



# Reti

(già “Reti di Calcolatori”)

## **Architetture Protocolari Storia e Struttura di Internet**

Renato Lo Cigno

<http://disi.unitn.it/locigno/index.php/teaching-duties/computer-networks>



# Copyright

Quest'opera è protetta dalla licenza:

*Creative Commons*

*Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate*

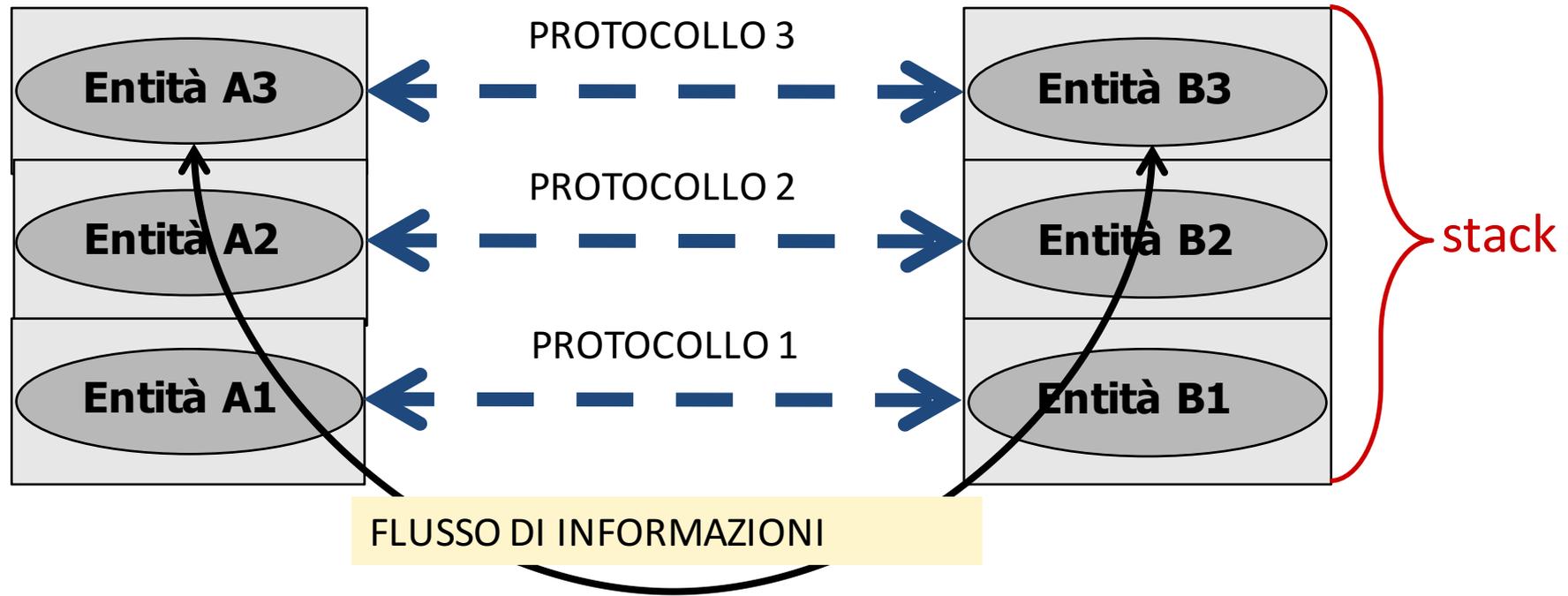
*2.5 Italia License*

Per i dettagli, consultare

*<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/it/>*



- Insieme dei protocolli e delle loro inter-relazioni che definiscono una architettura logica e fisica di comunicazione





- Un'architettura di rete definisce:
  - il processo di comunicazione
  - le relazioni tra entità coinvolte nella comunicazione
  - le funzioni necessarie per la comunicazione
- Si usano architetture *stratificate*
  - semplicità di progetto
  - raggruppamento in *strati* (o *livelli*) di funzioni simili per logica o tecnologia
  - gerarchia tra strati

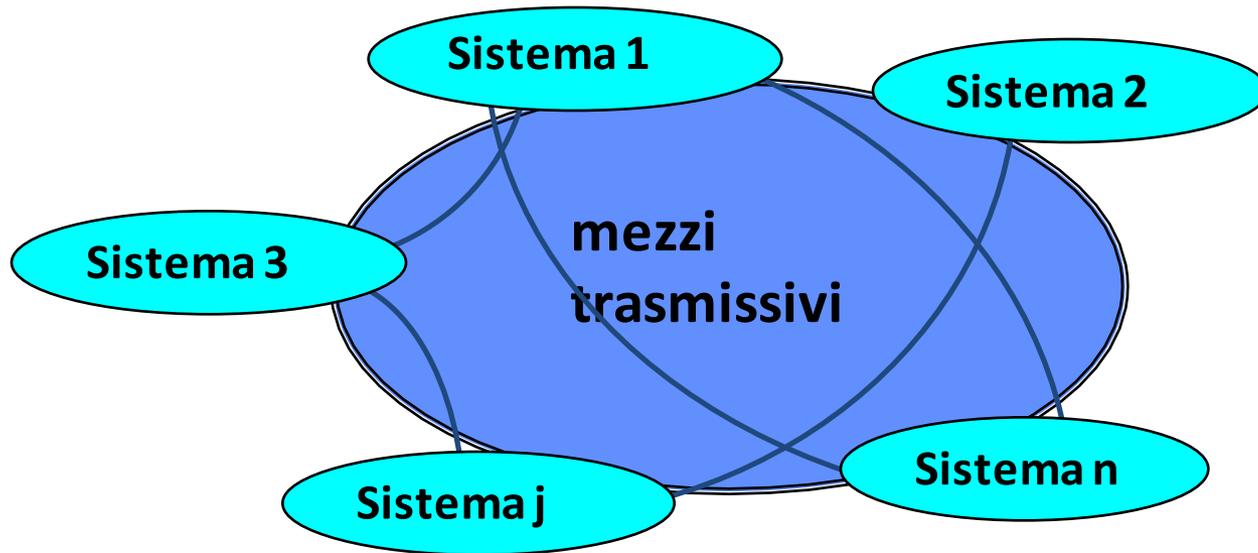


- L'idea di una architettura modulare e stratificata è simile ai principi di sviluppo modulare del codice
  - Pezzi riutilizzabili
  - Librerie senza dipendenze esterne
  - Costruzione “funzionale” dei servizi
    - Una entità di un certo strato costruisce le proprie funzioni sulla base delle funzioni dello strato sottostante e non in base a come queste funzioni sono realizzate
- Esistono molte architetture protocollari diverse:
  - ISO/OSI
  - TCP/IP
  - ISDN – B-ISDN
  - ...

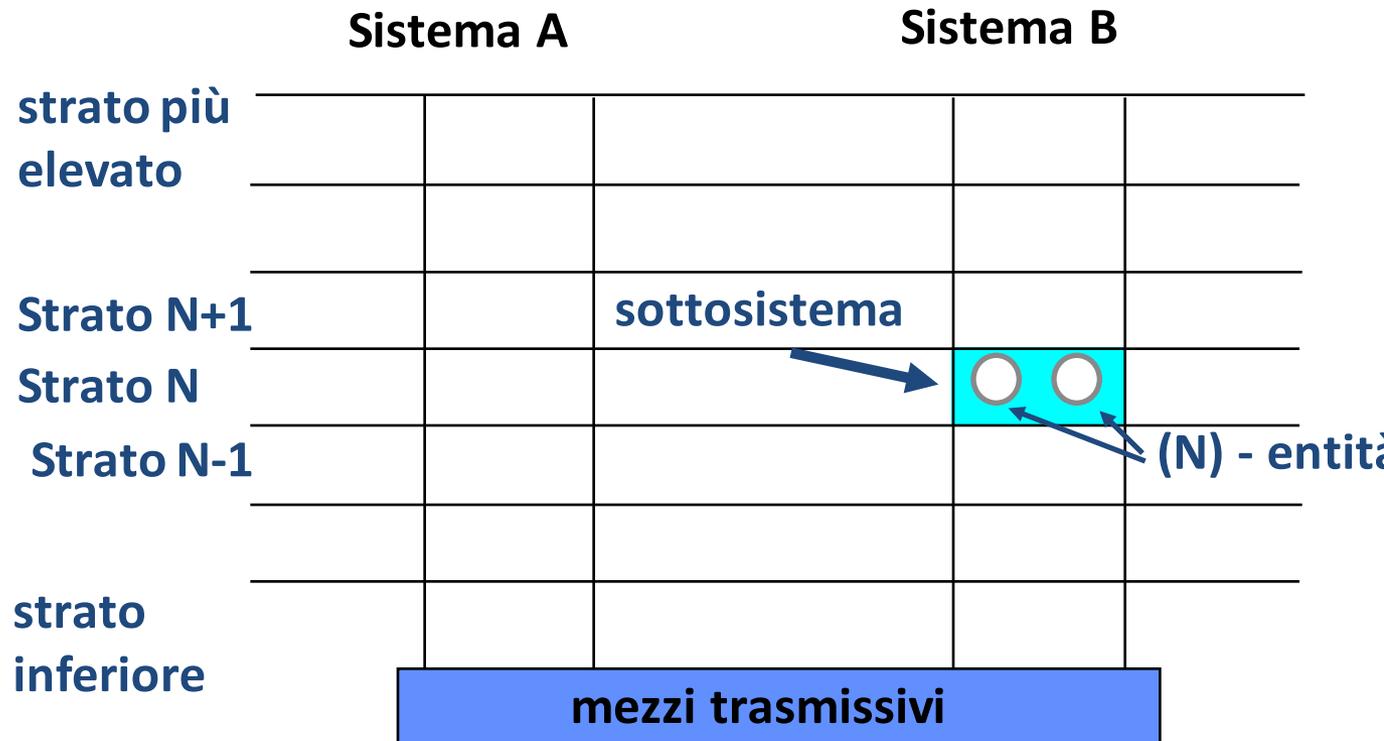


- Panoramica sul modello astratto ISO/OSI
  - acquisire concetti di base
  - avere un riferimento astratto su cui mappare i diversi modelli delle reti reali
  - imparare una terminologia precisa a cui riferirsi
- TCP/IP in quanto architettura di Internet
  - Sarà il nostro riferimento per tutto il corso
- Una veloce “occhiata” a modelli alternativi

