

RETI TELEMATICHE

STRUTTURA GENERALE DI UNA RETE TELEMATICA

Con riferimento alla nozione di rete telematica già spiegata nella dispensa [Trasmissione Dati](#) ed alle conoscenze sin qui apprese, viene data una prima descrizione concettuale della struttura generale di una rete telematica, considerandone i seguenti aspetti:

- Relazioni tra Host e Sottorete
- Elementi costitutivi di base
- Aree logico-funzionali.

La slide [Reti01](#) esemplifica uno Schema Generale di Rete Telematica.

Relazioni tra Host e Sottorete

▪ Nodi Host

- Macchine per l'esecuzione dei programmi utente (elaboratori come apparecchiature terminali per gestire le informazioni di utente ed eseguire le applicazioni).

▪ Sottorete di Comunicazione

- Linee trasmissive (canali, circuiti, tronchi), che interconnettono gli Host e consentono il trasporto e l'interscambio delle informazioni (bit);
- Nodi gestionali, che consentono di effettuare le operazioni necessarie per gestire la rete (elaboratori come apparecchiature di rete o specifiche apparecchiature di rete). Tali nodi sono spesso chiamati:

IMP - INTERFACE MESSAGE PROCESSORS

(processori di messaggi di interfaccia)

in pratica, un IMP è un elaboratore specializzato il cui compito principale è quello di connettere 2 o più linee trasmissive (commutazione), in modo da gestire il traffico da e verso gli elementi Host ad esso connessi.

Elementi di base di una rete telematica

- **Mezzi Trasmissivi**
- **Nodi**
 - Terminali
 - di Transito
 - di Distribuzione
- **Apparecchiature di rete**
 - Commutatori
 - Multiplatori
 - Concentratori (Hub, Switch)
 - Modem
 - Router, gateway, bridge, ripetitori
 - Altre apparecchiature specifiche (diramatori, scrambler, amplificatori, equalizzatori, ecc.)
- **Linee d'utente e Terminali d'utente**
- **Protocolli di Comunicazione.**

Aree principali di una rete telematica

- **Area di Utenza**

Individua le varie risorse di elaborazione e comunicazione situate in prossimità degli utenti della rete, cioè le apparecchiature sorgenti e/o destinatarie delle informazioni di utente, in particolare elaboratori e terminali periferici o work station. Tali risorse (le quali accedono all'area di rete tramite interfacce fisicamente identificabili dell'area di accesso) sono chiamate:

DTE - DATA TERMINAL EQUIPMENT
(*apparecchiature terminali per dati*).
- **Area di Accesso**

Individua l'insieme di risorse che consentono la connessione dell'area di utenza con quella di rete (quali interfacce, modem, apparecchiature ricetrasmittenti) interponendosi tra i DTE e le terminazioni di rete. Tali risorse sono chiamate:

DCE - DATA CIRCUIT-TERMINATING EQUIPMENT
(*apparecchiature di terminazione circuitale dei dati*).
- **Area di Rete**

Individua la rete di comunicazione, nell'insieme dei suoi nodi di commutazione e rami trasmissivi. L'area di rete può a sua volta pensarsi funzionalmente scomposta in 2 sottoaree:

 - **Rete Dorsale (backbone)**

Consiste nella rete di comunicazione vera e propria con annesse funzioni di trasferimento delle informazioni (comunicazione terminale e di transito);
 - **Rete di Accesso**

Comprende le funzioni e le strutture di accesso alla rete dorsale.

SOTTORETE DI COMUNICAZIONE

In via generale, si possono individuare 2 tecniche di base di collegamento dei nodi, cioè 2 tecnologie trasmissive, quindi 2 tipi di progetti per sottoreti:

- **Canali da punto a punto (p-t-p, point-to-point)**
- **Canali a larga diffusione (broadcast).**

Si possono inoltre individuare 2 tecniche trasmissive:

- **Trasmissioni in Banda Base (BAB-Baseband)**
- **Trasmissioni in Banda Traslata (BRB-Broadband).**

Canali punto-punto

La rete è costituita da numerose linee (bidirezionali) ciascuna connessa ad una coppia di IMP, qualora 2 IMP non direttamente collegati vogliano comunicare devono farlo in modo indiretto passando per altri IMP intermedi.

I messaggi gestiti dagli IMP, cui possono fare capo più host, vengono strutturati in *pacchetti* e sono inviati e ricevuti nella loro interezza, se tali messaggi devono transitare attraverso IMP intermedi essi vengono ivi trattenuti fino a quando non si libera la linea richiesta per il loro inoltro al destinatario.

Questa tecnica si dice a **MEMORIZZAZIONE ED INOLTRO (STORE AND FORWARD)** oppure a **COMMUTAZIONE DI PACCHETTO (PACKET SWITCHED)**.

Le sottoreti di tipo Packet Switched sono tipiche delle WAN.

Le topologie di sottoreti punto-punto sono illustrate nella slide [Reti02](#).

Canali broadcast

La rete è costituita da un singolo canale (ad alta capacità e basso tasso d'errore) condiviso dalle macchine in rete ed ogni IMP è incorporato nell'host come singolo chip, di conseguenza la struttura non prevede nodi di commutazione ed ogni IMP fa capo ad un solo host.

I messaggi sono strutturati in pacchetti dotati di un *campo indirizzo* che specifica il destinatario: un messaggio inoltrato sul canale da una macchina potrebbe essere potenzialmente ricevuto da tutte le altre ma, sulla base dell'esame del campo indirizzo, esso sarà ricevuto dal solo destinatario ed ignorato dalle altre.

Alternativamente, utilizzando appositi codici nel campo indirizzo, è possibile indirizzare un messaggio a tutte le macchine o ad un loro sottoinsieme (multicasting).

Risulta evidente che la gestione dei messaggi in tali tipi di reti deve prevedere **MECCANISMI DI ARBITRAGGIO** o **REGOLE DI PRIORITÀ** per l'allocazione del canale nel caso di conflitti qualora 2 o più macchine vogliano trasmettere simultaneamente, tali meccanismi possono essere, a seconda dei casi, centralizzati o distribuiti.

Per esempio, in una rete a bus si può adottare una logica del tipo master/slave (solo chi assume il ruolo di master in un certo istante può trasmettere).

Le sottoreti broadcast possono ulteriormente suddividersi in base alla tecnica di allocazione del canale in:

* **Statiche**

L'assegnazione del canale si effettua a turno tra le macchine suddividendo il tempo in intervalli discreti (in tal caso se una macchina non ha nulla da trasmettere nell'intervallo assegnato va sprecata la capacità del canale).

* **Dinamiche**

L'assegnazione del canale si effettua su richiesta, si possono avere metodi centralizzati e decentralizzati.

- **Allocazione Dinamica Centralizzata**

Una singola entità (p.es. un'unità definita arbitro del bus) determina le priorità (decidendo sulla base di algoritmi interni)

- **Allocazione Dinamica Decentralizzata**

Le macchine sono paritetiche e ciascuna in grado di decidere se trasmettere oppure no (opportuni algoritmi dovranno evitare situazioni di caos).

Le topologie di sottoreti broadcast sono illustrate nella slide [Reti03](#).

Trasmissioni BAB

La trasmissione è numerica in Banda Base di tipo bidirezionale senza punti di rigenerazione (topologia a Bus); in altri termini, i segnali vengono inviati direttamente sul mezzo trasmissivo senza essere modulati né rilanciati.

Il bus è multiplexabile tramite tecniche TDM e una sola stazione per volta può trasmettere, non si può quindi avere direttamente simultaneità trasmissiva per segnali di natura diversa (dati-audio-video).

Trasmissioni BRB

La trasmissione è analogica in Banda Traslata con o senza punti di ripetizione, sono previste soluzioni a Canale Singolo o a Canale Multiplo.

Il Canale Multiplo è implementabile tramite tecniche FDM e consente di effettuare trasmissioni multiple contemporanee per traffico dati-audio-video su canali separati (applicazioni multimediali).

CLASSIFICAZIONE DELLE RETI TELEMATICHE

(IN BASE ALLA ESTENSIONE GEOGRAFICA)

WAN - Wide Area Network

RETI AD ESTENSIONE GEOGRAFICA O A LUNGA TRATTA (LONG HAUL NETWORK)

Coprono estensioni a livello nazionale (ordine delle centinaia di Km) o, se interconnesse, a livello continentale o mondiale (migliaia di Km); in quest'ultimo caso si parla anche di **GAN-Global Area Network**.

Tipicamente, una WAN è una struttura di proprietà di più organizzazioni: in genere la sottorete e talune apparecchiature specifiche appartengono a grandi società o enti fornitori di servizi di comunicazioni, mentre gli host appartengono a soggetti pubblici e privati.

La comunicazione è fornita tramite modem e linee telefoniche o tramite tecnologie digitali; le interconnessioni riguardano LAN tra di loro o terminali remoti che colloquiano con sistemi centralizzati.

Le velocità totali di trasferimento dati raggiungibili in una WAN difficilmente superano 1 Mbps e le trasmissioni sono a bassa affidabilità (cioè a relativamente alto tasso d'errore, p.es. 1 bit errato per milione di bit), cosa che implica la necessità di attivare procedure di gestione dell'errore a vari livelli, le quali rendono più complicati e meno efficienti i protocolli trasmissivi.

Generalmente le WAN si basano su canali punto-punto e la tendenza attuale privilegia architetture di tipo distribuito o misto.

Le topologie sono quelle illustrate nella slide [Reti02](#).

MAN - Metropolitan Area Network

RETI METROPOLITANE

Coprono estensioni a livello metropolitano (decine di Km).

Hanno aspetti tecnologici in comune sia con le LAN che con le WAN.

Le velocità totali di trasferimento dati raggiungibili in una MAN vanno dai 2 Mbps agli oltre 200 Mbps.

LAN - Local Area Network

RETI IN AREA LOCALE

Coprono estensioni a livello di stanza, edificio o quartiere (da alcuni metri ad alcuni Km).

Tipicamente, una LAN è una struttura di proprietà di una singola organizzazione che consente di collegare più uffici di una sede in modo da creare un ambiente di lavoro informatizzato in modo integrato, condiviso e controllato.

Le velocità totali di trasferimento dati raggiungibili in una LAN vanno dai 4 Mbps ai 100 Mbps e le trasmissioni sono ad alta affidabilità (tasso di errore anche 1000 volte inferiore a quello delle WAN).

Generalmente le LAN si basano su canali broadcast e architetture di tipo centralizzato o distribuito.

Le topologie sono quelle illustrate nella slide [Reti03](#).

ARCHITETTURE DI RETE

Col termine **ARCHITETTURA** di una rete si indica il modo in cui Hardware e Software dei nodi (elaboratori) interagiscono per fornire i servizi e le prestazioni richieste nell'ambito della rete; in altri termini, l'architettura di rete concerne la definizione delle funzioni di interconnessione, la loro organizzazione logica e le relative modalità di interazione.

Riguardando le cose da un punto di vista funzionale, cioè in relazione alle modalità di comunicazione, si possono individuare i seguenti tipi o architetture base di rete.

- **Architetture Centralizzate**

In cui le funzioni decisionali sono concentrate in un nodo speciale (o in un numero ristretto di nodi).

- **Architetture Distribuite**

In cui le funzioni decisionali sono in qualche modo ripartite nei vari nodi della rete.

- **Reti peer-to-peer**

In cui tutti i computer della rete sono paritetici, ciascuno potendo pure operare in modo autonomo e autogestirsi la condivisione delle proprie risorse.

- **Architetture client/server**

Sono reti, molto più sofisticate e potenti delle reti peer-to-peer, basate su uno o più server centralizzati che forniscono servizi ai client collegati (tale architettura supporta pure la condivisione tra client, sistema operativo desktop permettendo).

I server possono essere:

Non Dedicati: sono computer organizzati in modo da fornire servizi e funzioni (condivisione di file e stampanti) non specializzate ai client; sono tipici delle reti peer-to-peer e non consentono gestioni centralizzate ed avanzati livelli di amministrazione e protezione della rete.

Dedicati: sono computer potenti e veloci che eseguono un NOS (Network Operating System) in grado di gestire, amministrare e proteggere la rete e fornire risorse condivise in modo controllato.

I server dedicati si suddividono in base alla funzione eseguita (server specializzati) in:

File server: conservano librerie di files da fornire ai client.

Print server: gestisce e fornisce servizi e dispositivi per la stampa (spesso file server e print server vengono accorpati).

