

# La Struttura Gerarchica dei protocolli

In questa prima lezione studieremo la struttura di alcune architetture di protocolli di rete, ovvero di protocolli che realizzano la comunicazione su reti di calcolatori di tipo **packet-switching** (commutazione di pacchetto).

In particolare, vedremo che queste architetture condividono una struttura “a livelli” nell’intento di standardizzare separatamente le diverse funzionalità necessarie.

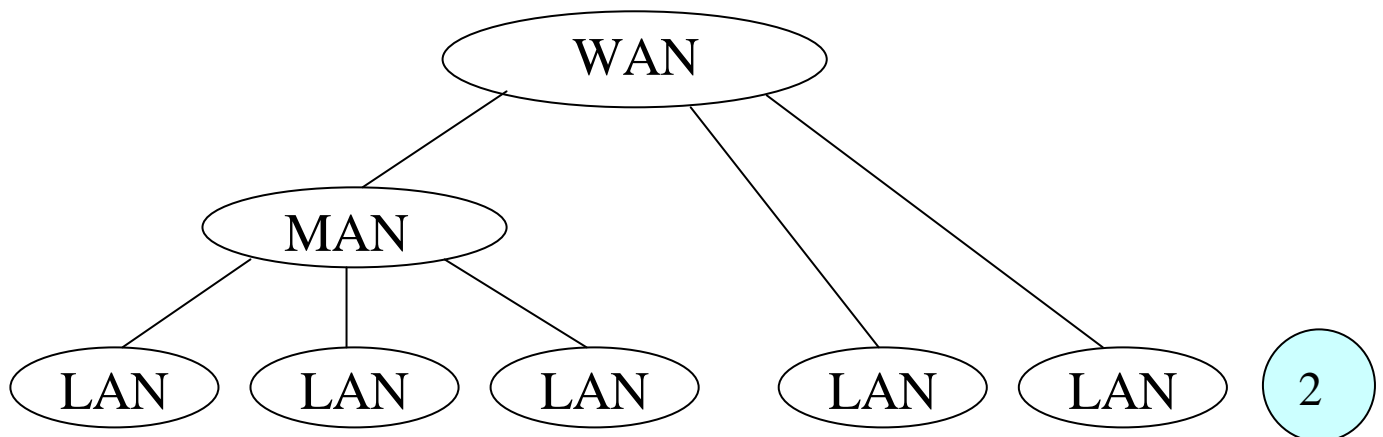
Infine daremo un primo accenno sull’architettura più diffusa nel mondo, il cosiddetto “Stack TCP/IP”, che verrà descritto più nel dettaglio nelle prossime lezioni

# Una Tassonomia delle Reti

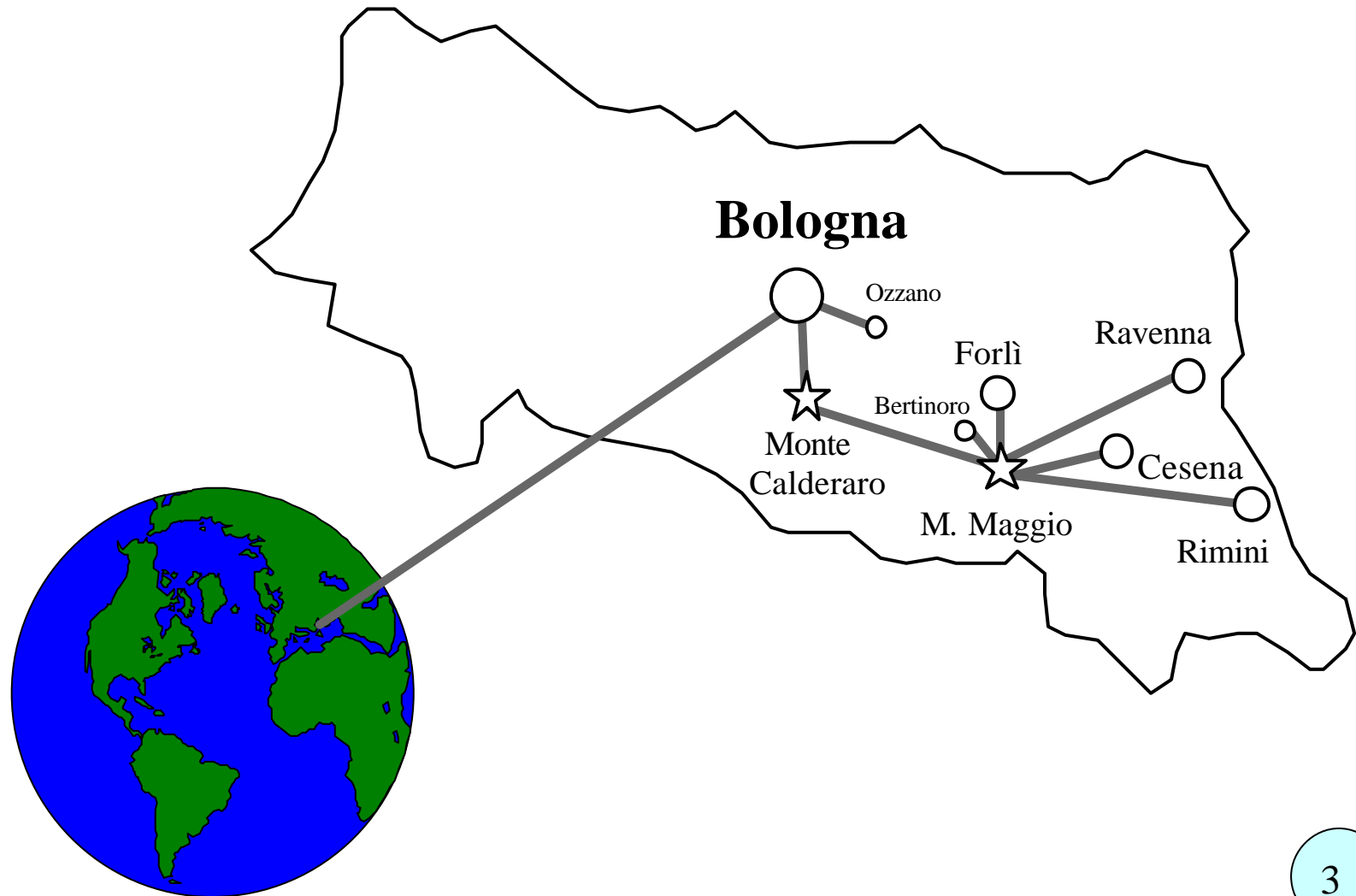
La tabella riporta una classificazione dei vari tipi di rete, in funzione dell'ambito operativo e delle distanze coperte.

AMBITO	DISTANZA COPERTA	RETE
Edificio	100 m	Reti Locali (LAN)
Comprensorio	1 km	Reti Locali (LAN)
Città	10 km	Reti Metropolitane (MAN)
Nazione	100 km	Reti Geografiche (WAN)
Continente	1000 km	Reti Geografiche (WAN)
Pianeta	10000 km	Reti Geografiche (WAN)

La figura qui sopra riporta la struttura di una rete di calcolatori di una ipotetica azienda. Essa è formata da una rete locale (LAN: Local Area Network) in ogni sede (edificio) della azienda; le LAN presenti all'interno di un'area metropolitana sono collegate tra loro tramite MAN (Metropolitan Area Network) e queste a loro volta tramite una rete geografica (WAN: Wide Area Network).



# Un esempio di Wan: la rete dell'Università di Bologna



# Caratteristiche delle Reti

Le RETI LOCALI (LAN).

- Una rete locale è un mezzo di trasporto equamente condiviso tra tutte le stazioni che vi si collegano, ad **alta velocità** e **basso tasso d'errore**, limitato ad un **ambito locale**.
- Le velocità trasmissive sono comprese nell'intervallo 4 Mb/s - 155 Mb/s. Accanto alle vecchie reti Ethernet e Token Ring si sono aggiunte reti più moderne quali FastEthernet a 100 Mb/s e ATM a 34 e 155 Mb/s.
- Tutte queste tecnologie adottano tipicamente come supporto trasmissivo preferenziale il doppino di rame e la fibra ottica sulle dorsali. Il cavo coassiale è stato (per fortuna) quasi del tutto abbandonato.

Le RETI METROPOLITANE (MAN).

Sono recenti estensioni delle reti locali in ambito urbano.

Sfruttano una grande varietà di tecnologie, che vanno dai ponti radio ad alta frequenza (es ponti radio punto-punto a 38 GHz per velocità da 2 Mb/s a 34 Mb/s, o punto-multipunto di tipo Spread Spectrum) alle fibre ottiche.

