Tirocinio per il Corso di Laurea in Scienze Fisiche e Astrofisiche

anno accademico 2010/2011

Uso e funzionamento della rete

Leandro Lanzi
leandro.lanzi@fi.infn.it

INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Cosa può essere utile ad un fisico 1/3

- Riguardo all'**uso** e al **funzionamento della rete**, quali argomenti possono interessare e quali nozioni possono essere utili a degli studenti di fisica ai tempi di
  - Google® (gmail, google-earth, youtube),
  - dei blog,
  - del P2P,
  - di Skype® e della telefonia VoIP,
  - di Facebook®,
  - ...?

"Sono convinto che l'informatica abbia molto in comune con la fisica. Entrambe si occupano di come funziona il mondo a un livello abbastanza fondamentale. La differenza, naturalmente, è che mentre in fisica devi capire come è fatto il mondo, in informatica sei tu a crearlo."

Linus Torvalds (kernel Linux)
Rivoluzionario per caso (2001)

Cosa può essere utile ad un fisico 2/3

- **In generale:**
  - navigazione in Internet tramite un browser;
  - ricerche di articoli scientifici;
  - ricerche in database;
  - posta elettronica;
  - videoconferenza;
  - condivisione di file;
  - accesso a dati tramite la rete;
  - collegamento a reti esterne fuori sede;
  - GRID computing.
- **Fisico teorico:**
  - esigenze di calcolo sempre più grandi:
    - cluster di calcolo,
    - calcolo parallelo.
- **Fisico sperimentale:**
  - uso di strumenti scientifici via rete;
  - gestione remota di esperimenti.

Usate già la rete? 3/3

- Sapete fare quanto segue?
  - Consultare pagine web e fare ricerche su Intenet (Firefox, Internet Explorer, ...).
  - Utilizzare programmi di messaggistica istantanea (IRC, Messenger, Skype, ...).
  - Utilizzare un client per la posta elettronica (Thunderbird, Outlook, ...).
  - Configurare un client per la posta elettronica (Thunderbird, Outlook, ...).
  - Configurare un PC per accedere alla rete (GNU/Linux, Windows,...).
  - Copiare file fra due computer in rete (SCP, Microsoft Nerwork, ...).

Per scaricare questa presentazione e gli appunti

https://merlino.fi.infn.it/tirocinio/2010-2011

username: fisica

password: Bingo2010!

Sommario

FUNZIONAMENTO DELLA RETE

- Reti informatiche. Classificazione delle reti. Internet.
- ~~Cenni storici.~~
- Descrizione di Internet.
  - Componenti hardware.
  - Servizi offerti alle applicazioni distribuite.
  - **Protocolli.**
  - Tecnologia alla base della trasmissione dati.
  - ~~Accesso ad Internet, ISP e dorsali Internet.~~
- **La suite di protocolli TCP/IP e i sui livelli.**
- Incapsulamento dei pacchetti.
- Sistemi intermedi
- **Identificazione degli host: mac address, indirizzo IP , FQDN.**
- **Indirizzi IP, nomi di dominio e DNS, numeri di porta.**
- **Reti di classe A, B, C. Indirizzi privati.**

Sommario 2/2

USO DELLA RETE

- **Configurazione del proprio PC per poter accedere alla rete:**
  - DHCP;
  - **IP, netmask, gateway, server DNS.**
- **Ricavare la configurazione di rete del proprio PC.**
- Interrogare il server DNS.
- Mac address della scheda di rete e tabella ARP del proprio PC.
- Osservare i pacchetti della rete con tcpdump.
- Conoscere la rotta dei pacchetti con traceroute.
- **Configurazione di un mail client.**
- **Collegarsi tramite ssh ad un altro PC.**
- **Copiare file e/o directory dal proprio PC ad un altro tramite scp.**
- GARR: la “nostra” rete. Traffico sul router di “Firenze Sesto”.
- Usare telnet per parlare direttamente con un server web.
- Usare telnet per parlare direttamente con un mail server.

FUNZIONAMENTO

DELLA RETE

Reti informatiche

- Con il termine **“Rete”** ci si può in generale riferire ad una qualsiasi interconnessione fra dispositivi (**nodi** della rete).

- I nodi della rete sono connessi tramite **collegamenti** (**link**).

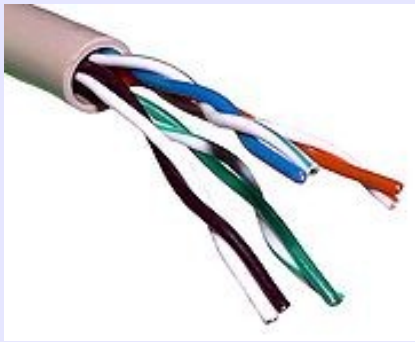
- Una **“Rete informatica”** è un sistema che permette ad una popolazione di utenti distribuiti su un'area più o meno ampia lo scambio e la <u>condivisione di informazioni e risorse</u> (sia hardware che software) tra diversi elaboratori indipendenti (calcolatori, ma non solo).

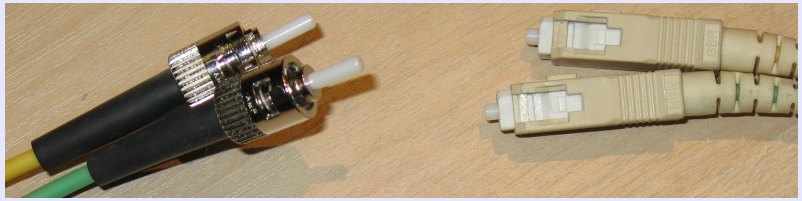
Classificazione delle reti informatiche

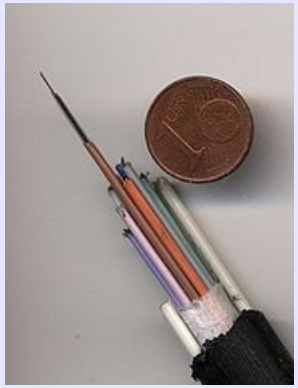
- Le reti informatiche, per la grande varietà di tecnologie e di modelli organizzativi, possono essere **classificate** secondo diversi aspetti.
  - Classificazione in base al canale trasmissivo:
    - cavo coassiale;
    - doppino intrecciato;
    - doppino intrecciato non schermato (UTP, unshield twisted pair);
    - fibra ottica;
    - canali radio terrestri e satellitari.
  - Classificazione sulla base dell'estensione geografica:
    - reti personali (Personal Area Network, PAN);
    - reti locali (Local Area Network, LAN);
    - campus e reti universitarie (Campus area network, CAN);
    - reti metropolitane (Metropolitan Area Network, MAN);
    - reti geografiche (Wide Area Network, WAN);
  - Classificazione in base alla topologia:
    - rete a stella;
    - rete a bus;
    - rete ad anello;
    - rete mesh.

Classificazione delle reti: canale trasmissivo

- Cavo coassiale
- Doppino intrecciato
  - Doppino intrecciato non schermato (UTP, unshield twisted pair)
- Fibra ottica
- Canali radio terrestri e satellitari







Classificazione delle reti: estensione geografica 1/3

- Reti personali (Personal Area Network, **PAN**)
  - Estensione di decine di metri: **appartamento**, **locale**.
  - Canale trasmissivo:
    - via cavo: cavo UTP con RJ-45, usb, firewire;
    - wireless: wi-fi (IEEE 802.11), IrDA, Bluethoot.
  - Velocità (per esempio ethernet): 10 Mbps, 100Mbps, attualmente anche 1Gbps.

- Reti locali (Local Area Network, **LAN**)
  - Estensione di centinaia di metri o qualche kilometro: **edificio**, **edifici adiacenti**.
  - Canale trasmissivo:
    - via cavo: cavo UTP con RJ-45, fibra ottica;
    - wireless (WLAN): wi-fi (IEEE 802.11) e recentemente WiMAX (IEEE 802.16).
  - Velocità (per esempio fibra ottica): 1Gbps (IEEE 802.3z), dal 2007 10Gps (IEEE 802.3-2005).

- Campus e reti universitarie (Campus area network, **CAN**)
  - Estensione di centinaia di metri o qualche kilometro: **università**, **campus**.

Classificazione delle reti: estensione geografica 2/3

- Reti metropolitane (Metropolitan Area Network, **MAN**)
  - Estensione di decine di kilometri: città.
  - Canale trasmissivo:
    - via cavo: fibra ottica;
    - wireless: ponti radio.
  - Velocità (per esempio ponte punto-punto in tecnologia laser): 1 Gbps.

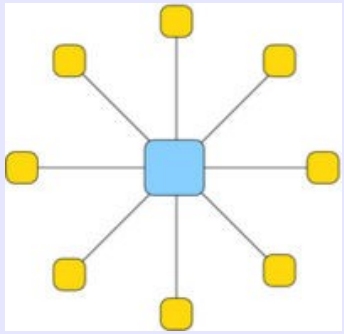
- Reti geografiche (Wide Area Network, **WAN**)
  - Estensione di centinaia, migliaia di kilometri ed oltre: nazioni, continenti, l'intero pianete.
  - Canale trasmissivo:
    - via cavo: fibra ottica;
    - wireless: ponti radio terrestri e satellitari.
  - Velocità: 10 Gbps.

Classificazione delle reti: estensione geografica 3/3

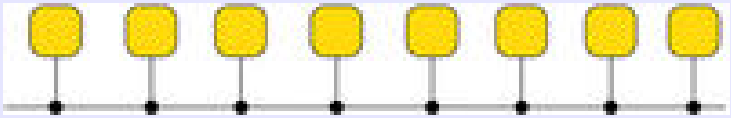
Descrizione		Estensione		Canale trasmissivo		Velocità
				Cavo	Wireless	
PAN	Personal Area Network	Appartamento	10 m	Cavo UTP	wi-fi	1 Mbps 10 Mbps
LAN	Local Area Network	Edificio Edifici adiacenti	100 m 1 km	Cavo UTP Fibra	wi-fi	1 Mbps 100 Mbps 1 Gbps
CAN	Campus Area Network					
MAN	Metropolitan Area Network	Città	10 km	Fibra	Ponte radio	1 Gbps
WAN	Wide Area Network	Nazioni Continenti Pianeta intero	100 km 10'000 km	Fibra	Ponte radio	10 Gbps