Application server: eseguono elaborazioni (server come *back end*) e forniscono informazioni sulla base delle richieste dei client (*front end*).

Server e-mail : fungono da gestori centralizzati della posta, eventualmente prevedendo anche ulteriori funzioni affini.

Communication server : gestiscono il traffico tra la rete, le altre postazioni ed altre reti, consentendo ai nodi della LAN l'accesso alle varie risorse di comunicazione della rete (modem, porte seriali, ecc.). In pratica, è un tipo di Gateway.

Altri tipi di Server: Backup, Fax, FTP, SMTP, ecc.

Riguardando le cose da un punto di vista generale, cioè le reti in quanto strutture o modelli, si hanno le seguenti architetture principali:

Pubbliche

- * **ISO/OSI - ISO/OPEN SYSTEM INTERCONNECTION**
- * **TCP/IP - TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL/INTERNET PROTOCOL**

Proprietarie

- * **SNA - System Network Architecture (IBM)**

Modello di rete IBM portato da 5 a 7 livelli e più di recente ampliato secondo la specifica APPC (Advanced Program to Program Communications).

- * **DNA - Digital Network Architecture (Digital)**

Modello di rete DEC (con DECnet si indica quanto di progettato in hardware, software e stack di protocollo per DNA).

- * **DCA - Distributed Communications Architecture (Univac)**

Nel seguito verrà descritto il modello ISO/OSI.

Per l'architettura TCP/IP si rimanda alla dispensa [Internet1](#).

Un elenco di reti è riportato in [Appendice](#).

TOPOLOGIE DI RETE

Col termine **TOPOLOGIA** di una rete si indica la struttura geometrica definita dalla disposizione dei nodi e dei relativi collegamenti, tale struttura può assumere varie configurazioni a seconda dei casi ed è generalmente rappresentabile tramite un Grafo.

Nota: giova rimarcare la differenza tra *connessione logica* e *connessione fisica*: la topologia di una rete potrà essere rappresentata tramite figure geometriche regolari, le quali ne rappresenteranno la connessione logica, la connessione fisica potrebbe essere invece assai diversa, corrispondendo a quella logica solo dal punto di vista funzionale (p.es. una rete ad anello realizzata su più piani di un edificio non avrà la forma di un anello ma funzionalmente i collegamenti saranno ad anello, cioè distribuiti linearmente lungo una linea chiusa).

In particolare, le topologie di rete si diversificano in funzione del tipo di rete (WAN o LAN), del tipo di collegamento tra nodi (sottorete di tipo punto-punto o broadcast) e dell'architettura della rete (centralizzata o distribuita), rivelandosi più o meno adatte o possibili a seconda dei contesti.

Topologie per sottoreti punto-punto:

- Stella, monocentrica o policentrica, centro attivo o passivo
- Anello, semplice o multipunto (anelli intersecati)
- Albero
- Maglia, completa o parziale
- Mista o irregolare

Topologie per sottoreti broadcast

- Bus, unidirezionale o bidirezionale
- Anello
- Albero
- Satellite o radio

Le slide [Reti02](#) e [Reti03](#) illustrano schematicamente le topologie suddette, segue una prima discussione delle principali caratteristiche di tali topologie.

Topologia a Stella (Star)

Tutti i nodi sono connessi ad un nodo centrale (topologia *Radiale*) il quale può espletare funzioni di controllo del traffico e di gestione delle collisioni (tramite liste di priorità).

Il nodo centrale interroga i nodi satelliti onde instaurare la connessione logica opportuna tra le stazioni interessate (tecnica che presenta analogie col *Polling* e con l'*Handshake*).

VANTAGGI:

- Hw/Sw dei nodi satelliti semplice
- Facile adeguamento alle esigenze di rete (limitatamente al grado di parallelismo ed alla capacità del nodo centrale)
- Esclusione delle collisioni
- Basso costo

SVANTAGGI:

- Throughput non elevato (perdite di tempo per interrogazioni ed abilitazioni)
- Nodo centrale elemento critico

Un parziale rimedio per evitare che eccessivi carichi sul nodo centrale (o il suo blocco) causino il blocco della rete consiste nel far funzionare tale stazione Master solo come Commutatore Logico, distribuendo il controllo sui nodi satelliti.

Tale soluzione, pur fornendo il vantaggio di semplificare il nodo centrale e ridurre la probabilità di collasso della rete, abbassa solo il grado di criticità di tale nodo, il quale dovrà comunque svolgere funzioni di smistamento e segnalazioni di abilitazione.

Un altro parziale rimedio per la sicurezza della rete può essere dato dal ricorso alla Topologia a **Stella Policentrica** (rete a *stelle connesse*), in cui si può riuscire a scongiurare la caduta totale della rete.

Topologia ad Anello (Ring)

Ogni stazione è connessa alle 2 stazioni adiacenti, facendo così capo a 2 canali, preferibilmente bidirezionali, assimilabili ad ingresso (ricevimento segnali) ed uscita (trasmissione segnali) di rete per ciascun terminale; ogni nodo viene a funzionare come una sorta di ripetitore attivo, potendo ritrasmettere i messaggi indirizzati ad altri nodi e consentire una loro momentanea memorizzazione ed elaborazione.

La inevitabile gestione dei conflitti tra nodi per l'utilizzo della rete viene realizzata tramite appositi protocolli trasmissivi (tipico il Token Passing), i quali, applicati a tale topologia, possono garantire l'assenza di collisioni.

Si possono individuare 2 modalità di trasferimento dei messaggi:

- * parzialmente diffusiva: la rimozione dei messaggi resta a carico del nodo di destinazione (sicché i nodi di transito corrispondono a quelli compresi tra tale nodo e quello di origine, secondo il verso di propagazione dei segnali);
- * diffusiva: la rimozione dei messaggi resta a carico del nodo di origine, dopo l'attraversamento di tutti i nodi della rete.

Onde evitare una indefinita circolazione di un messaggio in rete, a causa di omessa rimozione per malfunzionamento dei nodi, si dovrà prevedere un particolare nodo (nodo *Monitor*) che assuma il compito di rimuovere dall'anello i messaggi che lo percorrono almeno 2 volte.

VANTAGGI:

- Risparmio di connessioni (rispetto al punto-punto)
- Hw/Sw dei nodi non complicato
- Costi non alti
- Possibilità di far circolare più messaggi (pacchetti), in contemporanea, di diverse stazioni (reti con anelli e/o ritardi abbastanza lunghi)

SVANTAGGI:

- Rallentamento delle trasmissioni
- Impianti non sempre semplici
- Ogni nodo diventa elemento critico
- Prevedere Recovery del Token

Una Topologia ad **Anello Multipunto** o la realizzazione di **Sottoanelli** nella topologia base consente di estendere le prestazioni del sistema e di rendere più efficienti le comunicazioni tra i nodi.

Topologia a Maglia

Ogni nodo della rete è direttamente connesso a tutti gli altri (maglia completa, connessioni punto-punto).

VANTAGGI

- Comunicazioni semplici e veloci
- Sicurezza e affidabilità

SVANTAGGI

- Costi alti
- Complessità e numerosità delle connessioni (pari a $n*(n-1)$ per n nodi. Dunque tale topologia può essere adatta per reti piccole ad alta efficienza con ridotto numero di nodi)

L'obiettivo del contenimento dei costi e della complessità può essere perseguito, mantenendo tale topologia, tramite la Topologia a **Maglia Parziale**, introducendo però la necessità di scegliere i percorsi nelle situazioni in cui 2 nodi non direttamente connessi vogliono comunicare e di collegare ogni stazione ad almeno altre 2 per evitare l'isolamento di interi rami trasmissivi in caso di caduta di un nodo.

Topologia ad Albero

La topologia è di tipo *gerarchico* e la sua struttura sarà funzionale al criterio di gerarchia secondo il quale si intende organizzare i nodi della rete (collegamenti tra nodi subordinati, tipo "padre-figlio", molto più facili e veloci dei collegamenti tra nodi non subordinati o "orizzontali").

Da notare che il grafo di un albero è scomponibile in un grafo equivalente a stelle connesse (quindi si hanno diversi punti in comune nelle caratteristiche e nelle prestazioni tra le 2 topologie).

Topologia Mista

Le topologie *irregolari*, nelle loro svariate possibilità, sono orientate ad ottenere ottimizzazioni del rapporto prezzo/prestazioni o di taluni parametri prioritariamente importanti in taluni contesti.

Topologia a Bus Unidirezionale

I nodi della rete sono collegati in derivazione ad un unico canale di comunicazione condiviso (lineare o circolare se si connettono le stazioni alle estremità).

I messaggi vengono inviati nel mezzo trasmissivo secondo un unico verso, sicchè le stazioni restano implicitamente ordinate in base alla successione in cui esse vengono attraversate dal segnale nella rete.

Ogni unità di interfaccia di rete (bus/terminale) prevede 2 collegamenti per connettersi al canale di trasmissione ed a quello di ricezione (sezione di scrittura e sezione di lettura, realizzate in modo da garantire l'unidirezionalità della trasmissione).

Si noti che il bus condiviso implica la risoluzione di problematiche di contesa.

Topologia a Bus Bidirezionale

Le stazioni sono connesse al mezzo trasmissivo in derivazione e la trasmissione dei segnali è bidirezionale (ogni terminale invia i segnali nelle 2 direzioni del bus).

Le estremità del bus sono elettricamente adattate al fine di evitare riflessioni e non sono previsti elementi di rigenerazione dei segnali trasmessi.

La soluzione a bus circolare (anello) può consentire di ridurre il numero di nodi di attraversamento fra 2 stazioni in comunicazione.

Satellite

Un sistema di comunicazione satellitare, dal punto di vista topologico, può essere assimilato ad una struttura a bus, infatti in tali sistemi la comunicazione è di tipo diffusivo su un unico canale trasmissivo (multiplexato) tra un elemento Master (satellite) e più elementi Slave (stazioni ricetrasmittenti terrestri).

TECNICHE DI COMMUTAZIONE

Per i principi di commutazione si rimanda al paragrafo *Commutazione* della dispensa [Trasmissione Dati](#).

Qui vengono solo sinteticamente elencate le principali tecniche di commutazione.

Tecniche di Commutazione

- * **Commutazione di Circuito (Circuit Switching)**
- * **Commutazione di Messaggio (Message Switching)**
- * **Commutazione di Pacchetto (Packet Switching)**

- **X.25**

Raccomandazione CCITT (ora ITU-T) per definire il collegamento tra un DTE e una rete a commutazione di pacchetto.

- **Commutazione di Frame (commutazione rapida di pacchetti)**

Trasmette pacchetti di dimensioni variabili (max 4 Kb) impostando percorsi virtuali (chiamati PVC-Permanent Virtual Circuit) alla velocità predeterminata di 56 Kbps o T1 (1.544 o 2 Mbps).

- **ATM - Asynchronous Transfer Mode**

Tecnologia di rete in grado di trasmettere contemporaneamente, sulle stesse linee ed in tempo reale dati, audio, video e frame relay in formato di pacchetti di dimensioni fisse (celle di 53 byte, di cui 5 di controllo e 48 di dati), eseguendone il multiplexing nel supporto di comunicazione, a velocità tra 56 Kbps e 1.544 Mbps e 622 Mbps (su cavi in fibra ottica). Tale tipo di commutazione si chiama **Commutazione di Celle**. ATM è principalmente una tecnologia per backbone WAN.

Nota: la categoria delle reti Packet Switching (X.25, Frame Relay, tecnologie tipo Cell-relay) ha, tra le altre, le seguenti caratteristiche:

- sensibilità all'utilizzo: la tariffazione è fondamentalmente legata al traffico effettuato e non alla velocità ed alla distanza;
- costo contenuto: il servizio si può avere dove e quando serve e per il tempo necessario;
- le connessioni LAN-LAN risultano affidabili e flessibili e le comunicazioni multimediali ottimali (bassa latenza, cioè basso ritardo, nel trasporto delle piccole celle) e veloci;
- si hanno varie offerte di reti commerciali (dette PDN-Public-Data Network o VAN-Value-Added Network) che forniscono servizi a valore aggiunto.

LINEE

* **PSTN - Public Switched Telephone Network**

Linea telefonica pubblica commutata.

Offre il servizio POTS (Plain Old Telephone Service) per la comunicazione analogica via modem.

* **DDS - Digital Data Service**

Linee dedicate di tipo point-to-point per trasmissioni dati in modalità sincrona a 56 Kbps.

Impiegano un dispositivo chiamato CSU/DSU (Channel Service Unit/Data Service Unit) al posto del modem per connettere due reti.