- In astratto, una rete è composta di *sistemi* (terminali, nodi...) collegati tra loro da mezzi trasmissivi



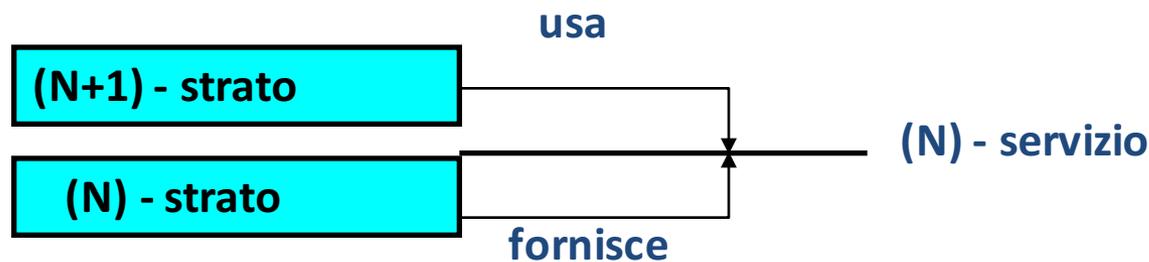
- Ogni sistema è composto da sottosistemi
- Ogni sottosistema realizza le funzioni proprie di uno strato tramite delle *entità*



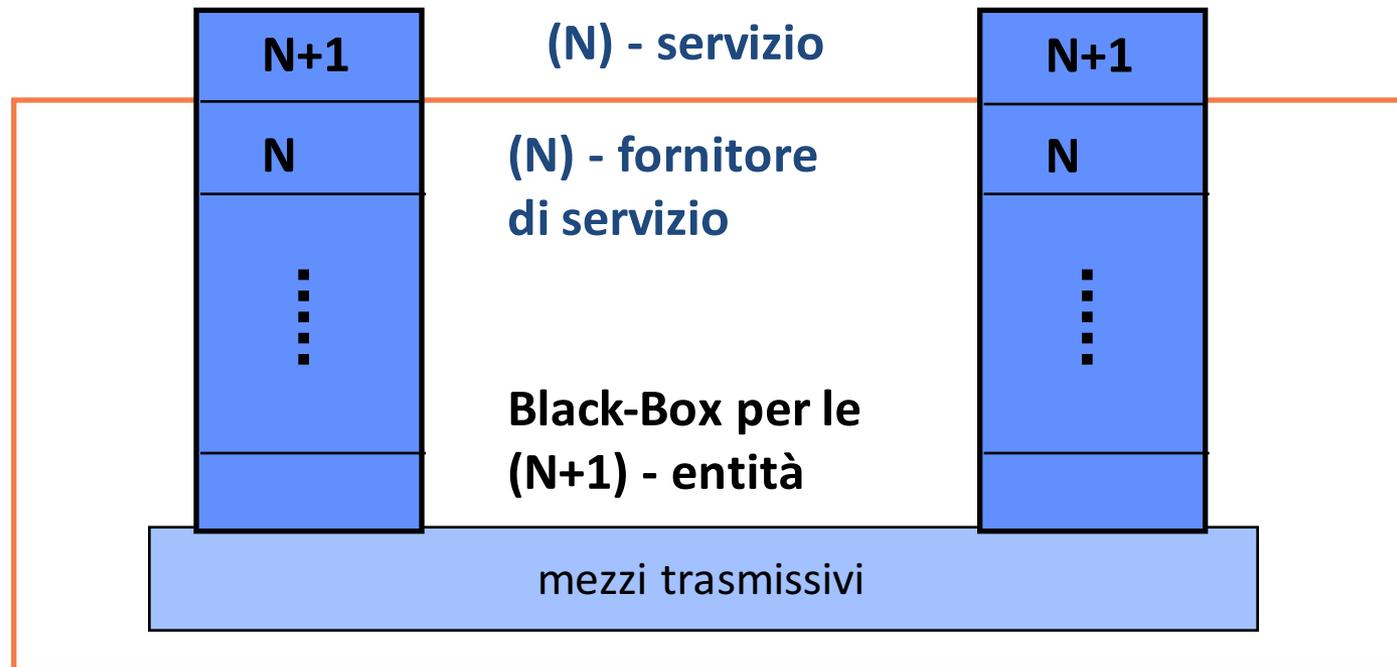


- Ogni strato (o livello)
  - fornisce servizi allo strato superiore
  - usando
    - i servizi dello strato inferiore
    - le proprie funzioni
- Identificabili:
  - fornitori di servizio
  - utenti del servizio
  - punti di accesso al servizio: SAP (Service Access Point)

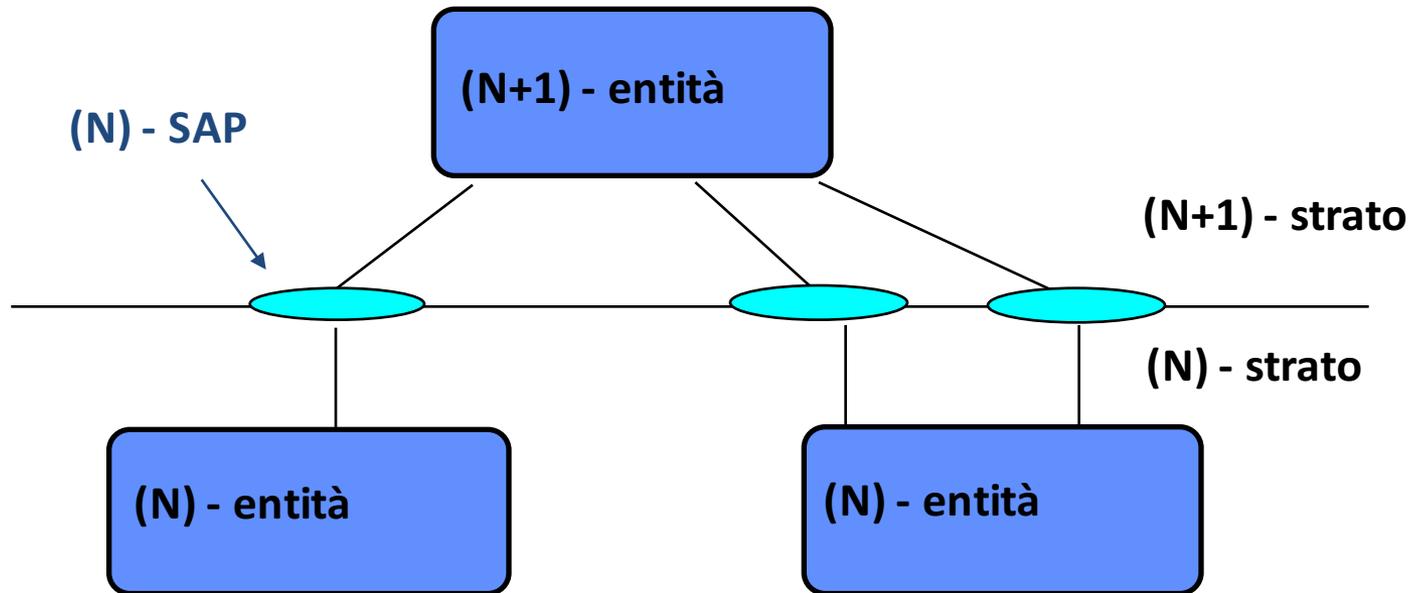
- Gli utenti dello strato N sono le (N+1)-entità
- (N+1)-entità cooperano e comunicano usando (N)-servizi
- Gli (N)-servizi sono forniti dagli (N)-fornitori di servizio