Le prestazioni classiche raggiunte sono comprese tra 2 Mb/s e 155 Mb/s.

Le RETI GEOGRAFICHE (WAN).

Si basano solitamente su servizi offerti dai gestori nazionali di telecomunicazione, che rendono disponibili canali per trasmissione digitale punto a punto, i cosiddetti CDN (Canali Diretti Numerici). A causa della liberalizzazione del mercato l'offerta è in continua evoluzione.

# Gli Standard per le Architetture di Rete e gli Organismi di Standardizzazione

La flessibilità di una rete dipende in larga misura dalla capacità di aderire ad alcuni standard ormai affermati.

- **Le architetture proprietarie.** Esistono molte reti proprietarie che hanno grande diffusione a livello nazionale e internazionale, e che non possono essere ignorate anche se non sono assolutamente standard, ma sono state progettate in base a scelte indipendenti ed arbitrarie dei costruttori. Esempi sono le reti Novell/IPX, Digital/DECnet-IV e IBM/SNA.
- **Gli standard “de facto”.** Un esempio importantissimo è il TCP/IP, sistema di protocolli di rete a grandissima diffusione ma che nasce indipendentemente dagli organismi di standardizzazione.
- **Gli standard “de jure”** (di diritto) emessi dall’ISO (International Standard Organization) e dal CCITT (Comité Consultif International de Telegraphie et Telephonie). Tra gli standard emessi da questi organismi spiccano l’OSI (Open System Interconnection) ed il progetto IEEE/ISO 802 (per le reti locali).
- **I raggruppamenti di costruttori.** L’evoluzione tecnologica non si può fermare in attesa che gli organismi internazionali abbiano completato il loro lavoro. Ad es. per definire lo standard (ATM) Asynchronous Transfer Mode) le ditte costruttrici si sono riunite in un consorzio (ATM Forum) i cui lavori per le proposte di standardizzazione procedono molto più speditamente di quelli del CCITT.

# Gli Organismi di Standardizzazione

**PTT** (Post, Telegraph & Telephone) è l'amministrazione che gestisce i servizi trasmissivi (in Italia il Ministero delle Comunicazioni).

- **CCITT** (Comitè Consultatif International de Telegraphie et Telephonie) è l'organismo internazionale che emette le specifiche tecniche che devono essere adottate dalle PTT.

Recentemente è entrato a fare parte dell' ITU (International Telecommunication Union).

- **ISO** (International Standard Organization) è il principale ente di standardizzazione internazionale che si occupa anche di reti di calcolatori.

- **ANSI** (American National Standards Institute) è il rappresentante USA nell'ISO.

- **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) è l'organizzazione professionale mondiale degli ingegneri elettrici ed elettronici con gruppi di standardizzazione sulle reti di calcolatori.

# L'OSI (Open System Interconnections)

L'OSI è un progetto di ampio respiro formulato dall'ISO (International Standard Organization) alla fine degli anni '70 con lo scopo di fungere da **modello di riferimento** per le reti di calcolatori.

L'ISO doveva:

- **standardizzare la terminologia;**
- **definire** quali sono le **funzionalità** di una rete;
- servire come **base comune** da cui far partire lo sviluppo di standard per l'interconnessione di sistemi informatici;
- fornire un modello rispetto a cui **confrontare** le architetture di reti proprietarie.

Per gestire la complessità dei problemi, l'OSI ha adottato un **approccio a livelli** (layers): il problema della comunicazione tra due applicazioni è stato spezzato in un insieme di 7 livelli, ciascuno dei quali esegue funzioni ben specifiche.

L'OSI ha cercato di diventare più di un modello di riferimento. Infatti l'ISO ha standardizzato per OSI una serie di protocolli, da collocare nei vari livelli del modello, per formare una vera architettura di rete concorrenziale con altre, quali lo Stack TCP/IP.

I livelli 1 (Fisico) e 2 (Data Link) sono stati accettati e sono oggi degli standard, garantendo l'interoperabilità dei prodotti.

I protocolli di livello superiore incontrano più difficoltà a causa dell'alto impatto che la loro adozione avrebbe sui dispositivi di instradamento e sul software dei sistemi informativi.

# Il modello ISO/OSI

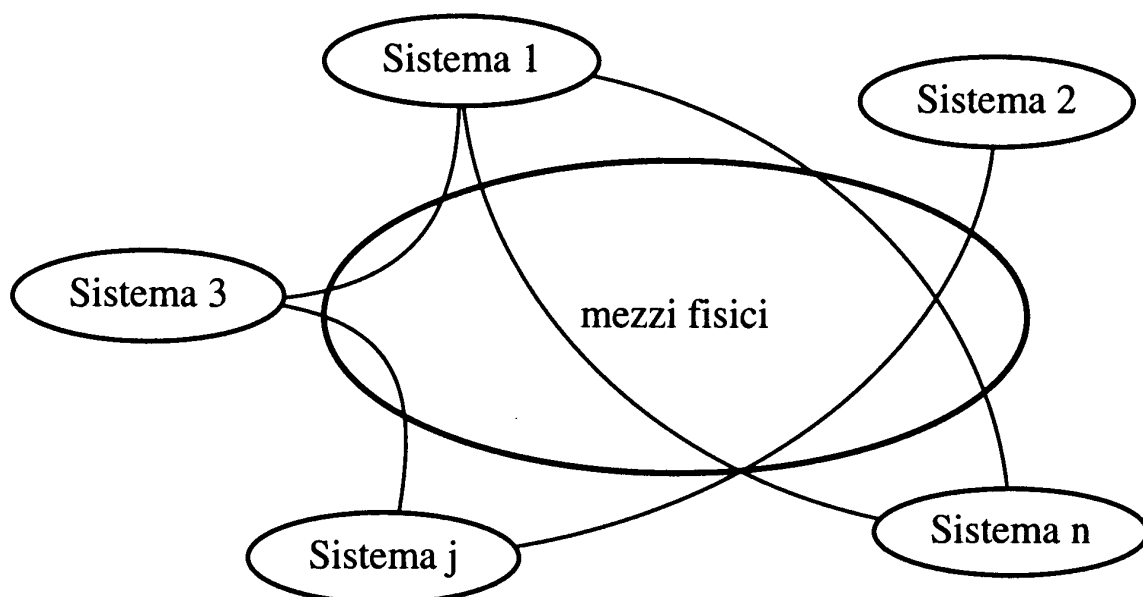
## Sistemi, Applicazioni e Mezzi Trasmissivi

OSI introduce il concetto di **sistema** (system) come un insieme di uno o più elaboratori con il relativo software, periferiche, terminali, operatori umani, processi ecc. che è nel suo complesso in grado di elaborare i dati.

Un'**applicazione** (application) è l'elemento che all'interno del sistema svolge effettivamente l'elaborazione dei dati.

Lo standard OSI tratta lo scambio di informazioni tra i sistemi e non le modalità con cui sono realizzati e funzionano i sistemi nel loro interno.

Il trasferimento delle informazioni avviene mediante differenti **mezzi fisici** (physical media) secondo lo schema qui di seguito:





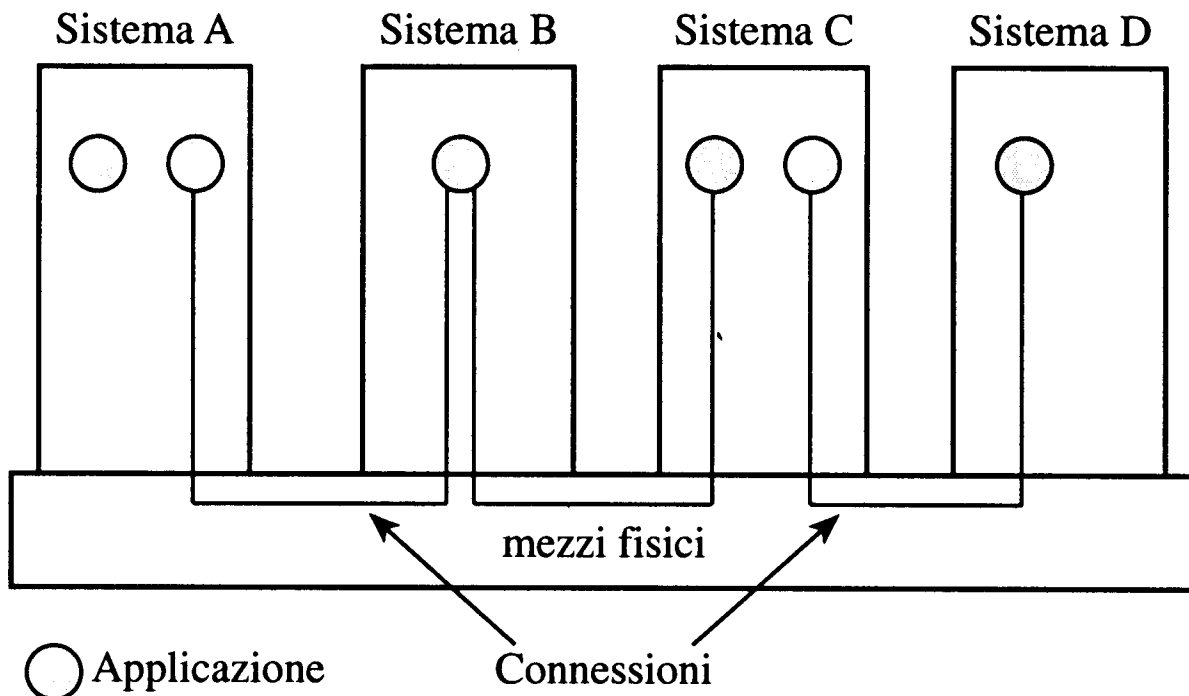
# Il modello ISO/OSI

## Componenti principali del Modello ISO/OSI

L'architettura del modello di riferimento IOSI è stata progettata pensando a tre componenti principali:

- il **processo applicativo** che deve scambiare le informazioni;
- la **connessione** che permette lo scambio delle informazioni
- i **sistemi**

Un esempio del modello è riportato qui in figura.



# Il modello ISO/OSI

## Architettura a Livelli

Per ridurre la complessità del progetto, OSI introduce un'architettura a livelli (layered architecture) i cui componenti principali sono:

- i **livelli** (layers)
- le **entità** (entities)
- i **punti di accesso al servizio** (SAP: Service Access Points)
- le **connessioni** (connections)

In tale architettura, ciascun sistema è decomposto in un insieme ordinato di livelli, rappresentati per convenienza come una pila verticale. La figura seguente rappresenta i livelli che compongono il modello di riferimento ISO-OSI.

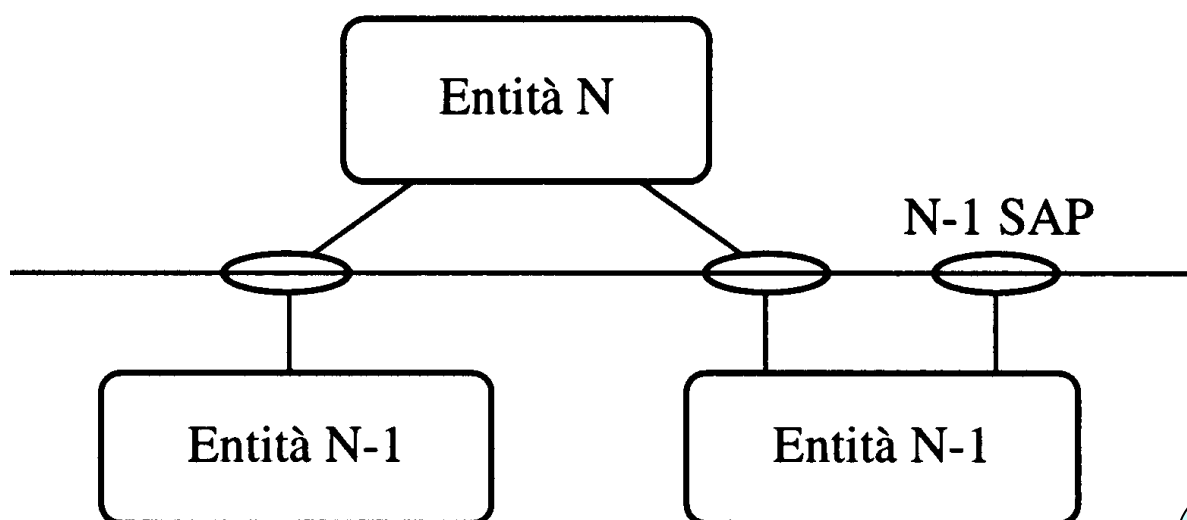


Tale approccio di progettazione a livelli è comune a tutte le moderne architetture di rete.

# Il modello ISO/OSI

## Comunicazioni tra livelli

- In uno stesso sistema, **livelli adiacenti comunicano tramite la loro interfaccia** (interface). Ogni livello è poi composto da una o più entità.
- Su sistemi diversi, entità appartenenti allo stesso livello, vengono dette peer-entities.
- Lo scopo di ciascun livello è quello di fornire servizi alle entità del livello superiore, mascherando quindi il modo con cui ogni livello è implementato.
- Ad eccezione del livello più alto, un livello N fornisce servizi di livello N alle entità di livello N+1.
- Le entità di livello N, eccetto il livello 1, per comunicare usano servizi di livello N-1.
- Le entità di livello 1 comunicano direttamente tramite i mezzi trasmissivi che le interconnettono.
- Le entità usano e forniscono servizi tramite i SAP (Service Access Point) come illustrato in figura.

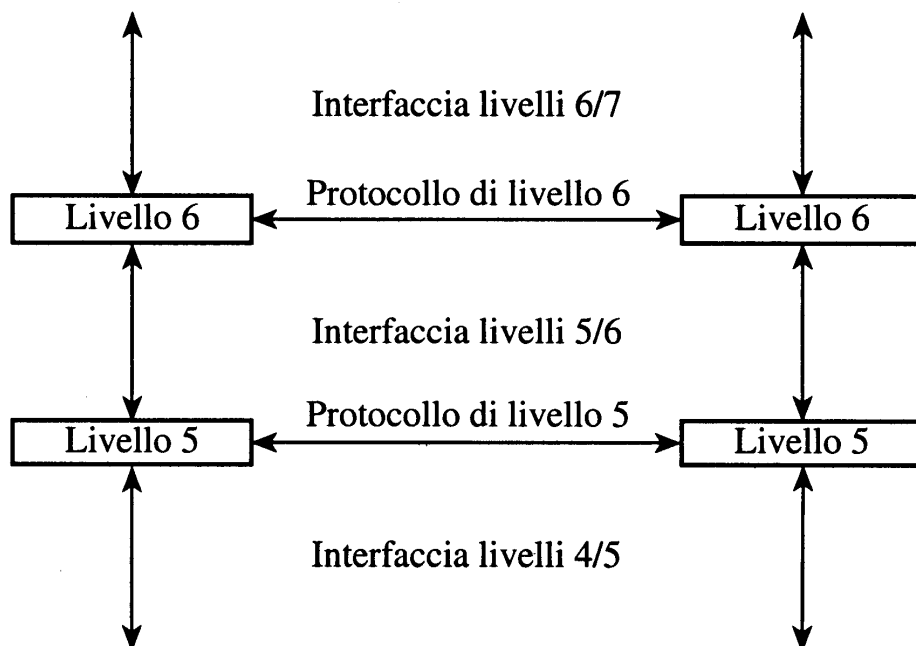


# Il modello ISO/OSI

## Comunicazioni tra livelli su sistemi diversi (1)

- Le operazioni specifiche di un livello, tra sistemi diversi, cioè la cooperazione tra entità appartenenti allo stesso livello ma collocate su sistemi diversi, sono realizzate da un insieme di protocolli (protocol).
- Affinchè due entità di livello N su sistemi diversi possano scambiarsi informazioni, una connessione deve essere stabilita nel livello N-1 usando un protocollo di livello N-1.
- Tale connessione di livello N-1 è stabilita tra due SAP di livello N-1.

Riassumendo, livelli N comunicano attraverso un protocollo di livello N: **ogni livello deve quindi mostrare un'interfaccia ben definita a quello immediatamente superiore e inferiore**, come in figura.