* **ISDN Integrated Services Digital Network**

Vedasi slide [Reti04](#).

* **BISDB - Broadband ISDN**

Versione di ISDN basata su tecnologia ATM.

* **T1/T3**

Servizio per velocità trasmissive di 1.544 Mbps.

Prevede delle varianti ed in Europa si ha una tecnologia equivalente chiamata E1 (2.048 Mbps).

* **DSL - Digital Subscriber Line**

DSL è una recente tecnologia, o meglio un gruppo di tecnologie (indicate con xDSL, ove x rappresenta la variante), per comunicazioni digitali ad alta velocità su cavi telefonici ordinari (rame) colleganti abitazioni ed uffici al fornitore di connessione (compagnia telefonica).

DSL si basa sulla modulazione ed evita la conversione dei segnali in formato analogico, può raggiungere velocità trasmissive da 8 a 52 Mbps, consentendo comunicazioni sia di dati che vocali.

In generale, il servizio xDSL, di cui il formato ADSL è il più diffuso, dipende dalla distanza tra utente e compagnia telefonica e dalla qualità del cavo.

In pratica, la suddetta dipendenza costituisce un problema non trascurabile, poiché le velocità trasmissive raggiungibili dipendono da tali parametri e le distanze direttamente consentite tra utente e centrale telefonica sono limitate sull'ordine di grandezza di qualche Km (per distanze superiori occorrerà pertanto agire opportunamente sul segnale, p.es. tramite Ripetitori).

Attualmente in Italia ancora non si ha una copertura territoriale completa per tali tecnologie.

Tecnologie DSL

- **ADSL - Asymmetric DSL**

Trasmette a 8 Mbps in downstream e a 640 Kbps in upstream. In genere richiede un modem ADSL con sdoppiatore per separare canali audio e dati.

- **DSL Lite**

È una variante ADSL ridotta in complessità e costi. Trasmette a max 1.544 Mbps e la separazione audio/dati è eseguita nella sede della compagnia telefonica.

- **HDSL - High bit-rate DSL**

Trasmette a 1.544 Mbps sia in downstream che in upstream (stessa banda per i 2 canali). Funziona con una doppia coppia di cavi e ha estensione max di 4.5 Km (senza ripetitori).

- **SDSL - Single-line DSL**

È analoga a HDSL ma utilizza una sola coppia di cavi. Trasmette a 1.544 Mbps e ha estensione max di 3 Km.

- **RADSL - Rate Adaptive DSL**

È simile ad ADSL ma con regolazione della velocità trasmissiva (in base alla distanza ed alla qualità della linea) tramite software. Trasmette a 2.2 Mbps in downstream e 1.088 Mbps in upstream (velocità max).

- **VDSL - Very high rate DSL**

In fase di sviluppo, può trasmettere su brevi distanze (max 1350 m) fino a 52 Mbps in downstream e 2.3 Mbps in upstream.

NUOVE TECNOLOGIE

* **FDDI - Fiber Distributed Data Interface**

Tecnologia avanzata per trasmissioni via fibre ottiche e reti Token Ring. Ammette anelli di max 100 Km e max 500 nodi e velocità di 100 Mbps. Può essere ben utilizzata per realizzare backbone per MAN.

* **SONET - Synchronous Optical NETWORK**

Standard ANSI per trasmissioni multimediali su cavi a fibre ottiche. In Europa SONET equivale all'indicazione ITU SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Raggiunge la velocità base di 51.84 Mbps ma può arrivare a 2.488 Gbps.

* **SMDS - Switched Multimegabit Data Service**

Servizio pubblico di rete a larga banda a commutazione di pacchetto senza connessione per connessioni LAN-LAN economicamente convenienti rispetto alle linee dedicate. Consente velocità da 1 a 45 Mbps.

MODELLO DI RIFERIMENTO ISO/OSI

Il modello di riferimento ISO/OSI è una proposta di standardizzazione internazionale di reti e protocolli per l'interconnessione dei sistemi aperti emanata dall'ISO nel 1983 (IS 7498) e successivamente ripresa pressochè integralmente dal CCITT (Racc. X.200).

Il modello OSI fornisce una descrizione astratta delle modalità di comunicazione tra processi agenti su sistemi diversi cosiddetti aperti (cioè accessibili liberamente ed in cui entità di comunicazione di tipo diverso possono cooperare) ed interconnessi, specificandone gli aspetti funzionali ed architetturali; esso intende garantire l'interconnessione di sistemi realizzati in conformità all'architettura funzionale descritta nel modello.

Accanto al modello di riferimento, ISO ha pure emanato a parte degli standard internazionali per tutti gli strati.

I concetti fondamentali cui si ispira il modello OSI sono i seguenti.

Raggruppamento e Stratificazione: le funzioni di comunicazione simili (sia per logica che per tecnologia) di un sistema sono raggruppate in un sottosistema, in modo da venire a costituire una visione logica del sistema come costituito di una successione ordinata di sottosistemi, a ciascuno dei quali compete una o più **ENTITÀ** di comunicazione; tutti i sottosistemi di sistemi diversi collocati allo stesso livello gerarchico vengono a costituire uno **STRATO**. Viene definito uno strato ove sia richiesto un differente livello di astrazione.

Indipendenza Funzionale: ogni strato è definito tramite un associato **PROTOCOLLO** a quel livello ed in modo indipendente dalla sua implementazione, fornendo **SERVIZI** allo strato immediatamente superiore ed aggiungendo valore ai servizi ricevuti dallo strato immediatamente inferiore; la **INTERFACCIA** tra due strati adiacenti è definita in modo da minimizzarne le interazioni sia in quantità che in complessità, nell'intento di far apparire "trasparenti" allo strato superiore le funzioni svolte dallo strato sottostante (l'attività di normalizzazione concerne solo il colloquio tra entità dello stesso strato mentre l'interfaccia tra strati è lasciata a carico del costruttore). Ogni strato deve svolgere una funzione ben definita, in conformità ai protocolli standard internazionali definiti.

Gerarchia: salendo verso gli strati più alti aumenta il grado di astrazione rispetto al sistema reale (trasparenza, virtualizzazione delle risorse: i linguaggi e le risorse visibili per chi accede al sistema allo strato N sono più astratte, potremmo dire più "user-oriented", di chi accede al sistema allo strato o livello N-1). Il numero di strati deve essere abbastanza piccolo da non appesantire la struttura e abbastanza grande da non permettere il raggruppamento di funzioni distinte nel medesimo strato (se non in caso di necessità).

Allo stato attuale, il modello ISO/OSI prevede 7 strati, strati di livello superiore (p. es. per applicazioni tipo gestione banche dati) non rientrano ancora nella proposta ufficiale ISO.

Un insieme di strati e di protocolli costituisce un'architettura.

La slide [Reti05](#) illustra il modello di riferimento ISO/OSI.

Il modello OSI prevede realmente una **COMUNICAZIONE MULTISTRATO** ma fa apparire come "orizzontale" la comunicazione tra processi o entità paritarie, cioè si può pensare ad una **comunicazione virtuale** tra strati paritari.

Un servizio è identificato come un insieme di **PRIMITIVE DI SERVIZIO** (operazioni) che uno strato N (*fornitore del servizio*) fornisce allo strato N+1 (*utente del servizio*).

Lo strato N+1 può accedere ai servizi offerti dallo strato N tramite appositi punti d'accesso, identificati univocamente da indirizzi, i quali sono denominati **SAP - SERVICE ACCESS POINTS** (analogia: la presa telefonica è un SAP il cui indirizzo è il numero telefonico).

I servizi possono essere caratterizzati da determinate qualità, quali le seguenti:

- **Servizi Orientati alla Connessione**

Per utilizzare il servizio occorre prima stabilire una connessione quindi utilizzarla (inoltrare il messaggio) poi rilasciarla (analogia: sistema telefonico).

- **Servizi Senza Connessione**

Il messaggio, provvisto (almeno) dell'indirizzo di destinazione, viene instradato liberamente nel sistema il quale deve provvedere in qualche modo a consegnarlo al destinatario (analogia: sistema postale).

- **Servizi Affidabili**

Devono garantire che i dati non vadano perduti né alterati (in genere basandosi su di un riscontro di corretta ricezione inviato dal ricevitore). Nota: introduce sovraccarichi e ritardi.

- **Servizi Non Affidabili**

Non devono garantire (in qualità di servizi) quanto detto sopra. Nota: l'affidabilità non va intesa secondo il senso comune: un servizio non affidabile può essere preferibile (per la nota precedente) ad uno affidabile; p.es. garantire l'affidabilità per una comunicazione che si svolge su un mezzo trasmissivo a bassissimo tasso d'errore tramite sofisticate procedure di controllo degli errori potrebbe essere un "costo" non compensato dal "ricavo" (spesso non significativo) conseguito.

- **Servizi Confermati**

Devono prevedere una richiesta, una indicazione, una risposta ed una conferma.

- **Servizi Non Confermati**

Devono prevedere solo una richiesta ed una indicazione.

Giova notare che OSI è un modello, non propriamente un'architettura.

STRATO FISICO (Physical Layer)

Lo strato fisico, in quanto immediatamente al di sopra del supporto trasmissivo, è il livello più basso del modello OSI, esso riguarda in sostanza la trasmissione (corretta) di bit in un canale di comunicazione.

Le entità di questo strato si interconnettono tra di loro tramite mezzi fisici di trasmissione, le funzioni espletate a questo livello ed i servizi offerti al livello superiore hanno lo scopo principale di garantire l'indipendenza della comunicazione dal particolare supporto trasmissivo utilizzato.

Lo strato fisico, la cui progettazione rientra pienamente nel dominio dell'ingegneria elettronica, implica la considerazione di tutti quegli elementi che consentono di attivare, mantenere e disattivare le connessioni fisiche ed i trasferimenti di dati digitali tra le entità di comunicazione, cioè di quegli elementi di natura:

- * **Meccanica:** caratteristiche dei connettori, assegnazioni circuiti-pin, lunghezze delle linee, ecc.;
- * **Elettrica:** livelli di tensione o corrente, rumore, durata dei segnali, impedenze, ecc.;
- * **Funzionale:** funzioni svolte dai circuiti di interfaccia (quali: trasferimento dati, controllo, temporizzazione, terra, ecc.);
- * **Procedurale:** regole di gestione dei circuiti d'interfaccia per il corretto trasferimento delle cifre binarie informative tra gli estremi della connessione fisica (giova notare che gli aspetti procedurali non sono di sola pertinenza del livello fisico).

I protocolli del Physical Layer concernono sostanzialmente il colloquio tra DCE (modem) e DTE (terminale) e devono assolvere alle seguenti funzioni principali:

- * Gestione delle connessioni fisiche (circuiti e relative interconnessioni);
- * Identificazione delle connessioni fisiche (punto-punto, multipunto);
- * Trasferimento e consegna ordinata delle unità dati tra gli estremi della connessione fisica (1 o più bit risp. per comunicazioni seriali o parallele, modalità di trasferimento Simplex, HDX, FDX, ecc.);
- * Rilevazione delle condizioni di errore.

La qualità di servizio (al livello della connessione fisica) può essere caratterizzata in base ai seguenti fattori di base:

- * Tasso di errore;
- * Frequenza di cifra;
- * Ritardo di trasferimento;
- * Disponibilità del servizio.

La progettazione dello strato fisico implica il possesso di adeguate conoscenze in campi quali i seguenti:

- Teoria delle comunicazioni;
- Teoria dei segnali, trasmissioni analogiche e numeriche;
- Mezzi trasmissivi;
- Modulazione, Multiplicazione, Commutazione;
- Reti (RFD, ISDN, Satelliti, ecc.);
- Gestione dei terminali;
- TLC: normative, regolamentazioni, standards, operatori.

In particolare, diverse problematiche legate allo strato fisico (tecniche di allocazione del canale e relativi protocolli) sono affrontate introducendo la distinzione di **Sottostrato di Accesso al Mezzo (MAC - Medium Access Control)**.

In tabella sono elencati i protocolli e le interfacce più importanti del Physical Layer (con equivalenze EIA, CCITT, ISO).

INTERFACCE SERIALI

EIA	CCITT	ISO
RS-232-C	V.24/V.28	2110
RS-232-D		
RS-449	X.21/X.29	4902,4903
	V.24(X.101)	
RS-422-A	V.11(X.27)	
RS-423-A	V.10(X.26)	
RS-366	V.25	
RS-485		
RS-530		
Current Loop		
	X.20/X.21	
	V.35	2593

(RS-232-C = Recommended Standard 232 release C)

STRATO DI COLLEGAMENTO DATI (Data Link Layer)

Lo strato di collegamento dati, immediatamente seguente lo strato fisico, rappresenta il primo livello logico-procedurale del modello OSI.