Classificazione delle reti: topologia

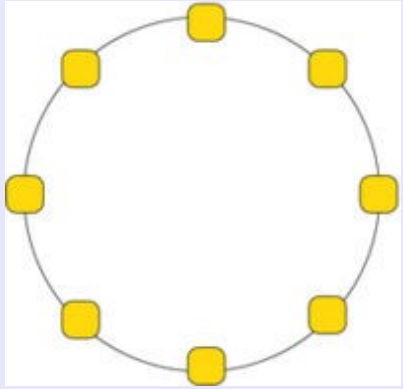
- Rete a stella



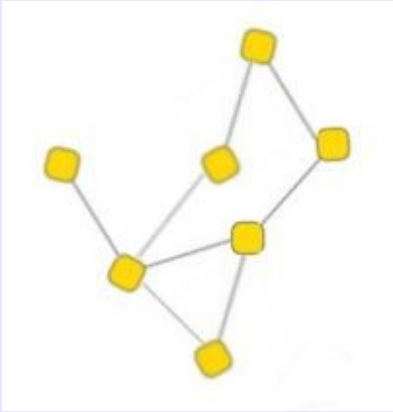
- Rete a bus



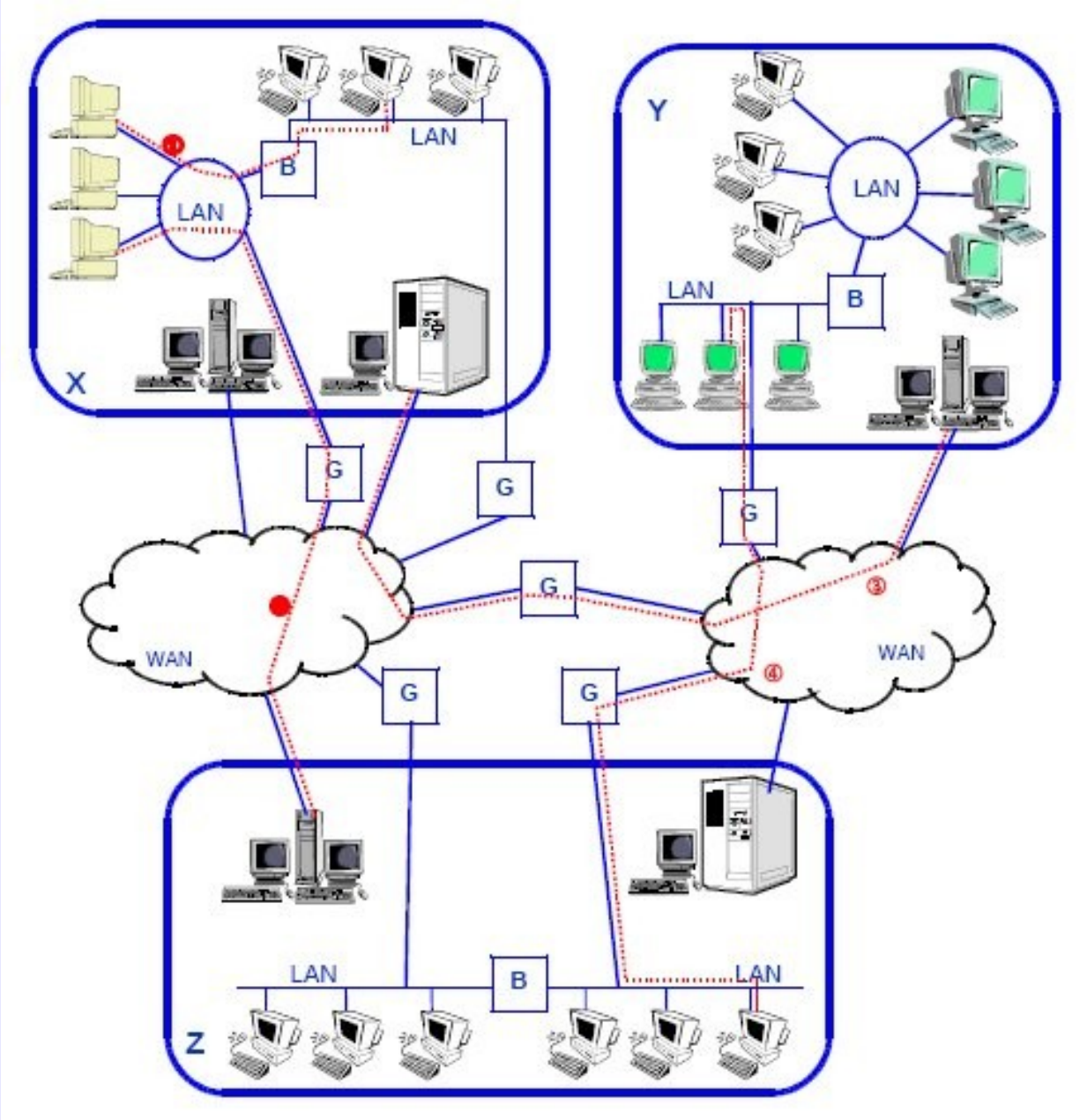
- Rete ad anello



- Rete mesh

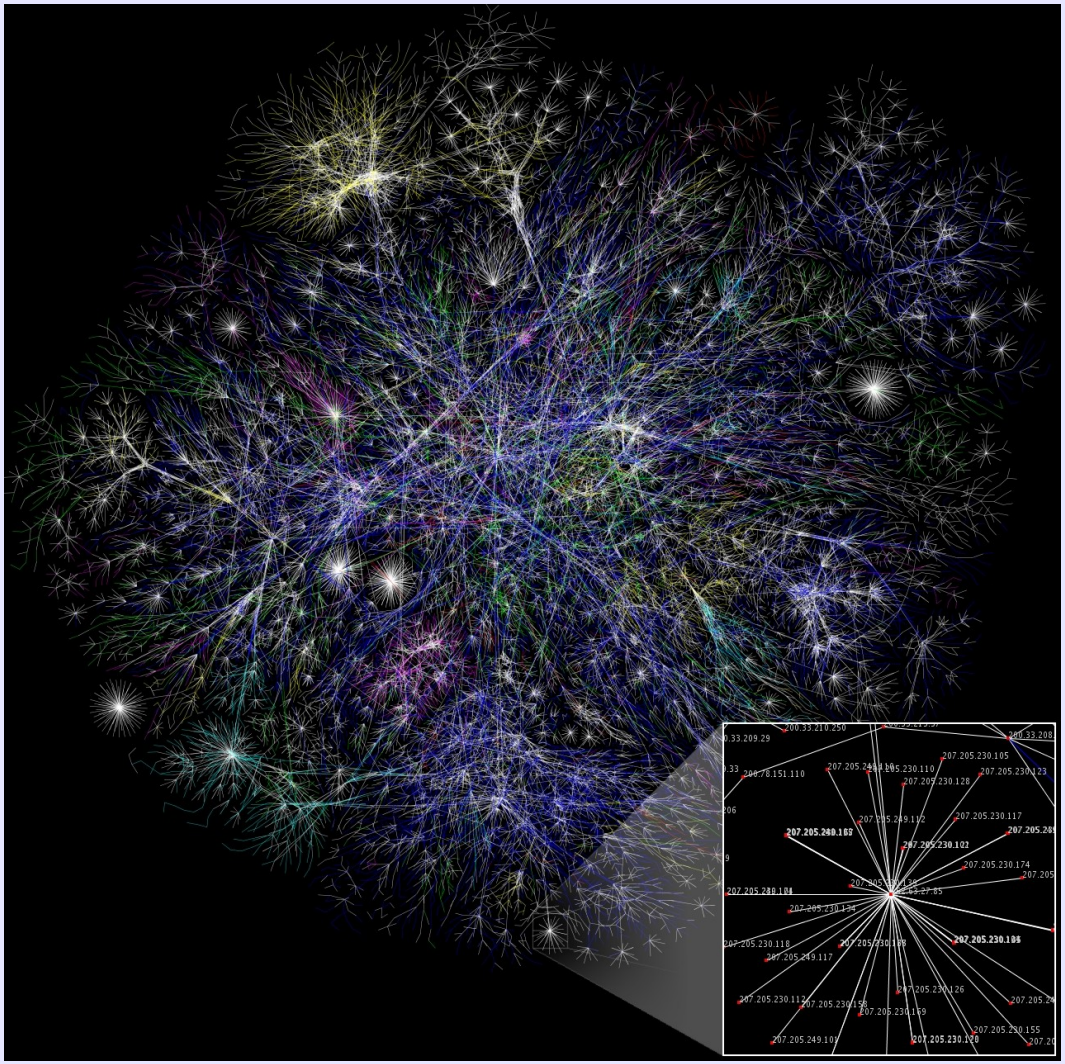


Interconnessione di reti



Internet

- Con il termine **internetwork** (o internet) si indica una **“rete di reti”**.
- La più grande internetwork è **Internet** (con la “I” maiuscola), che connette un numero enorme di reti su scala planetaria.



Rappresentazione di collegamenti fra vari router del backbone di Internet.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Internet]

(???)

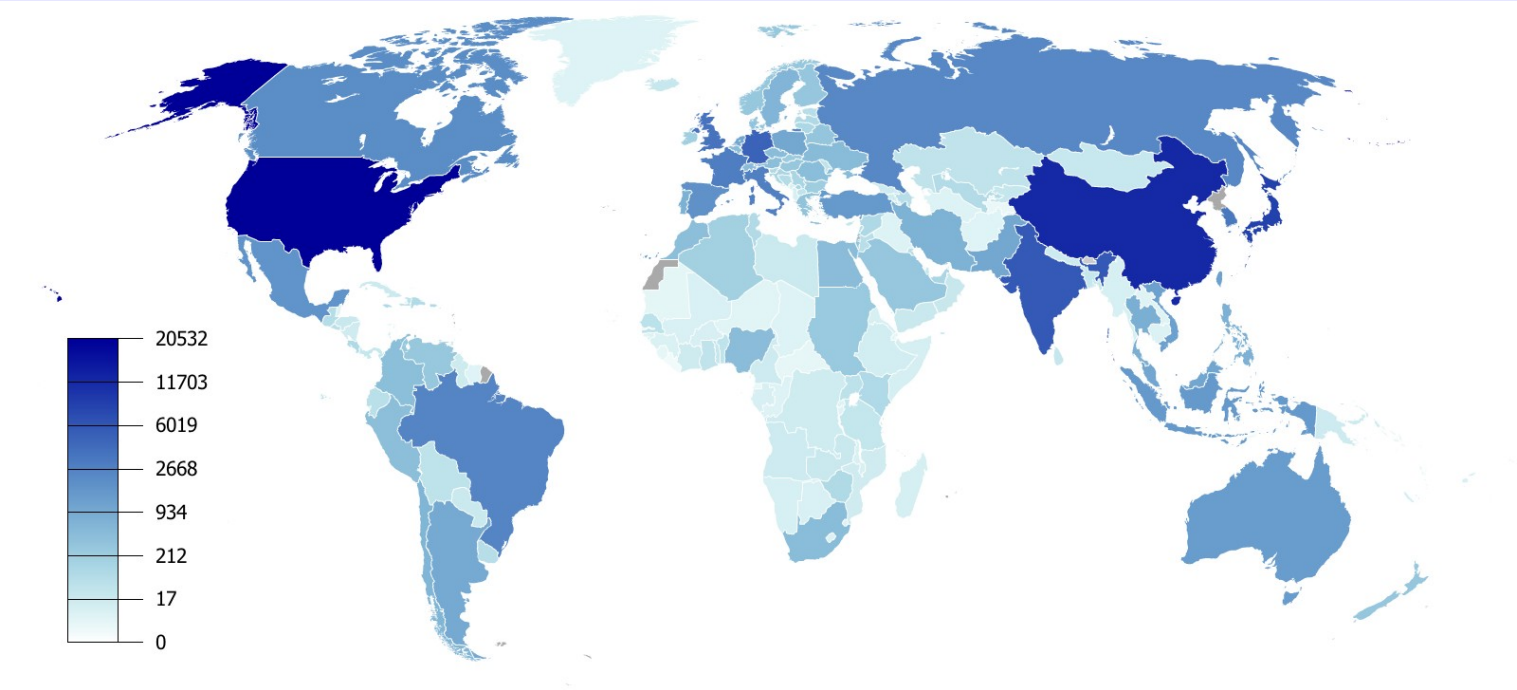
Utenti di Internet

- Secondo “World Internet Usage Statistics News and Population Stats” la situazione il 31 dicembre 2008 era la seguente *[http://www.internetworldstats.com/stats.htm]*

31/12/2008	Popolazione (x 10^6)	Utenti di Internet (x 10^6)	Percentuale
Intero pianeta	6710	1570	23%
Europa	804	390	49%
Italia	58	35	60%

- Utenti internet espressi in decine di migliaia per nazione nel 2007

[http://it.wikipedia.org/wiki/Internet]



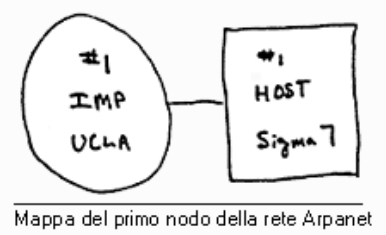
Cenni storici

- I primi progetti di realizzazione di reti fra calcolatori risalgono alla **fine degli anni cinquanta**.
- L'origine della moderna Internet risale agli anni sessanta, in particolare al progetto del “Dipartimento della Difesa” statunitense per lo sviluppo di una rete decentrata di computer interconnessi, denominato **ARPA Net**, che avrebbe dovuto continuare a funzionare in caso di un attacco nucleare.
- Per tale progetto vengono sviluppati e realizzati i **protocolli di rete** e le prime infrastrutture di rete alla base di Internet.
- I primi successi risalgono al **1969**. Il 28 ottobre viene realizzato il primo collegamento (a commutazione di pacchetto) fra due computer dell'Università della California (UCLA) e dell'istituto di ricerca di Stanford e nei mesi successivi si aggiunsero l'Università di Santa Barbara e l'Università dello Utah.
- Nel **1971** i computer collegati in rete sono 23.
- Il **primo gennaio 1983** ARPA Net inizia ad utilizzare il protocollo TCP/IP: nasce la moderna Internet.
- Dagli **anni ottanta** le tecnologie che oggi costituiscono la base di Internet cominciano a diffondersi in tutto il globo (Italia compresa).
- Nel corso degli **anni novanta** la popolarità della rete diventa massiva in seguito al lancio del **World Wide Web**.
- Da questo momento l'infrastruttura di Internet si espande in tutto il mondo per creare la rete mondiale globale di computer che conosciamo oggi.