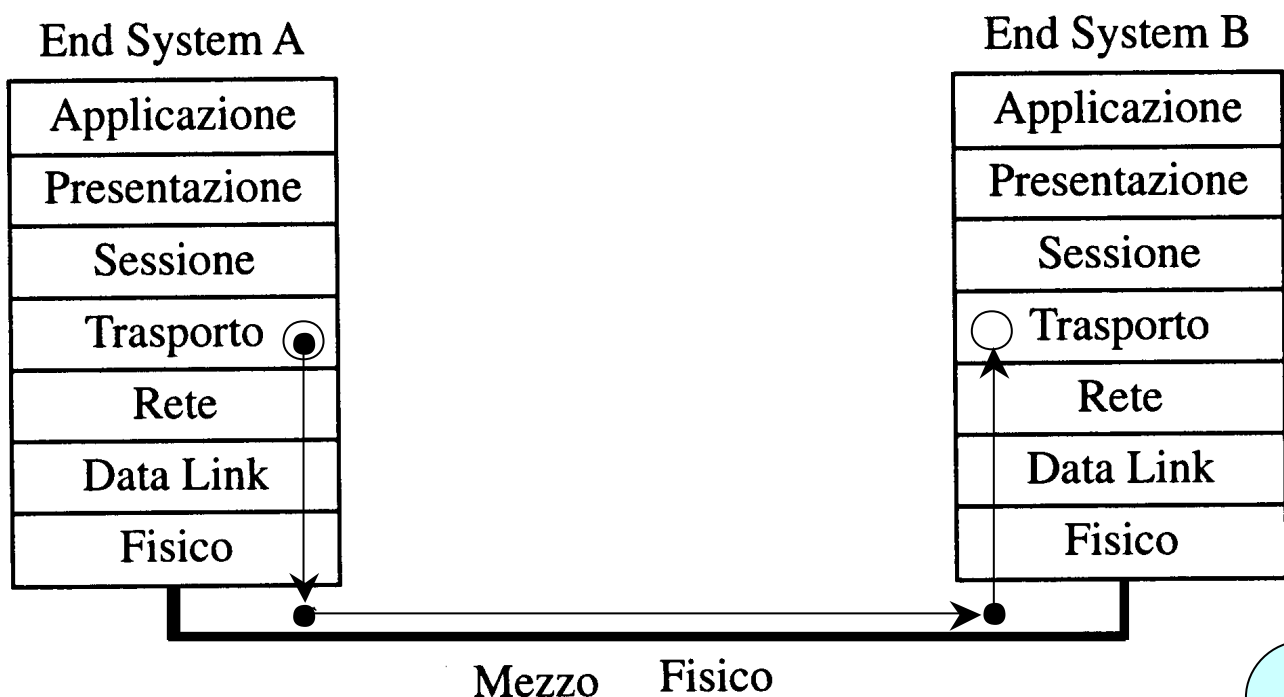


# Il modello ISO/OSI

## Comunicazioni tra livelli su sistemi diversi (2)

- Anche se è definito un protocollo di livello N, nessun dato è trasferito direttamente da un livello N all'altro su un diverso sistema.
- Infatti ogni livello passa dati e informazioni di controllo a quello sottostante, sino a quando si giunge al livello Fisico, che effettua la trasmissione verso l'altro sistema.
- L'interfaccia di un livello definisce quali operazioni primitive e quali servizi sono forniti da un livello ai livelli superiori.

In figura è rappresentato il meccanismo di comunicazione tra due entità di livello N=4, con il messaggio che viene passato via via ai livelli inferiori (che aggiungono i loro header), viene trasmesso attraverso il mezzo fisico, e giunto al sistema di destinazione risale liberandosi degli header aggiunti, fino ad arrivare al livello stabilito.



# Il modello ISO/OSI

## I Livelli (1)

- Il livello 1: FISICO.

Il livello 1 del modello OSI si occupa di trasmettere sequenze binarie sul canale di comunicazione. A questo livello si specificano ad esempio le tensioni che rappresentano 0 e 1 e le caratteristiche dei cavi e dei connettori.

- Il livello 2: DATA LINK.

Il livello ha come scopo la trasmissione sufficientemente affidabile di pacchetti detti frame tra due sistemi contigui. Accetta come input dei pacchetti di livello 3 (tipicamente poche centinaia di bit) e li trasmette sequenzialmente. Esso verifica la presenza di errori aggiungendo delle FCS (Frame Control Sequence) e può gestire meccanismi di correzione di tali errori tramite ritrasmissione.

- Il livello 3: NETWORK.

Il livello 3 è il livello Network, che gestisce l'instradamento dei messaggi, ed è il primo livello (a partire dal basso) che gestisce informazioni sulla topologia della rete. Tale livello determina se e quali sistemi intermedi devono essere attraversati dal messaggio per giungere a destinazione. Deve quindi gestire delle tabelle di instradamento e provvedere ad instradamenti alternativi in caso di guasti (fault tolerance).

# Il modello ISO/OSI

## I Livelli (2)

- Il livello 4: TRASPORTO.

Il livello 4 del modello OSI fornisce un servizio di trasferimento trasparente dei dati tra entità del livello 5 (sessione). Si occupa di garantire un **servizio affidabile**. Deve quindi effettuare la frammentazione dei dati, la correzione degli errori e la prevenzione della congestione della rete. Il livello 4 è il livello più basso, a partire dall'alto, a trascurare la topologia della rete e la presenza di sistemi intermedi di instradamento, ed è quindi detto livello end-to-end.

- Il livello 5: SESSIONE.

Organizza il dialogo tra due programmi applicativi, consentendo di aggiungere a connessioni end-to-end servizi più avanzati.

- Il livello 6: PRESENTAZIONE.

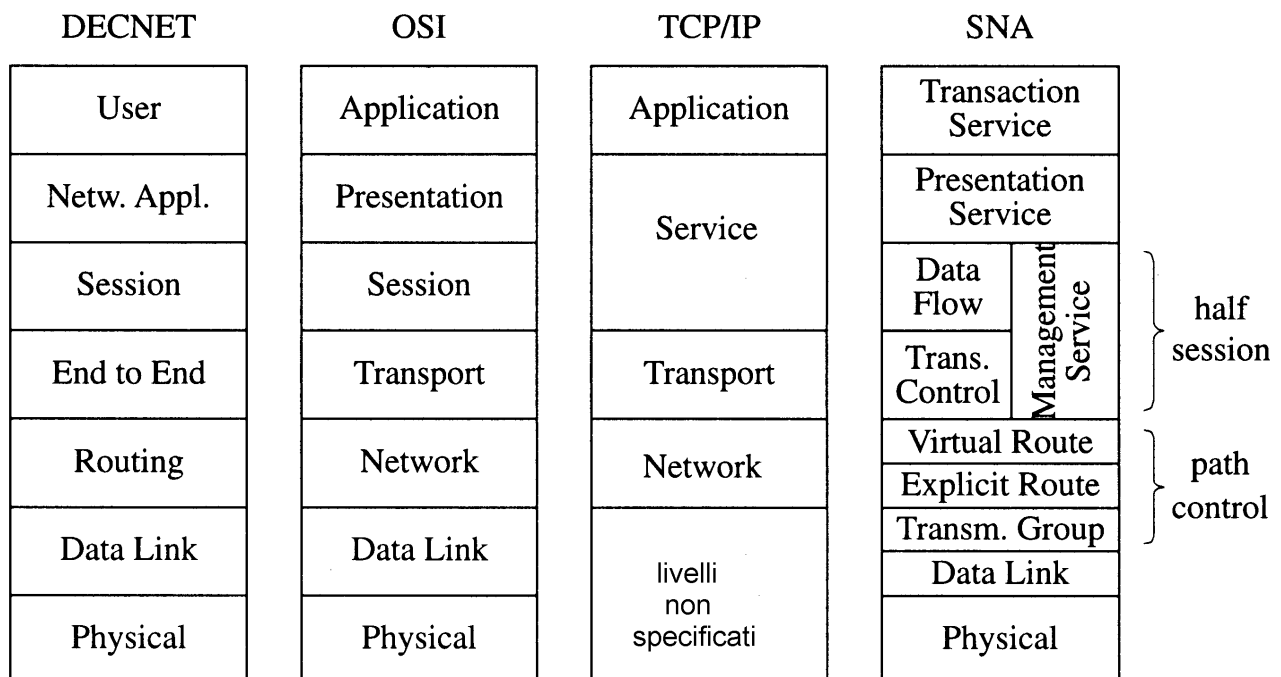
Definisce formalmente i dati che gli applicativi si scambiano, come questi dati sono rappresentati localmente sul sistema, e come vengono codificati durante il trasferimento.

- Il livello 7: APPLICAZIONE.

Il livello 7 è il livello dei programmi applicativi, facenti parte del sistema operativo oppure scritti dall'utente, attraverso i quali l'utente utilizza la rete.

# Principali Architetture di Rete

- L'insieme dei livelli, dei protocolli e delle interfacce definisce un'architettura di rete. Le architetture di rete più note sono:
- SNA (System Network Architecture) architettura della rete IBM;
- DNA (Digital Network Architecture), meglio nota come DECnet, la rete della Digital Equipment Corporation;
- Internet protocol Suite, meglio nota con il nome TCP/IP, è la rete degli elaboratori UNIX e rappresenta uno standard "de facto" attualmente impiegato per la rete Internet.
- OSI (Open System Architecture), che è lo standard "de iure" prodotto dall'ISO.