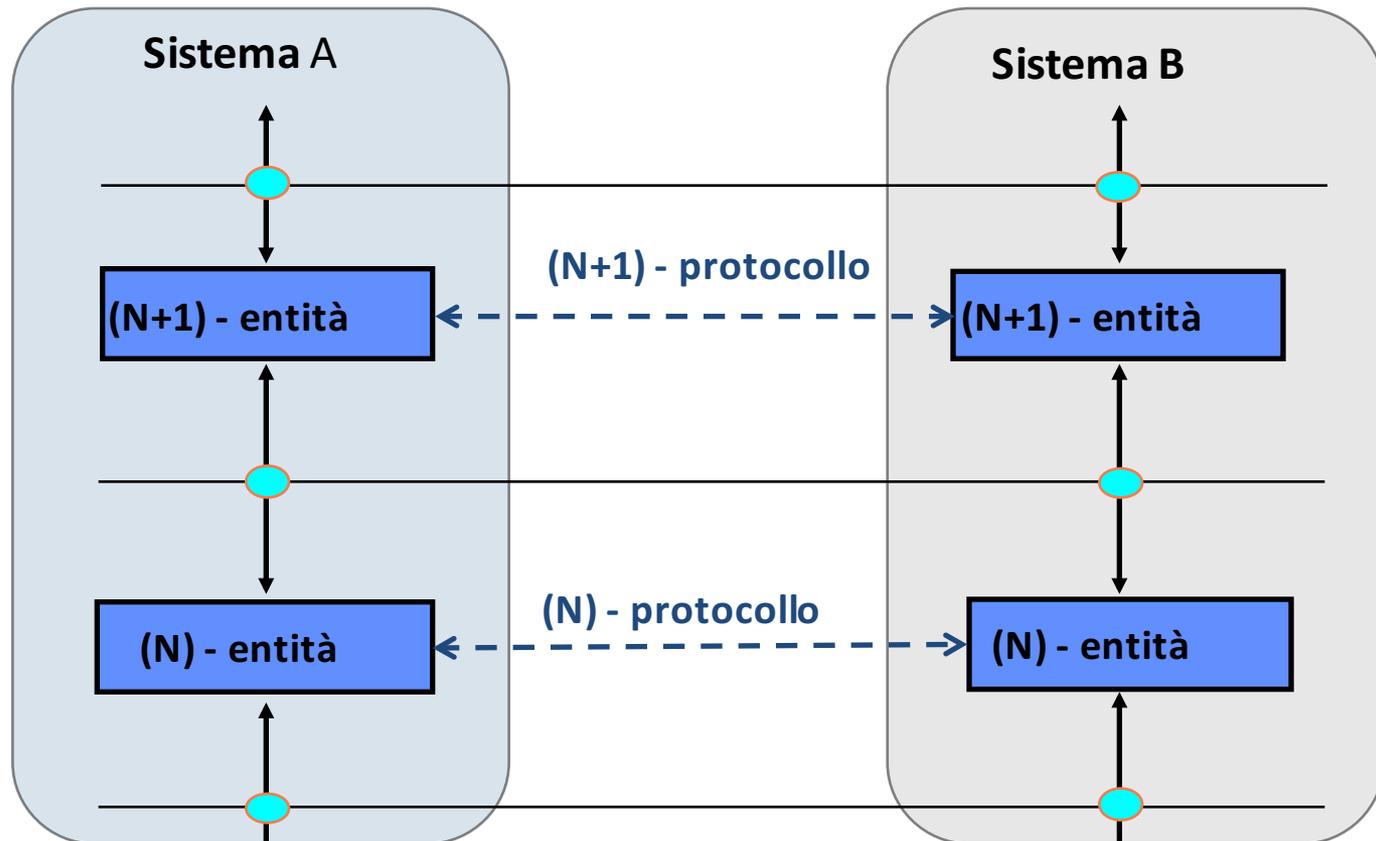
- Uno strato N+1 percepisce gli strati inferiori solo in quanto fornitori di un (N)-servizio
- Tutti gli strati da N in giù sono una “black box” per le (N+1)-entità

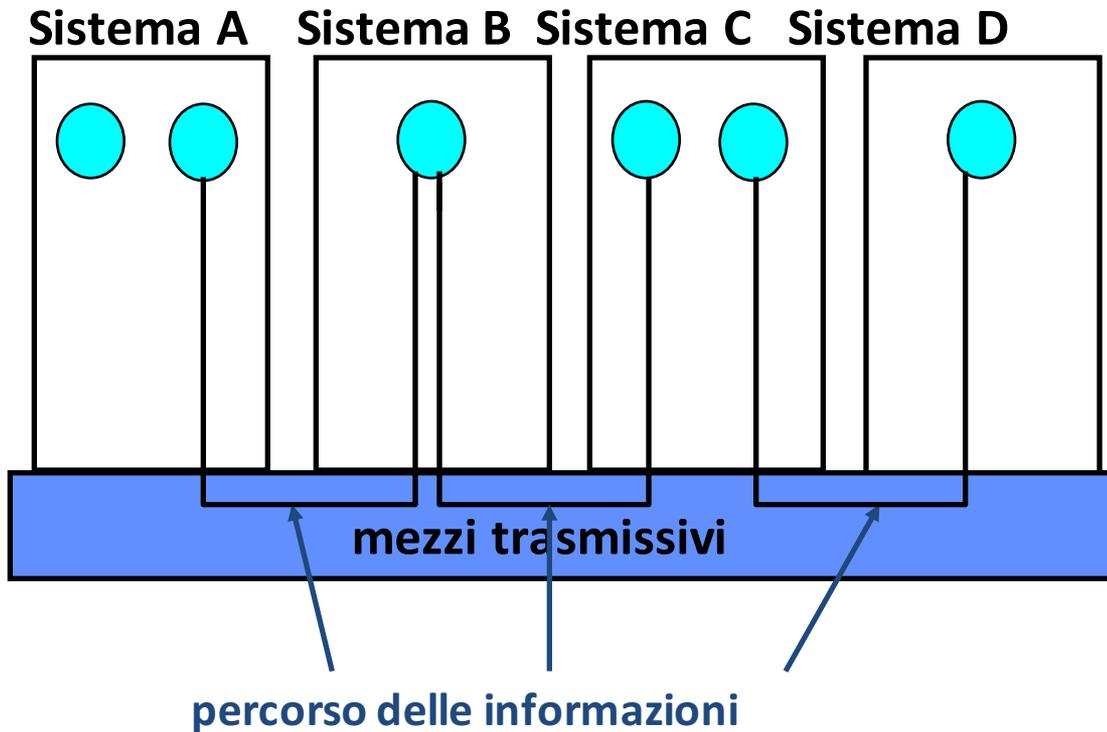


- Un (N)-servizio è offerto ad una (N+1)-entità attraverso una interfaccia di programmazione che chiamiamo *punto di accesso al servizio* o (*Service Access Point - SAP*)



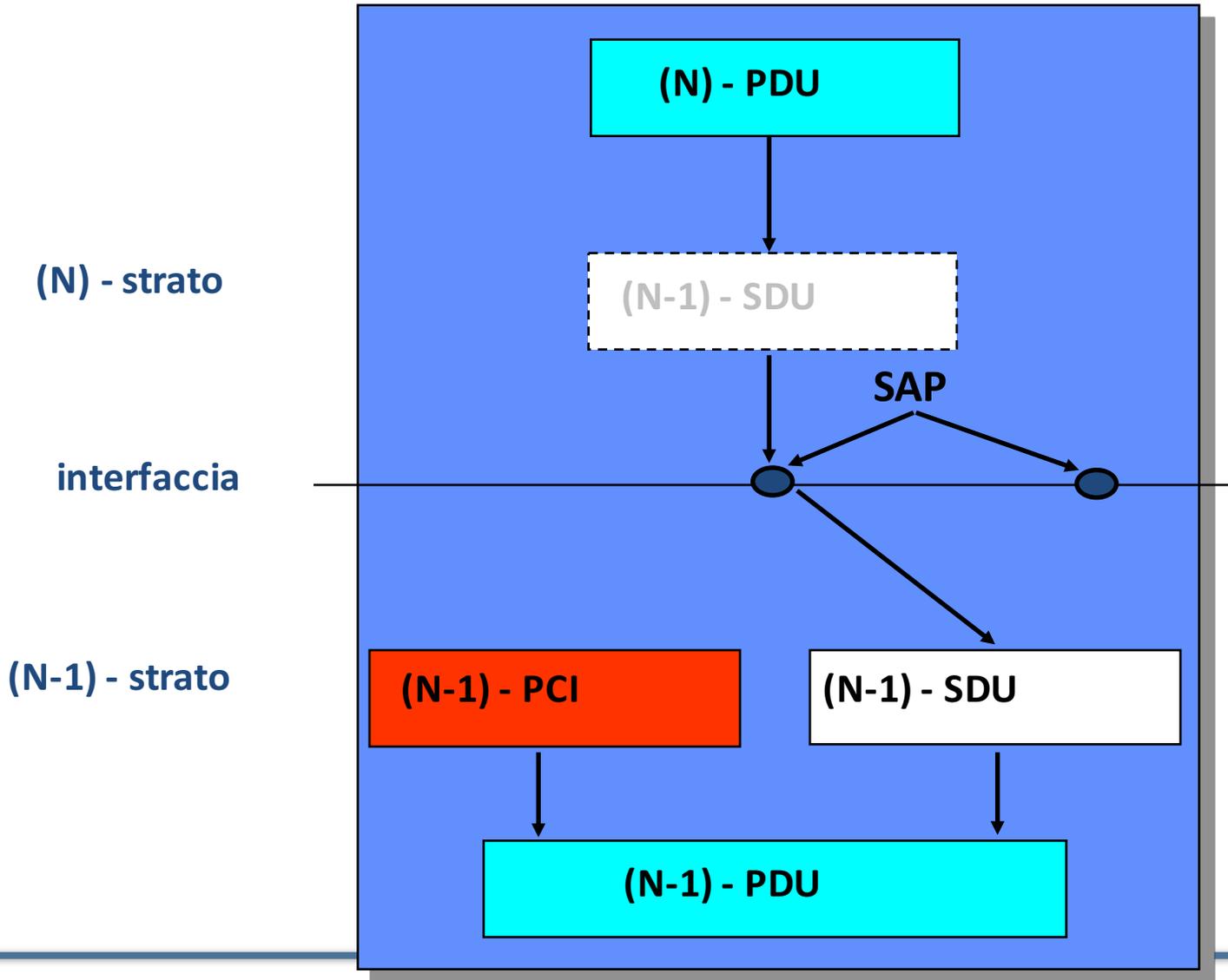
- Lo scambio di informazioni tra entità omologhe di sistemi diversi avviene con un protocollo