Date che hanno segnato la storia di Internet

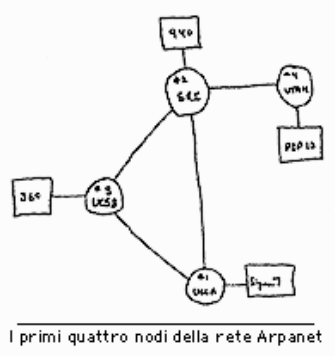
١٩٦٢	Avvio delle ricerche di **ARPA**, progetto del Ministero della Difesa degli Stati Uniti
١٩٦٧	Prima conferenza internazionale sulla rete **ARPANET**
١٩٦٩	**Primo collegamento tra due computer** dell'Università della California (UCLA) e del laboratorio Doug Engelbart dell'istituto di ricerca di Stanford.
	Collegamento dei primi computer tra **4 università americane**: Università della California (UCLA), Università di Santa Barbara, Istituto di Ricerca di Stanford e Università dello Utah
١٩٧١	La rete ARPANET connette tra loro **23 computer**
١٩٧٢	Nascita dell'**InterNetworking Working Group**, organismo incaricato della gestione di Internet.
	Ray Tomlinson propone l'utilizzo del segno @ per separare il nome utente da quello della macchina.
١٩٧٣	La Gran Bretagna e la Norvegia si uniscono alla rete con un computer ciascuna.
١٩٧٩	Creazione dei primi **NewsGroups** (forum di discussione) da parte di studenti americani
١٩٨٠	Il ٢٧ ottobre il primo virus informatico blocca totalmente ARPA Net.
١٩٨١	Nasce in Francia la rete **Minitel**. In breve tempo diventa la più grande rete di computer al di fuori degli USA
١٩٨٢	Definizione del protocollo **TCP/IP** e della parola **"Internet"**
١٩٨٣	Appaiono i primi **server dei nomi dei siti**
١٩٨٤	La rete conta ormai **1000 computer** collegati
١٩٨٦	Nasce **"cnr.it"**, il primo dominio con la denominazione geografica dell'Italia. È il sito del **Consiglio Nazionale delle Ricerche**.
١٩٨٧	Sono connessi **10'000 computer**
١٩٨٩	Sono connessi **100'000 computer**
١٩٩٠	Scomparsa di ARPANET
	Invenzione del linguaggio **HTML**
١٩٩١	Il CERN (Centro Europeo di Ricerca Nucleare) annuncia la nascita del **World Wide Web (WWW)**
١٩٩٢	Sono connessi **1'000'000 computer**
١٩٩٣	Apparizione del primo browser web: **Mosaic**
١٩٩٦	Sono connessi **10'000'000 computer**
١٩٩٩	Gli **utenti di Internet sono 200'000'000** in tutto il mondo

Immagini che hanno segnato la storia di Internet



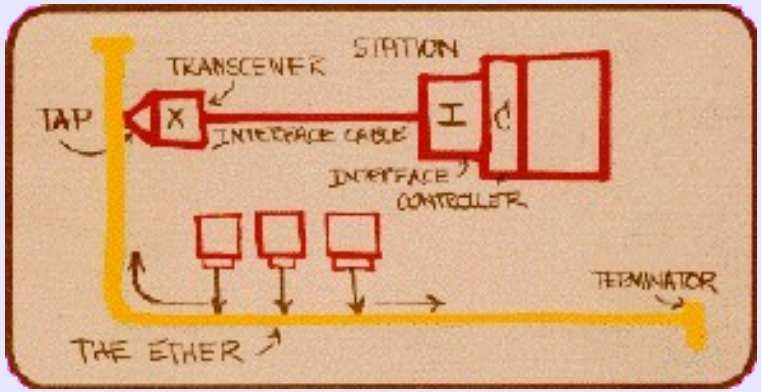
Mappa del primo nodo della rete Arpanet

settembre 1969

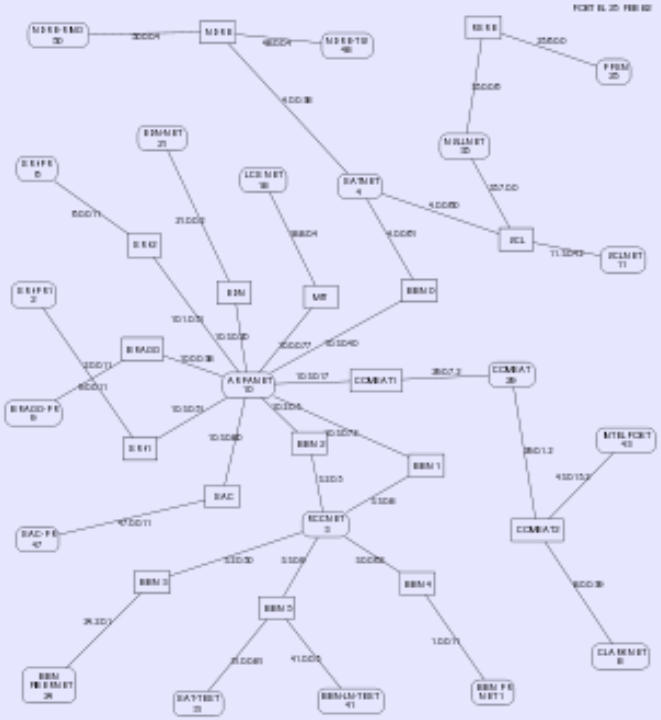


I primi quattro nodi della rete Arpanet

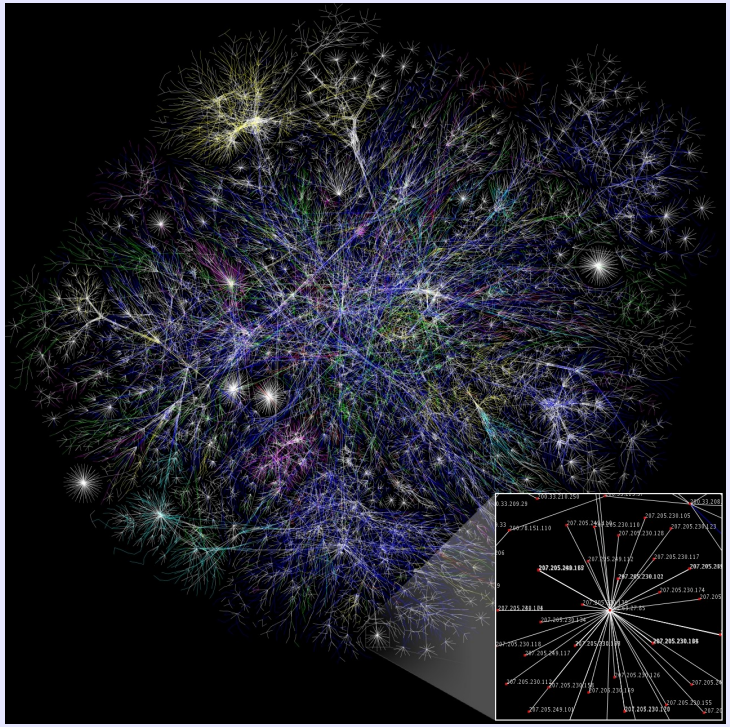
dicembre 1969



Ether-net – Robert M. Metcalfe, **1973**.



1982



2008

GARR: rete italiana della ricerca

- GARR

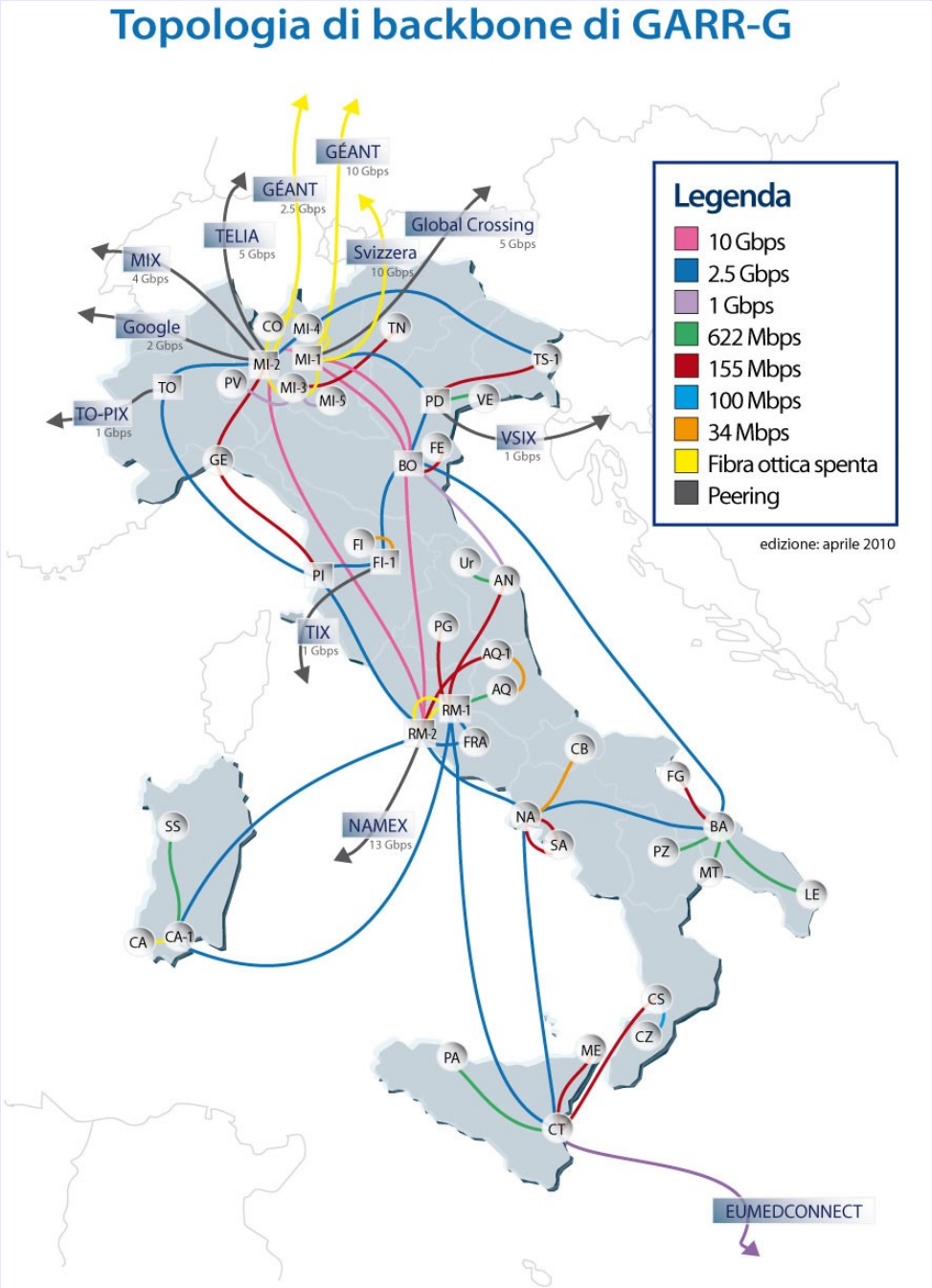
  Gestione

  Ampliamento

  Rete

  Ricerca

  http://www.garr.it/



Descrizione di Internet

- Per descrivere Internet si può parlare
  - dei suoi componenti **hardware**
    (host, router, switch, hub, link),
  - dei suoi **servizi** forniti alle applicazioni distribuite,
  - dei **protocolli** utilizzati per la trasmissione dei dati,
  - della sua **tecnologia alla base della trasmissione dati**
    (commutazione di pacchetto: a datagrammi e a circuito virtuale),
  - delle modalità di **accesso alla rete**,
  - ~~dell'organizzazione~~
    ~~(ISP e dorsali Internet).~~