Tale strato deve fornire i mezzi funzionali e procedurali per un corretto ed efficiente trasferimento delle unità dati tra entità di rete (servizi da fornire allo strato soprastante) e per la gestione di errori che dovessero originarsi al livello fisico sottostante.

Le funzioni svolte a tale livello sono:

- * **Framing:** strutturazione delle informazioni binarie (bit) in messaggi costituiti da insiemi discreti di bit (**FRAME**), secondo adeguati formati e lunghezze e prevedendo opportune informazioni di controllo;
- * **Controllo e gestione degli errori** (impiego di **CODICI AUTORIVELATORI E AUTOCORRETTORI**);
- * **Controllo di flusso:** regolazione della trasmissione affinché sia stabilito un equilibrio tra trasmettitore e ricevitore (regolazione di velocità ed accorgimenti per garantire un fluido smaltimento del traffico dati in rete);
- * **Gestione del collegamento:** gestione delle fasi di colloquio tra le varie entità di comunicazione di strato (collegamento con/senza connessione, polling, risoluzione di contese, sincronizzazioni, ecc.);

L'argomento *Controllo e gestione degli errori* è trattato nel paragrafo *Codici Ridondanti* della dispensa [Trasmissione Dati](#).

I protocolli del Data Link Layer costituiscono l'insieme di procedure, metodi e tecniche per garantire logicamente il flusso delle informazioni in modo corretto, efficiente e controllato, al fine di trasferire i significati voluti ed attuare le azioni previste.

Tali protocolli si suddividono in 2 grandi famiglie (sono elencati i più noti):

- **BCP - Byte Control Protocol** (prot. orientati al carattere)
 - * **START-STOP** (pr. asincrono, siglato anche S/S o TTY)
 - * **BSC - Binary Synchronous Control** (IBM)
 - * **DDCMP - Digital Data Communication Message Prot.** (DEC)

- **BOP - Bit Oriented Protocol** (prot. orientati al bit)
 - * **HDLC** - High Data Link Control (ISO)
 - * **SDLC** - Synchronous Data Link Control (IBM)
 - * **X.25** (CCITT)
 - * **UDLC** - Universal Data Link Control (Univac)

Nota: i protocolli BOP derivano in larga parte dal protocollo SDLC implementato dalla IBM per il livello di collegamento dati della sua rete SNA. Infatti, sulla base di tale protocollo, l'ANSI ha realizzato ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure), l'ISO l'HDLC e il CCITT ha modificato l'HDLC per la sua LAPB (Link Access Procedure B) come parte dello standard d'interfaccia di rete X.25.

Protocolli BCP

A parte il caso dei protocolli S/S, in cui il sincronismo di carattere è realizzato tramite l'inserzione dei bit di start e di stop (ed ove lo scambio dati avviene carattere per carattere), nei protocolli di tipo BCP il flusso dei dati è regolato formattando i messaggi in base alla definizione di uno specifico set di caratteri speciali assolvendo a funzioni di controllo della comunicazione; tali caratteri di controllo, opportunamente inseriti nel messaggio (blocco di caratteri), ne definiscono la struttura e le modalità di trasferimento.

Siccome i caratteri di controllo appartengono al codice utilizzato (ASCII, EBCDIC o altri), occorre operare in modalità trasparente ed allo scopo viene utilizzato un apposito carattere di controllo (**DLE - DATA LINK ESCAPE**) il quale, posto davanti ad un carattere svolgente funzioni di controllo (o davanti ad un carattere non di controllo che assuma la configurazione dello stesso DLE) fa interpretare correttamente i caratteri informativi da quelli di controllo (dopo ogni DLE viene un carattere di controllo mentre la sequenza DLE DLE indica che il secondo DLE è un carattere informativo casualmente configuratosi come DLE nel testo).

I caratteri di controllo sono rilevabili sia via software che direttamente dall'interfaccia hardware di linea se previsto (p.es. dispositivi dedicati, UART, USART).

Esemplificazione di frame BSC

SYN SYN SOH Heading STX Text ETX BCC

Protocolli BOP

I protocolli della famiglia BOP, generalmente più idonei per TD ad alto rendimento e per reti complesse, consentono di realizzare l'indipendenza dal codice utilizzato, l'adattabilità a diverse applicazioni e configurazioni dei sistemi trasmissivi ed una maggiore efficienza e affidabilità della comunicazione.

In tali protocolli l'unità minima interpretabile è il bit ed il controllo della comunicazione si ottiene tramite la definizione di una struttura informativa, detta **TRAMA** o **FRAME**, di lunghezza ben definita e costituita da un numero fisso di campi di lunghezza predefinita ed in posizioni relative costanti.

Il controllo della comunicazione avviene mediante una interpretazione dei campi di tipo posizionale e sulla base del riconoscimento di particolari configurazioni di bit nel messaggio, cui corrispondono funzioni di controllo; di norma, i Frame sono standardizzati a livello internazionale.

Frame X.25



DELIMITATORE (Flag)	Campo di sincronizzazione e controllo inizio/fine frame
INDIRIZZO	Campo di riconoscimento comando/risposta (reti punto-punto)
CONTROLLO	Campo di identificazione tipo di frame
INFORMAZIONE	Messaggio informativo di utente (strutturato a pacchetto)
FCS (Frame Checking Sequence)	Campo di rilevazione errore (CRC-CCITT)

Nota: INDIRIZZO contiene il campo di riconoscimento Id terminale nelle reti multipunto.

La struttura del frame nei protocolli BOP (lunghezze e posizioni fisse dei campi) e l'interpretazione posizionale dei bit, quindi l'eliminazione dei caratteri di controllo (potremmo parlare qui di campi di controllo), semplifica ed ottimizza la gestione della comunicazione.

In particolare, la realizzazione della modalità trasparente risulta essere meno onerosa che nei protocolli BCP: la corretta ed univoca interpretazione dei campi (in particolare del campo Delimitatore) si effettua con la tecnica della inserzione/estrazione dello zero ("zero insertion"): prima della trasmissione in linea si inserisce uno zero dopo ogni sequenza di cinque uno consecutivi eccetto che nel campo Delimitatore (o altri campi di controllo), il ricevitore rimuoverà, prima di esaminare la trama, lo zero che segue ogni sequenza contigua di cinque uni dopo il Flag di inizio messaggio; in tal modo, si escludono equivocazioni tra campi informativi e controlli.

Nei protocolli BOP le procedure di comunicazione possono essere sia di tipo bilanciato (configurazioni punto-punto) che sbilanciato e le stazioni possono agire come primarie, secondarie o pure combinate, per cui si hanno le seguenti modalità operative per le stazioni secondarie (HDLC):

NRM - Normal Response Mode: la stazione primaria assolve in pieno funzioni di master e quella secondaria di slave;

ARM - Asynchronous Response Mode: simile al NRM ma con la possibilità in più per una stazione secondaria attiva di iniziare a trasmettere senza previa autorizzazione della stazione primaria (polling non richiesto);

ABM - Asynchronous Balanced Mode: ogni stazione combinata può fungere da master (configurazioni punto-punto).

In reti a più livelli si ha inoltre la possibilità di attivare una stazione secondaria come primaria delle stazioni di livello gerarchico inferiore ad essa facenti capo.

I protocolli BOP rappresentano una notevole evoluzione dei protocolli BCP per comunicazioni a pacchetto e presentano i seguenti vantaggi (vedi pure tabella a fine paragrafo):

- Indipendenza dall'hardware e dal software del sistema, quindi indipendenza delle funzioni di gestione linea da quelle di gestione rete;
- Migliore gestione degli errori e della linea. Infatti, mentre nei protocolli BCP l'avanzamento della trasmissione è sequenzialmente subordinato a delle risposte di conferma da parte della stazione destinataria (funzionamento tipo "send and wait"), nei protocolli BOP la trasmissione può procedere con continuità (nell'ambito di un certo numero di trame consecutive numerate) e l'eventuale ritrasmissione dei messaggi errati può avvenire per i soli messaggi errati o da quelli in poi, alla fine della trasmissione di un intero blocco (un certo numero di trame) di messaggi;
- Migliore gestione in FDX (anche come conseguenza di quanto detto sopra) e, come già osservato, della trasparenza dei dati, nonché possibilità di conseguire maggiori velocità trasmissive (p.es. 48Kbps).

Il campo CONTROLLO (vedi figure seguenti), estensibile a 16 bit per poter raggiungere il controllo su 127 frame (di cui 7 bit associabili ad ogni contatore di frame, invece di 3), è diverso a seconda dei tipi di frame, i quali possono essere:

- * **I - Information** (trama informativa, di norma max 128 byte o diversa a seconda della probabilità di errore del collegamento; i frame sono numerati ed il loro numero di sequenza è inserito nel sottocampo N(s) del campo di controllo, il cui numero di bit determina il max numero di frame che possono essere ricevuti senza conferma);
- * **S - Supervisory** (trama di supervisione del link, avente funzioni di controllo e non prevedente contenuto informativo; la sua emissione non influenza i contatori di frame N(r) e N(s));
- * **U - Unnumbered** (trama non numerata o fuori sequenza o non sequenziale, utile per particolari gestioni del link; può prevedere un campo informativo ma non utilizza i contatori N(r) e N(s)).

Frame X.25: campo CONTROLLO (8 bit) e tipi di frame

TRAMA	Comandi	Risposte	C o d i f i c a			
			1	2 3 4	5	6 7 8
I	I		0	N(s)	P	N(r)
S	RR	RR	1	0 0 0	P/F	N(r)
	RNR	RNR	1	0 1 0	P/F	N(r)
	REJ	REJ	1	0 0 1	P/F	N(r)
U	SARMDM		1	1 1 1	P/F	0 0 0
	SABM		1	1 1 1	P	1 0 0
	DISC		1	1 0 0	P	0 1 0
		UA	1	1 0 0	F	1 1 0
		CMDR/FRMR	1	1 1 0	F	0 0 1

Legenda:

RR	Receive Ready
RNR	Receive Not Ready
RJE	Reject
SARM	Set ARM
SABM	Set ABM
DISC	Disconnect
DM	Disconnect Mode
UA	Unnumbered Acknowledgement
CMDR	Command Reject
FRMR	Frame Reject
P/F	Poll/Final
N(s)	Numero sequenza trama trasmesso (send)
N(r)	Numero sequenza trama atteso (receive)

Protocolli BOP: campo CONTROLLO (8 bit) e tipi di frame

DELIMITATORE		INDIRIZZO		CONTROLLO		INFORMAZIONE		FCS		DELIMITATORE
--------------	--	-----------	--	------------------	--	--------------	--	-----	--	--------------

Frame tipo I		N(r)		P/F		N(s)		0		0	
Frame tipo S		N(r)		P/F				0		1	
Frame tipo U				P/F				1		1	

La seguente tabella elenca le principali caratteristiche dei protocolli BCP e BOP, facendo riferimento ai due principali protocolli delle due famiglie.

Confronto tra protocolli BSC e HDLC

CARATTERISTICHE	BSC	HDLC
Tecnica trasmissiva	Sincrona	Sincrona
Modalità collegamento	HDX-FDX	HDX-FDX
Formato frame	Variabile	Fisso (a campi)
Inizio frame	SYN-SYN	Flag (01111110)
Fine frame	ETX-ETB-EOT...	Flag (01111110)
Codifica	ASCII-EBCDIC-Altri	Qualsiasi
Caratteri di controllo	Numerosi	Flag-Idle-Abort
Gestione errori	BCC-CRC	CRC-CCITT
Modalità trasparente	Se prevista	Zero insertion
Ritrasmissione messaggio	Send and wait	Dall'errato in poi o frame selezionato
Lunghezza informazioni	n x Lungh. Codice	n x 8 (128 byte)
Max num. frame insospesi	1	7 o 127
Controllo link	1 o più caratteri	Campo 8/16 bit
Indirizzamento	ptp-multipunto (blocco-polling/sel.)	Campo singolo od esteso
Spazi tra caratteri	Si	No
Indipendenza dall'Hw/Sw	No	Si
Indipendenza dal codice	No	Si
Velocità trasmissiva	Medio-alta	Elevata (48.000bps)

STRATO DI RETE (Network Layer)

Lo strato di rete riguarda la trasmissione dei messaggi (frame o pacchetti) dalla provenienza lungo tutto il percorso fino alla destinazione (il trasferimento dei frame da un'estremità di un collegamento intermedio all'altra è un compito più limitato che riguarda lo strato di Data Link).

