



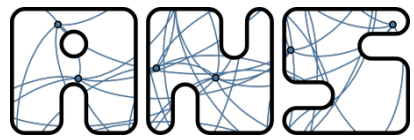
Reti

(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

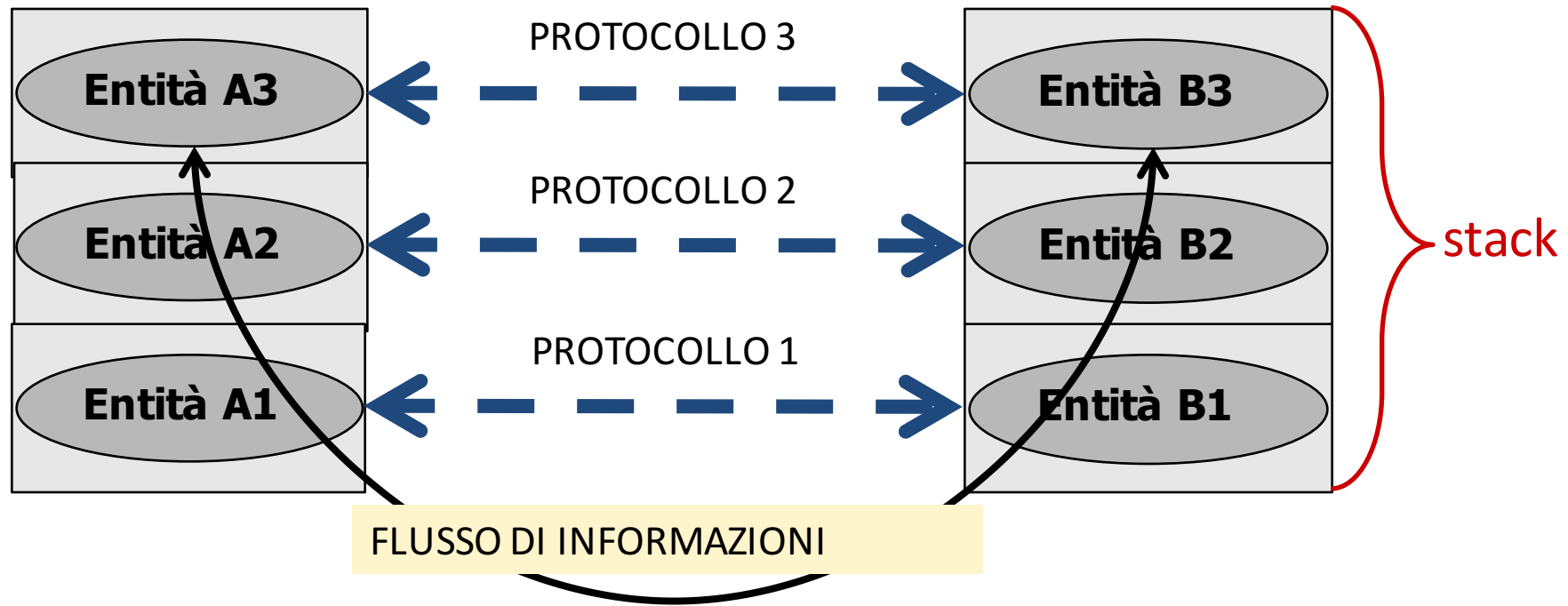
2.5 Italia License

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

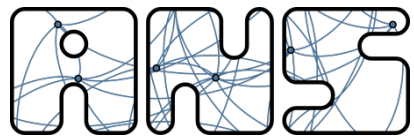




- Un'architettura di rete definisce:
 - il processo di comunicazione
 - le relazioni tra entità coinvolte nella comunicazione
 - le funzioni necessarie per la comunicazione
- Si usano architetture *stratificate*
 - semplicità di progetto
 - raggruppamento in *strati* (o *livelli*) di funzioni simili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

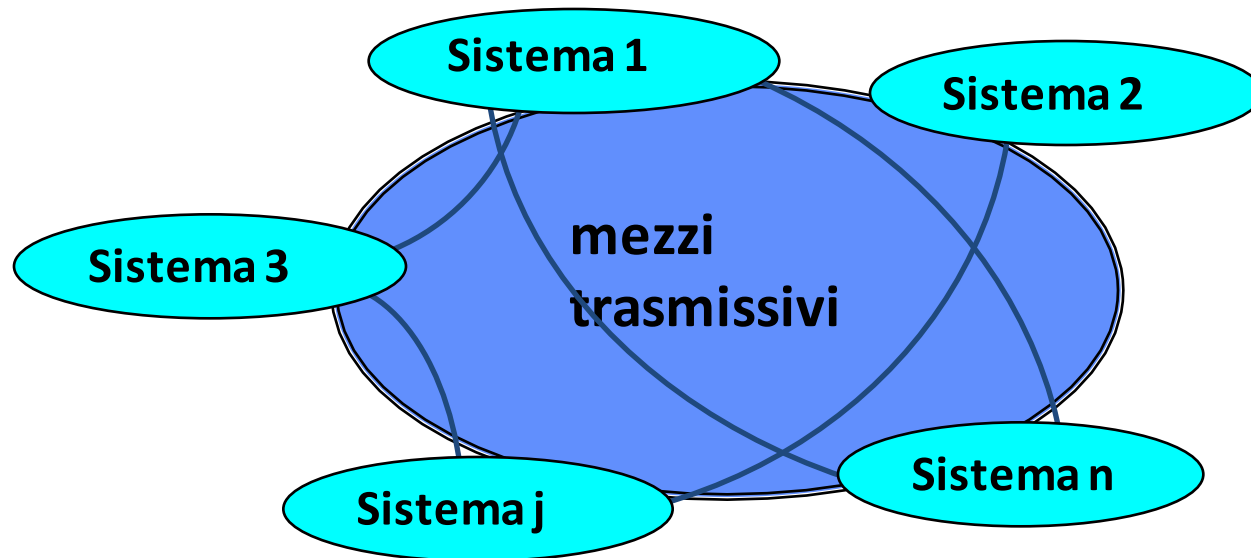


- L'idea di una architettura modulare e stratificata è simile ai principi di sviluppo modulare del codice
 - Pezzi riutilizzabili
 - Librerie senza dipendenze esterne
 - Costruzione “funzionale” dei servizi
 - Una entità di un certo strato costruisce le proprie funzioni sulla base delle funzioni dello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

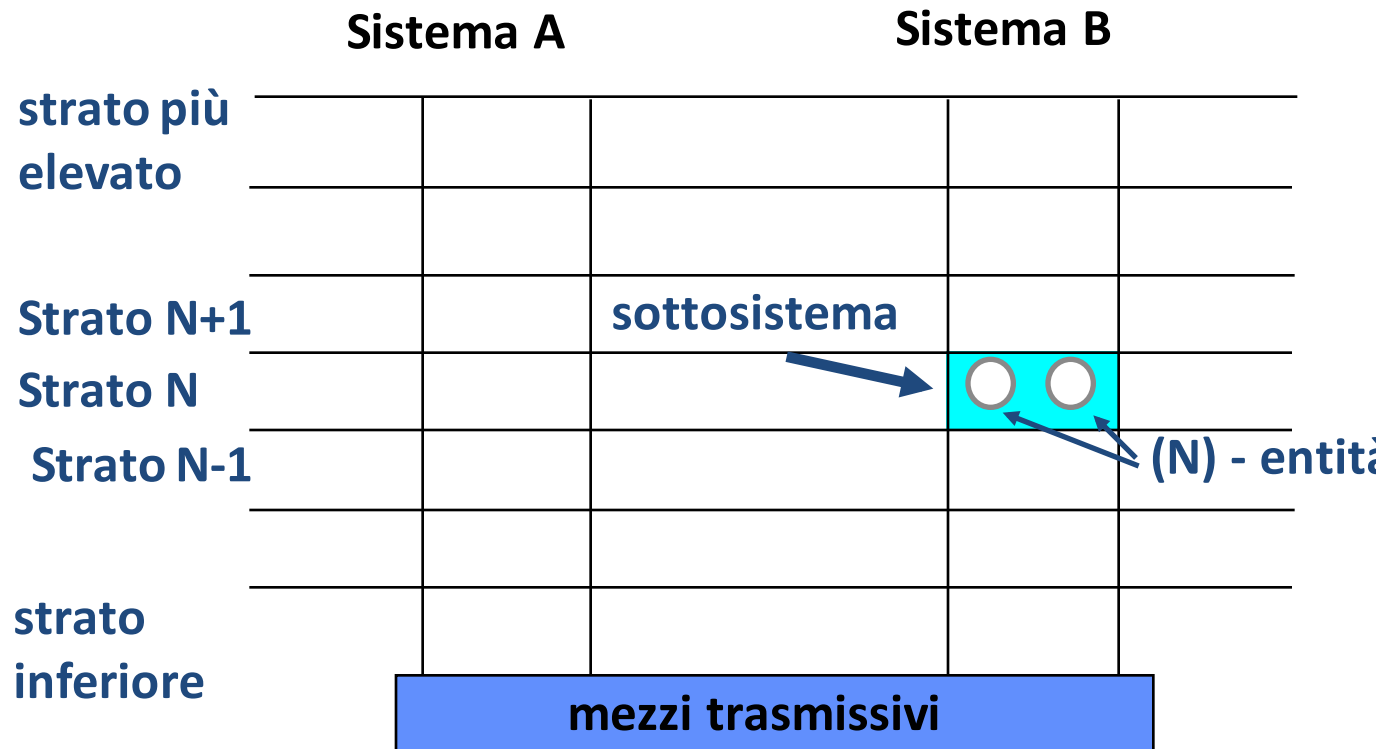


- Panoramica sul modello astratto ISO/OSI
 - acquisire concetti di base
 - avere un riferimento astratto su cui mappare i diversi modelli delle reti reali
 - imparare una terminologia precisa a cui riferirsi
- TCP/IP in quanto architettura di Internet
 - Sarà il nostro riferimento per tutto il corso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