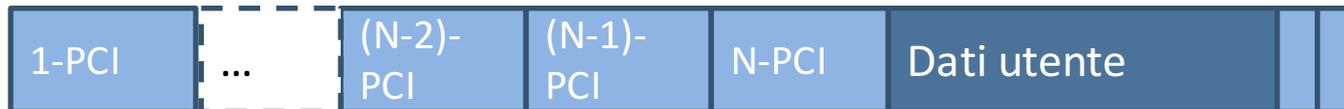




- In un sistema con  $M$  strati, i dati utente sono una  $M$ -SDU e ricevono una  $M$ -PCI, per formare una  $M$ -PDU
- Ogni strato inferiore tratta la PDU dello strato superiore come una “*busta chiusa*” a cui aggiungere solo un’intestazione
- Nel passaggio da un  $N$ -strato ad un  $(N-1)$ -strato, la  $N$ -PDU diventa una  $(N-1)$ -SDU e acquisisce una  $(N-1)$ -PCI (un’intestazione, con informazioni di “lavoro” dello strato)
- Nominalmente, prima della trasmissione, i dati ricevono tante intestazioni quanti sono gli strati attraversati nel sistema
- In ricezione, avviene il processo inverso

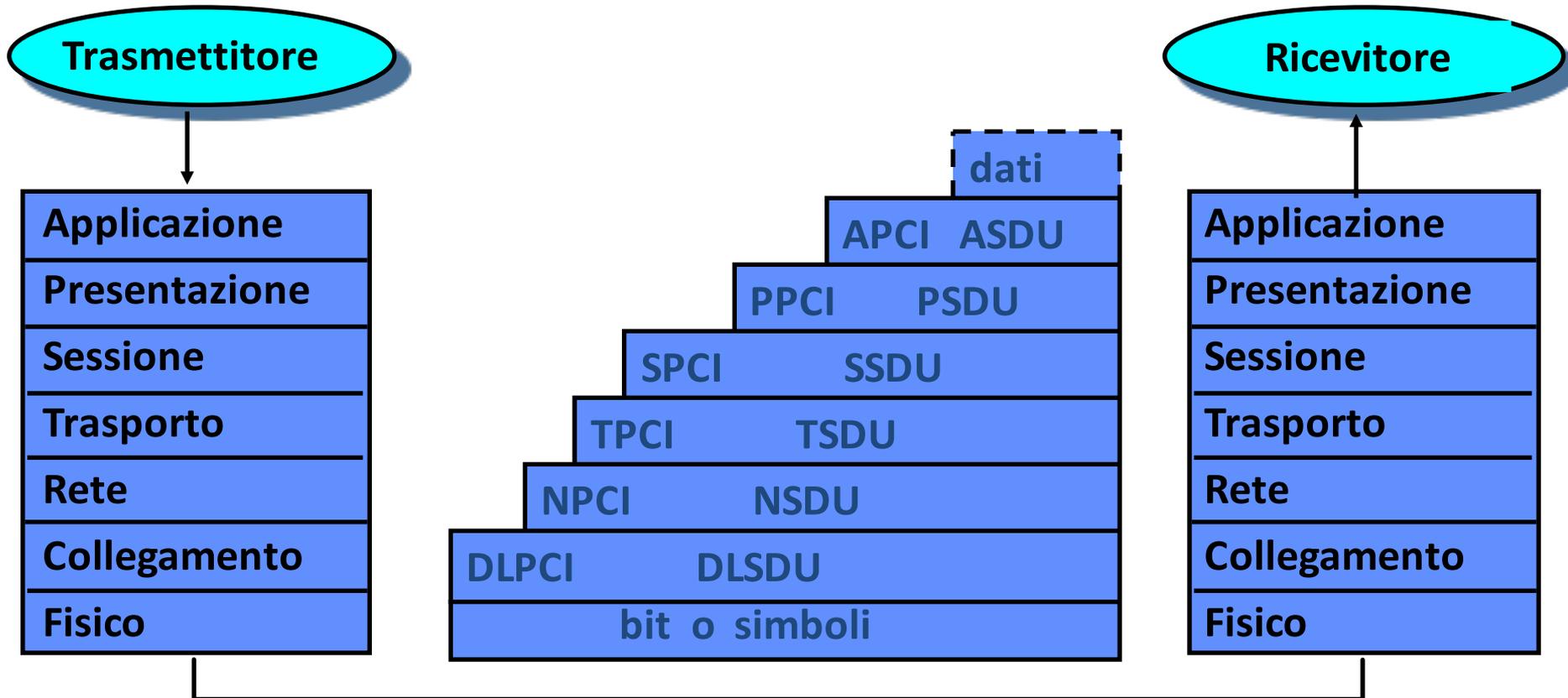


- Di strato in strato, la PDU acquisisce intestazioni (aggiunte in testa e in coda)





- Sulle unità dati esiste la possibilità di
  - segmentazione
  - concatenazione
- La segmentazione può avvenire sia costruendo più (N) - PDU da una (N) - SDU, sia generando più (N-1) - SDU da una (N) - PDU
- Analogamente per la concatenazione





- (Open System Interconnection) è recepito nei seguenti standard
  - ISO IS 7498
  - CCITT X.200
- I principi fondamentali definiti dal modello di riferimento OSI sono oggi universalmente accettati
- Ciò non significa che tutte le architetture di protocolli siano conformi al modello OSI ...
  - ... anzi praticamente non si usa da nessuna parte
  - ... e per questo ha un elevato valore come riferimento e confronto



# Open System Interconnection (OSI)

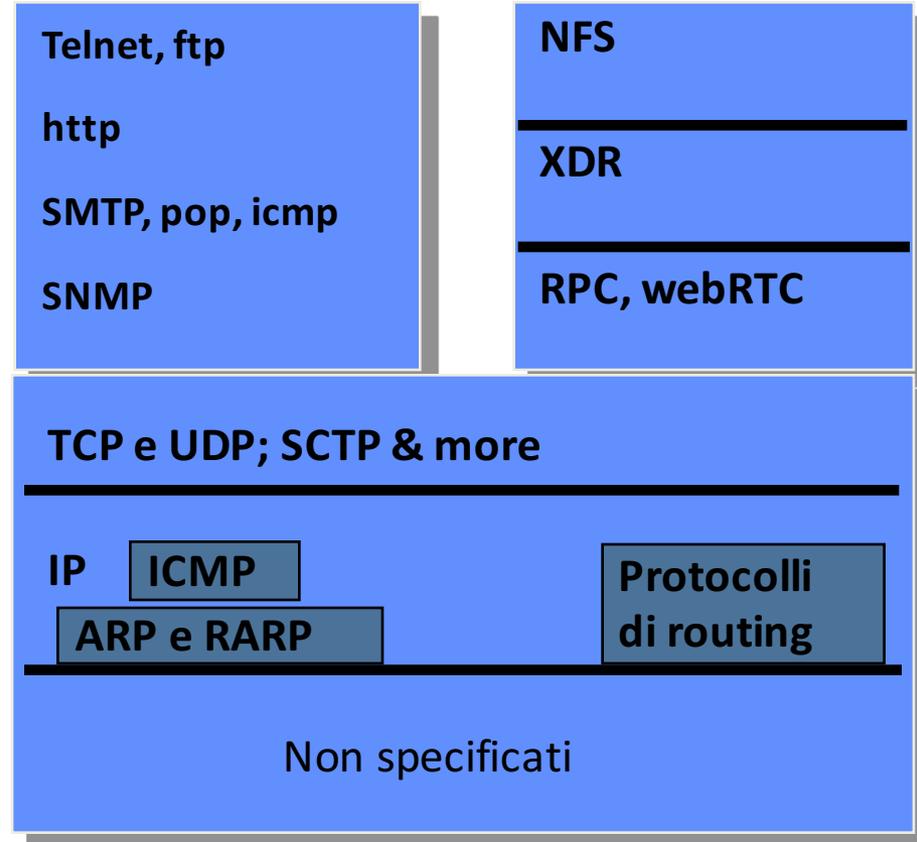
- 7 **Applicazione**
- 6 **Presentazione**
- 5 **Sessione**
- 4 **Trasporto**
- 3 **Rete**
- 2 **Collegamento**
- 1 **Fisico**

