratori

## ISO/OSI (Open System Interconnection)

<https://www.iso.org/ics/35.100/x/>

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.171

171

Reti di elaboratori

## diverse architetture di rete

confronto fra diverse architetture di rete

- **DECNET**, architettura della Digital Equipment Corporation
- **SNA** o System Network Architecture, architettura della rete IBM
- **TCP/IP**
- modello **ISO/OSI**

| OSI          | DECNET      | TCP/IP                  | SNA                  |
|--------------|-------------|-------------------------|----------------------|
| Application  | User        | Application             | Transaction Service  |
| Presentation | Netw. Appl. |                         | Presentation Service |
| Session      | Session     | Transport               | Data Flow            |
| Transport    | End to End  |                         | Trans. Control       |
| Network      | Routing     | Internet                | Virtual Route        |
| Data Link    | Data Link   |                         | Explicit Route       |
| Physical     | Physical    | livelli non specificati | Transm. Group        |
|              |             |                         | Data Link            |
|              |             |                         | Physical             |

Management Service } half session  
 } path control

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.172

172

|  |  |
|--|--|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="margin: 0;">Standard</h2>     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Essenziali per garantire la capacità operativa internazionale dei prodotti</li> <li>■ Forniscono le linee guida a tutti i fornitori di servizi</li> <li>■ Standard <b>DE FACTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ specifiche di pubblico dominio</li> <li>■ largamente adottato a livello mondiale</li> </ul> </li> <li>■ Standard <b>DE JURE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ specifiche pubbliche</li> <li>■ approvate da enti internazionali di standardizzazione               <ul style="list-style-type: none"> <li>■ standard IEEE 802 (LAN), architettura OSI (Open Systems Interconnection)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>■ Standard <b>Proprietario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ scelte indipendenti ed arbitrarie di un costruttore</li> <li>■ generalmente incompatibili con sistemi differenti</li> <li>■ raramente le specifiche sono rese pubbliche               <ul style="list-style-type: none"> <li>■ IBM SNA (Systems Network Architecture), Digital Decnet, Phase 11, Novell IPX, Appletalk</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |  |
| Fausto Marcontoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori |
| 1.173  |  |

173

|  |  |
|--|--|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="margin: 0;">Organizzazioni che regolano gli standard</h2> |
| <p><b><u>PTT - Post, Telegraph &amp; Telephone</u></b><br/>         L'amministrazione che gestisce i servizi trasmissivi nell'ambito di una data nazione</p> <p><b><u>ITU - International Telecommunication Union</u></b><br/>         Organismo internazionale che emette le <b>specifiche che devono essere adottate dalle PTT</b>. CCITT: il Consultant Committee on International Telephony and Telegraphy (CCITT) è uno dei comitati di lavoro di ITU (International Telecommunications Union). ITU è stato costituito nel 1965 ed è attualmente una agenzia delle Nazioni Unite.</p> <p><b><u>ISO - International Standard Organization</u></b><br/>         è una <b>organizzazione volontaria per la definizione di standard industriali</b> voluta dalle Nazioni Unite, di cui sono membri più di 90 organismi internazionali. L'acronimo ISO è modellato sull'aggettivo greco isos ("uguale", "standard"). ISO ha definito il modello di riferimento per le comunicazioni in una rete informatica, l'OSI (Open System Interconnection), cui di solito ci si riferisce con il palindromo ISO\OSI.</p> |  |
| <br><br>  |  |
| Fausto Marcontoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori                             |
| 1.174  |  |

174

Reti di elaboratori

## Organizzazioni che regolano gli standard (2)






**ANSI - American National Standard Institute**  
 è una **organizzazione privata** che **definisce standard nazionali volontari**. ANSI non esercita alcun controllo sul rispetto dei propri standard. È tuttavia membro dei principali organismi internazionali (ISO, IEC). Sicché, la mancata conformità agli standard ANSI è comunque un problema per qualsiasi produttore.

**IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers**  
 ha il compito di **definire gli standard per le comunicazioni di dati**. Il suo contributo più importante è stato la determinazione degli standard delle reti locali (LAN) e geografiche (WAN) basate sul modello ISO\OSI. Questo insieme complesso di protocolli è indicato come progetto 802.

**EIA\TIA: la Electronic Industries Association (EIA) e la Telecommunication Industry Association (TIA)**  
 hanno sviluppato un insieme di standard che **definiscono le norme per la installazione di reti** dedicate alla comunicazione telefonica e dei dati.


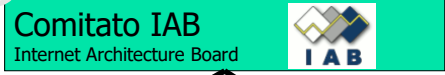
**IEC: l'International Electrotechnical Commission**  
 Stabilisce standard internazionali per tutto quello che riguarda **l'elettricità e l'elettronica**

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.175

175

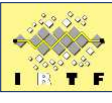
Reti di elaboratori

## Standard di INTERNET: l'organizzazione

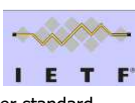
**IRTF: gruppi di ricerca**

Protocolli  
Applicazioni  
Architettura  
Tecnologia



**IETF: gruppi di lavoro**

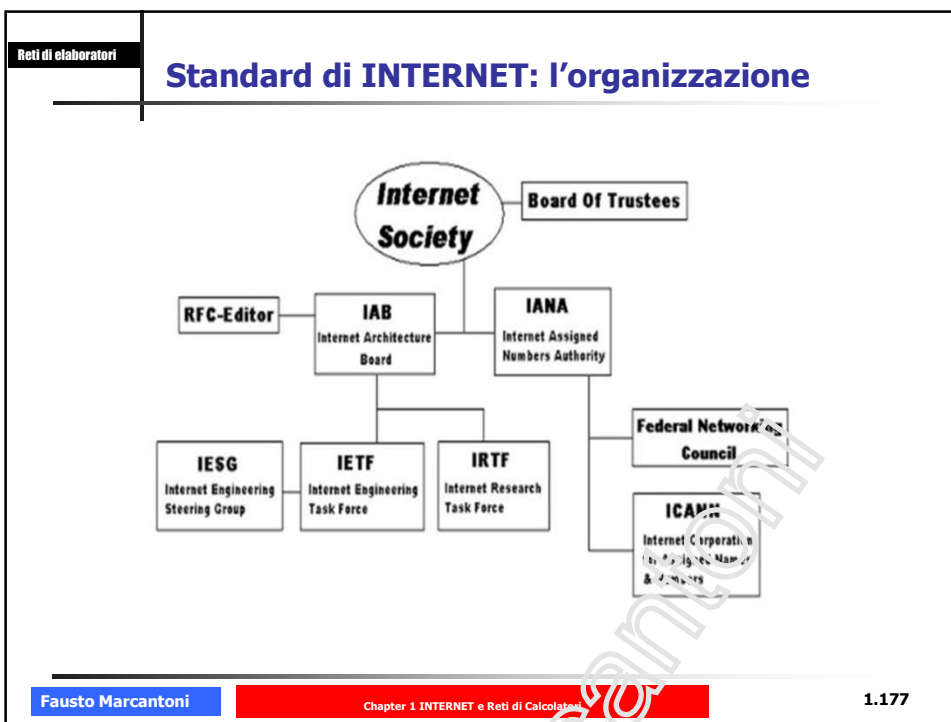
Identifica problemi  
Indica soluzioni  
Divisa in aree  
Recensisce proposte per standard



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.176

176





177

Reti di elaboratori

## Amministrazione di internet: sigle

|   |   |  |
|---|---|--|
| ISOC  | Organizzazione internazionale senza fini di lucro che sostiene le organizzazioni tecniche   | <a href="http://www.isoc.org">www.isoc.org</a> |
| IAB<br>(Internet Architecture Board)        | Consulente tecnico dell'ISOC  | <a href="http://www.iab.org">www.iab.org</a>   |
| IETF<br>Internet Engineering Task Force     | Sviluppa e recensisce specifiche pensate per diventare standard   | <a href="http://www.ietf.org">www.ietf.org</a> |
| IRTF<br>Internet Research Task Force        | Gruppi di lavoro concentrati sullo sviluppo di Internet a lungo termine   | <a href="http://www.irtf.org">www.irtf.org</a> |
| IANA<br>Internet Assigned Numbers Authority | Lo IANA è un organismo che ha responsabilità nell'assegnazione degli indirizzi IP. È parte integrante dell'Internet Architecture Board (IAB). | <a href="http://www.iana.org">www.iana.org</a> |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.178