Per assolvere tale compito, lo strato di rete deve poter gestire la sottorete di comunicazione, conoscerne la topologia, occuparsi delle strategie di instradamento (scelta del cammino ottimale di sottorete per trasportare i frame dalla macchina di provenienza a quella di destinazione) e risolvere le problematiche relative al passaggio dei pacchetti in reti diverse (non omogenee) lungo il loro cammino (interconnessione di reti).

In tale strato è inoltre tipicamente amministrata la quantità di servizio utilizzata dagli utenti di rete (informazioni di fatturazione).

Il Network Layer rappresenta lo strato più basso che concerne la comunicazione da un'estremità all'altra (*end-to-end*). Esso deve garantire i mezzi per instaurare, mantenere e rilasciare le connessioni di rete (primitive di servizio) e dovrebbe fornire servizi indipendenti dalla tecnologia della sottorete, in modo da consentire un trasferimento dati trasparente tra entità di trasporto e l'impiego di un sistema di indirizzamento uniforme.

Un acceso dibattito circa lo strato di rete verte sul problema se tale strato debba fornire un servizio orientato alla connessione o senza connessione.

Il problema, che si ripropone praticamente in tutti gli altri strati del modello OSI (e non solo), non è di poco conto né di facile soluzione, al punto da lasciare soluzioni aperte per entrambi i servizi.

In pratica, in molte reti lo strato di rete opera a livello degli IMP (quindi i servizi forniti definiscono quelli della sottorete) mentre lo strato di trasporto opera a livello degli Host (che rappresentano in genere l'utenza), sicché si delineano 2 confini di competenze: il gestore della sottorete (di norma una società o un ente governativo fornitori di servizi di comunicazione) e l'utente (interfacciato col gestore dalla sottorete).

È allora evidente l'importanza del tipo di servizio offerto: se il gestore della sottorete (che si assume doveri e responsabilità verso gli utenti) offre un servizio senza connessione allora la complessità e le funzioni di tale servizio restano a carico dello strato di trasporto, cioè dell'utenza, mentre se il servizio offerto è orientato alla connessione allora le relative implementazioni si collocano nello strato di rete, cioè sono a carico del gestore della sottorete.

Tenendo conto di quanto detto sopra, le funzioni principali svolte dallo strato di rete sono le seguenti:

- **Gestione della Sottorete**
(*aspetti amministrativo-contabili inclusi*)
- **Instradamento dei Frame**
- **Gestione della Congestione**
- **Interconnessione di Reti**

Nota: nelle reti *Broadcast* (che sono di norma proprietarie) lo strato di rete è semplice o addirittura inesistente, infatti in esse l'instradamento costituisce una effettiva problematica se tra provenienza e destinazione i pacchetti transitano in altre reti.

Circa la Gestione della Sottorete, saranno da esaminare i pro ed i contro del servizio orientato alla connessione e del servizio senza connessione e le tecniche di commutazione, in particolare le tecniche di:

Commutazione di Pacchetto (Packet Switching)

- **Circuito Virtuale**
- **Servizio Datagramma**

Circa l'Instradamento dei Frame e la Gestione della Congestione, saranno da esaminare i relativi protocolli.

Circa la Interconnessione di Reti (più reti interconnesse formano una **internet**) saranno da esaminare i seguenti dispositivi (chiamati genericamente *relè*):

- **Ripetitori**
- **Bridge**
- **Gateway**
- **Router**
- **Brouter**
- **Convertitori di Protocollo**

STRATO DI TRASPORTO (Transport Layer)

Lo strato di trasporto ha l'importante compito di fornire il trasporto dei dati dalla provenienza alla destinazione in modo efficiente, affidabile ed economicamente conveniente e, soprattutto, in modo **trasparente**, cioè indipendentemente dalle caratteristiche e dalla struttura della rete.

Il Transport Layer corrisponde in effetti al primo strato con significato da estremo ad estremo (end-to-end) a livello logico-procedurale, nel senso che le procedure ivi coinvolte risiedono negli Host o nei terminali e non pure nei nodi di rete.

Tale strato in pratica rappresenta la linea di demarcazione tra gli strati che interessano il gestore della rete (*fornitore del servizio di trasporto*) e quelli che interessano le applicazioni finali (*utente del servizio di trasporto*) ed è per questo di importanza critica nella progettazione multistrato.

In altri termini, il Transport Layer deve fornire alle entità di sessione le risorse virtuali per il trasferimento trasparente delle unità dati ed ottimizzare i servizi offerti dal Network Layer, realizzando verso gli strati superiori la trasparenza nei confronti delle tecnologie e delle interfacce, in modo da consentire la scrittura di programmi applicativi indipendenti da tali fattori ed eseguibili su un'ampia varietà di reti senza doversi preoccupare delle loro differenze interne.

Le funzioni principali dello strato di trasporto possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- * Ottimizzazione ed aggiunta di valore alle funzioni dello strato di rete
- * Trasparenza del trasporto delle unità dati
- * Qualità del servizio
- * Gestione delle connessioni di strato

In particolare, si accenna al fatto che gran parte delle reti pubbliche impiegano il servizio di trasporto orientato alla connessione OSI ISO 8072 ed i relativi protocolli ISO 8073.

È inoltre ampiamente utilizzato in molte reti, in ambiente Unix ed in particolare nella rete *Internet*, l'oramai notissimo protocollo dello strato di trasporto della rete ARPANET chiamato **TCP/IP - TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL/INTERNET PROTOCOL**.

STRATO DI SESSIONE (Session Layer)

Lo strato di sessione è il primo degli *strati superiori* del modello OSI, strati che riguardano il colloquio e la fornitura di servizi orientati all'utenza, basandosi sui servizi forniti dagli strati inferiori (inerenti le funzioni di trasferimento, cioè la fornitura di servizi di comunicazione affidabili end-to-end).

Il Session Layer deve fornire le risorse per far svolgere correttamente una sessione di lavoro, cioè per gestire il colloquio tra applicazioni a livello di connessione logica.

Le funzioni svolte a tale livello, oltre che, come è nella filosofia del modello OSI, fornire valore aggiunto a quelle dello strato inferiore e servizi allo strato superiore, possono essere riassunte nelle seguenti:

- * Scambio di Dati;
- * Gestione del Dialogo (turni, modalità operative);
- * Sincronizzazione delle fasi del colloquio;
- * Gestione delle singole Attività definite dall'utente;
- * Rapporto delle Eccezioni (guasti, malfunzionamenti).

In particolare, pur se lo Strato di Sessione è essenzialmente una prerogativa ISO, per la fondamentale funzione di Gestione del Dialogo viene spesso implementata una procedura, basata sul modello senza connessione e non particolarmente conforme al modello OSI, chiamata **RPC - REMOTE PROCEDURE CALL** basata sul **MODELLO CLIENT-SERVER**.

Tale procedura, in quanto implementabile anche nello Strato di Applicazione (con minor efficacia), per motivi didattici è trattata nella spiegazione dell'Application Layer.

STRATO DI PRESENTAZIONE (Presentation Layer)

Lo strato di presentazione ha come compiti fondamentali quelli di adattare i dati al formato dell'applicazione e conservare il *significato* (semantica) delle informazioni scambiate, risolvendo in modo trasparente problematiche di compatibilità e presentando i dati in forma intellegibile ed idonea (decifrazioni, transcodifiche, decompressioni) a prescindere dalla loro strutturazione intrinseca.

Le funzioni principali pertinenti il Presentation Layer possono essere riassunte nelle seguenti:

- * Rappresentazione dei Dati;
- * Compressione dei Dati;
- * Sicurezza e Segretezza delle Informazioni nella Rete.

L'espletamento delle funzioni suddette chiama in causa diversi argomenti, tra i quali la Notazione di Sintassi Astratta **ASN.1 - ABSTRACT SYNTAX NOTATION 1** (standard ISO 8825), tecniche di Compressione dei Dati, tecniche di **CRITTOGRAFIA**, impiego di Codifiche particolari.

STRATO DI APPLICAZIONE (Application Layer)

Lo strato di applicazione rappresenta il livello (attualmente) più esterno del modello OSI al quale, tramite programmi applicativi, accedono gli utenti finali per effettuare lo scambio di dati significativi.

L'Application Layer, in quanto vero e proprio livello applicativo, dovrebbe fornire all'utente tutti quei servizi standard che soddisfino le sue esigenze di comunicazione, in modo da far apparire trasparenti tutte le funzioni dell'ambiente OSI, assimilabile così ad una macchina virtuale in grado di far comunicare processi applicativi residenti su sistemi aperti remoti ed eterogenei.

Stante la varietà dei processi possibili, delle innovazioni tecnologiche e delle diversità di progetti e implementazioni, quindi dei servizi da offrire, la definizione di questo strato è da ritenersi ancora ai primi passi e una completa standardizzazione, se sarà possibile, implicherà notevoli attività di studio, ricerca e sviluppo, nonché accordi e convenzioni tra le varie parti in gioco.

Tuttavia un certo lavoro è stato fatto, sicchè per alcune applicazioni oramai ritenute comuni e per diverse problematiche sono stati prodotti degli standard.

Una lista delle principali funzioni inerenti lo Strato di Applicazione (OSI e non OSI) è riportata di seguito.

▪ **FTAM - FILE TRANSFER, ACCESS AND MANAGEMENT**

TRASFERIMENTO, ACCESSO E GESTIONE DI FILE (REMOTI). *Funzione basata sul concetto di **Deposito Virtuale di File** (Virtual Filestore) quale interfaccia standard in cui un **File Server** astratto offre servizi ai suoi **Client**.*

▪ **ELECTRONIC MAIL (E-MAIL)**

POSTA ELETTRONICA. *Servizio di posta elettronica per scambiare, memorizzare e gestire messaggi e informazioni di varia natura (testo, immagini, voce, ecc.). In particolare:*

* **MOTIS - MESSAGE-ORIENTED TEXT INTERCHANGE SYSTEMS (ISO 10021)**

* **MHS - MESSAGE HANDLING SYSTEMS (CCITT X.400 - X.430)**

▪ **VTS - VIRTUAL TERMINAL SERVICE**

SERVIZIO DI TERMINALE VIRTUALE. *Definisce un modello astratto di terminale (struttura dati) per risolvere problematiche di colloquio tra terminali incompatibili. Sono definite 3 classi di terminali:*

* **TERMINALI A SCORRIMENTO**

* **TERMINALI A PAGINE**

* **TERMINALI A MODULI**

▪ **RPC – REMOTE PROCEDURES CALL**

CHIAMATA DI PROCEDURA REMOTA. Funzione per migliorare l'efficienza nelle operazioni di trasferimento dati basata sul **Modello Client-Server**. È una soluzione alternativa agli standard OSI ed è implementabile anche (e meglio) nello Strato di Sessione.

▪ **SERVIZIO DI DIRECTORY**

Servizio per la gestione efficiente di indirizzari.

▪ **RJE – REMOTE JOB ENTRY**

INSERIMENTO DI LAVORI REMOTI.

▪ **JTM – JOB TRANSFER AND MANAGEMENT**

TRASFERIMENTO E GESTIONE DEL LAVORO.

▪ **GRAFICA**

Servizi per la grafica (da semplici disegni basati su primitive grafiche di tipo pseudo-testuale alle immagini in movimento).

▪ **TELEMATICA**

Servizi telematici. In particolare:

* **TELETEXT**

* **VIDEOTEK**

▪ **ACSE – ASSOCIATION CONTROL SERVICE ELEMENT**

ELEMENTO DI SERVIZIO DI CONTROLLO DELLA ASSOCIAZIONE. Funzione per gestire le connessioni (associazioni) nell'Application Layer.

▪ **CCR – COMMITMENT, CONCURRENCY AND RECOVERY**

COMPIMENTO, SIMULTANEITÀ E RECUPERO. Funzione per coordinare le interazioni multipartite in modo sicuro ed affidabile. Consiste in un protocollo basato sul concetto di Azione Atomica e di Compimento Bifase (two-phase commit), tale da garantire il compimento di un lavoro (serie di processi, eventi, messaggi, operazioni) se tutto è OK altrimenti il ripristino della situazione di partenza.

La slide [Reti06](#) illustra la procedura RPC.