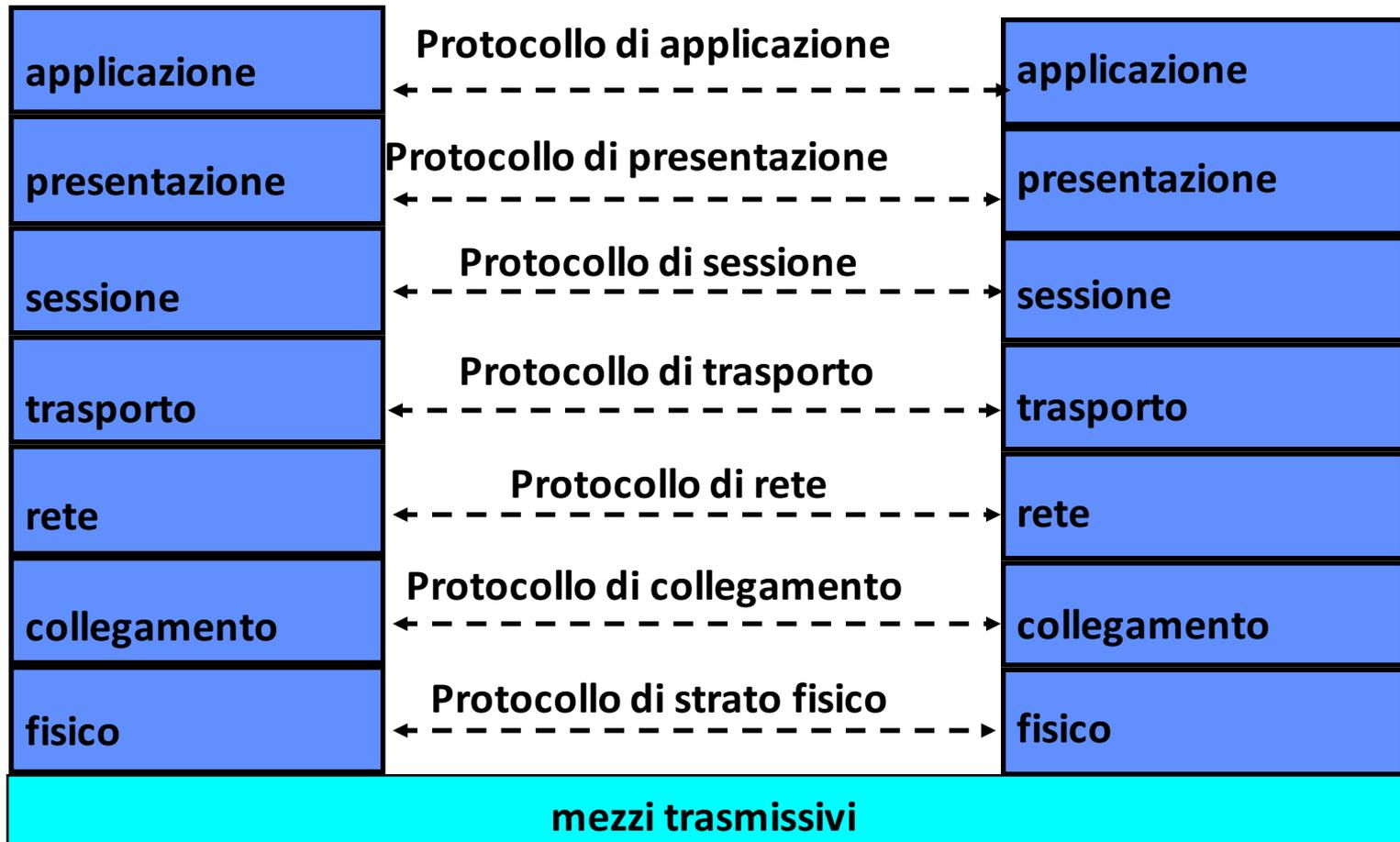
- 7 **Application**
- 6 **Presentation**
- 5 **Session**
- 4 **Transport**
- 3 **Network**
- 2 **Data Link**
- 1 **Physical**

## OSI

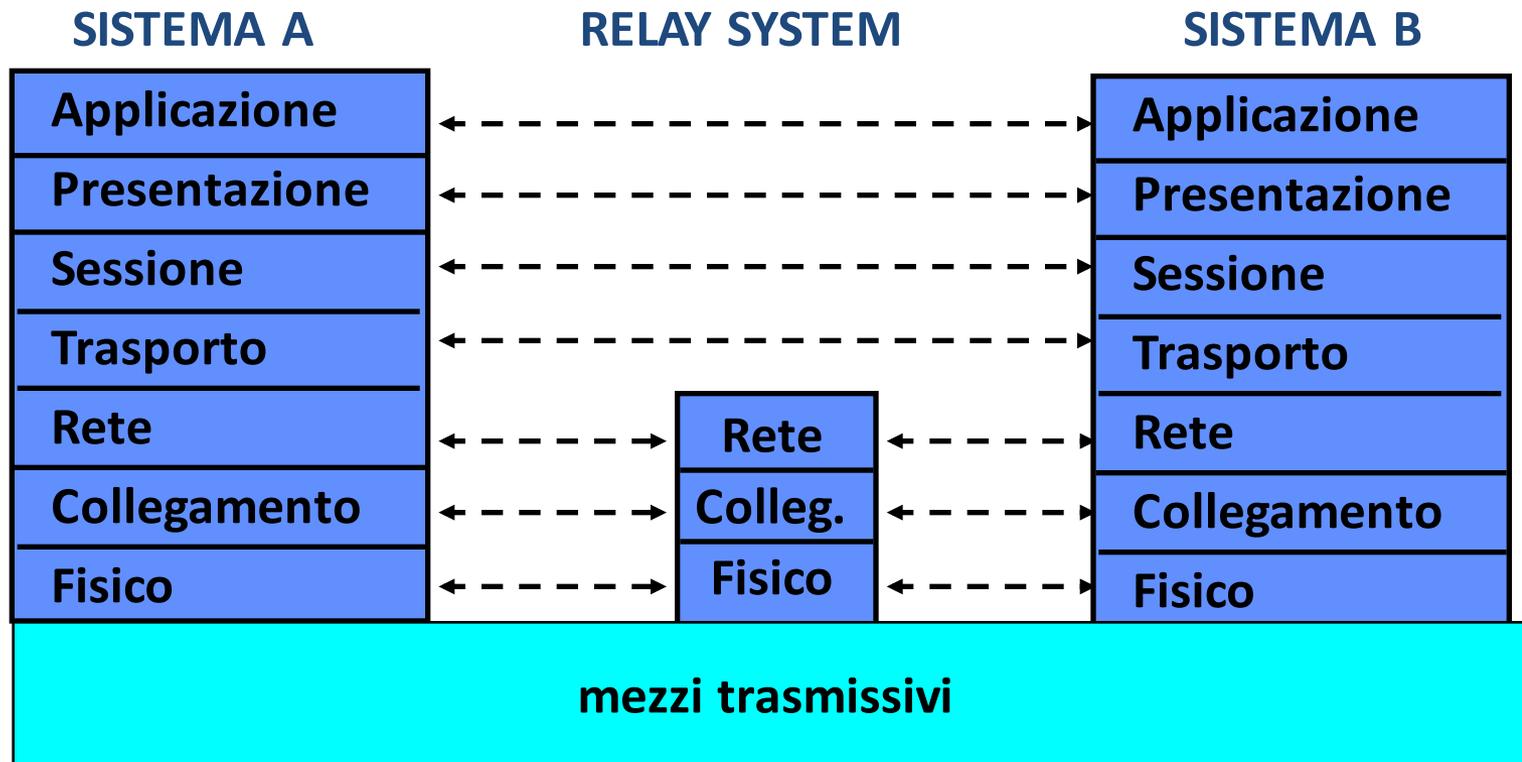


## Internet Protocol Suite





- sistemi terminali
- sistemi di interconnessione (relay)





- Physical layer:
  - fornisce i mezzi meccanici, fisici, funzionali e procedurali per attivare, mantenere e disattivare le connessioni fisiche
  - ha il compito di effettuare il trasferimento delle cifre binarie scambiate dalle entità di strato di collegamento
  - le unità dati sono bit o simboli
  - definizione di codifiche di linea, connettori, livelli di tensione



- Data link layer
  - fornisce i mezzi funzionali e procedurali per il trasferimento delle unità dati tra entità di strato rete e per fronteggiare malfunzionamenti dello strato fisico
  - funzioni fondamentali:
    - rivelazione e recupero degli errori di trasmissione
    - controllo di flusso
    - delimitazione delle unità dati



- Network layer
  - fornisce i mezzi per instaurare, mantenere e abbattere le connessioni di rete tra entità di strato trasporto
  - funzioni fondamentali:
    - instradamento
    - controllo di flusso e congestione
    - tariffazione



- Transport layer
  - colma le carenze di qualità di servizio delle connessioni di strato rete
  - funzioni fondamentali:
    - controllo d'errore
    - controllo di sequenza
    - controllo di flusso
  - esegue moltiplicazione e demoltiplicazione di connessioni
  - Esegue la segmentazione dei dati in pacchetti e la loro ricomposizione a destinazione



- Session layer
  - assicura alle entità di presentazione una connessione di sessione
  - organizza il colloquio tra le entità di presentazione
  - struttura e sincronizza lo scambio di dati in modo da poterlo sospendere, riprendere e terminare ordinatamente
  - maschera le interruzioni del servizio trasporto
  - *Spesso integrato nelle funzioni dei livelli superiori*



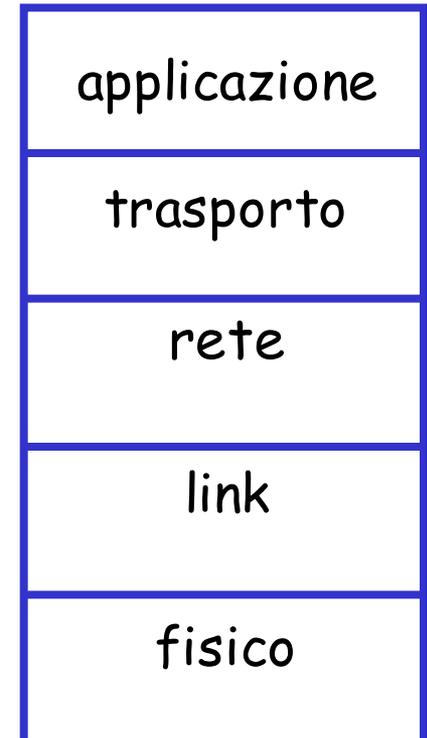
- Presentation layer
  - risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire
  - risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati
  - può fornire servizi di cifratura delle informazioni
  - *Spesso integrato nelle funzioni del livello superiore*



- Application layer
  - fornisce ai processi applicativi i mezzi per accedere all’ambiente di comunicazione
- Esempi di servizio
  - trasferimento di file
  - terminale virtuale
  - posta elettronica, chat
  - telefonia, videoconferenza
  - telelavoro
  - Social “whatever”
  - ...