Componenti hardware di Internet 1/3

Host e link

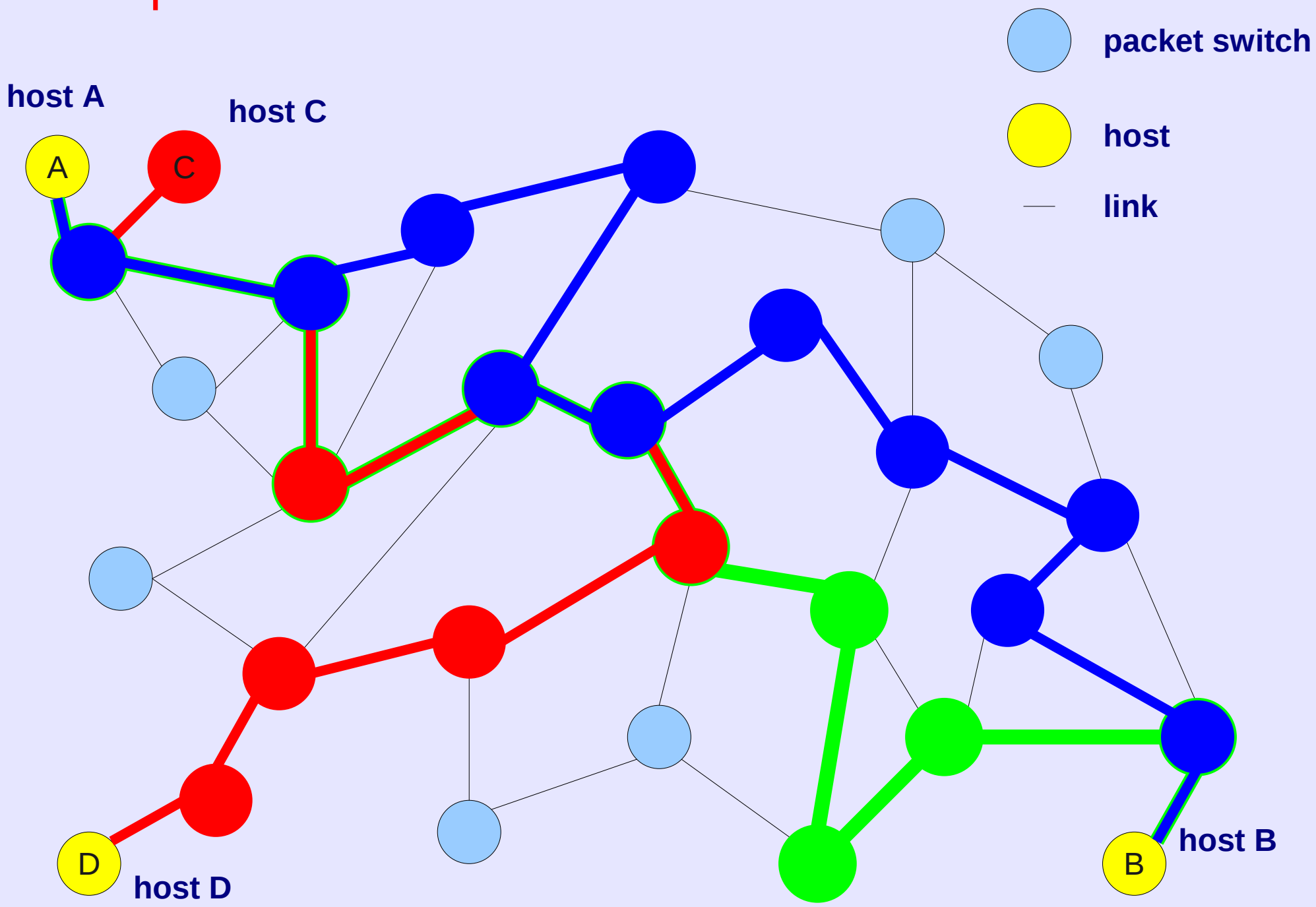
- Fino a qualche anno fa si poteva dire che Internet fosse la **“Rete mondiale di calcolatori”**.
- Attualmente possono essere connessi ad internet:
  - calcolatori,
  - strumenti di gestione remota di esperimenti e acquisizione dati,
  - sistemi di monitoraggio ambientale,
  - strumentazione industriale,
  - webcam, sistemi di sicurezza,
  - telefoni, PDA, televisori, elettrodomestici,
  - ...
- Per questa varietà di panorama delle utenze di Internet non si parla più di “Rete di calcolatori”, ma genericamente di una rete costituita da **host** (ospiti).
- Spesso si parla di host **client** e host **server** per applicazioni di tipo **client-server**, per esempio, un browser web (client) e un server web (server).
- Gli host sono connessi tramite **link** (collegamenti).

Componenti hardware di Internet 2/3

Packet switch

- Non tutti gli host sono connessi direttamente fra loro: tipicamente sono connessi fra loro tramite dispositivi di commutazione (switching device) chiamati comunemente (in tcp/ip) **packet switch**.
- Un packet switch prende un elemento di informazione, detto pacchetto (**packet**), da un collegamento (link) in ingresso e lo ritrasmette su uno o più collegamenti in uscita.
- I pacchetti sono formati da un'intestazione (**header**) e dal contenuto (**content**).
- I packet switch si dividono in tre principali tipologie:
  - **router**,
  - link-layer **switch**,
  - **hub**.
- La sequenza di collegamenti e commutatori di pacchetto attraversati dal singolo pacchetto da un host ad un altro viene detto path o **route** (percorso).
- Il collegamento fra due host non avviene con un percorso dedicato, ma viene utilizzata la tecnica nota come **packet switching** (commutazione di pacchetto) che consente a più host di condividere uno stesso route (percorso) o parte di esso.

Componenti hardware di Internet



Servizi offerti da Internet 1/2

- **Internet** consente alle applicazioni distribuite eseguite sui singoli host di scambiarsi dati.
- Tali **applicazioni** comprendono:
  - navigazione sul web,
  - messaggistica istantanea,
  - straming audio e video,
  - telefonia su Internet,
  - giochi distribuiti,
  - condivisione di file tramite peer-to-peer (P2P),
  - autenticazione remota,
  - posta elettronica,
  - telefonia VoIP,
  - ...

Servizi offerti da Internet 2/2

- Internet fornisce due tipi di servizi alle proprie applicazioni distribuite:
  - un **servizio affidabile orientato alla connessione (connection-oriented)** che garantisce che i dati trasmessi da un mittente a un destinatario venga consegnato in ordine e nella loro completezza *(vedi dopo "protocollo TCP")*;
  - un **servizio non affidabile** senza connessione che non garantisce alcuna garanzia di consegna *(vedi dopo "protocollo UDP")*.
- Normalmente le applicazioni distribuite fanno uso dell'uno o dell'altro servizio, ma non entrambi.
- Attualmente Internet non fornisce un servizio che dia garanzia sul tempo di consegna dei dati.

Servizi orientati alla connessione

- Il servizio è orientato alla connessione: non è una vera connessione:
  - solo gli host terminali sanno della connessione,
  - i packet switch sul percorso ne sono completamente all'oscuro.
- Protocollo **Trasmission Connection Oriented** (**TCP**), RFC 793
  - **Handshaking** (stretta di mano).
  - **Acknowledgement** (avvisi di ricezione).
  - Servizi forniti da TCP alle applicazioni:
    - trasferimento dati affidabile,
    - controllo di flusso,
    - controllo di congestione.

Servizi senza connessione

- Non prevede né handshaking né acknowledgement.
- Consegna rapida dei dati.
- Protocollo **User Datagram Protocol** (**UDP**), RFC 768.

Protocolli

- Tutti i componenti di Internet (host, packet switch) fanno uso di **protocolli** che controllano l'invio e la ricezione di pacchetti.
- Un protocollo di rete definisce il **formato** e **l'ordine dei messaggi** scambiati tra due o più entità in comunicazione, così come le **azioni** intraprese in fase di trasmissione e/o di ricezione di un messaggio o di un altro evento.
- In generale in Internet si utilizzano protocolli diversi per realizzare compiti diversi .
- I due più importanti protocolli di Internet sono:
  - **Transmission Control Protocol (TCP)**;
  - **Internet Protocol (IP)**.
- Tutti i protocolli di Internet sono noti con il nome collettivo di **TCP/IP**.
- Tutte le caratteristiche e le funzioni di ogni singolo protocollo sono definite dagli standard Internet che vengono sviluppati dall'**Internet Engineering Task Force (IETF)**.

RFC

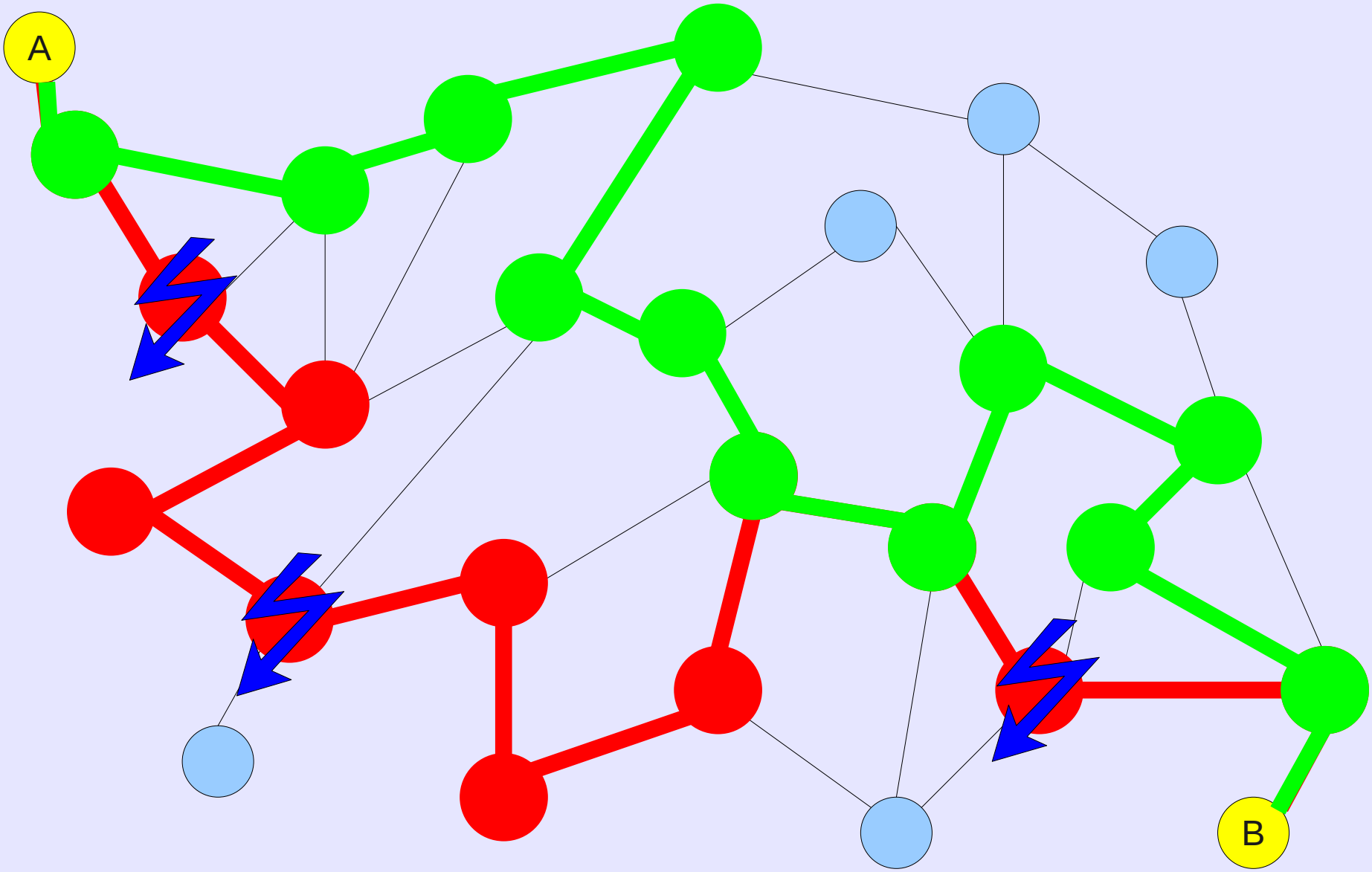
- La documentazione degli standard Internet viene detta **Request for Comment (RFC)**.
- Le RFC sono documenti tecnici molto dettagliati con tutte le specifiche per ogni aspetto della rete.
- Fra le RFC si trovano
  - tutte le specifiche dei **protocolli di Internet**
    - i protocolli di comunicazione;
    - i protocolli eseguibili dagli host;
    - i protocolli eseguibili dai router;
  - gli standard per **componenti hardware di rete**;
  - gli standard per i **collegamenti di rete**;
  - ...
- Le RFC sono in continua evoluzione.
- Ad oggi (2009) ci sono circa **5500 RFC**.