La slide [Reti07](#) rappresenta lo schema base di sistemi e-mail.

I Servizi Telematici sono trattati nella dispensa [Servizi Telematici](#).

LAN - LOCAL AREA NETWORK

GENERALITÀ

Il lavoro di standardizzazione delle reti (risalente al 1980) è svolto da un apposito comitato IEEE chiamato IEEE 802 LOCAL AND METROPOLITAN AREA NETWORK; tale lavoro allo stato attuale può essere riassunto come nella seguente tabella.

IEEE	DESCRIZIONE
802.x	DESCRIZIONE
802.1	Utilizzo delle strutture di rete
802.2	LLC (correntemente inattivo)
802.3	Topologia Bus con metodo CSMA/CD
802.4	Topologia Token Bus
802.5	Topologia Token Ring
802.6	MAN basate su architettura DQDB (correntemente inattive)
802.7	Gruppo per consultazione BRB (correntemente inattivo)
802.8	Gruppo per consultazione Fibre Ottiche
802.9	Reti Isocrone - Reti Fonia-Dati
802.10	Protezione
802.11	Reti Wireless
802.12	LAN 100BaseVG o 100VG AnyLAN
802.13	-
802.14	TV via cavo/Modem via cavo

802.3, 802.4, 802.5, 802.6, 802.9, 802.11, 802.14 concernono lo *Accesso e segnalazione per diversi tipi di LAN e MAN.*

Le reti in area locale sono reti di tipo broadcast e possono essere classificate, in particolare, rispetto alla:

Tecnica di Commutazione:

* Reti a commutazione di pacchetto

Costituiscono le effettive LAN.

* Reti a commutazione di circuito

Sono basate sul PABX.

Tecnica trasmissiva:

* Reti in Banda Base (LAN BAB) ;

Prevedono estensioni e capacità di livello medio (5Km - 20MHz).

* Reti in Banda Traslata (LAN BRB) .

Prevedono topologie a Bus o ad Albero e supportano potenziali trasmissivi oltre il doppio di quelli delle LAN BAB (10Km - 40MHz).

LAN - Aspetti Generali:

- * **Estensione:** limitata (non oltre i 10 Km).
- * **Mezzi di Comunicazione:** generalmente privati (tipicamente di una singola organizzazione) o almeno dedicati.
- * **Canale fisico** (doppino, cavo, fibra ottica, satellite):
 - Unico, sul quale vengono connesse tutte le stazioni (decine o anche centinaia), le quali possono essere di vario tipo (periferiche, PC, terminali) e lavorare con applicazioni diverse e multimediali (dati-suoni-immagini);
 - Ad elevate prestazioni (velocità da 1 a 10 a 100 Mbps) e basso tasso di errore (10^{-8} e 10^{-9}).
- * **Assegnazione del Canale:** la sua capacità è totalmente assegnata (secondo opportune tecniche TDM) ad una sola stazione interessata alla comunicazione in un certo istante.
- * **Sottorete:** struttura senza nodi di commutazione.
- * **Messaggi:** sono strutturati in pacchetti ed il loro trasferimento è di tipo diffusivo.
- * **Tecnica trasmissiva:** può essere sia BAB che BRB.
- * **Topologie di Rete:** bus, anello, stella.
- * **Architetture di Rete:** accentrata o distribuita (client/server o peer-to-peer).

LAN - Elementi di Base:

- * **Mezzo trasmissivo**
DOPPIO, CAVO, FIBRA OTTICA, SATELLITE.
- * **Unità di Controllo di Rete (server)**
ASSOLVE ALLE FUNZIONI DI SUPERVISIONE E GESTIONE DELLA RETE E DETERMINA LE MODALITÀ DI ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE TRASMISSIVE TRA LE STAZIONI.
- * **Unità di Interfaccia di Rete (NIC-Network Interface Card)**
UNITÀ FISICA E LOGICA CHE CONSENTE LA CONNESSIONE DELLE STAZIONI AL MEZZO TRASMISSIVO ED ESEGUE FUNZIONI DI TRASMISSIONE/RICEZIONE DEI SEGNALI.
- * **Unità di Interfaccia di Terminale**
GESTISCE IL COLLOQUIO TRA STAZIONI E UNITÀ DI INTERFACCIA DI RETE (SPESSE È INCORPORATA NEL TERMINALE).
- * **Unità di Interconnessione**
CONSENTE, SE PREVISTO, DI EFFETTUARE L'INTERCONNESSIONE CON ALTRE RETI ED ESEGUE OPERAZIONI DI CONVERSIONE PROTOCOLLARE (GATEWAY).
- * **Protocolli di Comunicazione.**
VEDASI SEGUITO.

La slide [Reti08](#) riporta uno schema generale di LAN.

Per alcune illustrazioni e informazioni sui mezzi trasmissivi si veda pure la slide [TD16](#) ed il paragrafo *Mezzi Trasmissivi* della dispensa *Trasmissione Dati*.

Le principali sigle e standard relativamente alle schede di rete, ai driver di scheda e ai connettori sono le seguenti:

Schede

- * PCI-Peripheral Component Interconnect
- * PNP-Plug and Play
- * PC Card (già PCMCIA)

Driver

- * NDIS-Network Device Interface Specification (Microsoft/3Com)
- * ODI-Open Data-link Interface (Novell/Apple)

Connettori

- * RJ-45 (Ethernet a coppie intrecciate, 100 Mbps)
- * BNC-Bayonet Neill Concelman (Ethernet su coax)
- * AUI-Attachment Unit Interface a 15 pin (detto pure DB-15 o DIX, Ethernet su cavo)

Nota: i connettori si suddividono (seguendo scontate analogie biologiche) nei tipi maschio (*plug*), i quali eseguono il collegamento, e femmina (*jack* o *socket*) i quali ricevono il collegamento. Per connessioni tra tipi uguali esistono connettori chiamati *gender changer*.

Le forme dei connettori di rete possono essere di vario tipo a seconda delle necessità: a cannello o diritti (per fare prolunghe), a Y (per coinvolgere 2 segnali), a T (per collegare dispositivi a segmenti di cavo), a gomito (per collegare segmenti di cavo non diritti).

Giova pure osservare che di norma i connettori sono specifici per determinati tipi di **Cablaggio della Rete** (funzione tutt'altro che secondaria nella definizione e implementazione di un network).

I principali sistemi operativi di rete, chiamati **NOS-Network Operating System**, sono i seguenti:

- * **Microsoft Windows NT 2000 Server**
- * **Novell NetWare**

Nota: oltre al NOS, per le reti sono disponibili molti altri tipi di software, sia per server (p.es. prodotti della categoria *Groupware*) che per client (p.es. il *Redirector*). Un noto insieme di servizi server in ambiente Windows è p.es. *BackOffice* della Microsoft.

Approfondimenti su questi argomenti e sulle LAN in generale saranno affrontati in aula ed in laboratorio.

PROTOCOLLI

Introduzione

I metodi tradizionali di assegnazione di un canale tra più utenti in competizione si basano sulle note tecniche di multiplazione FDM e TDM (sincrono o asincrono), i cui protocolli relativi sono denominati:

- * FDMA - Frequency Division Multiple Access;
- * TDMA - Time Division Multiple Access.

Tali tecniche di allocazione, essenzialmente statiche, si sono rivelate, col progredire delle tecnologie e delle applicazioni, piuttosto inefficienti se applicate alle moderne LAN, per cui il lavoro di ricerca e di implementazione ha sviluppato e fornito soluzioni nuove basate su altre tecniche e su protocolli di allocazione dinamica dei canali.

Tale lavoro muove da alcune ipotesi fondamentali che, opportunamente raffinate ed ampliate, possono costituire una base per lo sviluppo di modelli e sistemi di rete locale più complessi.

Vediamo in sintesi queste ipotesi.

1. Modello di stazione

Consiste in un modello di N stazioni indipendenti dotate ciascuna di un programma utente che genera Frame per la trasmissione ed in cui ogni stazione rimane bloccata ed inattiva finché non riesce a trasmettere il frame da essa generato. Posto che λ sia una costante rappresentante la frequenza di arrivo di nuovi frame allora la probabilità di generare un Frame nell'intervallo temporale Δt è data da: $\lambda \Delta t$.

2. Ipotesi di singolo canale

È disponibile un unico canale per tutte le comunicazioni e tutte le stazioni sono considerate equivalenti a livello hardware, anche se il software del protocollo di comunicazione può assegnare loro delle priorità.

3. Ipotesi di collisione

Due (o più) frame trasmessi simultaneamente si sovrappongono e generano un segnale confuso, tale evento è chiamato *collisione*. Ciascuna stazione è in grado di rivelare le collisioni e un frame che ha subito una collisione deve essere ritrasmesso. Non sono ammessi errori oltre a quelli generati dalle collisioni.

4a. Tempo continuo

La trasmissione dei frame può avvenire in qualsiasi istante.

4b. Tempo discreto

Il tempo è discretizzato in intervalli chiamati *slot* e ogni trasmissione di frame inizia sempre all'inizio di uno slot. Uno slot può contenere frame in numero di: 0, 1, >1 a seconda che rispettivamente: lo slot sia libero, la trasmissione del frame sia riuscita, sia avvenuta una collisione.

5a. Rilevamento della portante

Le stazioni possono sapere se il canale è utilizzato prima di tentare di usarlo. Se il canale risulta occupato nessuna stazione tenterà di usarlo finché non risulti libero (col termine "portante" si indica un segnale sulla linea trasmissiva).

5b. Nessun rilevamento di portante

Le stazioni non possono rivelare lo stato del canale prima di utilizzarlo ma possono solo determinare l'esito della trasmissione.

I protocolli possono essere classificati in base a diversi fattori, quali la tecnica di allocazione del canale, la struttura delle informazioni gestite, la natura e l'efficienza degli algoritmi utilizzati per assegnare tempi, priorità o risorse, il livello implementativo cui sono destinati e via dicendo.

Una prima classificazione (relativamente al tipo di accesso al mezzo trasmissivo) consiste nel suddividere i protocolli in 2 grandi famiglie:

Protocolli Deterministici:

- TOKEN BUS (IEEE 802.4)
- TOKEN RING (IEEE 802.5)

Protocolli Non Deterministici:

- ALOHA
- CSMA - CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS
- CSMA/CA - CSMA/COLLISION AVOIDANCE
- CSMA/CD - CSMA/COLLISION DETECTION (IEEE 802.3)

Nell'ambito di tali famiglie possono rientrare protocolli che a loro volta si distinguono per altre caratteristiche; una elencazione di vari tipi di protocolli LAN è riportata di seguito:

- Protocolli a Slot
- Protocolli a Token
- Protocolli Daisy chain
- Protocolli Round Robin
- Protocolli senza collisione
- BRAP - Broadcast Recognition with Alternating Priorities
- MLMA - Multi-Level Multi-Access Protocol
- Conteggio binario alla rovescia
- Protocolli a contesa limitata
- Protocollo di attraversamento adattabile dell'albero
- Protocollo dell'urna

Vedremo in questa sezione alcuni tipi principali di protocolli, esaminandone la logica funzionale in via generale, eventuali approfondimenti saranno opportunamente discussi.

I protocolli di comunicazione (si ricordi che la comunicazione in rete è pensata e gestita secondo modelli e architetture a strati e che i protocolli si riferiscono a tali strati) sono i seguenti:

TCP/IP	TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL/INTERNET PROTOCOL (DIP. DIFESA USA)
NETBEUI	NETBIOS ENHANCED USER INTERFACE (IBM)
DLC	DATA LINK CONTROL (IBM)
XNS	XEROX NETWORK SYSTEM (XEROX)
IPX/SPX	INTERNETWORK PACKET EXCHANGE/SEQUENCED PACKET EXCHANGE (NOVELL)
APPC	ADVANCED PROGRAM TO PROGRAM COMMUNICATION (IBM)
APPLETALK	(APPLE)
AFP	APPLE FILE PROTOCOL (APPLE)
OSI	OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION (ISO)
DECNET	DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION NETWORK (DEC ORA COMPAQ)

Protocolli Deterministici

Il canale viene univocamente assegnato, in un certo istante, ad un solo terminale, l'accesso è deterministico ed il canale è utilizzato in modo sincrono.

I protocolli di tipo deterministico consentono di eludere le contese e le collisioni ed utilizzano diverse tecniche (Slot, Token, Daisy chain, Round Robin), basate generalmente sul criterio della **Scansione**, la quale può essere centralizzata o distribuita.