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



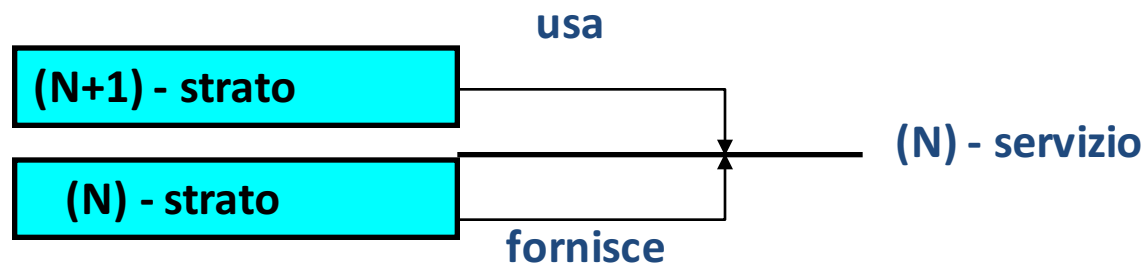
- Ogni sistema è composto da sottosistemi
- Ogni sottosistema realizza le funzioni proprie di uno strato tramite delle *entità*



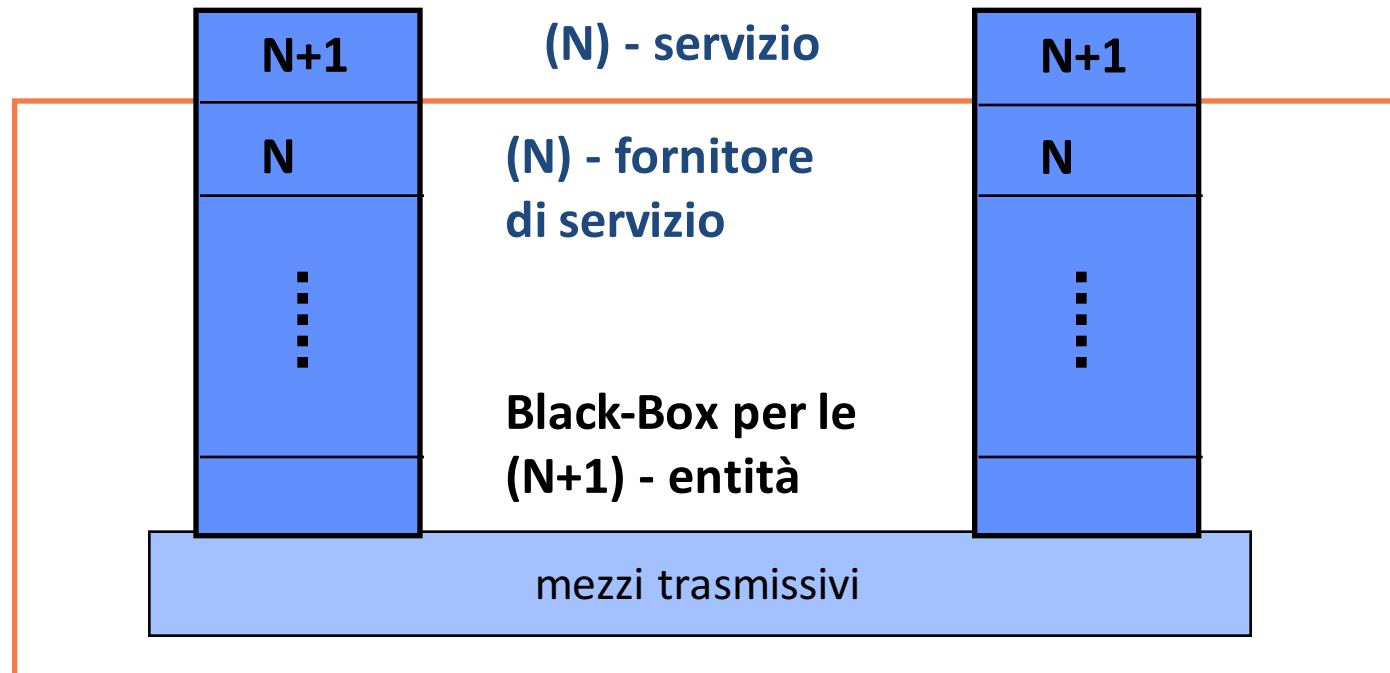


- Ogni strato (o livello)
 - fornisce servizi allo strato superiore
 - usando
 - i servizi dello strato inferiore
 - le proprie funzioni
- Identificabili:
 - fornitori di servizio
 - utenti del servizio
 - punti di accesso al servizio: SAP (Service Access Point)

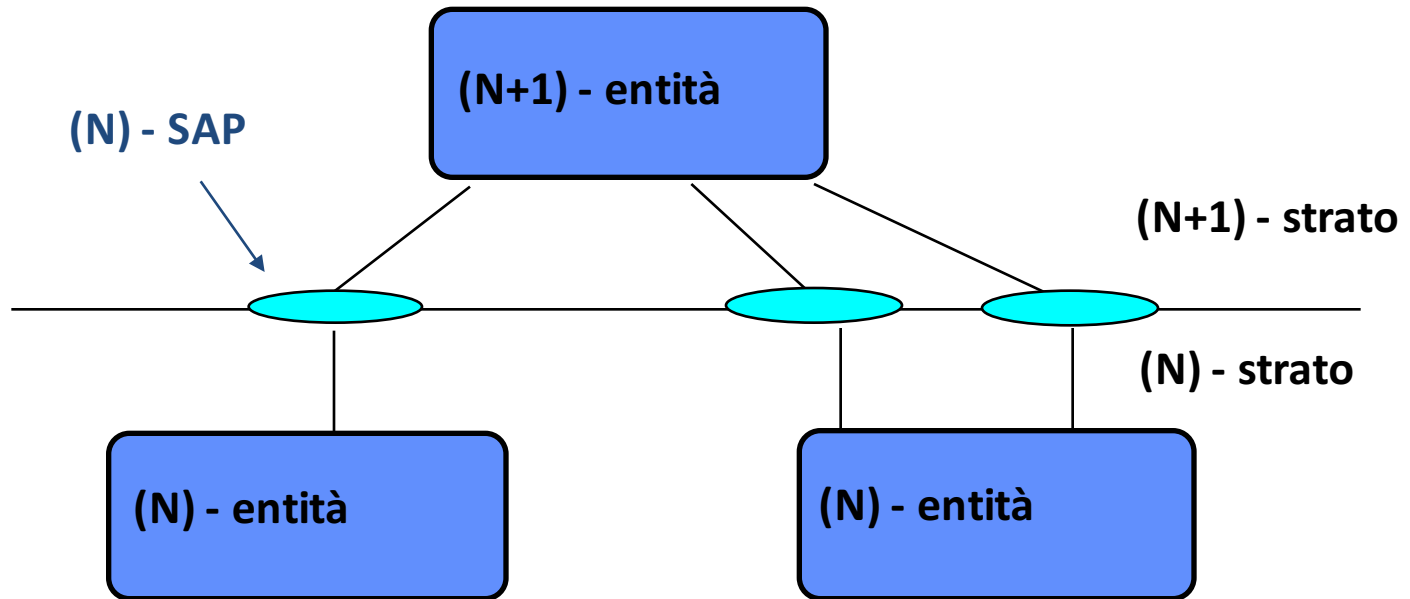
- Gli utenti dello strato N sono le (N+1)-entità
- (N+1)-entità cooperano e comunicano usando (N)-servizi
- Gli (N)-servizi sono forniti dagli (N)-fornitori di servizio