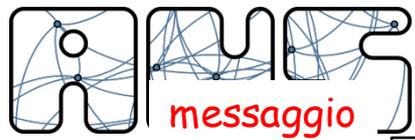
- **applicazione:** di supporto alle applicazioni di rete
  - FTP, SMTP, HTTP, ...
- **trasporto:** trasferimento dei messaggi tra sistemi terminali
  - TCP, UDP
- **rete:** instradamento dei pacchetti dalla sorgente alla destinazione
  - IPv4, IPv6
- **link (collegamento):** consegna dei pacchetti tra host (inclusi router)
  - PPP, Ethernet, ...
- **fisico:** trasferimento dei singoli bit



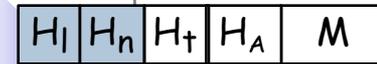
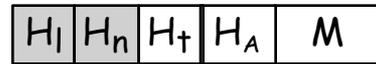
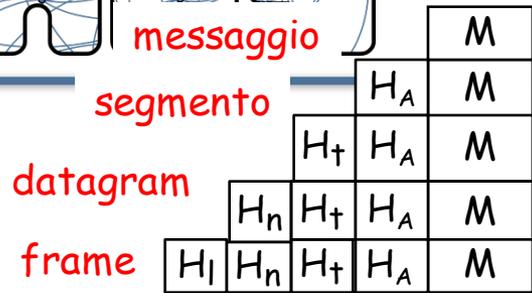


- ❑ **presentazione**: consente alle applicazioni di interpretare il significato dei dati (es. cifratura, compressione, convenzioni specifiche della macchina)
- ❑ **sessione**: sincronizzazione, controllo, recupero dei dati
- ❑ La pila Internet è priva di questi due livelli!
  - ❖ questi servizi, *se necessario*, possono essere implementati nelle applicazioni o nel livello applicativo
  - ❖ sono necessari?

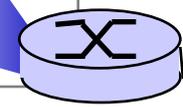
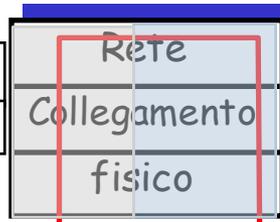
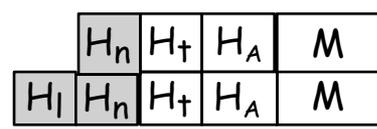
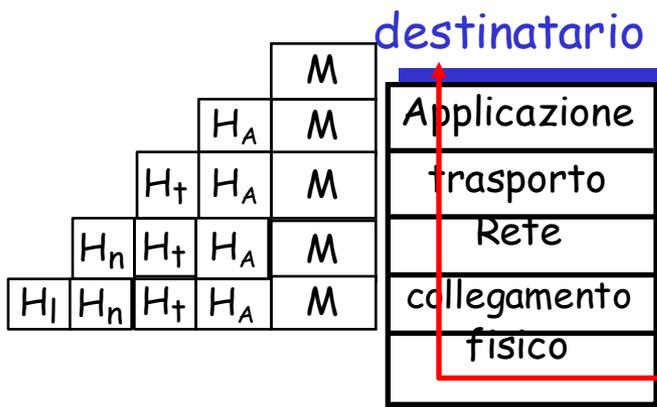




# Incapsulamento



switch  
(commutatore)



router

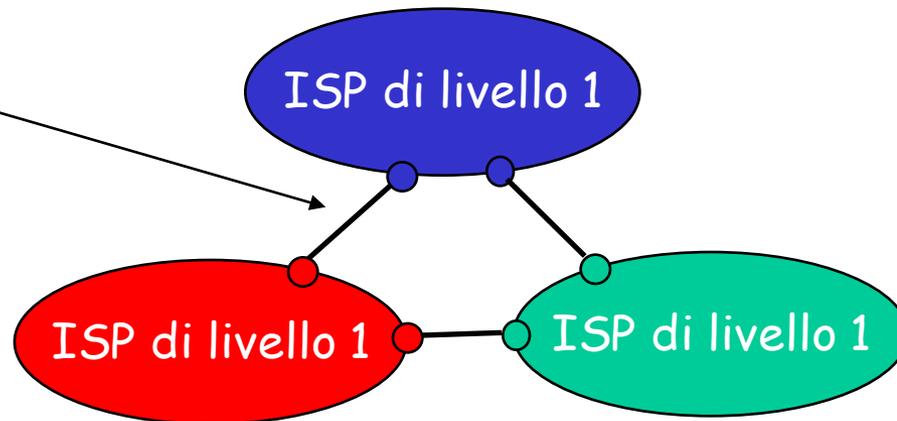


# STRUTTURA DI INTERNET



- fondamentalmente gerarchica
- **al centro: “ISP di livello 1”** (es.: Verizon, Sprint, AT&T, Cable&Wireless), copertura nazionale/ internazionale
  - Comunicano tra di loro come “pari”

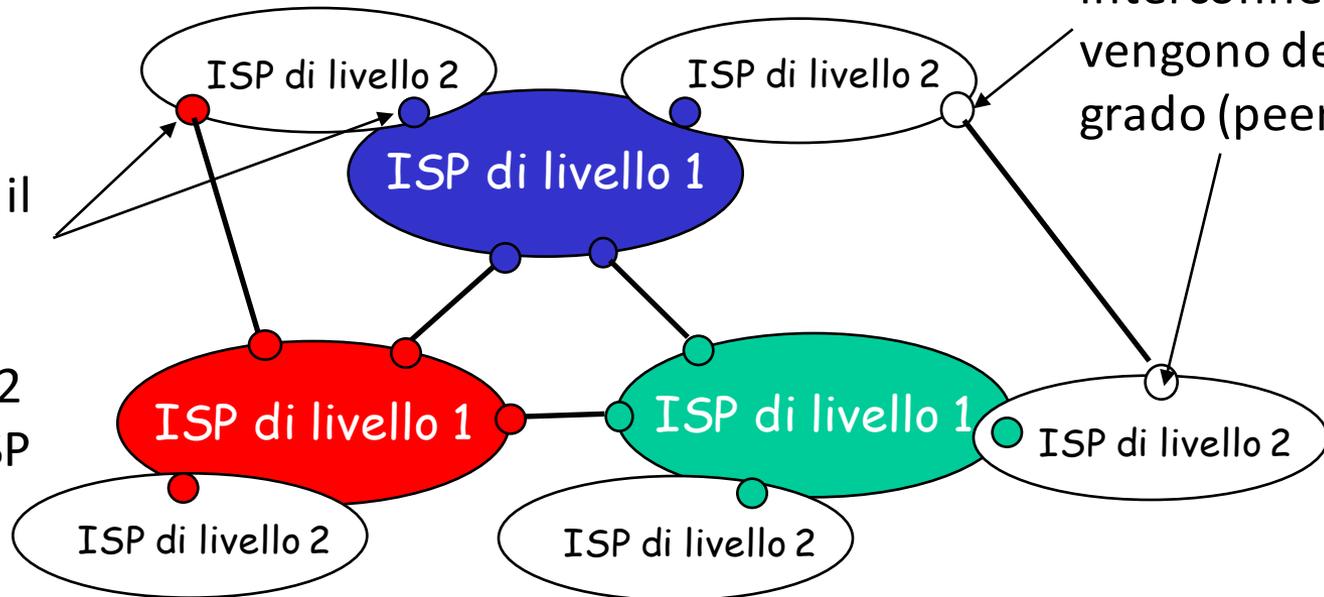
Gli ISP di livello 1 sono  
direttamente connessi  
a ciascuno degli altri  
ISP di livello 1



- **ISP di livello 2: ISP più piccoli (nazionali o distrettuali)**
  - Si può connettere solo ad alcuni ISP di livello 1, e possibilmente ad altri ISP di livello 2

Un ISP di livello 2 paga gli ISP di livello 1 che gli forniscono la connettività per il resto della rete