# Protocol Data Unit

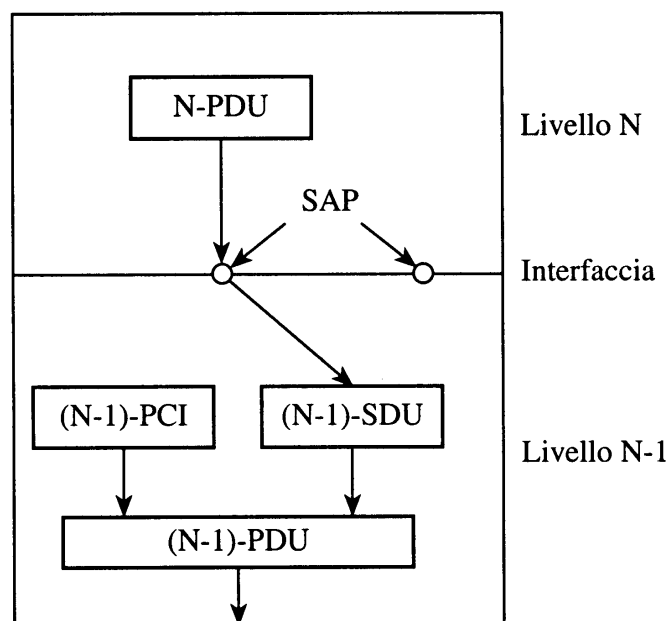
Ogni livello N aggiunge ai dati ricevuti dal livello superiore alcune informazioni di controllo del protocollo N, dette comunemente “busta di livello N”.

Il tutto rappresenta i dati che verranno passati al livello inferiore che opererà in modo analogo.

**I dati generati da un protocollo di livello N sono detti N-PDU (Protocol Data Unit di livello N).** Essi diventano, una volta attraversata l'interfaccia tra il livello N ed il livello N-1, una (N-1)-SDU (**S**ervice **D**ata **U**nit), come evidenziato nella seguente figura, in cui si è supposto per semplicità che il protocollo non frammenti i dati.

La PDU di livello N-1 viene quindi costruita aggiungendo in testa alla (N-1)-SDU un header di controllo di livello N-1 detto (N-1)-PCI (Protocol Control Information, che contiene informazioni di controllo del pacchetto).

Spesso si usa il termine pacchetto invece di busta, e si parla di header del pacchetto invece che di Protocol Control Information.

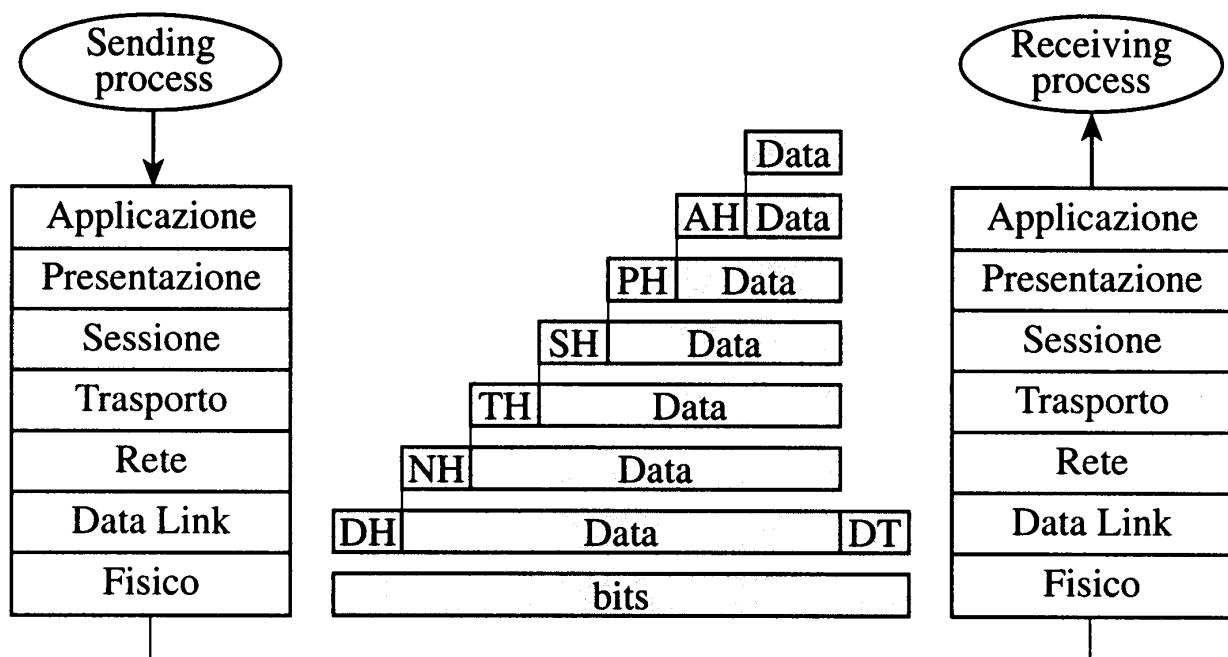


# Incapsulamento dei Pacchetti

La trasmissione dei dati avviene quindi:

- attraverso una serie di passaggi da livelli superiori a livelli inferiori nel sistema che trasmette,
- poi attraverso mezzi fisici di comunicazione,
- infine attraverso un'altra serie di passaggi, questa volta da livelli inferiori a livelli superiori.

Notare come a livello 2, sia necessario aggiungere in coda un campo che identifica la fine del pacchetto prima di passare lo stesso al livello che utilizza il mezzo trasmissivo.



# Un esempio di Frame: SLIP

Come esempio di frame a livello DataLink, che **necessita di un indicatore di inizio frame ed un indicatore di fine frame**, vediamo la codifica effettuata dal protocollo SLIP (Serial Line IP) per marcare l'inizio e la fine di un frame (dal JNOS, per routing via packet radio).

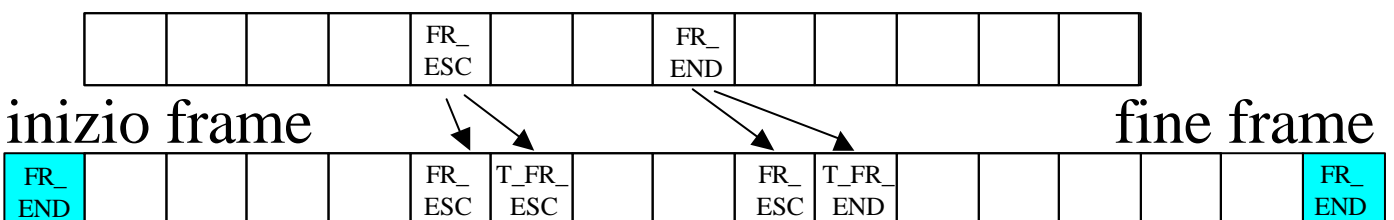
Definiamo questi valori

```
#define FR_END    0300 /* 192,    Frame End */
#define FR_ESC   0333 /* 219,    Frame Escape */
#define T_FR_END 0334 /* 220,    Transposed frame end */
#define T_FR_ESC 0335 /* 221,    Transposed frame escape */
```

Il frame deve essere trasmesso a livello fisico con un byte iniziale di tipo FR\_END, e deve terminare con un byte FR\_END.

Perchè non ci sia nessun altro byte di tipo FR\_END nei dati, che causerebbe la fine prematura del frame, lo SLIP prima di aggiungere in testa e in coda il FR\_END, codifica il frame operando queste sostituzioni:

```
FR_ESC --> FR_ESC , T_FR_ESC
FR_END  --> FR_ESC , T_FR_END
```



In tal modo **dopo la codifica**:

- il carattere FR\_END non compare mai in mezzo al campo dati, ma solo all'inizio e alla fine del frame,
- il carattere FR\_ESC da solo non compare mai, ma è sempre seguito o da un T\_FR\_ESC ad indicare che l'originale era FR\_ESC, o da un T\_FR\_END ad indicare che l'originale era FR\_END
- nei dati codificati i caratteri T\_FR\_ESC e T\_FR\_END sono presenti, ma con la codifica inversa, vengono traslati (in FR\_ESC e FR\_END rispettivamente) solo se sono preceduti da FR\_ESC.
- Con la codifica inversa si riottiene il frame dati.

