

## CAPITOLO QUINTO

# RETI PER TRASMISSIONE DATI

### 1. Generalità

Una rete per trasmissione dati è costituita da un insieme di supporti hardware e software per il collegamento di due o più terminali di elaborazione dati.

La necessità di trasferire informazioni da un terminale remoto ad un altro o nella memoria centrale di un sistema di elaborazione dati ha portato alla progettazione ed allo sviluppo di tecniche hardware, alla messa a punto di protocolli di comunicazione, alla comparsa di software applicativo ed all'uso di supporti in parte già esistenti, per il trasferimento fisico delle informazioni.

Il panorama attuale annovera la costituzione di reti :

- locali
- metropolitane
- geografiche

Le prime sono costituite da un limitato numero di computer collegati tra loro nell'ambito di una stanza, di un edificio, o, al massimo, di computer distanti tra loro qualche decina di chilometri.

Le reti geografiche, invece, interconnettono sistemi distanti tra loro anche migliaia di chilometri.

Le reti metropolitane hanno un ambito cittadino.

Negli ultimi anni si è sviluppato in tutto il mondo una tecnica che consente di collegare tra loro reti locali, reti geografiche, singoli terminali anche eterogenei tra loro circa l'ambiente di sviluppo in cui operano.

Si è originata, così, una rete gigantesca costituita dall'insieme di una miriade di reti, sia geografiche che locali, sia grandi che piccole : è la Rete delle reti nota col nome di **Internet**.

Nei paragrafi successivi si svilupperanno i concetti relativi alle reti locali e geografiche con riferimento alle varie tipologie, ai protocolli di comunicazioni ed ai servizi offerti.

### 2. Reti locali

Le reti locali, note col termine **LAN** (Local Area Network), sono reti private ad alta velocità di piccole estensioni utilizzate per la trasmissione dei dati tra due o più apparati che, generalmente, sono computers localizzati in un'area limitata: computers presenti in un laboratorio, in stanze diverse di un edificio, in edifici diversi ma distanti

tra loro non più di qualche decina di chilometri. La velocità di trasmissione dei dati può superare i 100Mbit/sec. con basso tasso di errore:  $10^{-8}$  -  $10^{-9}$ .

Poiché le LAN sono reti chiuse e limitate non necessitano di specifiche richieste di standardizzazione. Per questo motivo i relativi protocolli di comunicazione sono numerosi e assai diversi tra loro, la rete è facilmente riconfigurabile alla luce di nuove esigenze aziendali, le prestazioni generali sono molte buone poiché le linee hanno un trascurabile tasso di rumore e di distorsione : queste due ultime condizioni consentono trasmissioni veloci, affidabili e non ritardate da pesanti algoritmi di controllo, correzione e ritrasmissione dei dati.

L'architettura di una rete locale è costituita da un insieme di **nodi** collegati tra di loro attraverso i **rami**.

Il nodo, punto della rete dove risiedono le risorse che si intendono condividere, può essere un punto terminale di un ramo della rete o un punto di congiunzione in cui confluiscono due o più rami. Le risorse in questione sono : elaboratori, periferiche e sensori.

Il ramo rappresenta il canale di comunicazione che collega due nodi.

Il canale di comunicazione si avvale di mezzi trasmissivi in cavo o ad onde elettromagnetiche.

I mezzi trasmissivi in cavo utilizzati sono:

- *doppino intrecciato*; è un mezzo economico; se non è schermato presenta una certa sensibilità ai disturbi elettromagnetici, consente notevoli velocità di trasmissione per distanze fino a qualche centinaio di metri.
- *cavo coassiale*; per la sua elevata larghezza di banda consente elevate velocità per distanze di diversi chilometri.
- *fibra ottica*; presenta una totale immunità al rumore elettromagnetico e consente velocità di trasmissione fino a 12000Mbit/sec. avendo una larghezza di banda oltre 10GHz.

L'informazione può essere modulata in **banda base** o a **larga banda**.

Nel primo caso i dati sono trasmessi in linea senza subire alcun processo di modulazione.