Trasmissione dati

- Esistono due fondamentali approcci per costruire un metodo di comunicazione fra due nodi terminali di una rete:
  - la commutazione di circuito (per esempio le reti telefoniche),
  - la commutazione di pacchetto (per esempio Internet).

- Internet è una **rete a commutazione di pacchetto a datagramma**
  - non si realizza un circuito preferenziale di comunicazione fra due nodi terminali;
  - non viene mantenuta nessuna informazione sullo stato della connessione nei vari nodi interessato alla comunicazione;
  - i pacchetti scambiati fra due nodi terminali possono compiere percorsi differenti;
  - se il percorso è congestionato il pacchetto attende in appositi buffer;
  - il servizio di consegna dei pacchetti è un servizio best effort (massimo sforzo possibile) senza garanzia di successo;
  - non utilizzando risorse dedicate, ma condivise, la rete è soggetta a problemi di congestione.
  - i pacchetti possono essere persi.

Rete a commutazione di pacchetto a datagramma



Accesso ad Internet

- Si considera il collegamento o i collegamenti fisici (**rete di accesso**) che connettono un host al proprio **edge router**, cioè al primo router sul percorso dall'host ad un qualsiasi altro host distante.
- Le reti d'accesso possono essere catalogate in tre categorie non rigide.
  - Accesso **residenziale**, connette le residenze private alla rete.
    - Modem dial-up V92 (tipicamente a 56 Kbps) su doppino telefonico.
    - Modem ISDN (Integrated Services Digital Network) su linea telefonica digitale.
    - Digital Subscriber Line (DSL).
    - Hybrid fiber-coaxial Cable (HFC) .
    - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).
  - accesso **aziendale**, connette host di uffici, istituti, università, … alla rete.
    - Rete locale (LAN) tipicamente in tecnologia Ethernet.
  - accesso **wireless**, connette host alla rete via etere.
    - Wireless local area network (Wireless LAN).
    - Wide-Area Wireless Access Network, per esempio WAP e 3G.

ISP 1/2

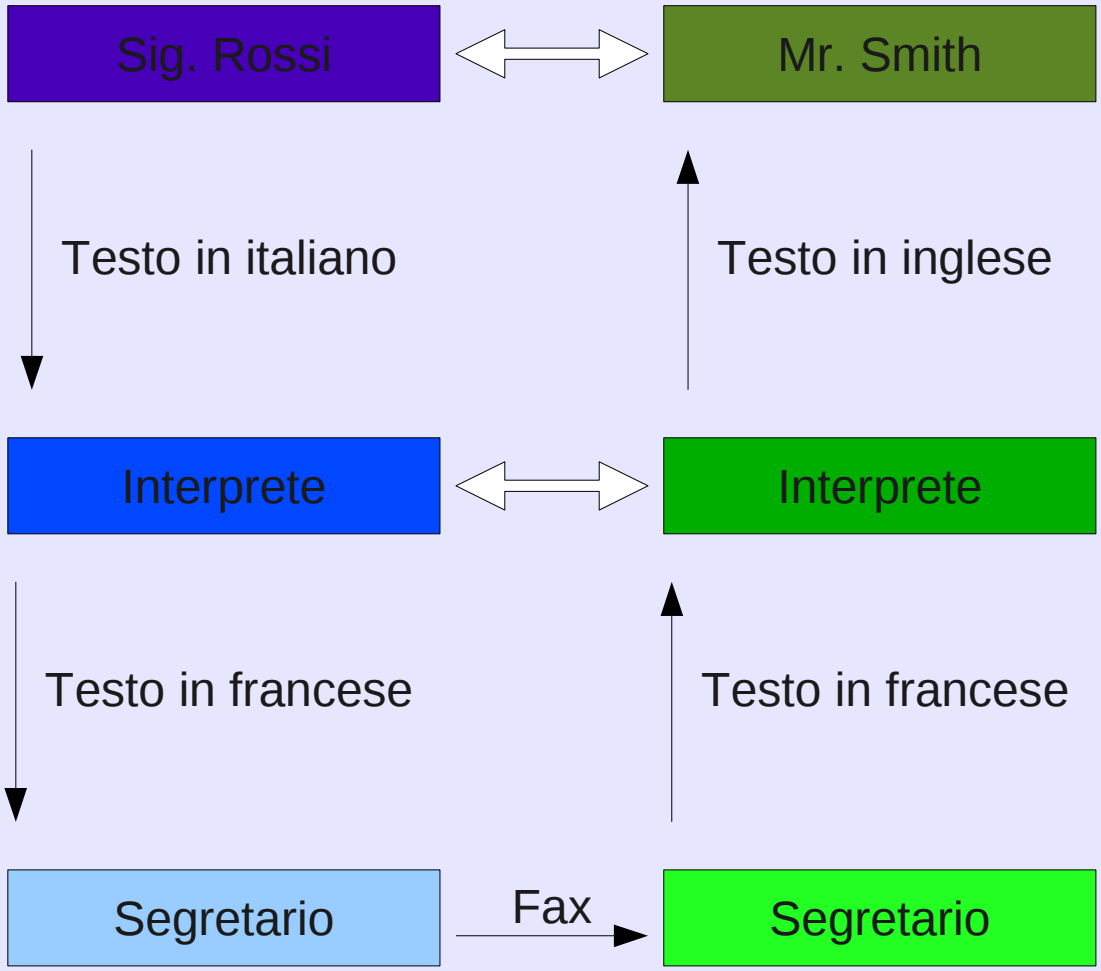
- Le reti di accesso (che connettono il singolo host ad Internet) sono connesse al resto della rete tramite una struttura gerarchica di **ISP** (**Internet Service Provider**).
- A capo della struttura gerarchica degli ISP, ci sono i **tier-1 ISP** (**ISP di livello 1**), che sono caratterizzati da:
  - esser connessi a ciascuno degli altri ISP di livello 1,
  - esser connessi a un gran numero di ISP di livello 2,
  - avere copertura internazionale.
- Gli ISP di livello 1 sono:
  - AT&T ,
  - Global Crossing (GBLX) ,
  - Level 3 Communications (L3) ,
  - NTT Communications (Verio) (in origine TLGnet) ,
  - Qwest ,
  - Sprint ,
  - Verizon Business (precedentemente UUNET) ,
  - SAVVIS ,
  - TeliaSonera International Carrier.

ISP 2/2

- Gli ISP di **livello 2** instradano il traffico attraverso ISP di livello 1
- Al di sotto del livello 2 ci sono altri ISP che si collegano ad Internet tramite uno o più ISP di livello 2.
- Al gradino più basso si trovano gli **ISP d'accesso ad Internet**.
- Quando due ISP dello stesso livello sono direttamente interconnessi sono detti pari grado (**peer**).
- In una rete di ISP, il punto in cui un ISP si collega ad altri (inferiori, superiori o paritari) è detto punto di presenza (**POP, Point of Presence**).
- Due **ISP di livello 1** possono connettersi fra loro con uno, due o più coppie di POP, cioè possono presentare **più punti di peering**.
- Oltre a collegarsi vicendevolmente in punti privati di peering, gli ISP spesso si collegano presso punti di accesso alla rete (**NAP, Network Access Point**) ciascuno dei quali è di proprietà e viene gestito da una terza parte (tipicamente che si occupa di telecomunicazioni o da un fornitore di dorsale Internet).

Comunicazione strutturata a livelli

- La comunicazione fra host in Internet è affidata a protocolli che sono organizzati a livelli (**layer**).



- **Vantaggi di una comunicazione strutturata a livelli:**
- ogni livello del mittente comunica, indipendentemente dai livelli superiori ed inferiori, con il rispettivo livello del destinatario;
- anche se è definito un protocollo di un certo livello, nessun dato è trasferito direttamente da un livello all'altro su un diverso sistema (ad eccezione del livello più basso);
- ogni livello può essere sviluppato e aggiornato indipendentemente dagli altri livelli, sempre mantenendo inalterate le interfacce con il livello superiore ed inferiore.

Livelli di protocollo di Internet

- La comunicazione fra host in Internet è affidata a protocolli che sono organizzati a livelli (**layer**).
- Ciascun protocollo appartiene ad un livello.
- Sono di interesse i servizi che un livello offre a quello superiore: si tratta del così detto modello dei servizi (**service model**) di un livello.
- Ogni livello fornisce il suo servizio
  - effettuando determinate **azioni** all'interno del livello stesso,
  - utilizzando i **servizi del livello inferiore**.
- Esempio: i servizi offerti dal livello **N** possono includere la *consegna affidabile dei messaggi* utilizzando un servizio di consegna dei messaggi *non affidabile* al livello **N-1**.

“Modello TCP/IP” o “suite di protocolli TCP/IP”

- La pila dei protocolli (**protocol stack**) di Internet secondo il modello TCP/IP consiste di 5 livelli (in realtà si parla di 3 o 4 o 4+1 o **5 livelli** a seconda degli autori e delle RFC).

N	Livello	Layer	Protocolli	Unità trasmessa (pacchetto)	Utilizza	Commutatore di pacchetto
5	Applicazione	**Apllication**	DHCP, HTTP, HTTPS, SMTP, POP3, IMAP, FTP,SFTP, DNS, SSH, IRC, SNMP, SIP, RTSP, RTP, ...	Messaggio	FQDN o IP	- - -
4	Trasporto	**Transport**	**TCP**, **UDP**, SCTP, DCCP ...	Segmento (Segmento TCP) (Datagramma UDP)	Porta	- - -
3	Rete	**Network**	**IPv4**, IPv6, ICMP, ICMPv6, IGMP, IPsec...	Datagramma	IP	Router
2	Collegamento	**Link**	**Ethernet**, **WiFi**, PPP, Token ring, ARP, ATM, FDDI, LLC, SLIP, WiMAX, HSDPA, OSPF, MPLS ...	Frame	(in Ethernet) Mac address	Switch
1	*Fisico*	*Physical*	- - -	- - -	- - -	*Hub*

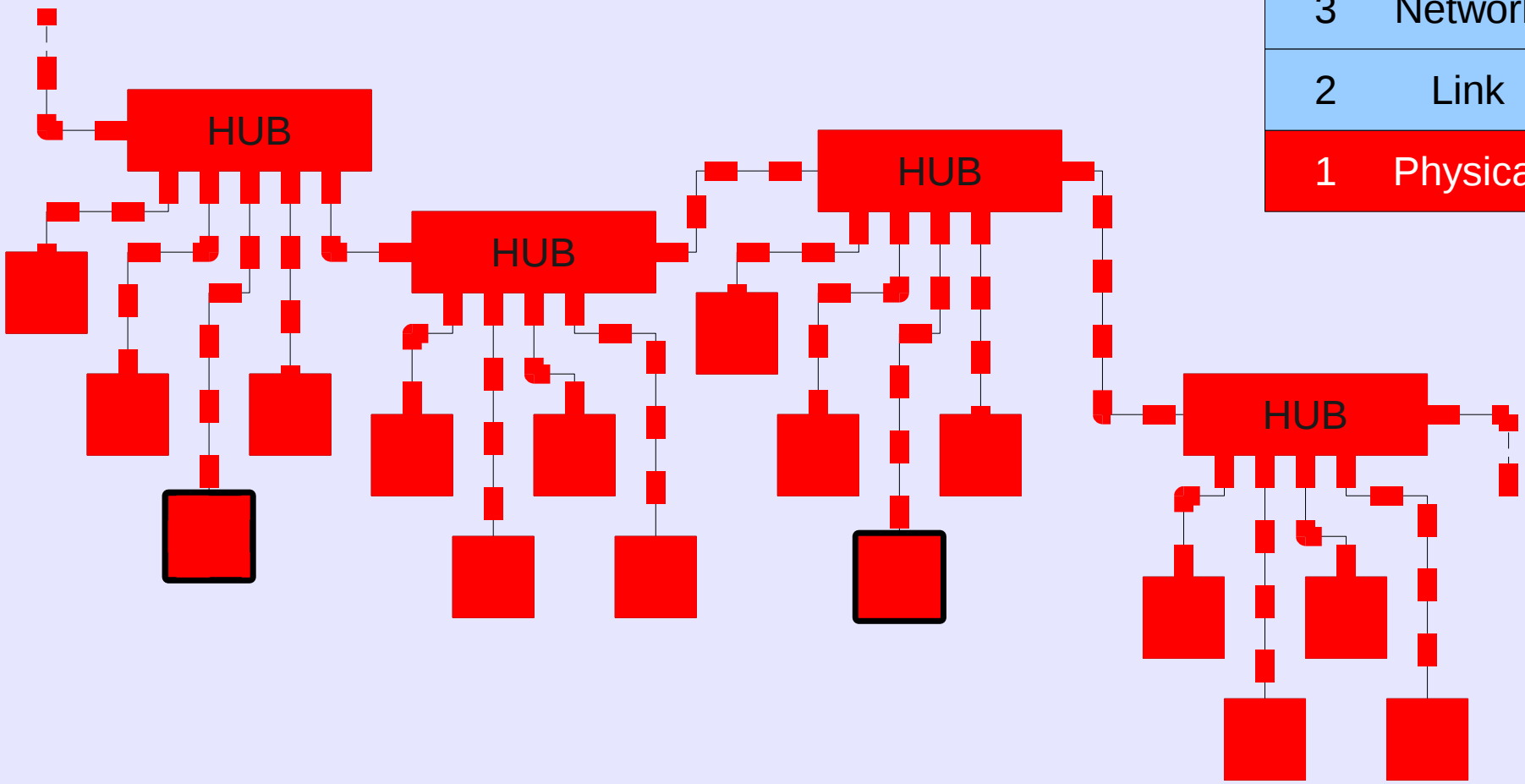
- Un livello di protocollo può essere implementato via software, hardware o in modo combinato:
  - a livello di **applicazione** sono solitamente implementati solo tramite software;
  - il livello del **trasporto** è implementato via software;
  - il livello intermedio, di **rete**, è implementato in modo misto hardware e software;
  - i livelli più bassi, **fisico** e di **collegamento**, sono implementati nell'hardware.