178

Reti di elaboratori

## Lo standard Internet: Request For Comment

Sei Livelli di maturazione

```

    graph TD
      RFC[RFC] --- LS[livello sperimentale]
      RFC --- PS[proposta di standard]
      RFC --- LI[livello informativo]
      PS --- B[bozza]
      B --- SI[standard internet]
      SI --- LST[livello storico]
  
```

- Livelli di impiego
  - Necessario
  - Consigliato
  - Facoltativo
  - Uso limitato
  - Sconsigliato

Dimostra di poter essere usata con successo  
 Specifica stabile e sufficientemente interessante  
 Rimpiazzati da specifiche successive  
 Dopo almeno due realizzazioni indipendenti ed inter-operative  
 Situazione che non ha effetto sul funzionamento della rete

RFC Editor RFC Database

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.179

179

Reti di elaboratori

## I livelli secondo il modello OSI

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>APPLICAZIONE</b>  | Fornisce una serie di interfacce utilizzabili dalle applicazioni e quindi consente l'accesso ai servizi di rete |
| <b>PRESENTAZIONE</b> | Converte i dati in un formato generico per la trasmissione in rete e viceversa                                  |
| <b>SESSIONE</b>      | Consente a due parti di tenere comunicazioni continuative   |
| <b>TRASPORTO</b>     | Gestisce la trasmissione dati attraverso la rete  |
| <b>RETE</b>          | Gestisce i messaggi in viaggio e traduce indirizzi e nomi tra logici e fisici                                   |
| <b>COMUNICAZIONE</b> | Trastrada della rete e strato fisico. Impacchetta dati grezzi in frame da consegnare alla rete                  |
| <b>FISICO</b>        | Converte i bit in segnali e i segnali in bit  |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.180

180

## I 7 livelli OSI

- 1. Livello fisico (Physical Layer):** si occupa di trasmettere un flusso di dati non strutturati attraverso un collegamento fisico, occupandosi della forma e dei livelli di tensione del segnale. Ha a che fare con le procedure meccaniche ed elettroniche necessarie a stabilire, mantenere e disattivare un collegamento fisico.
- 2. Collegamento dati (Data Link Layer):** raggruppa i dati ricevuti dallo strato fisico in strutture di bit dette *frame*. Ha lo scopo di permettere il trasferimento affidabile di dati attraverso il livello fisico. Invia frame di dati con la necessaria sincronizzazione ed effettua un controllo degli errori e delle perdite di segnale. Tutto ciò consente di far apparire, al livello superiore, il mezzo fisico come una linea di trasmissione esente da errori di trasmissione.
- 3. Livello di rete (Network Layer):** si occupa di rendere i livelli superiori indipendenti dai meccanismi e dalle tecnologie di trasmissione usate per la connessione e prendersi carico della consegna a destinazione dei pacchetti. La sua unità dati fondamentale è detta *pacchetto*. In particolare determina il modo in cui i pacchetti vengono instradati dal trasmettitore al ricevitore, ricercando i percorsi migliori all'interno della rete con particolari algoritmi di instradamento.
- 4. Trasferimento o trasporto (Transport Layer):** provvede al trasferimento dei messaggi sulla rete procedendo in tre fasi: realizzazione della connessione, trasferimento dei dati, chiusura della connessione.
- 5. Sessione (Session Layer):** controlla la comunicazione gestendo i servizi di login, i diritti di accesso e i permessi.
- 6. Presentazione (Presentation Layer):** determina il modo con cui le informazioni appaiono all'utente. Si occupa di crittografare (per ragioni di sicurezza), comprimere ed eventualmente tradurre i dati. Questo livello interviene in casi particolari, quando i dati necessitano di un trattamento preliminare prima di essere utilizzati nelle applicazioni.
- 7. Applicazione (Application Layer):** fornisce un insieme di protocolli che operano a stretto contatto con le applicazioni di rete. Comprende diversi protocolli che consentono il trasferimento di file, l'utilizzo della posta elettronica e la visualizzazione delle pagine web.