Nella **Scansione Centralizzata** tra le stazioni si determina una Logica Master/Slave: un nodo, assolvente funzione di Master di rete, mantiene il controllo della linea e determina le assegnazioni agli altri nodi (*Slaves*) sulla base di interrogazioni cicliche (*Polling*) e di priorità, assegnate in conformità ad una *polling list* (o *priority list*) da esso gestita ed eventualmente variabile.

Un messaggio può giungere al terminale indirizzato, una volta che il nodo d'invio abbia la linea, direttamente oppure passando per il nodo master per lo smistamento.

Questa soluzione può diventare svantaggiosa con l'aumentare del numero dei nodi, causa i tempi di polling; il ricorso a terminali collegati a *Cluster* può ridurre tali ritardi. Si noti inoltre che il nodo Master assume un ruolo critico nella rete.

La scansione centralizzata trova maggior riscontro nelle topologie a stella (atipiche per le LAN).

Nella **Scansione Distribuita** tra le stazioni si determina una Logica Paritaria: i nodi sono considerati allo stesso livello gerarchico ed in rete si fa circolare un opportuno messaggio (comprendente o no i dati) ciclandolo tra i nodi ed in base al quale si assegna la linea.

In certe situazioni, ad una stazione si possono assegnare compiti specifici, quale quello di ripristinare il messaggio codificato in modo tale da garantire la correttezza delle trasmissioni.

Questa soluzione evita il polling e la stazione master ma comporta lo svantaggio di una relativa ridondanza dei messaggi (rispetto ai dati) e la necessità di introdurre meccanismi atti ad impedire che il malfunzionamento di un nodo comprometta l'intera rete.

La scansione distribuita trova maggior riscontro nelle topologie ad anello con tecniche a token o a slot.

Protocolli non Deterministici

Il canale viene assegnato su base probabilistica, l'accesso è casuale ed il canale è utilizzato in modo asincrono.

I protocolli di tipo stocastico si basano sul principio della **Contesa**: ogni stazione viene lasciata potenzialmente libera di inviare messaggi in qualunque momento, prevedendo opportuni meccanismi e controlli atti a garantire in modo adeguato un corretto ed efficiente smaltimento del traffico in rete (verifiche dello stato della linea, attesa di conferme di ricezione dei messaggi, ritrasmissioni dopo verifiche negative dovute a collisioni o time out, ecc.).

Oltre alle normali funzioni di controllo, i protocolli di tipo probabilistico devono prevedere opportuni meccanismi per gestire le (inevitabili) contese e collisioni, in particolare la possibilità di ritrasmissione differita del segnale, secondo opportuni criteri, a fronte del verificarsi di collisioni.

I protocolli di tipo stocastico si rivelano adatti nelle topologie a bus bidirezionale, infatti, regolando l'accesso alla rete (di tipo distribuito) su base stocastica si possono conseguire maggiori velocità trasmissive e un'ottimizzazione generale delle prestazioni di rete.

Protocolli a Slot

Uno Slot è una struttura costituita da campi di configurazioni binarie, ove alcuni sono fissi e vengono impiegati come codici di riconoscimento e controllo ed altri possono essere variabili e vengono impiegati per rappresentare i dati ed altre informazioni utili alla comunicazione (vedi figura).

Formato di uno Slot

INIZIO		CONTROLLO		MITTENTE		DESTINATARIO		D A T I		RISCONTRO		CRC
--------	--	-----------	--	----------	--	--------------	--	---------	--	-----------	--	-----

Poniamo che una stazione appositamente adibita (master o programmata allo scopo) sia in grado di generare ed inviare (ed eventualmente rimuovere) in rete gli Slot opportunamente configurati inizialmente.

Una configurazione iniziale potrebbe pensarsi come uno Slot in cui i vari campi possano considerarsi "vuoti" o "non significativi", ad eccezione del campo INIZIO (con ovvio significato) e del campo CONTROLLO, codificato (tramite un bit di flag o opportune configurazioni) in modo tale da rappresentare lo stato di Slot libero.

Quando un terminale che vuole trasmettere vede transitare per la sua unità di interfaccia di linea uno Slot libero, riempie i campi MITTENTE, DESTINATARIO, DATI con le relative informazioni e resetta il campo CONTROLLO al codice di Slot occupato, viene quindi calcolato e memorizzato il CRC e lo Slot così impostato viene trasmesso in rete al destinatario.

Se lo Slot risulta invece occupato, il terminale analizza il campo DESTINATARIO.

Se il terminale non è il destinatario allora lo Slot viene lasciato circolare nella rete.

Se il terminale è il destinatario allora vengono acquisite le informazioni e viene verificato il CRC, rimettendo in linea lo Slot col campo RISCONTRO settato in modo da codificare se si è verificato o no un errore in trasmissione.

La stazione mittente, all'arrivo dello Slot, controlla il campo RISCONTRO.

Se il riscontro è positivo allora il campo CONTROLLO viene settato al codice di Slot libero e lo Slot viene rimesso in circolazione come "vuoto".

Se il riscontro è negativo allora il campo CONTROLLO viene settato al codice di Slot occupato e lo Slot viene ritrasmesso.

Con questa tecnica (dovendo la stazione trasmittente rimettere in linea come "vuoti" gli Slot trasmessi correttamente) si evita la monopolizzazione degli Slot liberi da parte di un terminale (in caso di "loop" di uno stesso Slot si dovranno intraprendere apposite azioni).

Inoltre, note le dimensioni della rete (in genere ad anello) e la velocità di trasmissione, sarà possibile determinare, in dipendenza del volume medio di traffico di rete, il numero di Slot in circolazione, quindi i tempi medi di consegna dei messaggi trasmessi.

Protocolli a Token

Un Token è una (piccola) struttura informativa costituita da campi di configurazioni binarie impiegati per funzioni di controllo, in particolare per abilitare a trasmettere (un Token non contiene dati e solo chi ne è possessore in un dato momento è abilitato a trasmettere).

Poniamo che una stazione appositamente adibita (master o programmata allo scopo) sia in grado di generare ed inviare in rete circolarmente di stazione in stazione un Token opportunamente inizializzato.

Quando una stazione che vuole trasmettere vede transitare per la sua unità di interfaccia di linea il Token codificato come libero essa lo rimuove dalla linea, lo codifica come "annullato" e lo rimette in linea seguito dal messaggio (Frame costituito da dati, indirizzi mittente/destinazione, checksum ed altri possibili campi di controllo).

Il Token così riconfigurato e circolante viene a costituire proprio il flag di inizio trasmissione, impedendo alle stazioni a valle di trasmettere (esse infatti non vedranno più il segnale di abilitazione ma l'inizio di un messaggio e non potranno prelevare il Token dalla linea in quanto "inesistente" in dette circostanze).

In ricezione, la stazione indirizzata setta il flag di controllo CRC nell'apposito campo di controllo del Frame, campo che sarà poi testato dalla stazione trasmittente allo scopo di attivare le opportune funzioni di ritrasmissione (in caso di errore) o di rimozione del pacchetto dalla linea e rilascio del Token come libero.

Onde impedire la monopolizzazione della linea da parte di una stazione, viene implementata una funzione di Time Out (in genere sulle interfacce di linea dei singoli terminali): se una stazione mantiene il controllo della linea per una durata superiore al quanto di tempo stabilito tale funzione fa sì che questa rilasci il Token (codificato come libero), anche se non tutti i Frame sono stati trasferiti.

Con questa tecnica, il tempo max tra due accessi successivi ad una rete composta di n stazioni, con durata di Time Out pari a Q e tempo di propagazione in rete pari a Tp è, per ogni stazione, dato da:

$$T_{max} = n \cdot Q + T_p$$

In una rete adottante tale protocollo (in genere ad anello) le prestazioni saranno notevolmente influenzate sia dalla stazione adibita a Master (corretto invio/rimozione del Token ad ogni giro) che dalle stazioni satelliti (rilancio del Token per non escludere le stazioni a valle), per cui vengono previsti dei meccanismi di autoesclusione delle stazioni malfunzionanti.

Si ottengono invece dei vantaggi, in termini di estensione geografica della rete, dalla possibilità di poter riamplicare il segnale nelle varie stazioni.

Qualora i messaggi siano trasferiti con modalità parzialmente diffusiva, ogni nodo dovrà memorizzare il messaggio entrante (fino al campo codificante l'indirizzo di destinazione) prima di deciderne la eventuale ritrasmissione; in tal caso, il nodo emittente dovrà rilasciare il Token subito dopo la fine dell'emissione del messaggio, lasciando aperta così la possibilità che in rete circolino contemporaneamente più messaggi, unitamente ad un Token o ad un messaggio in fase di emissione.

Protocolli Daisy chain

Questi protocolli utilizzano la logica di assegnazione basata sul daisy chain: le stazioni della rete sono tutte collegate ad una linea di controllo, o di priorità, che deve essere testata prima di poter avere l'accesso al canale.

La priorità tra le stazioni è determinata dalla loro disposizione fisica rispetto al verso di collegamento della linea di priorità.

Protocolli Round Robin

Sono previsti 3 stati per ogni terminale:

- Libero: il terminale non ha messaggi nella coda di trasmissione;
- Attivo: il terminale deve trasmettere;
- Attesa: il terminale ha effettuato trasmissioni in numero superiore a quello di alcuni altri terminali attivi.

L'asse dei tempi viene suddiviso in turni (rounds), all'inizio di ciascun turno ogni terminale assume lo stato di libero o di attivo.

Per motivi di equidistribuzione della banda tra i terminali attivi (per quanto possibile) il terminale che ha trasmesso per primo viene posto nello stato di attesa e vi permane fino a quando tutti i restanti non assumono lo stesso stato (fine del round).

Le operazioni che si svolgono entro un round da parte di un terminale attivo sono le seguenti:

1. attesa di fine trasmissione attualmente in corso sul canale di ricezione;
2. trasmissione di un opportuno segnale di prenotazione ed ascolto del canale di trasmissione per un intervallo pari al tempo T_p di propagazione sull'intero bus;
3. trasmissione del messaggio e passaggio nello stato di attesa se il canale di trasmissione risulta libero per tutta la durata del tempo di ascolto, ritorno al punto 1. in caso contrario;
4. passaggio dallo stato di attesa a quello di attivo nel caso di rilevamento di libero del canale di ricezione per un tempo almeno pari a T_p ;
5. inizio della procedura di accesso direttamente dal punto 2. qualora il canale rimanga libero per un tempo superiore a T_p .

CSMA - Carrier Sense Multiple Access

Il protocollo CSMA (accesso multiplo con rilevamento di portante) assegna il canale previa verifica del suo stato (ascolto o audizione del canale): qualora il canale sia occupato (presenza di un segnale, cioè di una trasmissione in corso) la stazione richiedente non inizia la trasmissione ma procede secondo un *Algoritmo di Persistenza*.

Si hanno 3 tipi di algoritmi di persistenza, quindi 3 protocolli CSMA:

- * **CSMA NON-PERSISTENTE**
- * **CSMA 1-PERSISTENTE**
- * **CSMA P-PERSISTENTE**

I protocolli CSMA possono essere realizzati in versione slotted o senza intervalli temporali, per LAN BAB o per LAN BRB.

CSMA non-persistente

La stazione che vuole assegnato il canale prima di iniziare a trasmettere verifica il suo stato: se il canale è libero inizia la trasmissione altrimenti aspetta un intervallo di tempo aleatorio e poi ripete l'algoritmo.

CSMA 1-persistente

La stazione che vuole trasmettere prima di iniziare a farlo ascolta il canale: se esso risulta libero allora inizia la trasmissione altrimenti aspetta finchè il canale non si libera, iniziando la trasmissione appena ciò accade (l'ascolto è protratto fino alla liberazione del canale e la stazione trasmette con probabilità 1 ogni volta che il canale è libero).

Se la stazione rivela una collisione allora la trasmissione viene ritentata dopo un intervallo di tempo casuale.

Una collisione potrà avvenire se una stazione A sta trasmettendo ed un'altra stazione B pronta a trasmettere ascolta il canale prima che il segnale emesso da A la raggiunga: credendo il canale libero B inizierà a trasmettere provocando la collisione.

È evidente che tale fenomeno sarà tanto più limitato quanto minore sarà il ritardo di propagazione dei segnali lungo il canale.

Con questo protocollo sono però possibili collisioni anche ipotizzando un ritardo di propagazione nullo: infatti se 2 (o più) stazioni diventano pronte a trasmettere mentre il canale è occupato esse inizieranno a trasmettere simultaneamente non appena il canale si libera.