(1) Livello fisico (physical layer)

5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

- Il ruolo dello strato fisico è quello di trasferire **ogni singolo bit** del frame da un nodo a quello successivo.
- I protocolli a questo livello **dipendono** sia dal **protocollo del livello superiore** (di collegamento) che dal **mezzo trasmissivo** di collegamento.
- Per esempio per il protocollo Ethernet, protocollo di livello di collegamento (livello 2), esistono diversi protocolli a livello fisico per
  - il doppino intrecciato,
  - il cavo coassiale,
  - la fibra ottica.
- I packet switch che lavorano a livello fisico sono gli **hub**. Un hub ritrasmette lo stesso segnale che riceve da un collegamento in ingresso a tutti i collegamenti in uscita.

Propagazione dei pacchetti a livello fisico (physical)



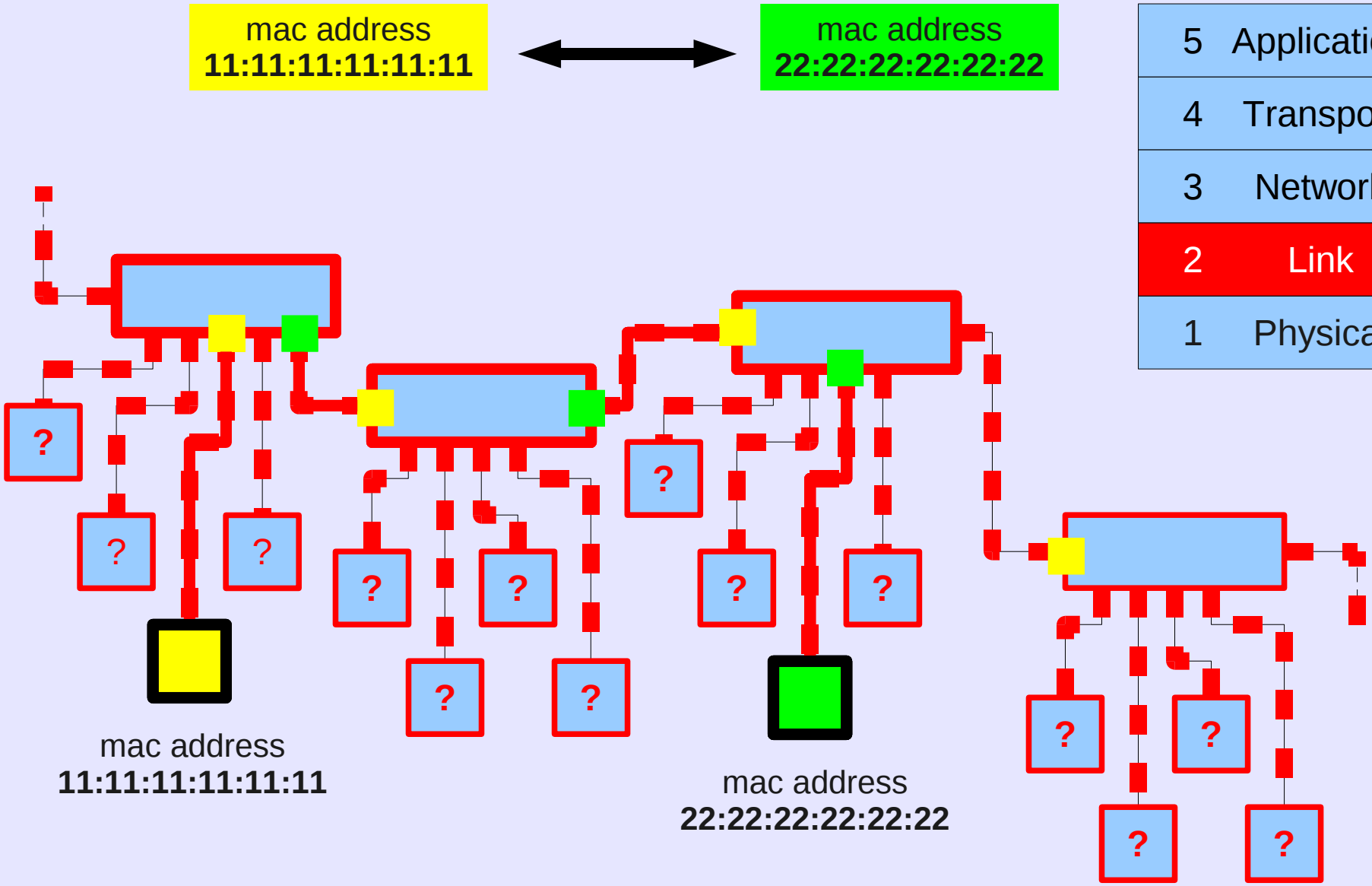
5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

(2) Livello di collegamento (link layer)

5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

- I pacchetti a livello di collegamento sono detti **frame**.
- Il livello di collegamento **instrada i frame attraverso una serie di commutatori di pacchetto**, tra l'origine e la destinazione.
- Finché il datagramma non raggiunge un router (vedi dopo *"livello di rete (3)"*) viaggia a livello di collegamento.
- Un esempio di protocollo del livello di collegamento è **Ethernet**, che instrada i pacchetti in base al **mac address** del destinatario.
  - Il mac address è un indirizzo a 48 bit che identifica in modo univoco ogni singola porta di una scheda di rete **ethernet** di un host.
  - Teoricamente sono disponibili 2^{48} (cioè circa 300 mila miliardi) indirizzi.
  - Solitamente sono rappresentati **formato esadecimale** ottetto per ottetto, separati da due punti (":"). Per esempio: 00:1d:09:5d:7d:f2.
- Dato che i pacchetti di dati devono attraversare diversi collegamenti nel loro viaggio, un pacchetto potrebbe essere gestito da differenti protocolli a livello di collegamento lungo le diverse tratte del percorso.

Propagazione dei pacchetti in una rete ethernet (livello 2)



(3) Livello di rete (network layer) 1/2

5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

- I pacchetti a livello di rete sono detti **datagrammi**.
- Il livello di rete **instrada i datagrammi attraverso una serie di commutatori di pacchetto** chiamati **router**, tra l'origine e la destinazione.
- Diversamente dagli switch (che sono apparecchi passivi), i router devono prendono delle decisioni: in base alla destinazione dei pacchetti e allo stato di congestione dei suoi collegamenti, sceglie verso quali nodi instradare i pacchetti che riceve.
- Un esempio di protocollo del livello di collegamento è **IP (Internet Protocol)**, che instrada i pacchetti in base all'indirizzo **IP** del destinatario.
  - L'indirizzo IP è un indirizzo a 32 bit che identifica in modo univoco ogni porta di rete di un host nella rete.

(3) Livello di rete (network layer) 2/2

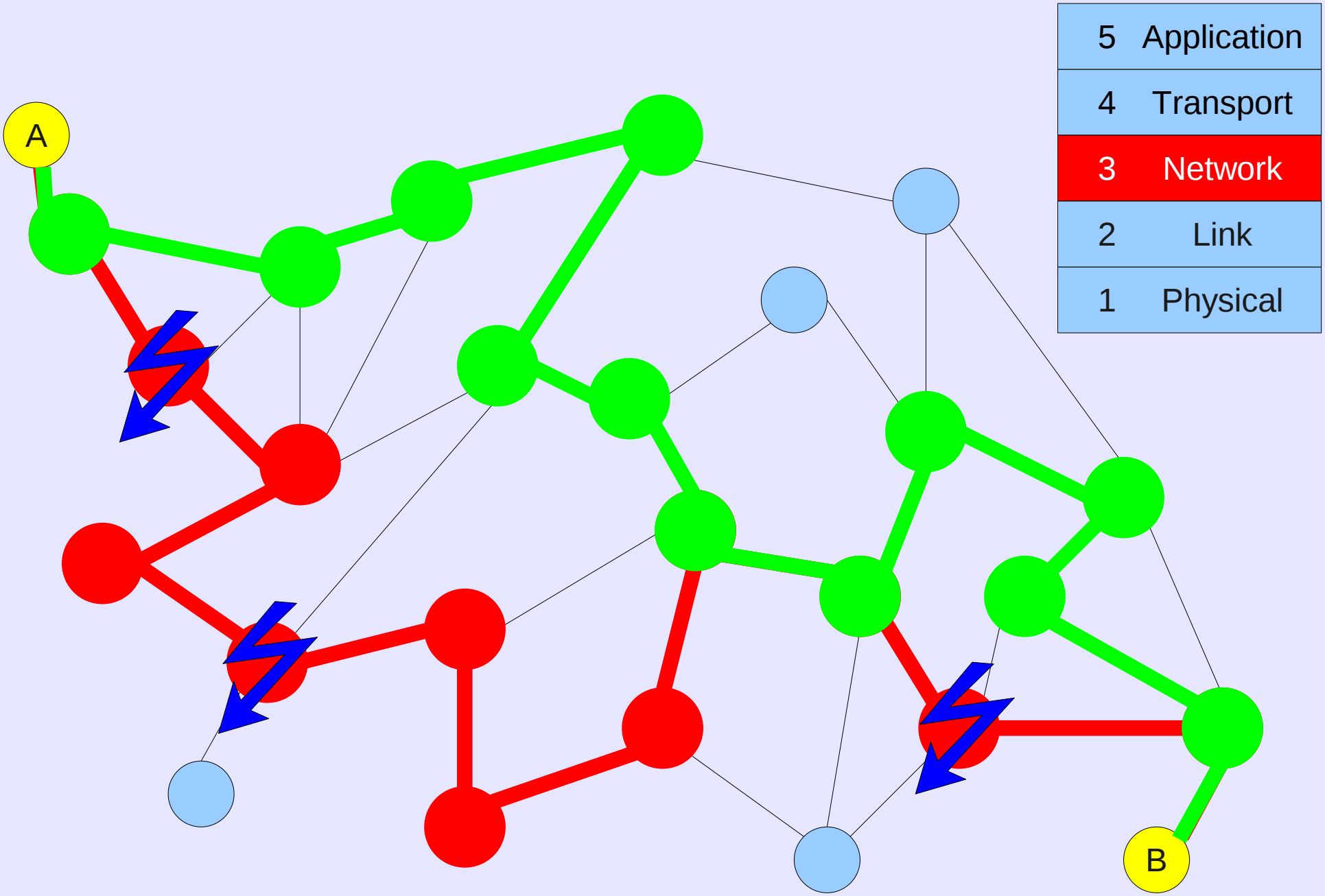
5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

- Il livello di rete presenta due principali componenti.
  - Possiede un protocollo (il **protocollo IP**) che definisce i campi del datagramma e come gli host e i router agiscono su tali campi.