Reti di elaboratori

## Confronto modello OSI e TCP/IP

|                      |   |           |        |            |      |     |
|----------------------|---|-----------|--------|------------|------|-----|
| <b>APPLICAZIONE</b>  | <b>APPLICAZIONI</b>                               |           |        |            |      |     |
| <b>PRESENTAZIONE</b> | SMTP  | FTP       | TELNET | DNS        | SNMP | NFS |
| <b>SESSIONE</b>      |   |           |        |            |      |     |
| <b>TRASPORTO</b>     | <b>TCP</b>  |           |        | <b>UDP</b> |      |     |
| <b>RETE</b>          | ICMP  | <b>IP</b> |        | ARP        | RARP |     |
| <b>COMUNICAZIONE</b> | <b>PROTOCOLLI DEFINITI DALLA RETE SOTTOSTANTE</b> |           |        |            |      |     |
| <b>FISICO</b>        |   |           |        |            |      |     |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.183

183

Reti di elaboratori

## Il mondo dei protocolli

Protocol information and updates: [www.protocols.com](http://www.protocols.com) RADCOM home page: [www.radcom.com](http://www.radcom.com)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.184

184

Reti di elaboratori

## Confronto modello OSI e TCP/IP

- ✓ Entrambi sono basati su **pile di strati e protocolli indipendenti** e le funzionalità sono simili nei due modelli.
- ✓ In entrambi **lo strato di trasporto fornisce un servizio dalla sorgente alla destinazione** (end to end), mentre gli altri sono relativi solo al primo tratto del collegamento.
- ✓ OSI ha contribuito a chiarire la **distinzione fra protocollo e servizio** ed il modello è stato ideato prima della creazione dei protocolli, creando problemi di confronto con la realtà.
- ✓ Inoltre è basato su una **visione "telefonica"** delle reti.
- ✓ Internet ha **prima creato i protocolli** e quindi il modello, ma è semplice !

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.185

185

Reti di elaboratori

## Pregi e difetti del modello OSI

From Computer Desktop Encyclopedia © 2004 The Computer Language Co. Inc.

- ☑ Modello molto utile per discutere di reti di calcolatori
- ☑ **Cattiva tecnologia** : sia il modello che i protocolli sono difettosi
- ☑ **Cattive implementazioni**: pesanti, poco maneggevoli e lente
- ☑ **Cattiva politica**: è stato sempre visto come una creatura dei signori delle telecomunicazioni

| OSI MODEL |  |              |
|-----------|--|--------------|
| 7         | <b>Application Layer</b><br>Type of communication: E-mail, file transfer, client/server.       | UPPER LAYERS |
| 6         | <b>Presentation Layer</b><br>Encryption, data conversion: ASCII to EBCDIC, BCD to binary, etc. |              |
| 5         | <b>Session Layer</b><br>Starts, stops session. Maintains order.                                |              |
| 4         | <b>Transport Layer</b><br>Ensures delivery of entire file or message.                          | LOWER LAYERS |
| 3         | <b>Network Layer</b><br>Routes data to different LANs and WANs based on network address.       |              |
| 2         | <b>Data Link (MAC) Layer</b><br>Transmits packets from node to node based on station address.  |              |
| 1         | <b>Physical Layer</b><br>Electrical signals and cabling.                                       |              |