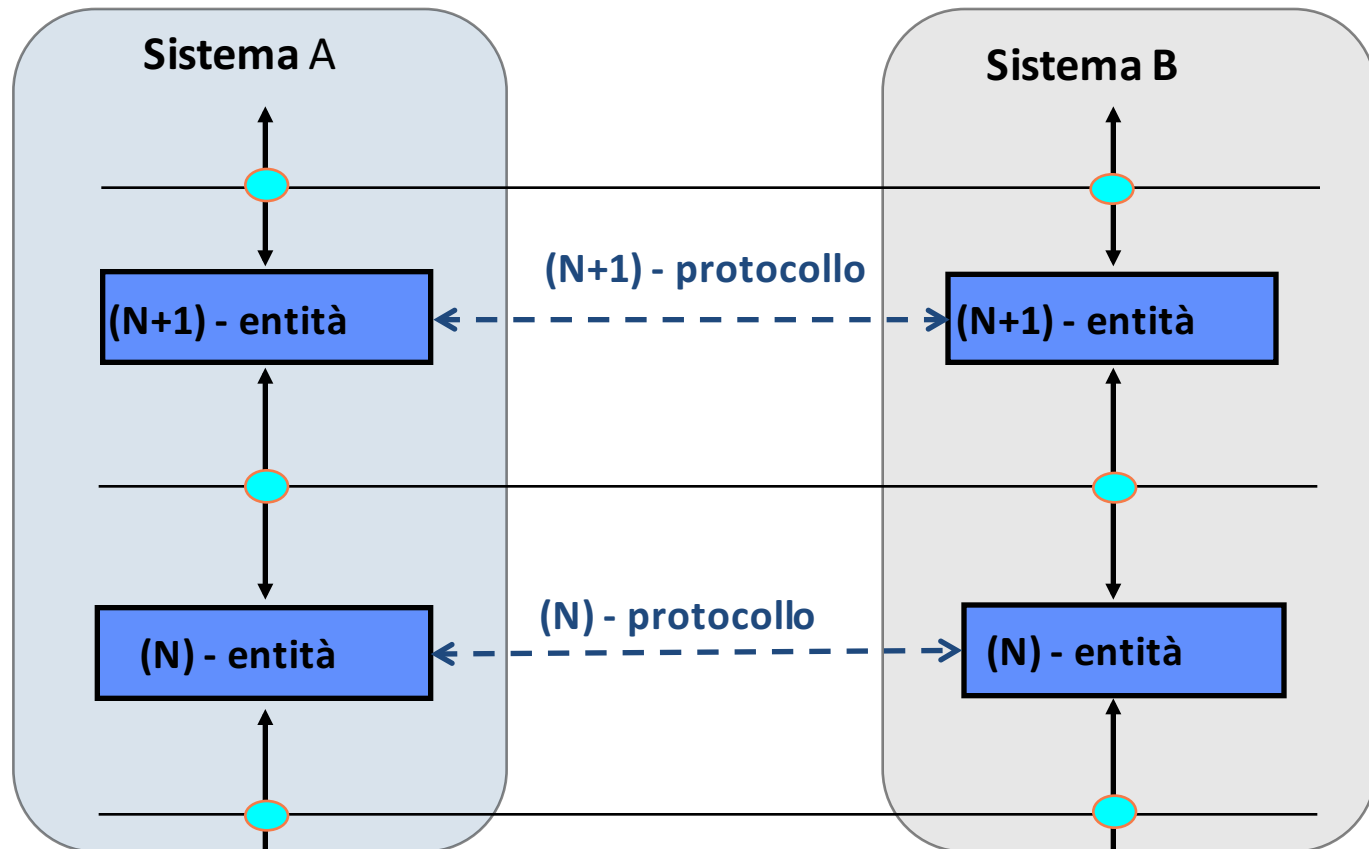
- Uno strato N+1 percepisce gli strati inferiori solo in quanto fornitori di un (N)-servizio
- Tutti gli strati da N in giù sono una “black box” per le (N+1)-entità

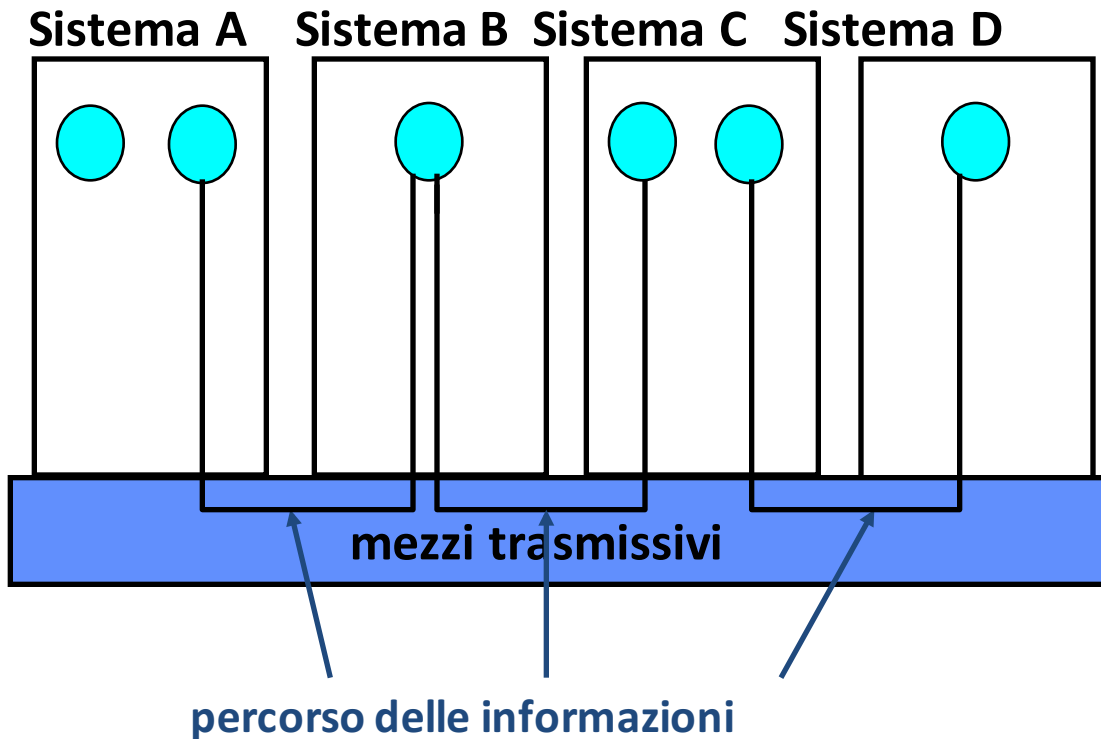


- Un (N)-servizio è offerto ad una (N+1)-entità attraverso una interfaccia di programmazione che chiamiamo *punto di accesso al servizio* o (*Service Access Point - SAP*)



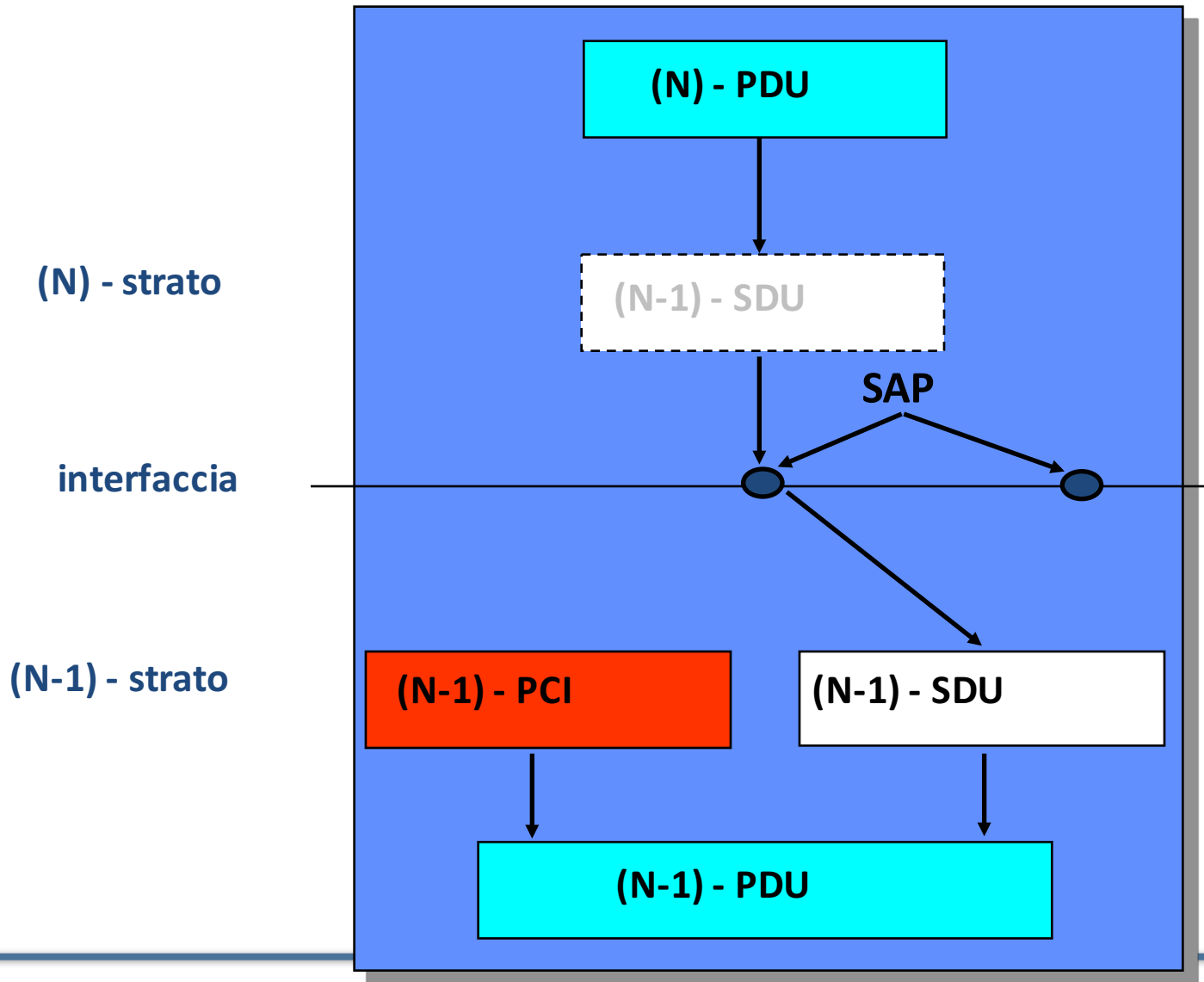
- Lo scambio di informazioni tra entità omologhe di sistemi diversi avviene con un protocollo