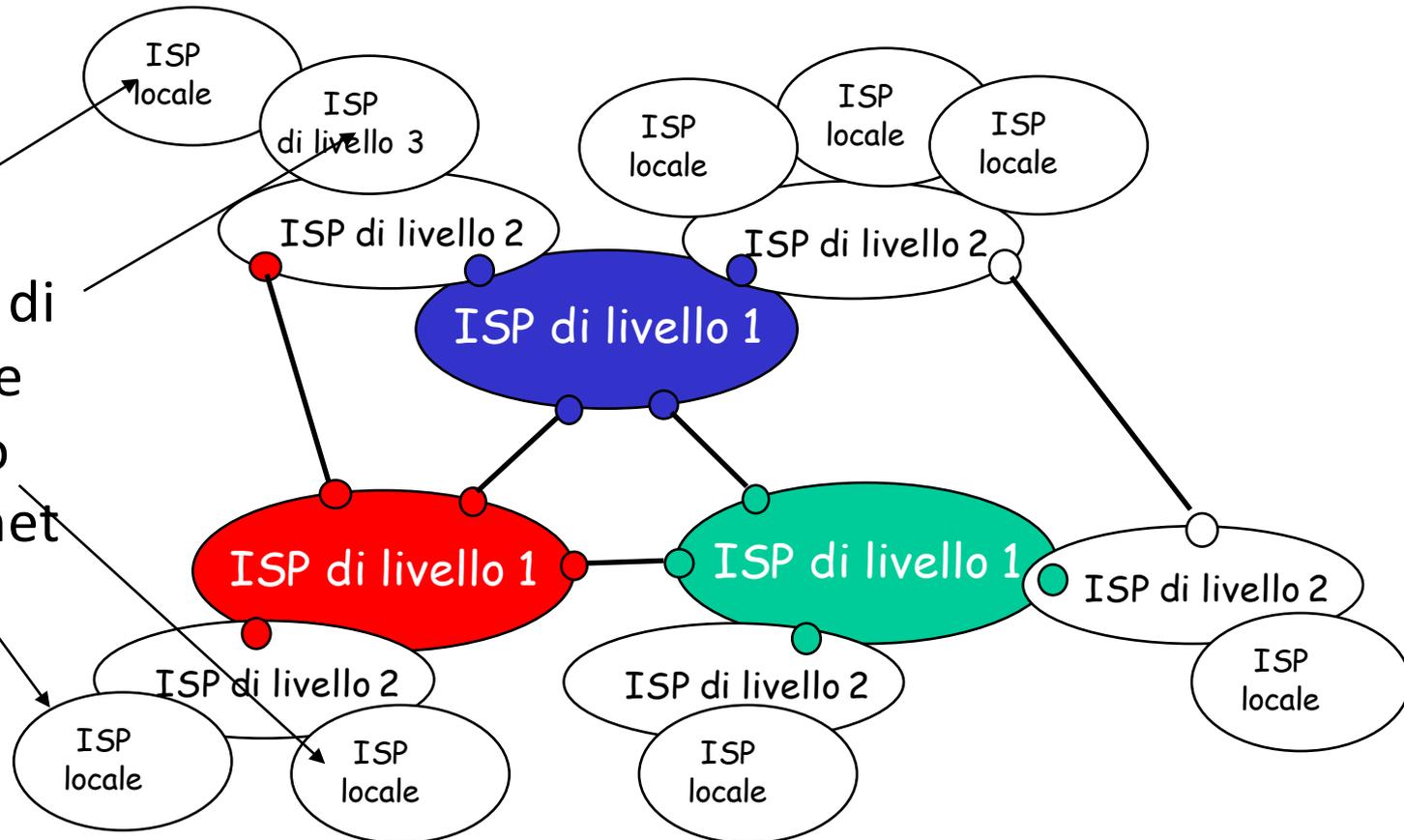
Un ISP di livello 2 è cliente di un ISP di livello 1



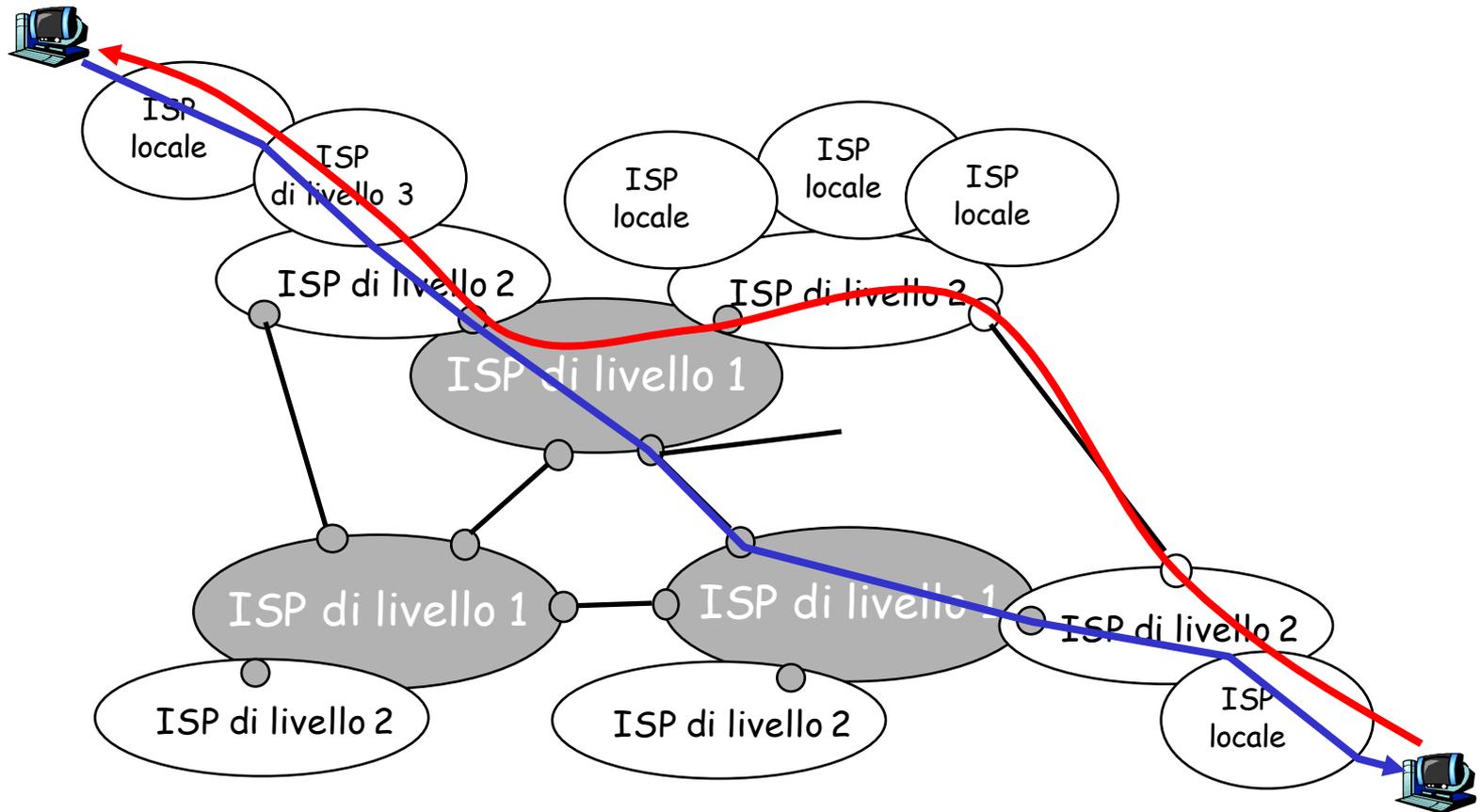
Quando due ISP sono direttamente interconnessi vengono detti pari grado (peer)

- **ISP di livello 3 e ISP locali (ISP di accesso)**
  - Reti “ultimo salto” (*last hop network*), le più vicine ai sistemi terminali

ISP locali e di livello 3 sono *clienti* degli ISP di livello superiore che li collegano all'intera Internet



- un pacchetto passa attraverso molted di reti!
- la rotta di andata e ritorno non sono sempre uguali