In realtà essi vengono trasformati col codice Manchester<sup>1</sup>.

Nel secondo caso il segnale in banda base è modulato su una portante ad alta frequenza e poi viene trasmesso. Ciò consente di realizzare contemporaneamente più trasmissioni su uno stesso mezzo di comunicazione.

I mezzi trasmissivi che sfruttano l'etere per il trasporto delle informazioni si dividono a:

- radiofrequenza (ponti radio e satelliti);
- a infrarossi.

Le reti che utilizzano l'etere sono definite **senza fili** (wireless).

La scelta del mezzo fisico di collegamento dipende dalla distanza dei nodi da collegare, dalla velocità di funzionamento desiderata, dalla affidabilità della trasmissione e dai costi di installazione che si è disposti a sopportare.

Un altro problema che una rete locale deve poter risolvere è la diversità degli ambienti operativi dei singoli nodi : DOS, Windows, UNIX, ecc.

---

<sup>1</sup> Codice bipolare che evita lunghe sequenze di 0 o di 1.

## 2.1 Topologia delle reti locali

Le strutture delle reti sono riconducibili a tre tipiche configurazioni fondamentali che sono:

- rete a stella;
- rete ad anello;
- rete a bus.

Per ciascuna di esse è possibile scegliere il mezzo trasmissivo da utilizzare, la tecnica di modulazione, il metodo di accesso alla rete ed il relativo tipo di controllo.

### 2.1.1. Rete a stella

Nella rete a stella si individua un nodo centrale a cui sono collegati gli altri nodi attraverso trasmissioni bidirezionali. In fig.1 si mostra una tipica configurazione di rete LAN a stella.

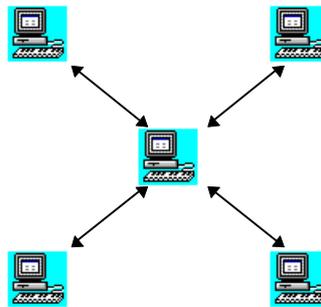


Fig.1 Rete locale a stella.

Questo tipo di collegamento presenta il vantaggio di un basso costo, facilità di espansione ed agevole manutenzione. Presenta lo svantaggio di realizzare l'intero transito delle informazioni attraverso il Master (nodo centrale) per cui, in caso di avaria di quest'ultimo, l'intera rete risulta paralizzata. Un altro svantaggio consiste nell'elevato numero di linee di collegamento.

Nelle reti a stella il controllo delle comunicazioni può essere assegnato al Master, ad un nodo periferico (Slave) oppure può essere suddiviso fra tutti i nodi periferici.

Nel primo caso tutte le informazioni passano attraverso il Master che ha anche il compito di smistarle ai nodi periferici stabiliti. Gli Slaves non hanno alcun compito di controllo.

Un vantaggio di tale tecnica risiede nella semplificazione delle operazioni di instradamento dei dati tra i vari nodi soprattutto quando la maggior parte del traffico coinvolge il Master.

Negli altri due tipi di controllo il flusso dei dati viaggia sempre attraverso il Master il quale si limita solamente a consultare la connessione da realizzare tra i nodi.

### 2.1.2. Rete ad anello

Nella rete ad anello ogni nodo risulta connesso ai due nodi adiacenti da rami con collegamento punto-punto unidirezionale. La struttura realizza un percorso chiuso come si mostra in fig.2.

Ciascun nodo deve essere in grado, attraverso il confronto del proprio indirizzo con quello associato al flusso dei dati, di riconoscere se il messaggio che transita in rete è ad esso destinato. In caso contrario il nodo ritrasmette il messaggio al nodo adiacente.

I vantaggi presentati da questo tipo di rete derivano dal fatto che ogni nodo rigenera elettricamente il segnale ricevuto: ciò consente di realizzare reti di lunghezze più elevate rispetto alle altre; un altro vantaggio consiste nella semplificata procedura di instradamento in quanto il messaggio ricevuto deve essere inviato ad un solo nodo : quello adiacente.