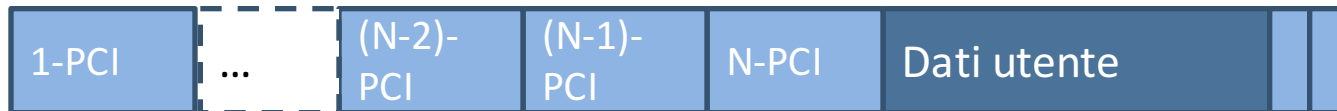




- In un sistema con M strati, i dati utente sono una M -SDU e ricevono una M -PCI, per formare una M -PDU
- Ogni strato inferiore tratta la PDU dello strato superiore come una “*busta chiusa*” a cui aggiungere solo un’intestazione
- Nel passaggio da un N -strato ad un $(N-1)$ -strato, la N -PDU diventa 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

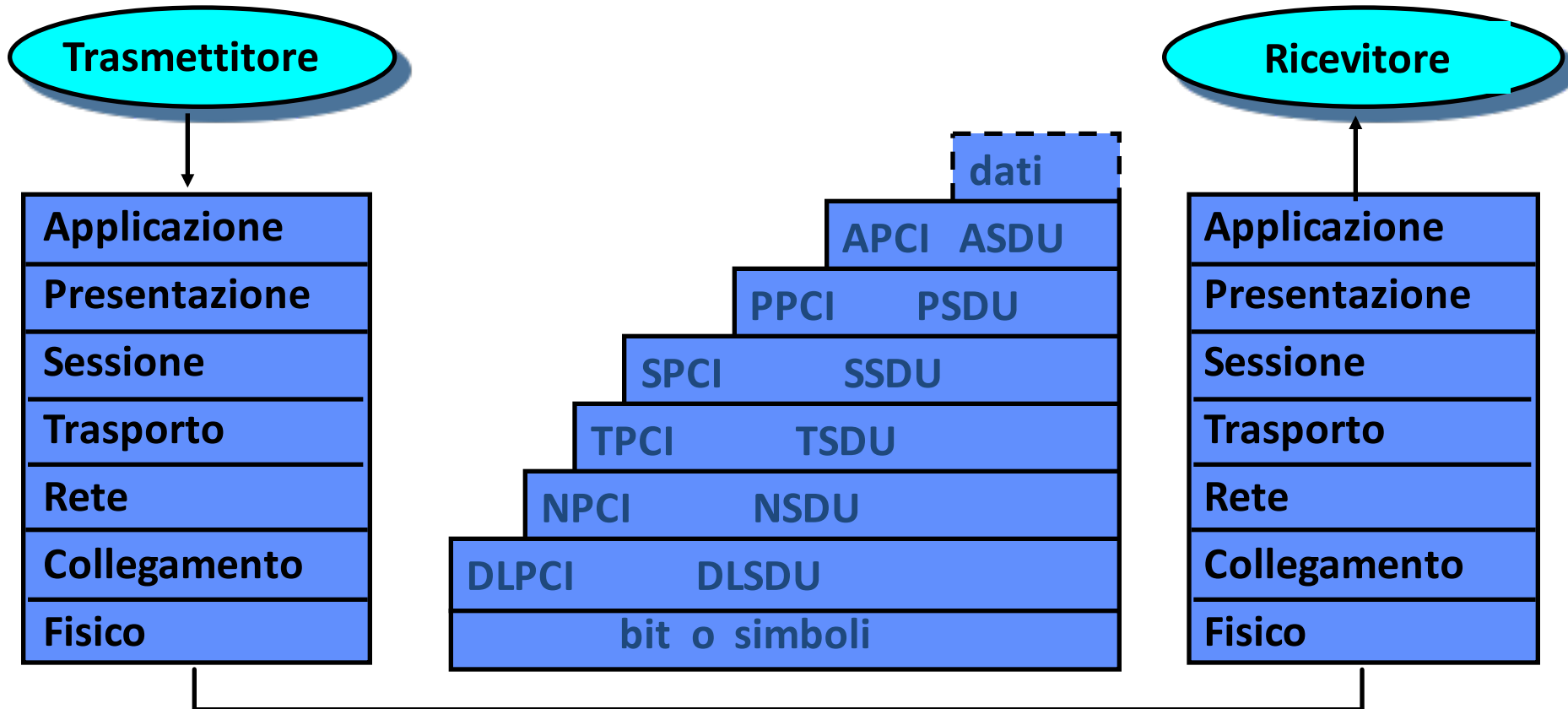


- Di strato in strato, la PDU acquisisce intestazioni (aggiunte in testa e in coda)





- 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



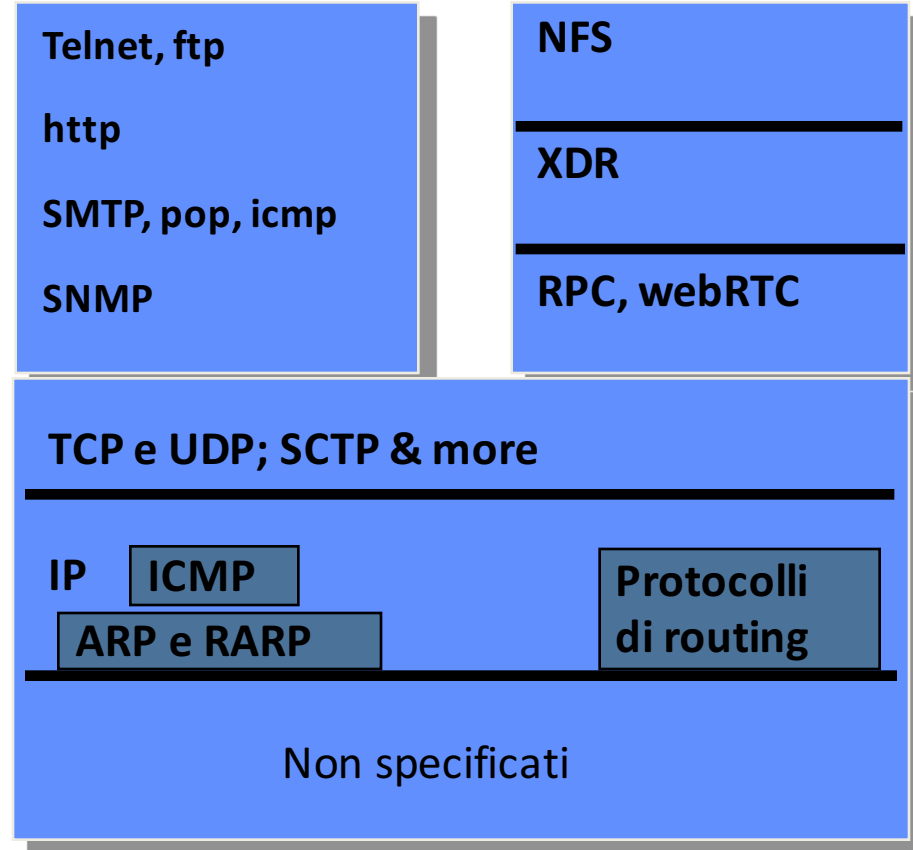
7	Applicazione
6	Presentazione
5	Sessione
4	Trasporto
3	Rete
2	Collegamento
1	Fisico