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.186

186

Reti di elaboratori

## Pregi e difetti del modello TCP/IP

- ☺ Descrive fedelmente l'architettura TCP/IP
- ☹ Non è applicabile ad altre architetture
- ☹ Non vi è chiara distinzione tra servizi, interfacce e protocolli
- ☺ Notevole successo commerciale (standard de facto)
- ☹ A livello Network (internet) ed inferiori, solo servizi connectionless
- ☹ Molti protocolli del livello Applicativo sono ormai obsoleti (es. telnet, ftp)

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.187

187

Reti di elaboratori

## Indirizzamento

Indirizzi nel mondo TCP/IP

```

graph TD
    subgraph Indirizzi
        IF[Indirizzo fisico]
        IIP[Indirizzo IP]
        IOP[Indirizzo di porta]
    end

    subgraph Layers
        A[Applicazione]
        T[Trasporto]
        R[Rete]
        CF[Comunicazione Fisico (host to network)]
    end

    IOP --- T
    IIP --- R
    IF --- CF
  
```

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.188

188

Reti di elaboratori

## Versioni IP

- Versione 4
  - La più diffusa
  - Indirizzi IP a 32 bit non più sufficienti (finiti!!!)
- Versione 5
  - Basata sul modello OSI e mai superato la versione di proposta
- Versione 6 (IPv6)
  - Indirizzi a 128 bit
  - Formato di pacchetto molto semplificato e reso più flessibile
  - ICMPv6 contiene ICMP,IGMP,ARP e RARP – non esistono più

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.189

189

Reti di elaboratori

## Indirizzamento IPv4

- Un indirizzo IPv4 è espresso in stringhe (ottetti) di 32 bit ...
- ... che possono essere espresse in notazione decimale puntata (**dotte decimal point**)
- a ogni indirizzo IP può essere associato un nome (DNS)

The diagram illustrates the conversion of a 32-bit IPv4 address. At the top, the binary representation is shown as **11000001 11001100 00001000 01010110**, with a double-headed arrow above it labeled "32 bits". Below this, the decimal dotted notation is shown as **193.204.8.86**. Arrows point from each of the four 8-bit groups in the binary string to the corresponding octet in the decimal notation, with a label "8 bits" under the last group. Finally, a downward arrow points from the decimal notation to the mnemonic name **enjoy.unicam.it**.

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.190

190

|  |   |
|--|---|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="color: blue;">Indirizzamento IPv6</h2> |
| <b>2001:0000:1234:0000:0000:00D0:ABCD:0532</b>   |   |
| <p>2<sup>128</sup> indirizzi possibili<br/> <math>3,4 \times 10^{38} = 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456</math><br/>           Milioni di anni per esaurirli</p>   |   |
| <p>Notazione esadecimale a due punti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 8 campi esadecimali invece di 16 usando la notazione decimale puntata</li> <li>➤ Compressione degli 0<br/> <math>0000 \rightarrow 0</math><br/> <math>FF03:0001:0010 \rightarrow FF03:1:10</math><br/> <math>FF03:0:0:0:0:0:0:A3 \rightarrow FF03::A3</math></li> <li>➤ Estensione della notazione CIDR<br/> <math>13AB::DC30:0:0:0/60 \rightarrow 13AB::DC3</math></li> </ul> |   |
| Fausto Marcantoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori          |
| 1.191  |   |

https://it.wikipedia.org/wiki/IPv6

191

|  |   |
|--|---|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="color: blue;">Indirizzamento IPv6</h2> |
| <b>2001:0000:1234:0000:0000:00D0:ABCD:0532</b>   |   |
| <b>formato generale: X:X:X:X:X:X:X:X</b>   |   |
| <p>Ogni campo rappresenta 16 bit<br/>           Rappresentazione esadecimale</p>   |   |
| <p>Campi di 0 successivi → ::<br/>           Solo una volta<br/> <math>FF03:0:0:0:0:0:0:1 \rightarrow FF03::1</math></p> |   |
| Fausto Marcantoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori          |
| 1.192  |   |