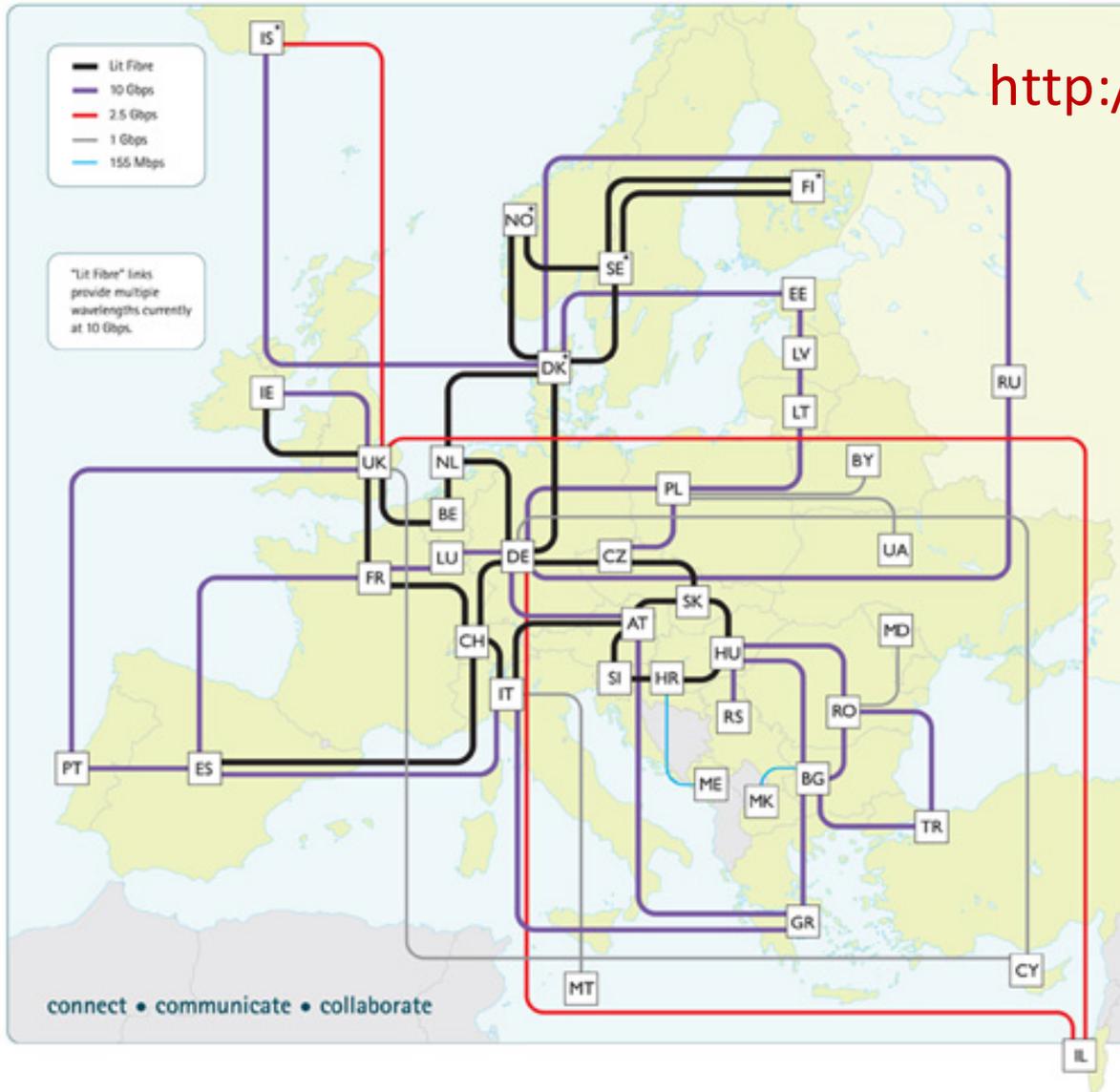




<http://www.nthelp.com/maps.htm>

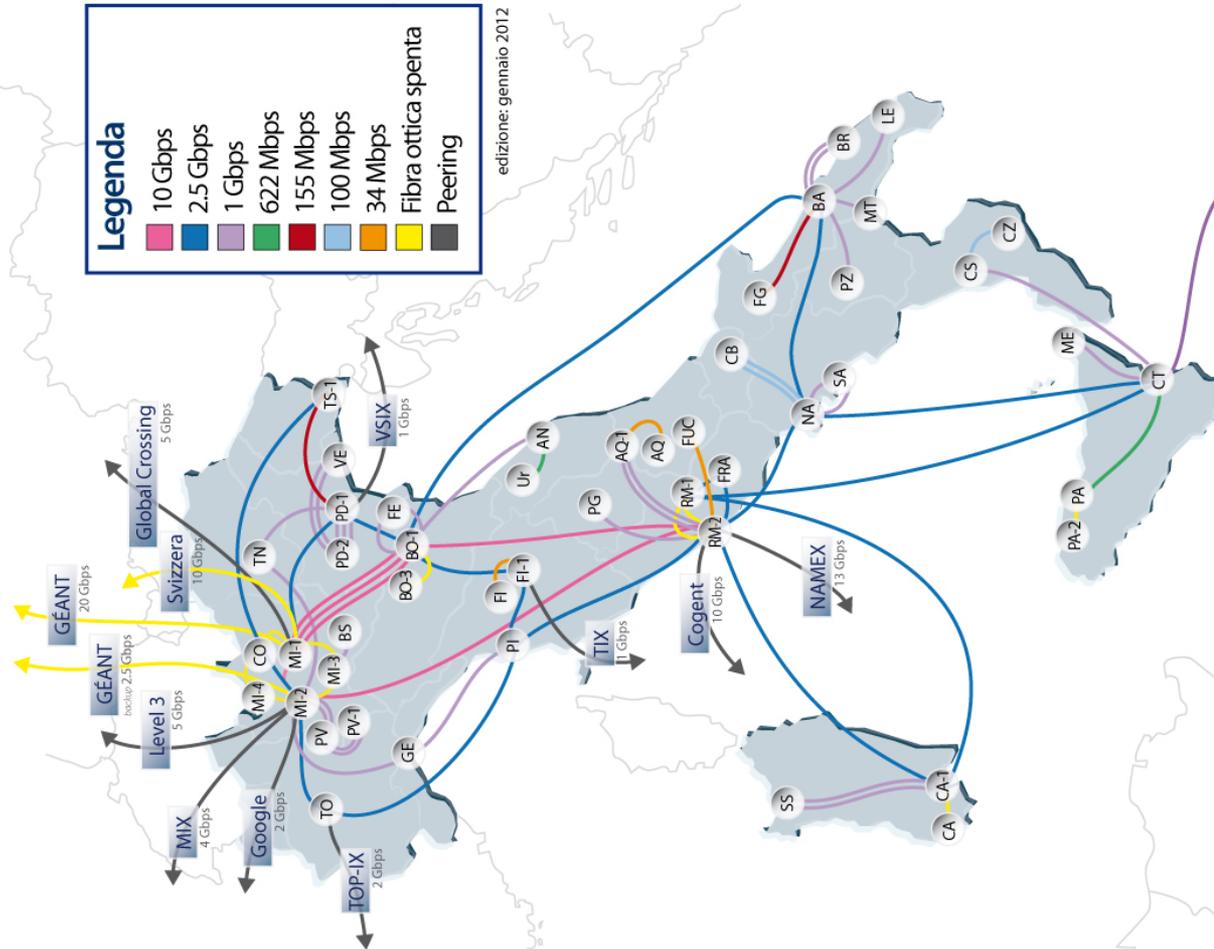


# Struttura di Internet - GEANT



<http://www.geant.net>

## Topologia di backbone della rete GARR



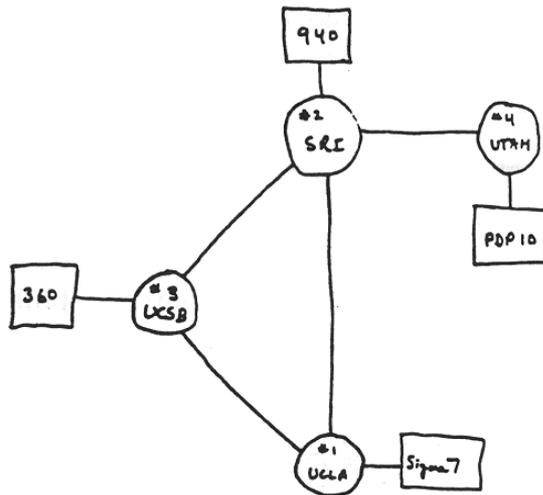
<http://www.garr.it/rete/infrastruttura-di-rete/mappa-della-rete>



# (BREVE, BUFFA) **STORIA DI INTERNET**

## 1961-1972: sviluppo della commutazione di pacchetto

- **1961:** Kleinrock - la teoria delle code dimostra l'efficacia dell'approccio a commutazione di pacchetto
- **1964:** Baran - uso della commutazione di pacchetto nelle reti militari
- **1967:** il progetto ARPAnet viene concepito dall'Advanced Research Projects Agency
- **1969:** primo nodo operativo ARPAnet



THE ARPA NETWORK

- **1972:**
  - dimostrazione pubblica di ARPAnet
  - NCP (Network Control Protocol), primo protocollo tra nodi
  - Primo programma di posta elettronica
  - ARPAnet ha 15 nodi



## *1972-1980: Internetworking e reti proprietarie*

- **1970:** rete satellitare ALOHAnet che collega le università delle Hawaii
- **1974:** Cerf e Kahn - architettura per l'interconnessione delle reti
- **1976:** Ethernet allo Xerox PARC
- **Fine anni '70:** architetture proprietarie: DECnet, SNA, XNA
- **Fine anni '70:** commutazione di pacchetti: ATM ante-litteram
- **1979:** ARPAnet ha 200 nodi

### **Le linee guida di Cerf e Kahn sull'internetworking:**

- minimalismo, autonomia - per collegare le varie reti non occorrono cambiamenti interni
- modello di servizio best effort
- router stateless
- controllo decentralizzato

**definiscono l'attuale architettura di Internet**



## *1980-1990: nuovi protocolli, proliferazione delle reti*

- **1983**: rilascio di TCP/IP
- **1982**: definizione del protocollo smtp per la posta elettronica
- **1983**: definizione del DNS per la traduzione degli indirizzi IP
- **1985**: definizione del protocollo ftp
- **1988**: controllo della congestione TCP
- nuove reti nazionali: Csetnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 host collegati



## 1990-2000: commercializzazione, Web, nuove applicazioni

- **Primi anni '90:** ARPAnet viene dismessa
- **1991:** NSF lascia decadere le restrizioni sull'uso commerciale di NSFnet
- **Primi anni '90:** il Web
  - ipertestualità [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, poi Netscape
- **Fine '90 :** commercializzazione del Web

### Fine anni '90 – 2007:

- arrivano le “killer applications”: messaggistica istantanea, condivisione di file P2P
- sicurezza di rete
- 50 milioni di host, oltre 100 milioni di utenti
- velocità nelle dorsali dell'ordine di Gbps



## 2008-2013:

- ❑ 500 -> 2000 milioni di host (Bho?) e gli smarphone??
- ❑ Voice, Video over IP
- ❑ Applicazioni P2P: BitTorrent (condivisione di file), Skype (VoIP), PPLive (video), ...
- ❑ Più applicazioni: YouTube, gaming
- ❑ Social networks & cloud computing
- ❑ Monopoli di Google ...
- ❑ wireless, mobilità
- ❑ Accesso a Internet come “diritto inalienabile”
- ❑ ...
- ❑ Non è storia è attualità ...