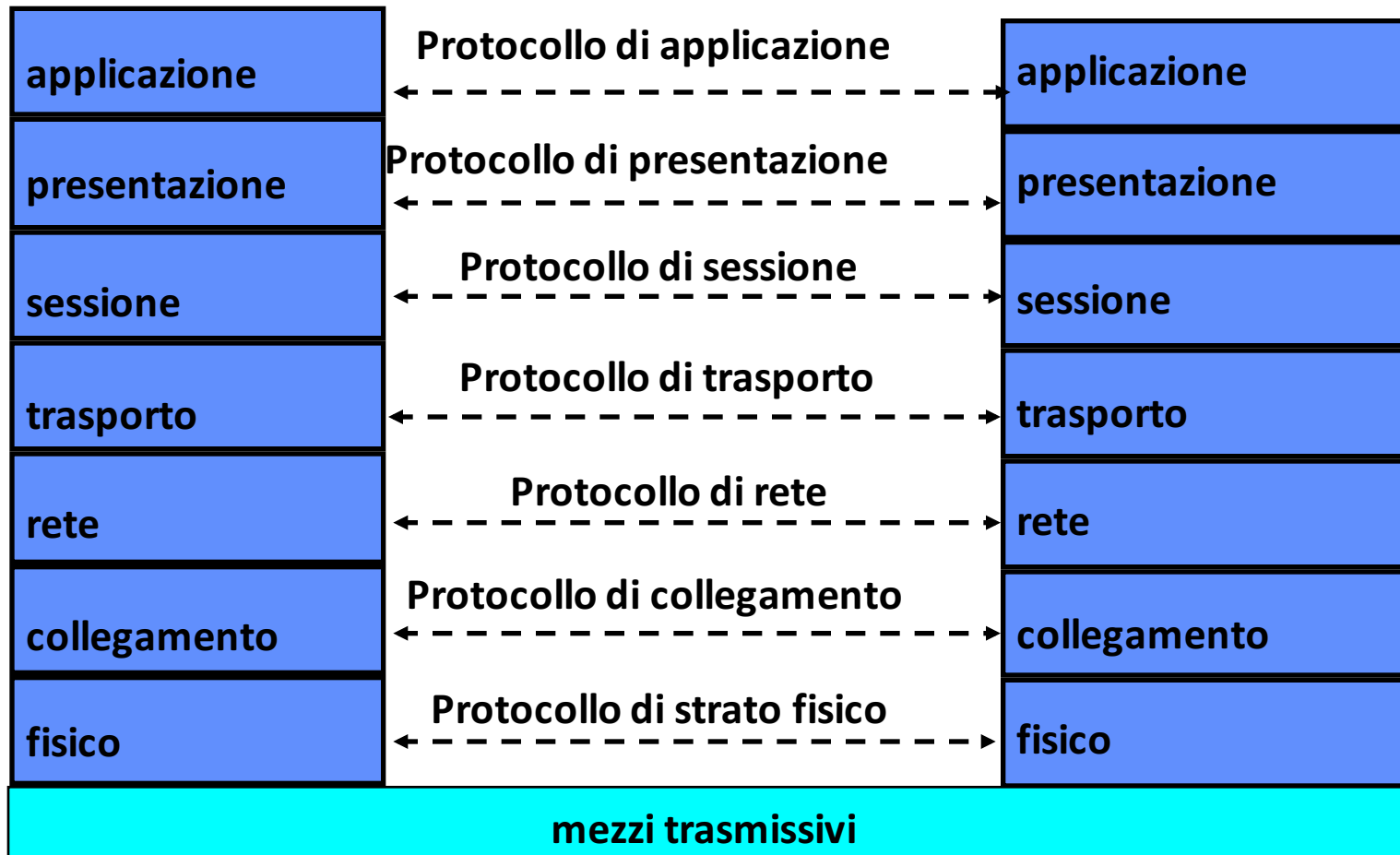
7	Application
6	Presentation
5	Session
4	Transport
3	Network
2	Data Link
1	Physical

OSI

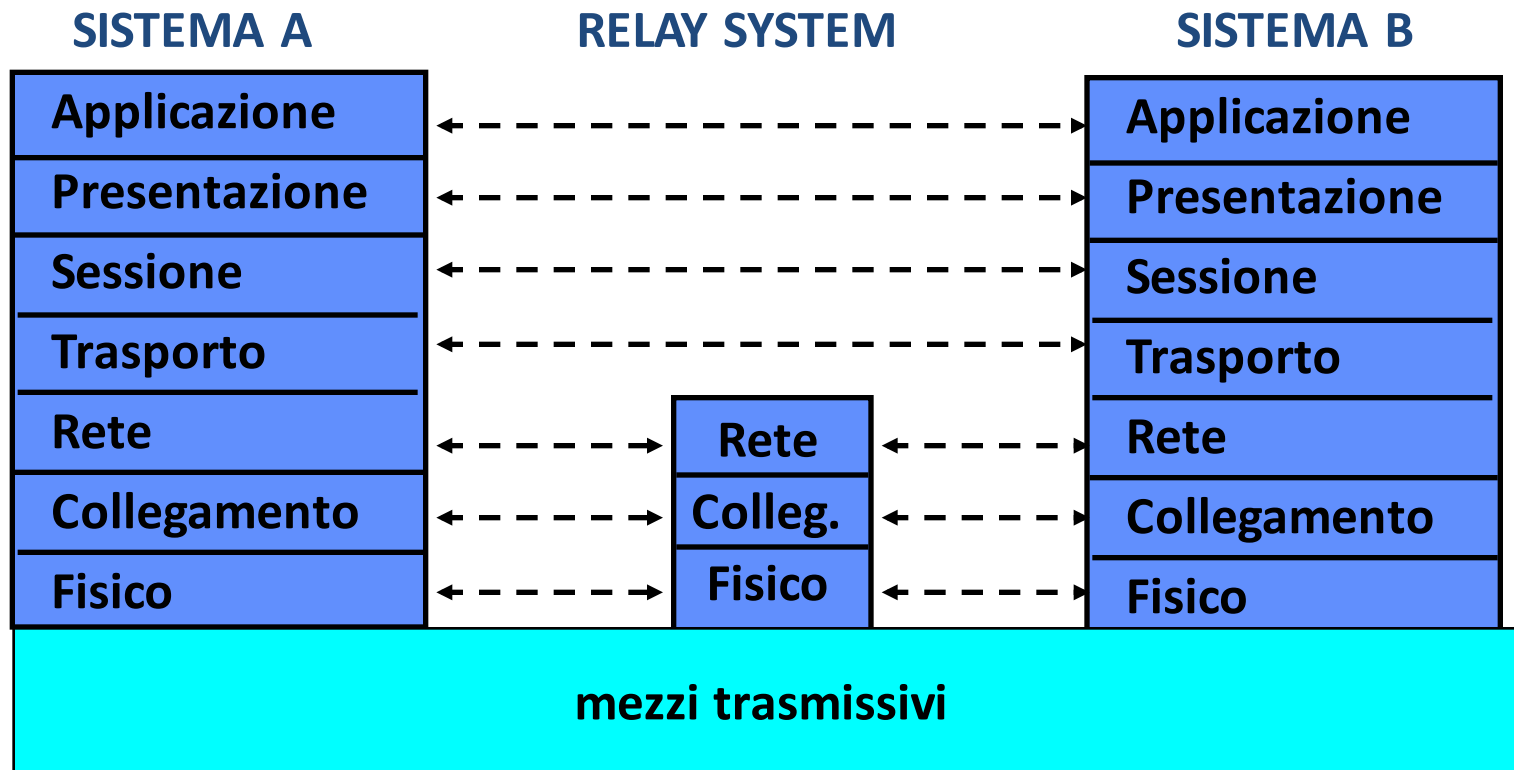


Internet Protocol Suite





- 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



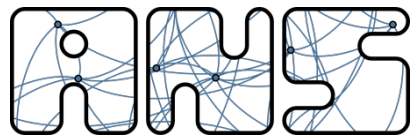
- Transport layer
 - colma le carenze di qualità di servizio delle connessioni di strato rete
 - funzioni fondamentali:
 - controllo d'errore
 - controllo di sequenza
 - controllo di flusso
 - esegue moltiplicazione e demoltiplicazione di connessioni
 - Esegue la segmentazione dei dati in pacchetti e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



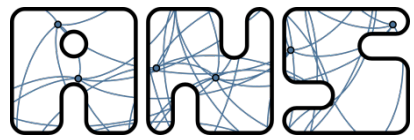
- Session layer
 - assicura alle entità di presentazione una connessione di sessione
 - organizza il colloquio tra le entità di presentazione
 - struttura e sincronizza lo scambio di dati in modo da poterlo sospendere, riprendere e terminare ordinatamente
 - maschera le interruzioni del servizio trasporto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



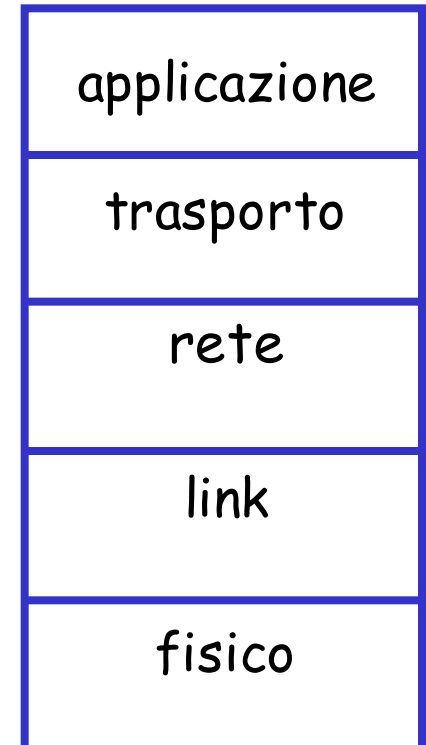
- Presentation layer
 - risolve i problemi di compatibilità per quanto riguarda la rappresentazione dei dati da trasferire
 - risolve i problemi relativi alla trasformazione della sintassi dei dati
 - può fornire servizi di cifratura delle informazioni
 - *Spesso integrato nelle funzioni del livello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



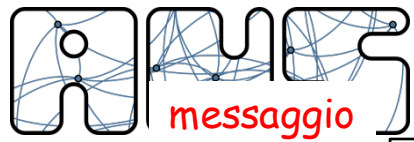
- **applicazione:** di supporto alle applicazioni di rete
 - FTP, SMTP, HTTP, ...
- **trasporto:** trasferimento dei messaggi tra sistemi terminali
 - TCP, UDP
- **rete:** instradamento dei pacchetti dalla sorgente alla destinazione
 - IPv4, IPv6
- **link (collegamento):** consegna dei pacchetti tra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