    Esiste un solo protocollo IP e tutti i componenti di Internet che presentano un livello di rete lo devono supportare.
  - Possiede **protocolli di instradamento** che determinano ipercorsi che i datagrammi devono seguire.

    Internet è una rete di reti e ognuna può scegliere il protocollo di instradamento che preferisce.

Propagazione dei pacchetti a livello di rete (network)



(4) Livello di trasporto (transport layer)

5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

- I servizi offerti da questo livello vengono direttamente utilizzati dalle applicazioni di rete.
- I pacchetti a livello di trasporto vengono chiamati **segmenti**.
- In Internet si trovano principalmente due protocolli di trasporto:
  - **TCP (Transmission Control Protocol) - RFC 793**
    - fornisce un servizio orientato alla connessione,
    - include la consegna garantita,
    - include il controllo di flusso,
    - favorisce un meccanismo di controllo della congestione;
    - fraziona i messaggi troppo lunghi in segmenti più brevi,
  - **UDP (User Datagram Protocol) - RFC 768**
    - fornisce alle applicazioni un servizio senza connessione.
- Questo livello non è legato all'instradamento dei pacchetti (di cui si occupa il livello sottostante, livello di rete).
- Nell'**header** dei paccchetti è presente il numero di porta di destinazione (oltre al numero di porta d'origine da usare nell'eventuale risposta) per identificare l'applicazione che ha inviato il pacchetto.

(5) Livello di applicazione (application layer)

5	Application
4	Transport
3	Network
2	Link
1	Physical

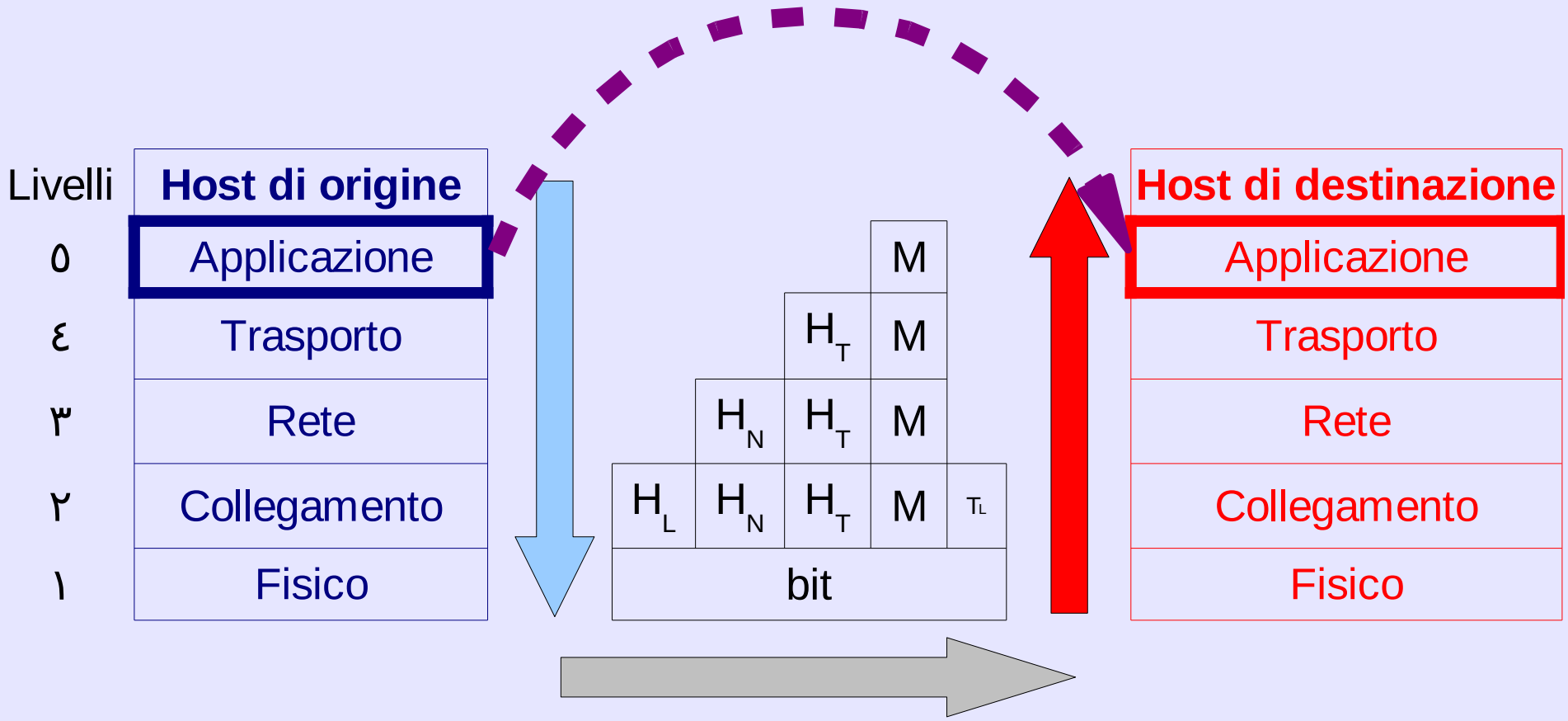
- **Il livello più alto è la sede delle applicazioni di rete e dei relativi protocolli.**

- Fra i protocolli del livello applicazione ci sono
  - **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol), usato dagli host per ottenere la configurazione di rete in modo automatico;
  - **HTTP** (Hyper Text Transfer Protocol) e HTTPS (HTTP Over TLS), per la comunicazione fra client e server Web;
  - **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol), per lo scambio di posta elettronica;
  - **POP3** (Post Office Protocol) e IMAP (Internet Message Access Protocol), per l'accesso agli account di posta elettronica;
  - **FTP** (File Transfer Protocol), per la trasmissione dati;
  - **IRC** (Internet Message Access Protocol), per la messaggistica istantanea;
  - **SNMP** (Simple Network Management Protocol), per l'amministrazione e la supervisione di apparati collegati in rete;
  - **SIP** (Session Initiation Protocol), per applicazioni di telefonia su IP o VoIP;
  - **RTSP** (Real Time Streaming Protocol), per streaming (flusso di dati) audio e video;
  - **RTP** (Real-time Transport Protocol), per servizi che necessitano di trasferimento in tempo reale (come l'interattività audio e video);
  - ...

- Le informazioni che vengono scambiate dalle applicazioni vengono detti **messaggi**.

- Il livello di applicazione ospita determinate funzioni come ad esempio la traduzione dei nomi degli host in indirizzi IP di rete a 32 bit avviene tramite il protocollo DNS (Domain Name System)

Incapsulamento



Identificazione degli host

- Per semplicità riferiamoci ad una rete ethernet in cui un'applicazione client sull'host A interroga un'applicazione server sull'host B.
- La comunicazione avviene tramite lo scambio di pacchetti dall'host A all'host B e viceversa, attraverso vari packet switch (hub, switch e router) sulla rete.
- Quindi per la comunicazione è necessario
  - che i singoli host siano identificati in modo univoco sulla rete,
  - che i packet switch utilizzino tali identificativi per instradare i pacchetti sui collegamenti giusti.
- Il collegamento a livello 1 (fisico) è di tipo punto-punto in cui viene trasmesso un segnale, quindi non è necessario nessun identificativo.
- La necessità di identificare gli host si presenta già a livello 2 (rete)

Indirizzi MAC address

- Per identificare la singola porta di una scheda di rete **ethernet** si usano indirizzi **MAC address** di 48 bit.
- Teoricamente sono disponibili 2^{48}, cioè circa 300 mila miliardi, indirizzi.
- Solitamente sono rappresentati **formato esadecimale** ottetto per ottetto, separati da due punti (“:”). Per esempio: 00:1d:09:5d:7d:f2.
- I primi 3 ottet identificano i (2^{24} possibili) costruttori di hardware.
- L'indirizzo MAC address viene utilizzato per identificare gli host a **livello 2 (rete)**.

Indirizzi IP

- Quando un host viene messo in rete gli viene assegnato (via software) a **livello 3 (livello di rete)** un **indirizzo IP** che identifica in modo univoco il singolo host nella rete.
- Un indirizzo IP è una sequenza di 32 bit (per cui gli indirizzi teoricamente disponibili sono 2^{32}, cioè circa 4,3 miliardi), di solito scritta in decimale ottetto per ottetto separati da un punto: dotted-decimal notation (notazione decimale puntata), ad esempio:

  11000000 10101000 00001010 00000001

  192 . 168 . 10 . 1

Numeri di porta

- A **livello 4 (trasporto)** non c'è bisogno di identificare l'host, quanto piuttosto la singola applicazione di rete in esecuzione sull'host, poiché ci possono essere più applicazioni in esecuzione e quando si riceve un pacchetto è necessario sapere a quale applicazione è indirizzato. A tal scopo si utilizza il **numero di porta**.

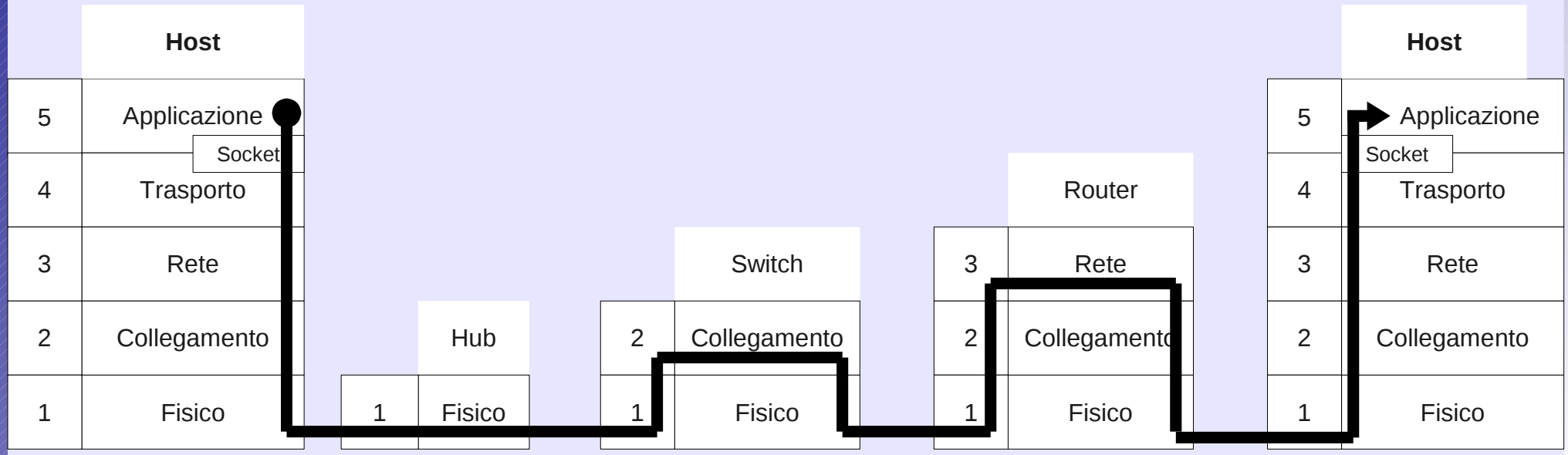
Nome FQDN (Fully Qualified Domain Name)

- A **livello 5 (livello di applicazione)** per indicare un host solitamente si usa il suo nome FQDN (Fully Qualified Domain Name), per esempio: www.fi.infn.it
- Per associare l'indirizzo IP al FQDN e viceversa, ogni dominio ha un servizio di DNS (Domain Name System).

Sistemi intermedi

- Non sempre lo scambio delle informazioni avviene direttamente tra i due host finali che contengono le applicazioni: quasi tutte le comunicazioni implicano l'attraversamento di alcuni sistemi intermedi (IS, **Intermediate Systems**) che instradano i pacchetti.
- Tutti i sistemi intermedi hanno un aspetto simile: sono degli oggetti dotati di un certo numero di porte.
- Esistono **vari tipi** di IS a seconda del livello dello stack TCP/IP in cui agiscono.