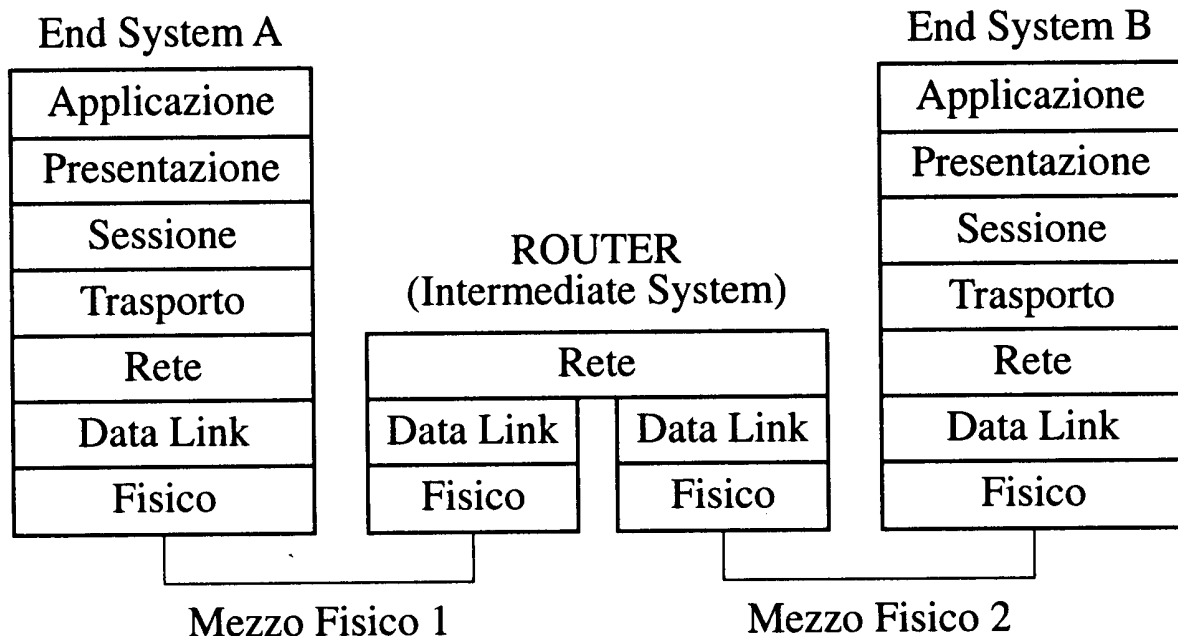
# Sistemi Intermedi (1)

Non sempre lo scambio delle informazioni avviene direttamente tra i due sistemi finali che contengono le applicazioni (ES: End Systems). Può anche implicare l'attraversamento di alcuni sistemi intermedi (IS: Intermediate Systems).

In questi Intermediate Systems esistono delle entità che assumono la funzione di Router (in senso esteso), ovvero **entità che instradano le informazioni**.

Tali entità possono essere collocate a diversi livelli del modello OSI, ed allora gli Intermediate Systems assumono nomi diversi a seconda del livello in cui avviene l'instradamento dei dati. Si parla allora di **repeater** a livello 1, **bridge** a livello 2, **router** a livello 3 ed infine **gateway** a livello 7.

Qui di seguito è rappresentata la collocazione di un Router nel modello OSI.

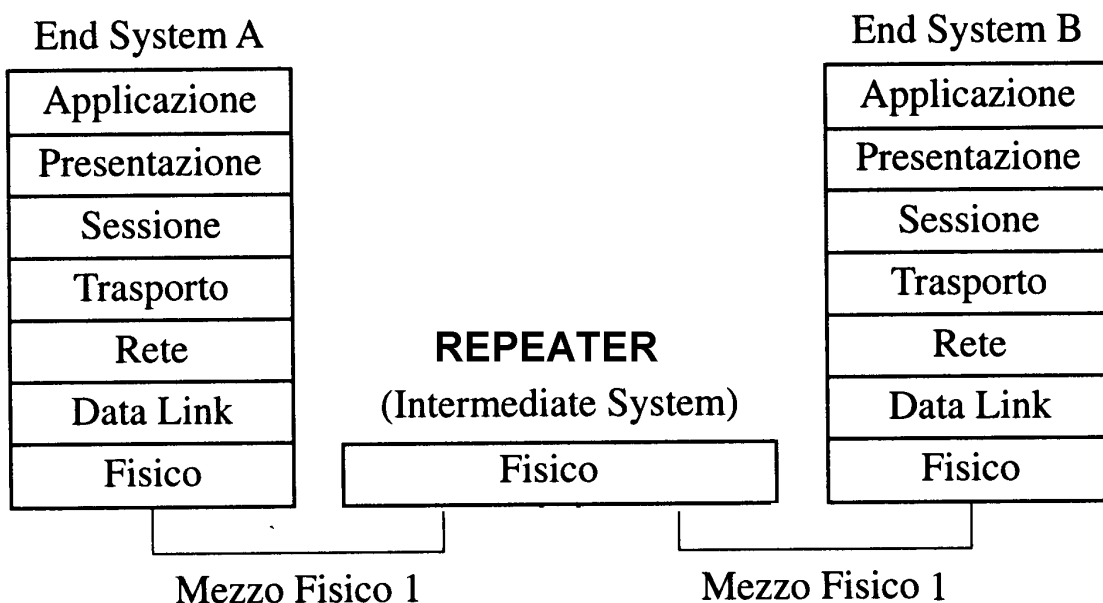


Accenniamo per ora solo all'azione svolta dai Repeater, mentre l'instradamento a livelli superiori, che comporta anche la rigenerazione digitale del segnale, sarà approfondito analizzando lo stack TCP/IP

## Sistemi Intermedi (2)

Qui di seguito è rappresentata la collocazione di un Repeater nel modello OSI. Il livello Fisico non effettua correzione dei dati ricevuti, compito che invece spetta al livello Data Link.

- Il segnale che il Repeater riceve da un lato viene amplificato e propagato all'altro lato, quindi viene propagato anche il rumore che può essersi prodotto durante la trasmissione dal sistema A al Repeater, e a tale rumore si aggiungerà il rumore prodotto nella trasmissione dal Repeater al sistema B.
- Di conseguenza il livello Fisico del sistema B riceve un segnale afflitto dalla somma dei rumori che si sono prodotti durante la trasmissione sui due tratti di percorso, e quindi aumenta la probabilità che si riscontri un errore nei dati trasmessi.
- La correzione potrà essere effettuata solo quando il segnale giungerà al sistema 2, ma l'eventuale ritrasmissione dei dati dovrà attraversare nuovamente i due tratti di rete.
- E' per questo motivo che bisogna ridurre al minimo il numero di repeater in un percorso.



# Protocolli Connessi e Non Connessi

Per tutti i livelli superiori al livello fisico sono definite due modalità operative: una **modalità connessa** e una **modalità non connessa**

Un dato livello può fornire al livello superiore servizi di tipo connesso, non-connesso o entrambi. Questa è una scelta progettuale che varia per ogni livello, da architettura ad architettura.

In un servizio non connesso la spedizione di un pacchetto è simile alla spedizione di una lettera ordinaria con il sistema postale. Tutto avviene in una sola fase lasciando cadere la lettera nella buca delle lettere. La lettera deve contenere sulla busta l'indirizzo completo del destinatario. Non vi è alcun riscontro diretto che la lettera giunga a destinazione correttamente.

In un servizio connesso lo scambio di dati tramite pacchetti ricorda le frasi scambiate tra due interlocutori al telefono. Vi sono tre momenti principali:

- creazione della connessione (il comporre il numero telefonico e il "pronto" alla risposta);
- trasferimento dei dati (la conversazione telefonica);
- chiusura della connessione (posare il microtelefono).

# Protocolli Connessi e Non Connessi

## La modalità Connessa

- Nella modalità connessa lo scambio di dati avviene tramite le tre fasi viste prima. Durante la fase di creazione della connessione (initial setup) due peer-entities concordano che trasferiranno delle PDU.
- Solo durante tale fase devono essere specificati gli indirizzi completi del mittente e del destinatario: successivamente le entità coinvolte specificheranno nei pacchetti soltanto l'identificativo della connessione stabilito durante la prima fase.
- Un servizio connesso fornisce una modalità di trasferimento delle PDU affidabile e sequenziale. Per tutta la durata della connessione le PDU inviate sono ricevute correttamente nello stesso ordine.
- Se qualcosa non funziona correttamente, la connessione può essere riavviata (reset) o terminata (released).
- Per verificare che tutte le PDU inviate giungano a destinazione correttamente un servizio connesso utilizza degli schemi di numerazione dei pacchetti e di verifica dell'avvenuta corretta ricezione (ACK: acknowledgement).
- Quindi un protocollo connesso è in generale in grado non solo di rilevare la presenza di errori, ma anche di correggerli tramite ritrasmissioni.