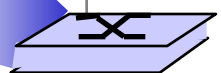
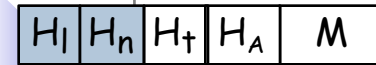
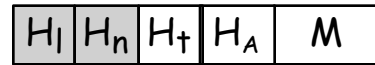
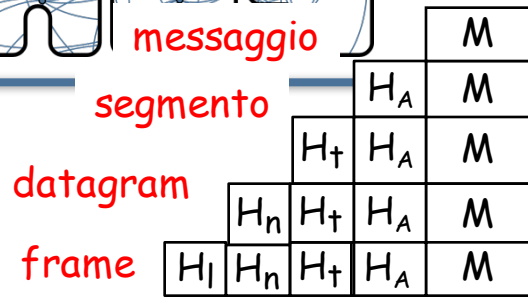


- ❑ **presentazione**: consente alle applicazioni di interpretare il significato dei dati (es. cifratura, compressione, convenzioni specifiche della macchina)
- ❑ **sessione**: sincronizzazione, controllo, recupero dei dati
- ❑ La pila Internet è priva di questi due livelli!
 - ❖ questi servizi, *se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

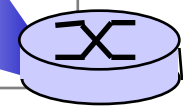
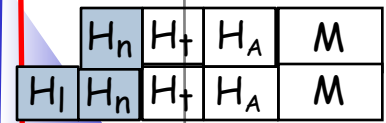
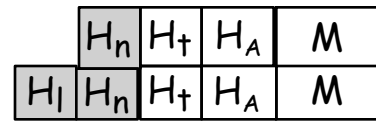
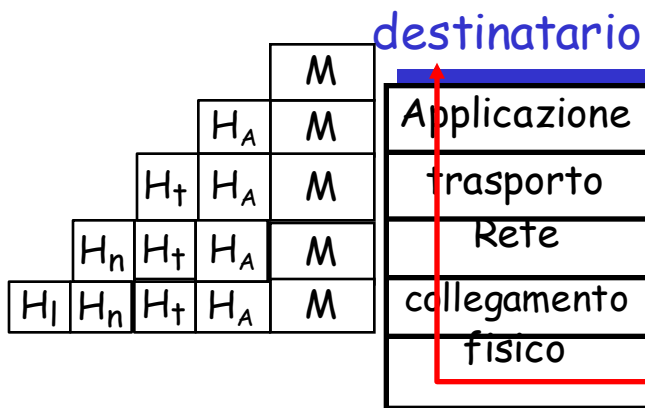




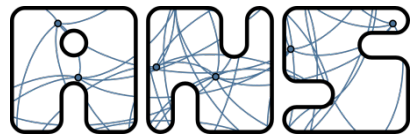
Incapsulamento



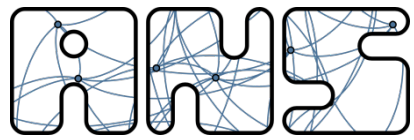
switch
(commutatore)



router

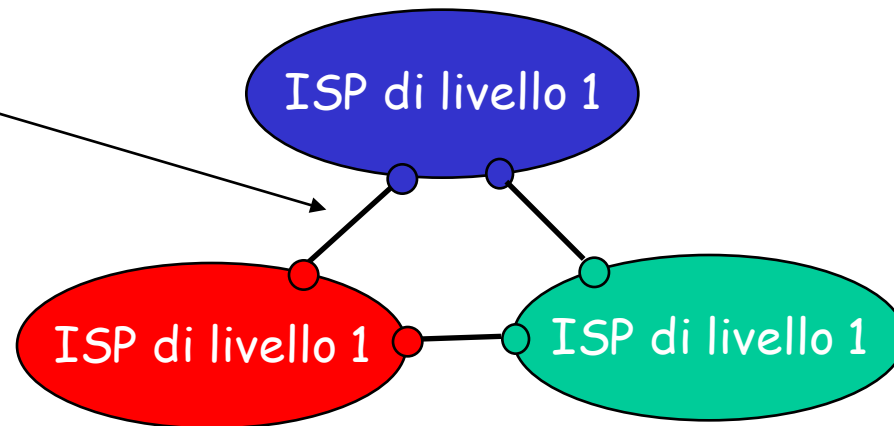


STRUTTURA DI INTERNET



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

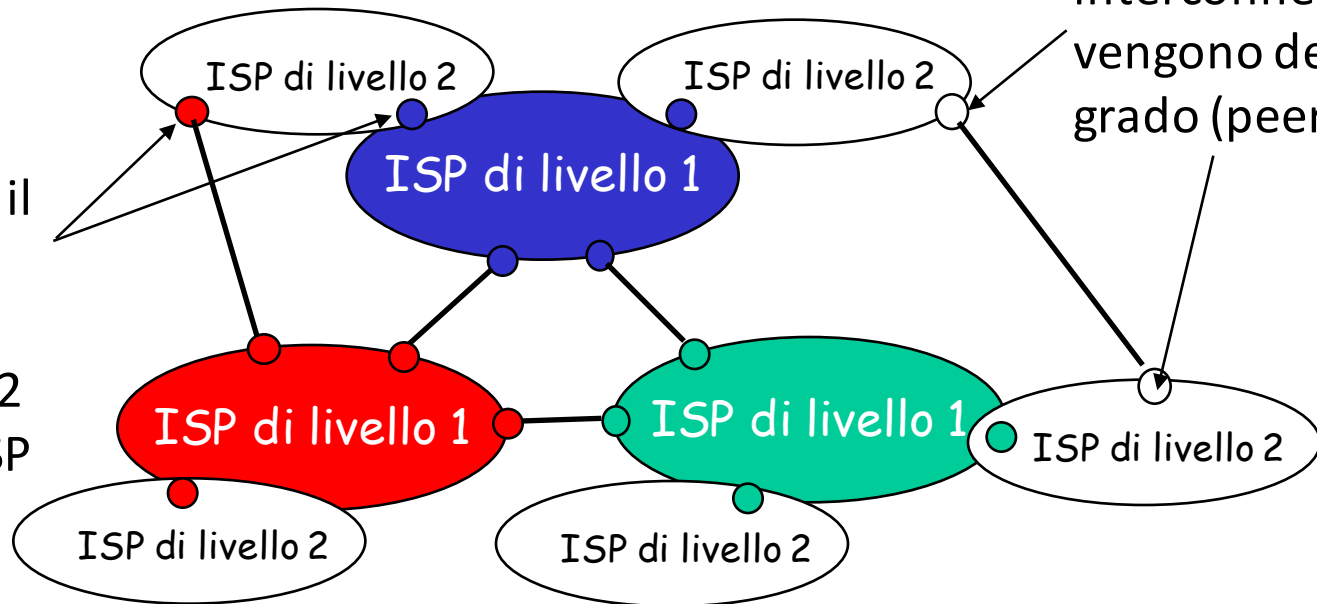
Gli ISP di livello 1 sono
direttamente connessi
a ciascuno degli altri
ISP di livello 1



- **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

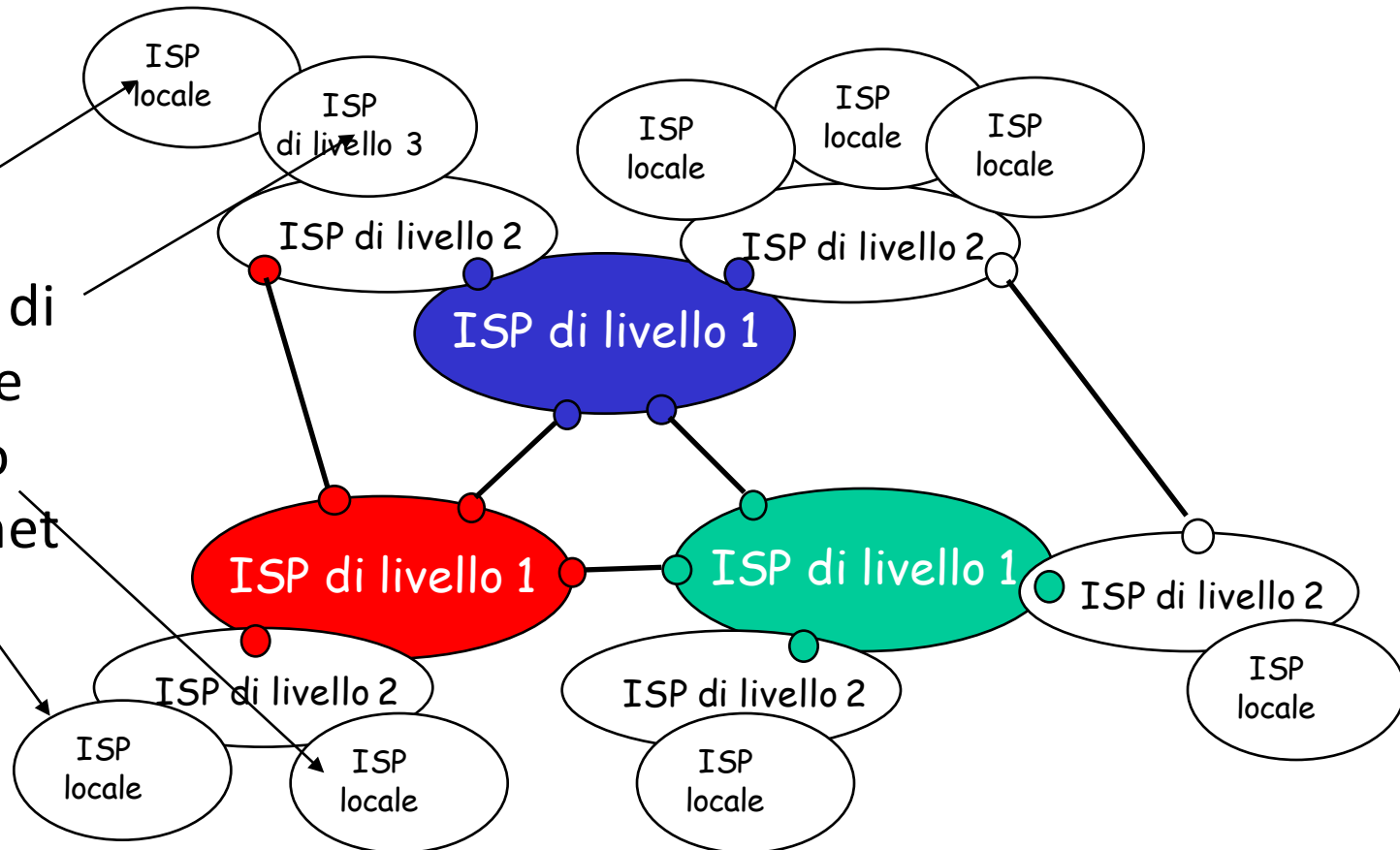
Un ISP di livello 2 è cliente di un ISP di livello 1