CSMA p-persistente

Questo protocollo si applica ai canali *slotted* e funziona in questo modo: l'ascolto del canale da parte di una stazione divenuta pronta a trasmettere è protratto per slot temporali finché il canale non risulta libero dopodiché, in tale istante, con probabilità **p** la stazione trasmette (comportamento come nel caso 1-persistente) e con probabilità **q=1-p** la stazione attende lo slot successivo (comportamento come nel caso non-persistente) per rieseguire l'algoritmo (ascolto se il canale è occupato, trasmissione o attesa con probabilità risp. P e q se esso è libero).

Il protocollo CSMA/CA non verrà esaminato in quanto oramai superato dal protocollo CSMA/CD (trattato di seguito), ampiamente utilizzato in molte LAN.

Per l'analisi delle prestazioni dei vari protocolli della famiglia CSMA (CSMA/CD incluso), allo scopo di ottenere valutazioni e confronti circa l'utilizzazione del canale in funzione del carico, risultano importanti diversi fattori, quali p.es. i seguenti:

- l'intervallo di tempo max entro il quale un messaggio può subire una collisione;
- il tempo di propagazione di un segnale da un capo all'altro della linea (Tempo di Vulnerabilità);
- la probabilità p di trasmissione;
- la durata dell'intervallo temporale (slot);
- i tassi di attività, inattività e contesa delle stazioni.

Alcune considerazioni saranno svolte in aula.

CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection

Il protocollo CSMA/CD (CSMA con rivelazione della collisione) può essere realizzato in versione *slotted* o senza intervalli temporali, sia in BAB che in BRB. Tale protocollo può adottare algoritmi di persistenza analoghi a quelli del CSMA ed una sua versione costituisce lo standard internazionale IEEE 802.3 (LAN Ethernet).

Il protocollo può essere descritto dai seguenti passi.

1. La stazione che vuole trasmettere ascolta il canale;
2. Se il canale risulta occupato viene iterato il punto 1.;
3. Se il canale risulta libero allora la stazione inizia a trasmettere il suo Frame;
4. Durante la trasmissione, a partire dal primo bit emesso ed in successione, la stazione trasmittente rimane in ascolto del canale ed effettua un confronto del segnale emesso con quello rilevato dalla linea;
5. Se viene rilevata una differenza tra i 2 segnali allora significa che si è generata una collisione (effetto dei disturbi sul segnale trasmesso dovuti alla sovrapposizione con un altro segnale), in tal caso la trasmissione è subito interrotta, la linea è rilasciata e la trasmissione del Frame è differita nel tempo, calcolando un apposito intervallo sulla base di criteri di minimizzazione della probabilità di rinnovamento dell'evento di collisione e ripartendo dal punto 1.;
6. Se per tutto il periodo di trasmissione del Frame non vengono rivelate collisioni allora significa che la trasmissione ha avuto esito positivo e dopo tale periodo si rilascia il canale.

Il protocollo CSMA/CD garantisce una maggiore efficienza rispetto agli altri della famiglia CSMA, esso infatti consente alla stazione trasmittente di riconoscere in modo immediato, durante l'emissione del messaggio, il verificarsi di una collisione, situazione in cui (Frame danneggiato) l'emissione viene subito interrotta, con conseguente risparmio in termini di tempo e di larghezza di banda.

La rivelazione delle collisioni è un processo analogico basato su un hardware (*collision detector*) della stazione il quale deve ascoltare il canale mentre sta trasmettendo, confrontando ciò che si sta trasmettendo con ciò che viene riletto sulla linea.

Ciò implica che la codifica del segnale deve consentire la rivelazione delle collisioni, a tale scopo viene comunemente impiegata la codifica *Manchester*.

PABX - Private Automatic Branch eXchange

Il PABX (CENTRALE DI COMMUTAZIONE AUTOMATICA DI MESSAGGI PRIVATI) rappresenta l'evoluzione delle centraline di commutazione telefonica (PBX) verso l'integrazione fonìa-dati, il PABX infatti è costituito da unità di commutazione ed unità di governo a programma (registrato o residente) ed è in grado di tradurre e commutare diversi tipi di input in digitale (ISDN), per tale motivo esso è anche denominato **CBX** (*Computerized Branch eXchange*).

La slide [Reti09](#) riporta uno schema a blocchi di PABX ed alcune illustrazioni esemplificanti le due tecniche di commutazione generalmente impiegate in tali sistemi:

- Commutazione a punto d'incrocio (commutazione di circuito);
- Commutazione TDM (commutazione a divisione di tempo).

L'unità di commutazione prevede la possibilità di inserire moduli adibiti per interfacciare dispositivi di vario tipo (per fonìa e dati), l'unità di controllo è in pratica un computer che assolve alle funzioni di governo del sistema, mentre l'unità di servizio espleta funzioni di supporto e ausiliarie per l'unità di controllo.

I diversi segnali di input, dopo opportuni trattamenti (in funzione della loro natura) e l'espletamento delle funzioni di commutazione, vengono coinvogliati in output sulla rete ISDN. Le operazioni avvengono in modo automatico ed in tempi dell'ordine dei microsecondi.

La commutazione a punto d'incrocio implementa la commutazione di circuito; il problema principale di tale tecnica è la complessità (o la pratica irrealizzabilità) del meccanismo di commutazione al crescere delle linee (FDX): occorrerebbero infatti chip con un numero troppo elevato di pin e di interconnessioni (le quali crescono in ragione quadratica rispetto alle linee) se il numero delle linee da gestire diventasse elevato.

La commutazione TDM è invece senza connessione: le n linee di input sono scandite in sequenza sulla base di n slot temporali, generando frame di input ciascuno costituito di k bit (tipicamente ISDN prevede $K=8$, 8000 frame/sec, tecnica PCM). Gli slot temporali sono elaborati e riordinati dallo Scambiatore di Slot Temporali, il quale genera frame di output.

In entrambi i casi sono possibili soluzioni per gestire più linee progettando commutatori multistadio (o multistrato) sezionando ed interconnettendo opportunamente il commutatore.

I PABX consentono di gestire, a seconda del tipo, dalle decine alle centinaia ed anche migliaia di utenti; è inoltre possibile realizzare reti di PABX.

L'ultima generazione di PABX fornisce una nutrita serie di funzionalità miste e di possibili interconnessioni tali da aprire un dibattito serrato circa le migliori soluzioni da adottare per le reti in area locale (LAN o PABX?).

I servizi offerti dal PABX, sia tipicamente telefonici che di automazione, sono di seguito elencati.

Servizi tipicamente Telefonici

- Accesso all'operatore
- Attesa comandata
- Vari tipi di chiamata (diretta, in attesa, celere, differenziata, privilegiata, a gruppi)
- Classificazione dei derivati
- Conferenza
- Conteggio
- Controllo della teleselezione
- Dettatura centralizzata
- Deviazione delle chiamate
- Documentazione di addebiti
- Servizio di emergenza
- Fonia su attesa
- Inclusione da operatore e da utente
- Vari tipi di inoltro delle chiamate (normale, a catena, automatico)
- Numerazione flessibile
- Prenotazione automatica
- Ricerca persone
- Vari tipi di richiamata (normale, interna, da operatore)
- Rinvio
- Risposta per assente
- Ritorno al capolinea
- Vari tipi di selezione (abbreviata, a tastiera DTMF, passante)
- Servizio notte e servizio ronda
- Sveglia automatica
- Traffico di giunzione interno ed esterno
- Trasferta.

Servizi di Automazione

- Documentazione addebiti
- Controllo presenze
- Controllo accessi aree riservate
- Controllo stato contatti
- Telecontrolli
- Controlli tecnologici
- Addebito (mensa, bar)
- Posta elettronica
- Gestione archivi
- Teletext
- Videotex
- Facsimile
- Conversione di protocollo e cifratura
- Memorizzazione ed inoltro della voce.

WAN – WIDE AREA NETWORK

Le WAN sono reti di tipo punto-punto caratterizzate dai seguenti aspetti generali:

- * **Estensione:** dalle decine di Km alle distanze intercontinentali;
- * **Mezzi di Comunicazione:** generalmente pubblici o di grandi organizzazioni (sottorete) e privati (hosts e terminali);
- * **Canale fisico** (insieme di linee e nodi di commutazione; doppino, cavo, fibra ottica, satellite):
 - Collegamenti punto-punto;
 - Collegamenti multipunto (connessioni diffuse o a bus);
 - A non elevate prestazioni (velocità 1Mbps) e non basso tasso di errore (10^{-5} e 10^{-6});
- * **Assegnazione del Canale:** multiplazione di circuito, messaggio, pacchetto (caso più tipico);
- * **Messaggi:** sono strutturati in pacchetti ed il loro trasferimento è di tipo diffusivo;
- * **Tecnica trasmissiva:** può essere sia BAB che BRB;
- * **Topologie di Rete:** stella, anello, maglia, albero, mista;
- * **Architetture di Rete:** accentrata o distribuita.

Nei collegamenti punto-punto i nodi sono interconnessi a coppie tramite canali bidirezionali (collegamento fisico diretto). Qualora 2 nodi non siano direttamente connessi, si può avere una loro connessione logica interponendo tra essi un nodo di transito. Le connessioni punto-punto costituiscono la soluzione più tipica per le WAN.

Nelle connessioni diffuse i nodi s'affacciano su una comune struttura di comunicazione, assegnabile solo ad una coppia di stazioni per volta (trasmittente/ricevente). Le connessioni diffuse sono essenzialmente impiegate per le comunicazioni via satellite.

Le reti ad estensione geografica sono reti i cui aspetti architettureali, tecnici e topologici sono spesso complessi e diversificati, saranno quindi approfondite alcune nozioni sulla *internetwork* per eccellenza, che è Internet, nell'apposita dispensa [Internet](#).

Una prima esemplificazione di rete ad estensione geografica la si è già vista nella slide [Reti01](#).

Una panoramica su diversi aspetti concernenti le reti geografiche (topologie, commutazione, linee...) è stata già fornita all'inizio di questo paragrafo, ulteriori discussioni saranno sviluppate in aula.

Si parla di *Reti Chiuse* o "passive" con riferimento a reti in cui il trasferimento dati è limitato ai soli nodi della singola organizzazione, altrimenti si parla di *Reti Aperte* o "attive".

La rete Telefonica e quella Telex, pur se utilizzate per applicazioni telematiche (nelle dovute maniere), non sono da considerarsi vere e proprie reti telematiche, in quanto, di per sè, tali reti non sono in grado di garantire il livello di prestazioni e la qualità richiesta nelle TD.

Esistono diverse reti geografiche, pubbliche e private, nazionali ed internazionali, che offrono, a vari livelli, diversi servizi e prestazioni.

Un elenco delle principali reti geografiche è riportato in [Appendice](#).

APPENDICE

Principali Reti ad Estensione Geografica (WAN)

ADP	Automatic Data Processing Network Services	USA	PSN	
ARPA	Advanced Research Projects Agency	USA	PSN	Privata
AS.PRESS	(Associated Press)	USA-UK		
CDN	Collegamenti Diretti Numerici	INT	TD	
DATAPAC		CAN	PSN	Pubblica
DIALOG		USA		(B.Dati)
EARN	European Academic & Research Network			
EIN	European Information Network	CEE	PSN	Privata
EPSS	Experimental Packet Switched Service	UK	PSN	
EURONET	EUROpean on-line information NETwork	CEE	PSN	Pubblica
INFONET		USA		
ITAPAC	Rete Pubblica Italiana Packet Switching	ITA	PSN	Pubblica
MARK III	(GEIS-General Electric Inf. Services)	USA	PSN	
PROTEO	(Italtel)	ITA	ISDN	
RFD	Rete Fonia-Dati	ITA	CSN	Pubblica
SDC	System Development Corporation	USA		(B.Dati)
SITA	Soc. Internaz. Telecom. Aeronautiche	INT	PSN	Chiusa
SWIFT		BEL	PSN	Chiusa
TELENET	(GTE)	USA	PSN	Pubblica
TRANSPAC		FR	PSN	Privata

Principali Reti in Area Locale (LAN)

ETHERNET	Xerox/Digital/Intel
FORDNET	Ford Aerospace and Communication Corporation
HYPERBUS	Network System Corporation
LANLINK	Software Link Inc.
MITRENET	Mitre Corporation
NBSNET	National Bureau of Standard
OLINET	Olivetti
PCNETWORK	IBM
SINEC L1	Siemens (per PLC)
TIWAY I	Texas Instruments (per PLC)