IS	**Livello**		**Meccanismo di instradamento**
Router	3	Rete	IP
Switch	2	Collegamento	Mac address (in Ethernet)
Hub	1	Fisico	**Nessuno** Ripete i segnali elettrici su ogni porta



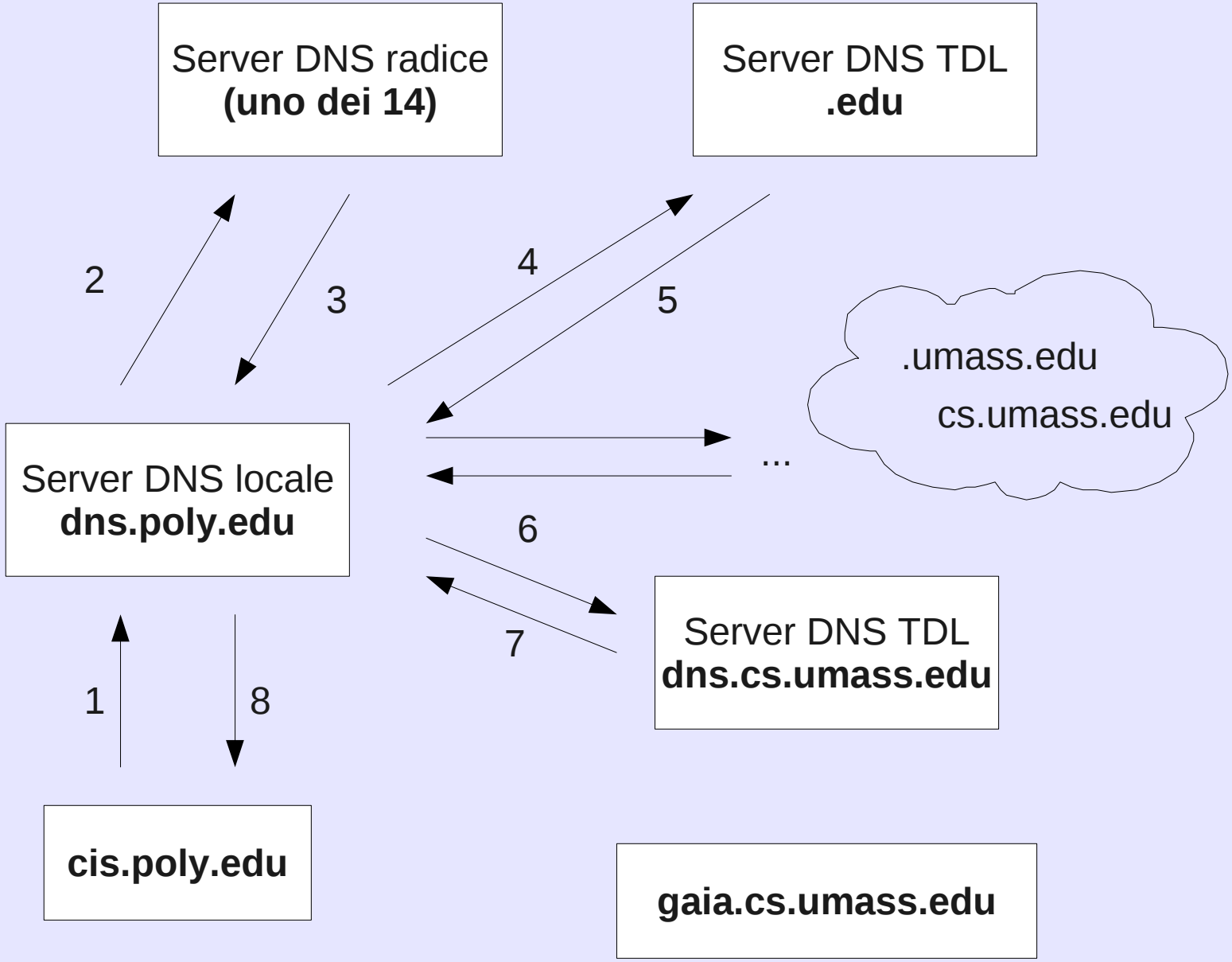
Nomi di dominio e servizio DNS

- Gli host e i router di Internet si identificano tramite l'identificativo IP.
- Per le persone un nome testuale è più facile da memorizzare che un IP.
- Per questo gli host vengono identificati, oltre che dall'IP, anche dal nome di dominio **FQDN (Fully Qualified Domain Name)**.
- Il **servizio DNS (Domain Name System)** viene usato per la conversione nome - IP e viceversa.
- Il DNS è fondamentale per l'ampia diffusione di internet anche tra utenti non tecnici, ed è una delle sue caratteristiche più visibili.
- L'operazione di convertire un nome in un indirizzo IP è detta **risoluzione DNS**, mentre convertire un indirizzo IP in nome è detto **risoluzione inversa**.
- I nomi di dominio FQDN sono organizzati a **livelli**:

livello 1	.it
livello 2	unifi.it
livello 3	fisica.unifi.it
livello 4	studenti.fisica.unifi.it

Scema di funzionamento del DNS

- L'host **cis.poly.edu** si chiede: “Che IP ha l'host **gaia.cs.umass.edu**?”



Indirizzi IP: identificatore di rete e di host

- Sia da un punto di vista organizzativo che di efficienza per l'instradamento dei pacchetti, gli IP di Internet vengono raggruppati in **sotto-reti**, chiamate anche reti IP o semplicemente reti.
- Concettualmente l'indirizzo IP si compone di due parti:
  - **identificatore di rete**, o più precisamente della sotto-rete (**Network ID**)
  - **identificatore di host** (**Host ID**),
- Gli host che appartengono alla stessa rete hanno in comune i bit più a sinistra del proprio indirizzo IP (identificativo di rete).
- Le reti vengono classificate (in realtà “venivano classificate”) in tre classi principali (classe A, B e C) in base al numero di host che possono contenere.

  Adesso, anche se tale classificazione viene ancora nominata non ha piu' senso a livello di routing e si parla di Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

Rete di classe A

Rete di **classe A**: da **0**.0.0.0 a **127**.255.255.255

da	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

0	Network ID Identificatore di rete	Host ID Identificatore di host
	7 bit	24 bit

- Numero di reti possibili: 128
- Numero max di indirizzi host: 16'777'214

Rete di classe B

Rete di **classe B**: da **128.0**.0.0 a **191.255**.255.255

da	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1	0	Network ID Identificatore di rete	Host ID Identificatore di host
		14 bit	16 bit

- Numero di reti possibili: 16'384
- Numero max di indirizzi host: 65'534

Rete di classe C

Rete di **classe C**: da **192.0.0**.0 a **223.255.255**.255

da	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1	1	0	Network ID Identificatore di rete	Host ID Identificatore di host
			21 bit	8 bit

- Numero di reti possibili: 2'097'152
- Numero max di indirizzi host: 254

Indirizzi privati

- Con indirizzi IP privati si intendono alcune classi di indirizzi IP, riservate alle reti locali non connesse ad Internet allo scopo di ridurre le richieste di indirizzi pubblici.
- Chiunque può usare questi indirizzi per la propria rete locale, perché i pacchetti relativi a tali reti non vengono instradati dai router Internet, e quindi essi non entreranno in conflitto con analoghi indirizzi posti su altre reti locali.
- Nel caso occorra connettere ad Internet una rete locale che usa queste classi di indirizzi, si deve ricorrere al **Network Address Translation (NAT)**.
- Esistono tre classi di IP privati
  - **10.0.0.0/8**
    - Singola rete di classe A
    - IP da 10.0.0.0 a 10.255.255.255
  - **172.16.0.0/12**
    - 16 reti contigue di classe B
    - IP da 172.16.0.0 a 172.31.255.255
  - **192.168.0.0/16**
    - 256 reti contigue di classe C
    - IP da 192.168.0.0 a 192.168.255.255

USO

DELLA RETE

in un PC con sistema operativo ***GNU/Linux***

Configurazione della rete

- Parametri da definire:
  - **IP**,
  - **netmask**,
  - **dominio**,
  - **server DNS**,
  - **gateway**.
- Impostazione automatica tramite un server DHCP:
  - **dhclient**
- Impostazione manuale:
  - **ifconfig** (IP, netmask)
  - **/etc/resolv.conf** (dominio, server DNS)
  - **route** (gateway)
  - */etc/hosts*

Ricavare la configurazione di rete

- **ifconfig** (IP, netmask)
- **/etc/res/olv.conf** (dominio, server DNS)
- **route** (gateway)

Interrogare un server DNS

- host
- nslookup
- **dig**

Mac address della scheda di rete

- **ifconfig**

Tabella ARP

- **/proc/arp**

Osservare i pacchetti della rete con tcpdump

- **tcpdump**

Conoscere la rotta dei pacchetti con traceroute

- **traceroute**

Configurazione di un mail client

- Accesso alla casella di posta elettronica (IMAP/POP3)
  - Il server utilizza il protocollo
    - IMAP
    - POP3
  - Porta del server
  - Impostazioni di sicurezza
- Spedizione dei messaggi di posta elettronica (SMTP)
  - Porta del server
  - Impostazioni di sicurezza

Collegarsi tramite SSH ad un altro PC

- ssh stufis06.fisica.unifi.it

Copiare file e/o directory via rete

- scp stufis06.fisica.unifi.it

GARR: rete italiana della ricerca

- GARR: Gestione Ampliamento Rete Ricerca
- La home page del GARR
  - http://www.garr.it/
- La mappa della rete GARR
  - http://www.garr.it/reteGARR/mappa.php?idmenu=rete
- La home page del GARR-NOC
  - http://www.noc.garr.it/
- Weather map con circuiti di accesso delle sedi utente
  - http://www.noc.garr.it/mappe/
- Router di Firenze Sesto (RT.FI.1):
  - in uscita: unifi.fi.garr.net (193.206.136.85)
  - in ingresso: rt-fi1-ru-unifi.fi1.garr.net (193.206.136.86)
  - http://www.noc.garr.it/mappe/rt_fi1_01.shtml
- Traffico sul router del GARR dell'Università di Firenze (RT.FI.1)
  - http://www.noc.garr.it/mappe/rt_fi1_01.shtml
  - http://www.noc.garr.it/mrtg/RT.FI1.garr.net/unifi.fi.garr.net.html

Parlare direttamente con un server web con telnet

- nmap -p 80 studenti.fisica.unifi.it
- telnet studenti.fisica.unifi.it 80
  - GET / HTTP/1.1 *[Enter]*
  - Host: stufis06.fisica.unifi.it *[Enter]*

    [Enter]

Parlare direttamente con un mail server con telnet

- nmap -p 25 studenti.fisica.unifi.it
- Apertura della sessione telnet con il server
  - Comando da shell: telnet studenti.fisica.unifi.it 25
  - Risposta del server Trying 150.217.141.28...
    Connected to studenti.fisica.unifi.it.
    Escape character is '^]'.
    220 studenti.fisica.unifi.it ESMTP Postfix (Debian/GNU)
- Ci si presenta al server dicendo da quale host ci stiamo collegando (helo)
  - Comando da telnet: helo stufis06.fisica.unifi.it
  - Risposta del server: 250 studenti.fisica.unifi.it
- Mittente
  - Comando da telnet: mail from: <leandro.lanzi@gmail.com>
  - Risposta del server: 250 2.1.0 Ok
- Destinatario
  - Comando da telnet: rcpt to: <leandro.lanzi@fi.infn.it>
  - Risposta del server: 250 2.1.5 Ok
- Contenuto dell'e-mail
  - Comando da telnet: data
  - Risposta del server: 354 End data with <CR><LF>.<CR><LF>
- Header del messaggio
  - Comando da telnet: from: Leandro Lanzi <leandro.lanzi@gmail.com>
    to: Leandro <leandro.lanzi@fi.infn.it>
    reply-to: Leandro Lanzi <leandro.lanzi@gmail.com>
    subject: Questa e' una prova
- Body del messaggio
- Comando da telnet: [Enter] (Una riga vuota indica l'inizio del Body)
  Questo e' il testo di una mail di prova.
  Saluti
  Leandro
- Fine del messaggio
- Comando da telnet: . (un punto “.” indica la fine del messaggio)
- Risposta del server: 250 2.0.0 Ok: queued as 2E5A526C779
- Uscita da telnet: quit
- Risposta del server: 221 2.0.0 Bye
  Connection closed by foreign host.