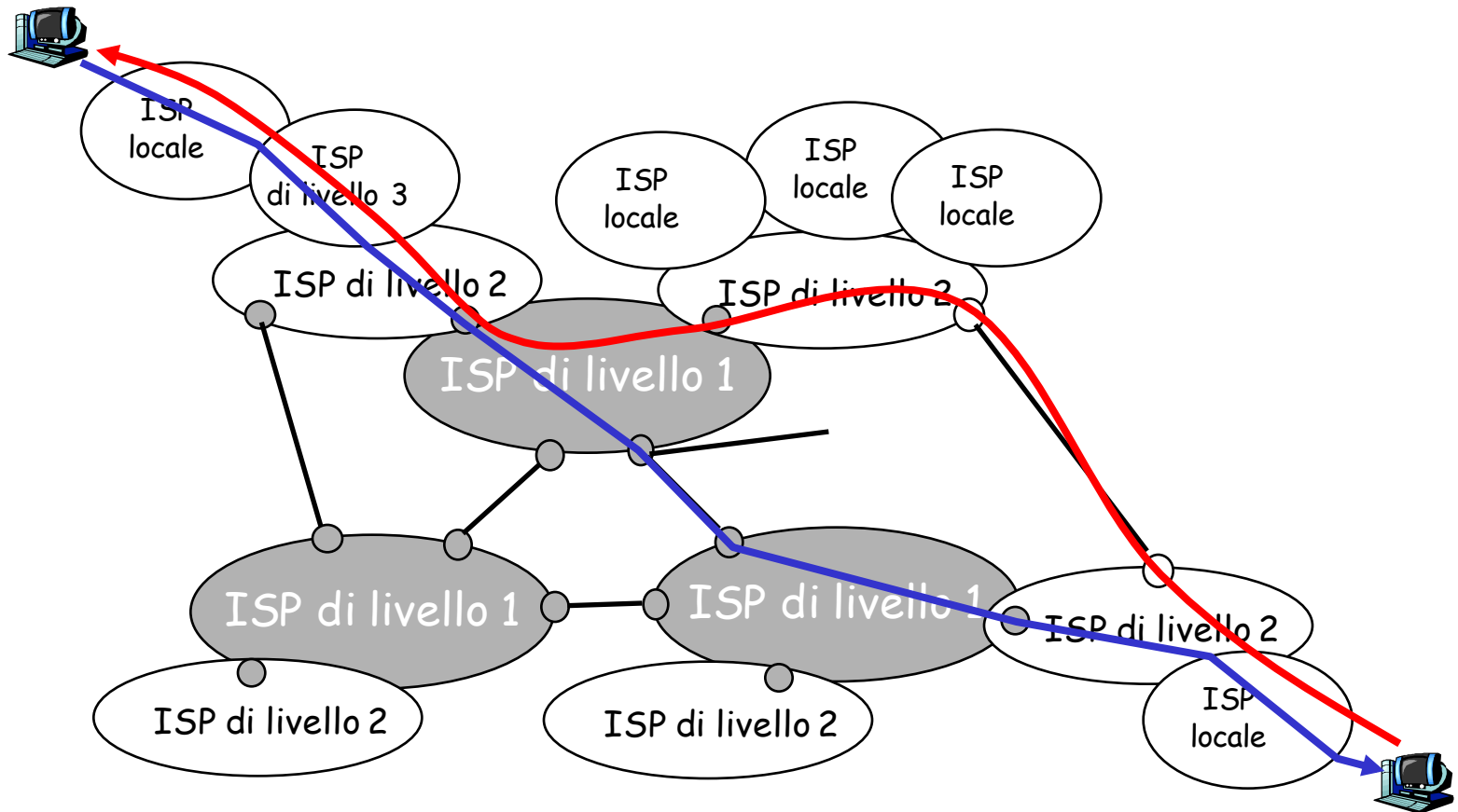
Quando due ISP sono direttamente interconnessi vengono detti pari grado (peer)

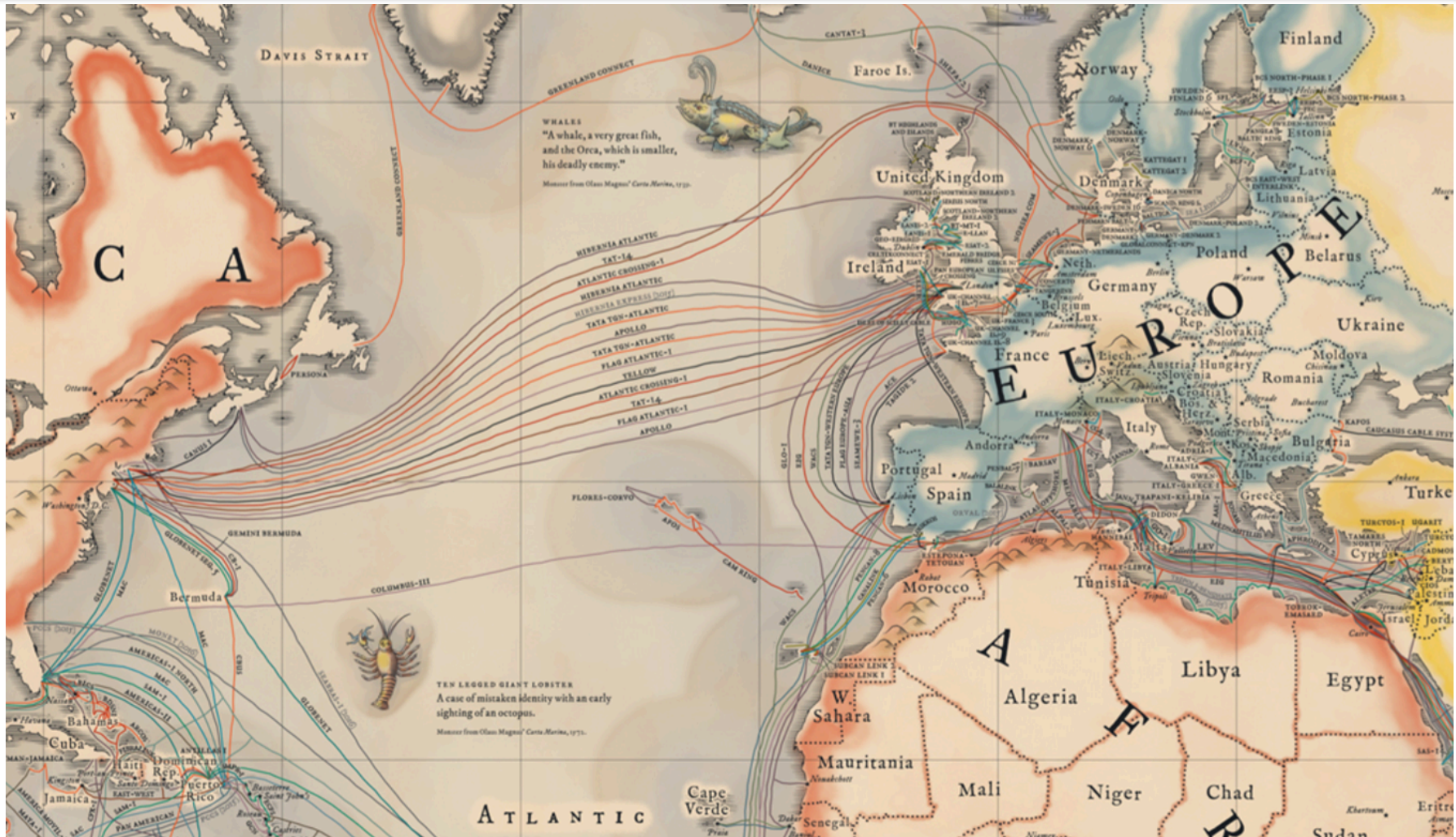
- **ISP di livello 3 e ISP locali (ISP di accesso)**
 - Reti “ultimo salto” (*last hop network*), le più vicine ai sistemi terminali