192



|  |   |       |
|--|---|-------|
| Reti di elaboratori  | <h2 style="margin: 0;">Indirizzamento IPv6</h2> |       |
| <p>Nelle URL gli indirizzi tra <b>parentesi quadre</b></p> <p><b>http:// [2001:1:3F4A::205:AD13] :80/home.html</b></p> <p>⋮ usato anche per separare No. Porta</p> <p>Necessario modificare SW che usa URL: Browser, ecc.</p> <p>Gli indirizzi IPv6 compatibili IPv4 si scrivono:</p> <p style="text-align: center;"><b>::193.205.92.171</b></p> |   |       |
| Fausto Marcantoni  | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori        | 1.193 |

193

|   |  |       |
|---|--|-------|
| Reti di elaboratori   |  |       |
|    |  |       |
| <p><a href="https://www.wireshark.org/" style="color: red;">https://www.wireshark.org/</a></p> <p><a href="https://www.wireshark.org/docs/" style="color: red;">https://www.wireshark.org/docs/</a></p> <p><a href="#" style="color: red;">TShark Command Line using PowerShell</a></p> <p><a href="https://github.com/zapstiko/Hacking-PDF/blob/main/10.%20Wireshark%20for%20Security%20Professionals.pdf" style="color: red; font-size: small;">https://github.com/zapstiko/Hacking-PDF/blob/main/10.%20Wireshark%20for%20Security%20Professionals.pdf</a></p> <p><a href="https://www.udemy.com/course/wireshark/?couponCode=ST15MT100124A" style="color: red; font-size: small;">https://www.udemy.com/course/wireshark/?couponCode=ST15MT100124A</a></p>   |  |       |
| Fausto Marcantoni   | Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori | 1.194 |

194

# I livelli con wireshark

| No. | Time     | Source         | Destination    | Protocol | Length | Info                        |
|-----|----------|----------------|----------------|----------|--------|-----------------------------|
| 4   | 0.000543 | 193.205.92.220 | 193.205.92.226 | HTTP     | 513    | GET / HTTP/1.1              |
| 6   | 0.001507 | 193.205.92.226 | 193.205.92.220 | HTTP     | 471    | HTTP/1.1 200 OK (text/html) |

application  
transport  
network  
link  
physical



connessione web.pcapng  
4 KB

### Informazioni

Creato 19 ottobre 2023 alle ore 16:29  
Modificato 19 ottobre 2023 alle ore 16:29  
Ultima apertura oggi, 11:48

### Tag

Aggiungi tag...

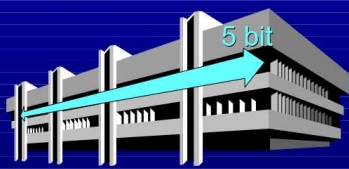
connessione web.pcapng

Reti di elaboratori

## Quanto è lungo 1 bit

Quanto è "lungo" un bit?

- A 10 Mb/s:



$$T_b = \frac{1}{10 \text{ Mb/s}} = \frac{1}{10^7} \text{ s} = 10^{-7} \text{ s}$$

$$v_p \cong 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$l = 10^{-7} \text{ s} \times 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 20 \text{ m}$$

© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

44

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.197


197

Reti di elaboratori

## Quanto è lungo 1 bit

Quanto è "lungo" un bit?

- A 100 Mb/s:



$$T_b = \frac{1}{100 \text{ Mb/s}} = \frac{1}{10^8} \text{ s} = 10^{-8} \text{ s}$$

$$v_p \cong 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$l = 10^{-8} \text{ s} \times 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2 \text{ m}$$

© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

45

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.198


198

Reti di elaboratori

## Quanto è lungo 1 bit

Quanto è "lungo" un bit?

- A 1 Gb/s:



$$T_b = \frac{1}{1\text{Gb/s}} = \frac{1}{10^9} \text{s} = 10^{-9} \text{s}$$

$$v_p \approx 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$l = 10^{-9} \text{s} \times 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 20 \text{ cm}$$

© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)


46

Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.199

199

Reti di elaboratori

Chapter 1



Fausto Marcantoni Chapter 1 INTERNET e Reti di Calcolatori 1.200

200