# Protocolli Connessi e Non Connessi

## La modalità Non Connessa

- Con una modalità non connessa la comunicazione ha luogo in una fase singola.
- Il pacchetto è inviato e deve contenere l'indirizzo completo del destinatario.
- Non essendo i pacchetti organizzati in una connessione, un pacchetto non può fare riferimento ad altri pacchetti trasmessi precedentemente o in seguito.
- Quindi un protocollo non connesso può solo rilevare la presenza di errori (scartando quindi le PDU errate), ma non correggerli in quanto non si possono realizzare meccanismi di ritrasmissione (in un pacchetto non è possibile fare riferimento ad altri pacchetti).
- Un protocollo non connesso è in generale più efficiente di un protocollo connesso, specialmente se bisogna trasferire piccole quantità di dati: in quest'ultimo caso infatti l'overhead della creazione e distruzione della connessione è rilevante.
- Un protocollo non connesso (detto anche datagram), non potendo garantire l'affidabilità del trasferimento dati, necessita che almeno un protocollo di livello superiore sia di tipo connesso.

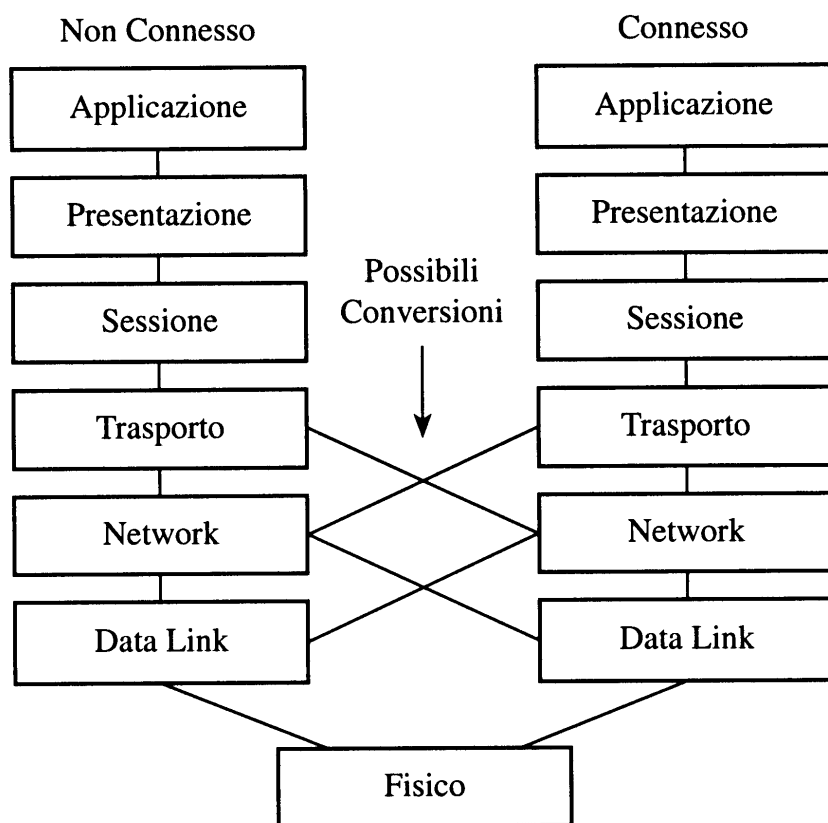


# Applicazioni Connesse e Non Connesse

Anche le applicazioni possono operare in modo connesso oppure no. Un'applicazione infatti può non essere interessata a sapere se i propri dati sono giunti a destinazione o può implementare suoi schemi proprietari di controllo end-to-end. Le applicazioni connesse sono molte, ad esempio quelle di trasferimento file e di posta elettronica.

Sia applicazioni connesse che non connesse devono poter operare su di una rete che ai livelli inferiori ha protocolli di tipo connesso oppure no.

Le possibili combinazioni tra livelli connessi e non nel modello OSI sono riportate nella seguente figura.



# Connessione e Non, ai Diversi Livelli

Il livello 1 non può essere considerato né connesso né non connesso;

I livelli 2, 3 e 4 possono operare in entrambe le modalità e in tutte le possibili combinazioni.

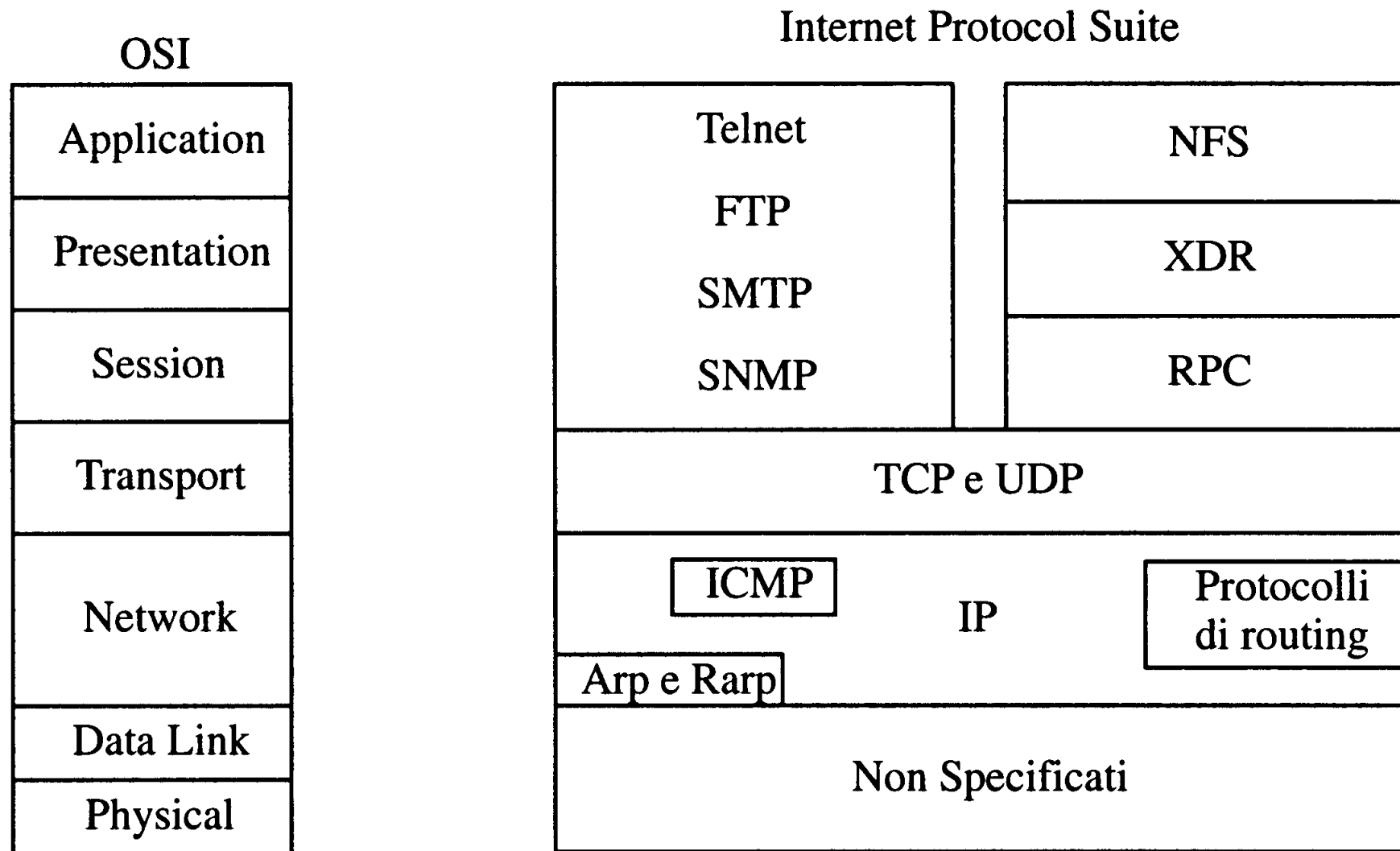
I livelli 5, 6 e 7 devono comportarsi globalmente in modo connesso o non connesso senza scambi nel passaggio tra livelli..

A **livello 2** l'operatività è normalmente di **tipo non connesso** quando si opera **su reti locali**, dove **il mezzo trasmissivo è intrinsecamente affidabile**, mentre è di **tipo connesso su reti geografiche** che sono **intrinsecamente caratterizzate da un più alto tasso di errore**. Vi sono comunque eccezioni, ad esempio in ambito geografico, a livello Data Link per link punto a punto esistono:

- **HDLC** (High-level Data Link Control) connesso; due versioni diverse, proposte da ISO, la più nota è detta anche LAPB.
- **PPP** (Point to Point Protocol) non connesso (RFC 1661).