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



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





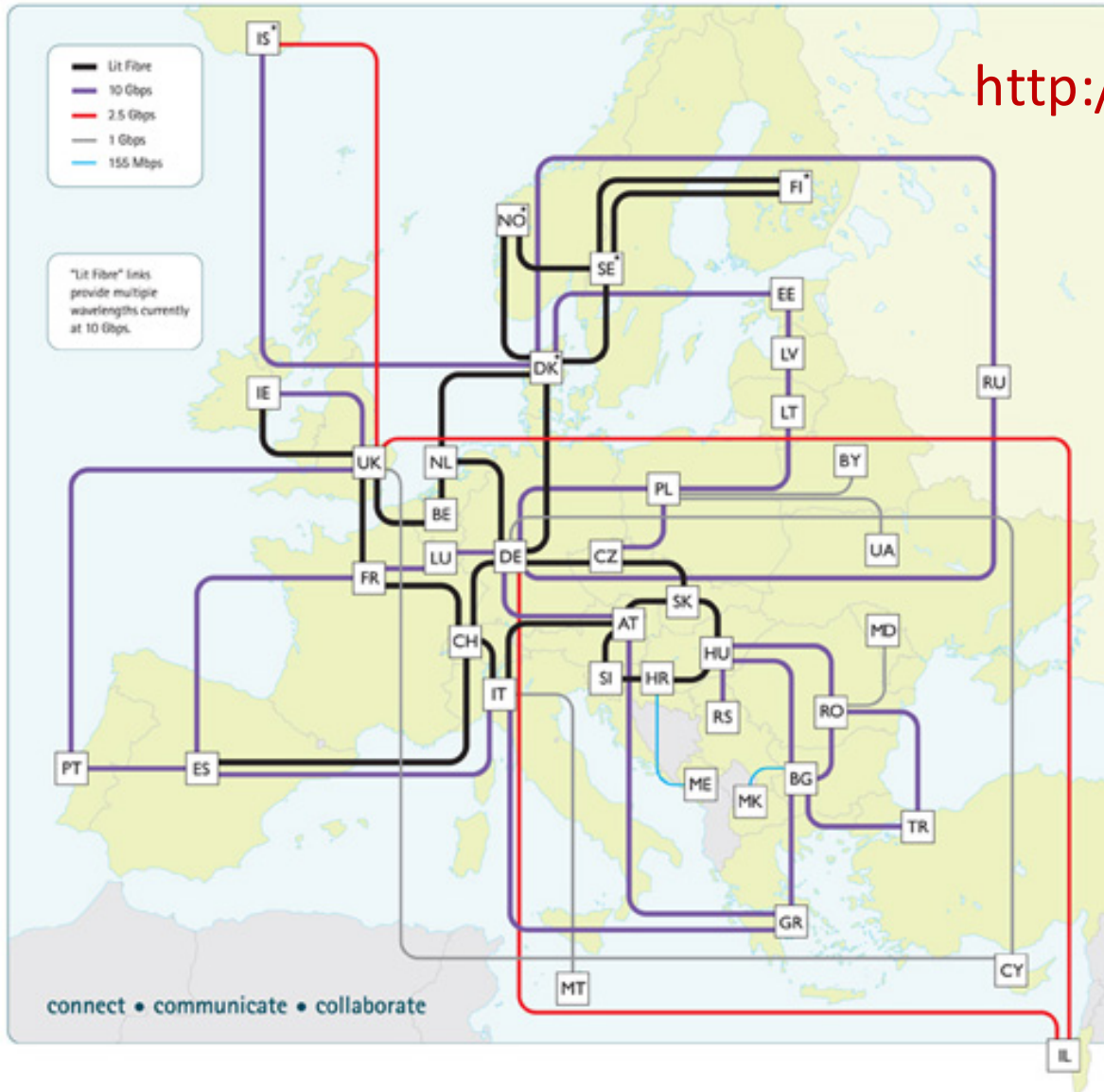
<http://submarine-cable-map-2016.telegeography.com>



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

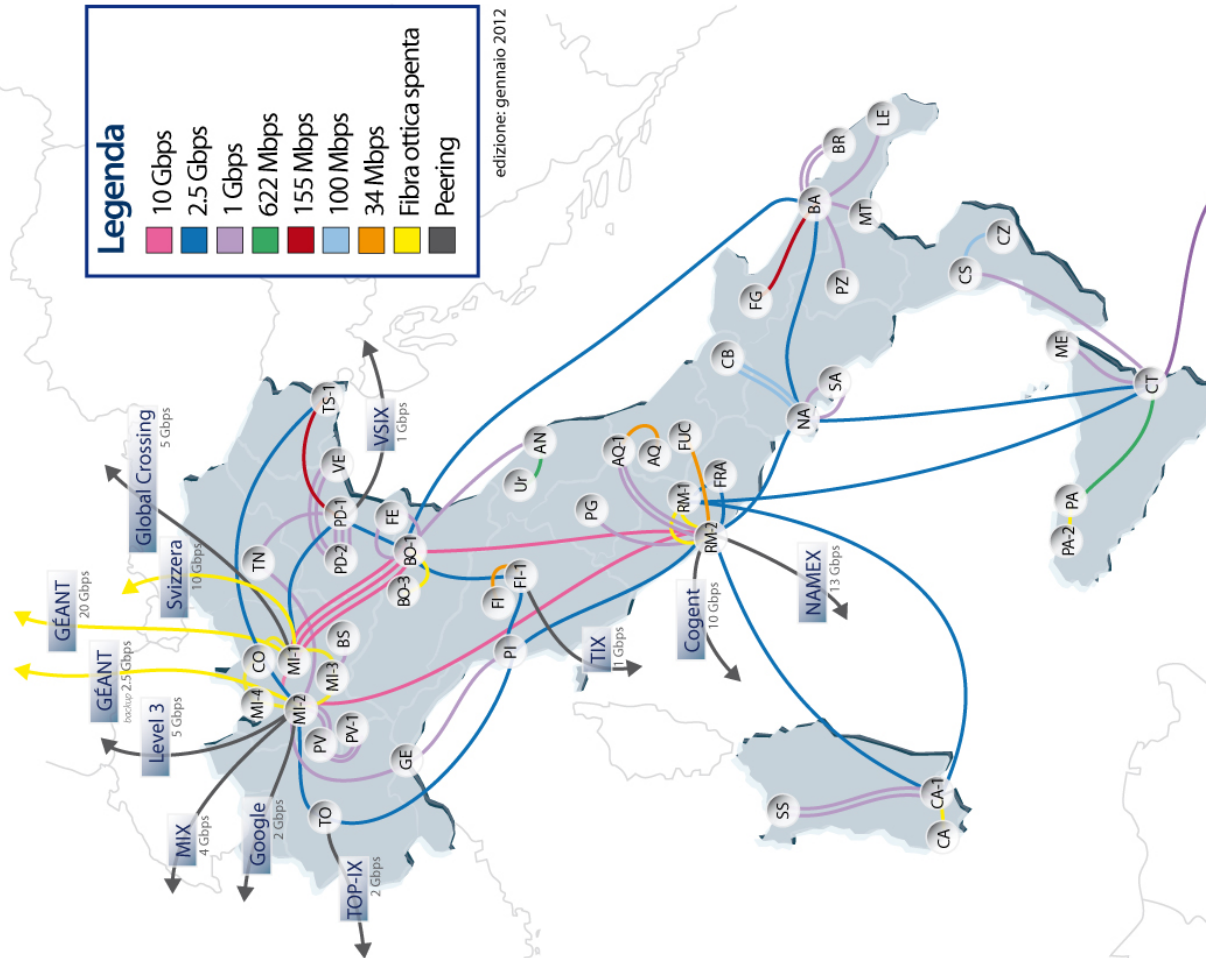


Struttura di Internet - GEANT



<http://www.geant.net>

Topologia di backbone della rete GARR



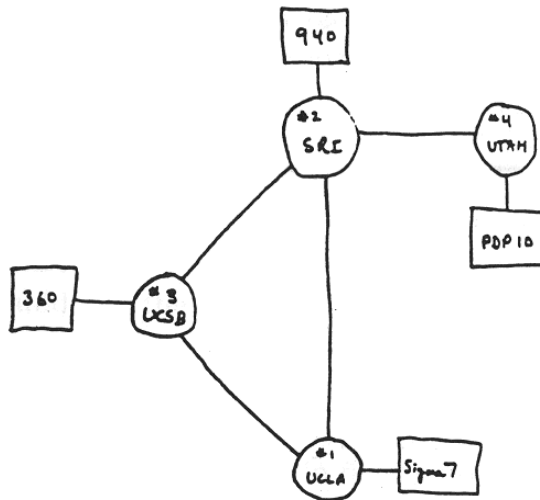
<http://www.garr.it/rete/infrastruttura-di-rete/mappa-della-rete>



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

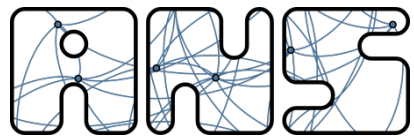
1961-1972: sviluppo della commutazione di pacchetto

- **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: Cernet, 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 ...