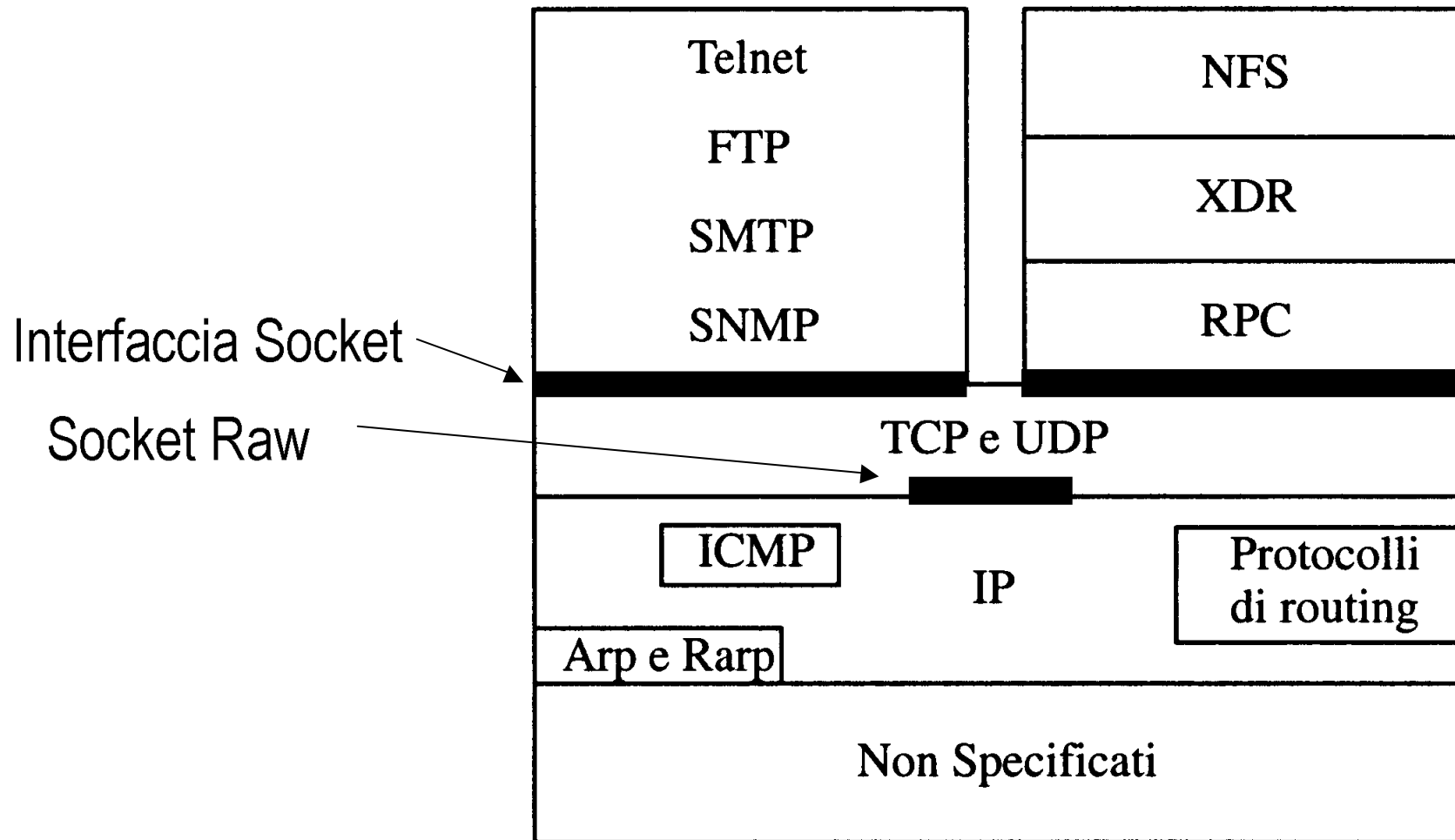
A livello 3, vi è sempre stata controversia tra gli informatici che vogliono un livello 3 non connesso e i telecomunicazionisti che lo vogliono connesso. Occorre anche evidenziare come negli ultimi anni il livello 3 sia sempre più stato considerato di competenza degli informatici e quindi si utilizzino sempre più protocolli non connessi, anche per il miglioramento della tecnologia che induce minori errori.

# Architettura TCP/IP e confronto con OSI

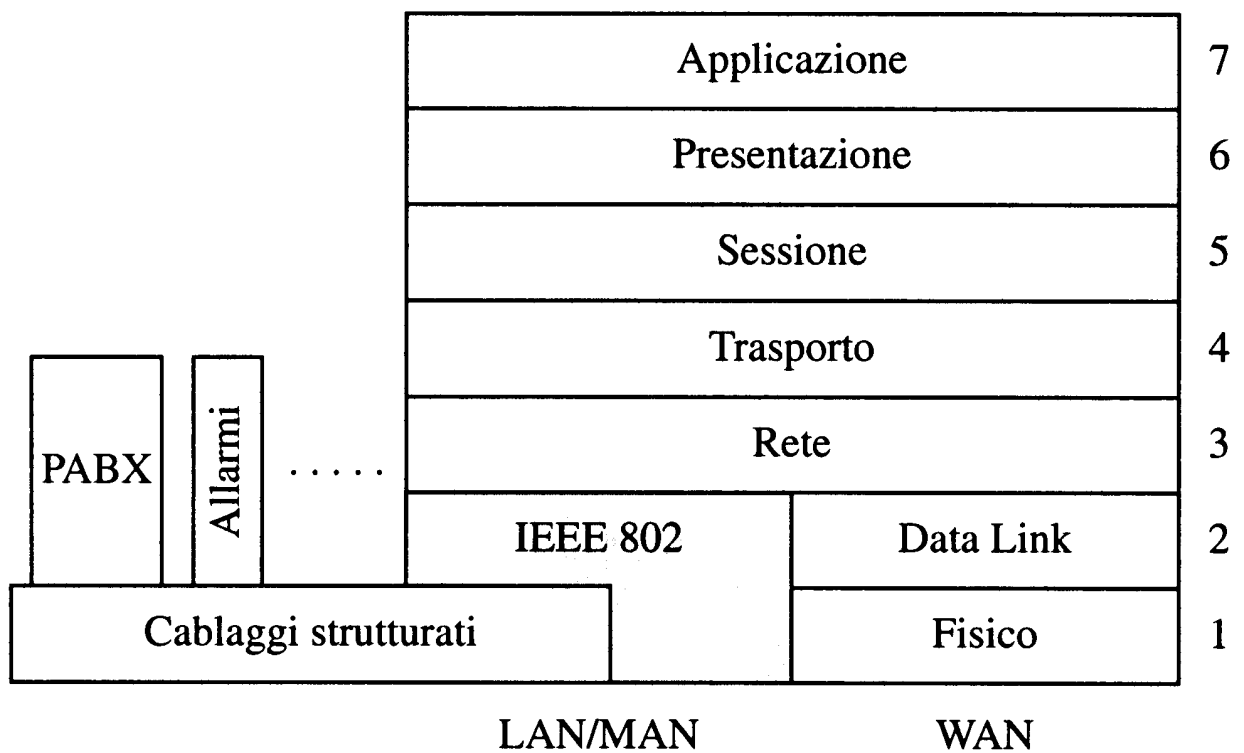


# Interfaccia Socket

## Internet Protocol Suite



# Relazione tra OSI e altri Standard



# I principali Protocolli OSI

7	MHS CCITT X.400 ISO 10021	Directory CCITT X.500 ISO 9594	VT ISO 9040 (Service) ISO 9041 (Protocol)	FTAM ISO 8571
6	CCITT X.226 - ISO 8822 (Service) ISO 8823 (Protocol-Connection mode) ISO 9576 (Protocol-Connectionless mode)		ASN.1 CCITT X.208 - ISO 8824 (Language) CCITT X.209 - ISO 8825 (Encoding)	
5	CCITT X.225 - ISO 8327 (Service) ISO 8327 (Protocol-Connection mode) ISO 9548 (Protocol-Connectionless mode)			
4	CCITT X.224 - ISO 8072 (Service) ISO 8073 (Protocol-Connection mode) ISO 8802 (Protocol-Connectionless mode)			
3	Internetwork Protocol ISO 8473 (Connectionless)		Packet Level Protocol CCITT X.25 (Connection mode) ISO 8208	
2	Logical Link Control (LLC) ISO 8802.2		CCITT X.25 LAPB ISO 7776	CCITT LAPD Q.921
1	CSMA/CD ISO 8802.3	Token Bus ISO 8802.4	Token Ring ISO 8802.5	FDDI ISO 9314

Reti Locali e Metropolitane

Reti Geografiche