Fra gli svantaggi annoveriamo la possibilità di paralisi della rete derivante da un guasto ad un nodo o alla linea. Per ovviare a tale inconveniente si impiegano reti ad anello bidirezionali per cui, in caso di guasto sulla rete o in un nodo, i dati possono transitare dal trasmettitore al ricevitore seguendo l'altro percorso.

La relativa lentezza nella trasmissione dipende dal numero di nodi costituenti la rete: infatti ogni nodo deve leggere e poi trasmettere al nodo successivo le informazioni che viaggiano in linea.

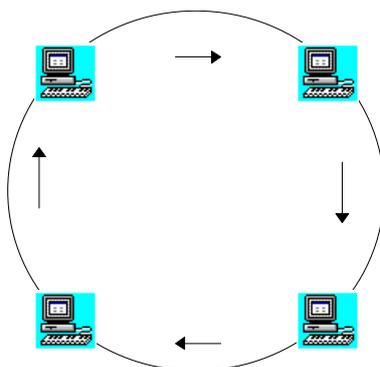


Fig.2 Rete locale ad anello.

Il controllo delle rete può essere di tipo *concentrato* o *distribuito*.

Nel primo caso un nodo si comporta da Master col compito di controllare l'accesso alla rete e gestire le attività di comunicazione degli altri nodi.

Nel caso di controllo distribuito ogni nodo ha un ruolo paritario per cui può comunicare con un altro nodo assumendo in proprio l'iniziativa. Per evitare conflitti dovuti alla richiesta simultanea della rete da parte di due o più nodi si utilizza la tecnica *Token-ring* per il controllo dell'accesso alla rete.

La tecnica consiste nel far circolare nella rete una particolare stringa binaria, denominata **token** (gettone). Il nodo in attesa di trasmissione che riceve il token ha il consenso all'utilizzo della rete. Alla fine della trasmissione il nodo cede il token a quello successivo. Se il nodo non deve trasmettere alcun dato, legge il token e lo rispedisce immediatamente a quello adiacente.

### 2.1.3. Rete a BUS

Una rete a BUS è costituita da un'unica linea multipunto a cui risultano collegati tutti i nodi della rete come si mostra in fig.3. Le estremità del bus vanno chiuse con resistenze di terminazione.

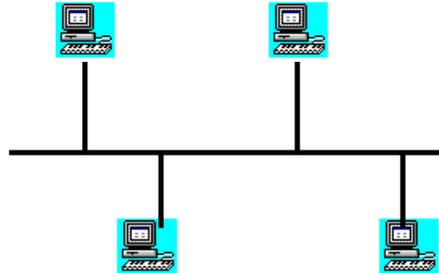


Fig.3 Rete locale a BUS.

È una configurazione concettualmente molto semplice, di facile espansione e caratterizzata da buona affidabilità e flessibilità.

I dati trasmessi da un generico nodo vengono immessi sul BUS e letti da tutti gli altri nodi. Essi saranno acquisiti solo dal nodo destinatario il quale confronta il suo indirizzo con quello associato al messaggio in transito.

Rispetto alle reti ad anello presentano il vantaggio di essere relativamente economiche e non prevedono la ritrasmissione dei dati; ciò comporta una maggior velocità di funzionamento.

Un altro vantaggio consiste nella immunità a situazioni critiche: se un nodo va in avaria la rete continua a funzionare correttamente con la sola esclusione, ovviamente, del nodo guasto.

Uno svantaggio di questa configurazione è la ridotta lunghezza della rete poiché non è possibile, a differenza della rete ad anello, rigenerare il segnale.

Esiste un'altra topologia, molto impiegata, che utilizza sia quella a stella che a bus; essa viene definita *rete mista*. Al bus principale, denominato *dorsale*, sono collegate delle bretelle ognuna delle quali porta al centro di una sotto-rete locale a stella come si mostra in fig.4. Il centro stella è un dispositivo concentratore (HUB) che ha il compito di dirigere il traffico di rete e di individuare eventuali problemi. Un concentratore può controllare un numero limitato di nodi (8-12). Per la gestione di una stella con un numero più elevato di nodi si utilizza uno chassis nel quale si sistemano due o più HUB.

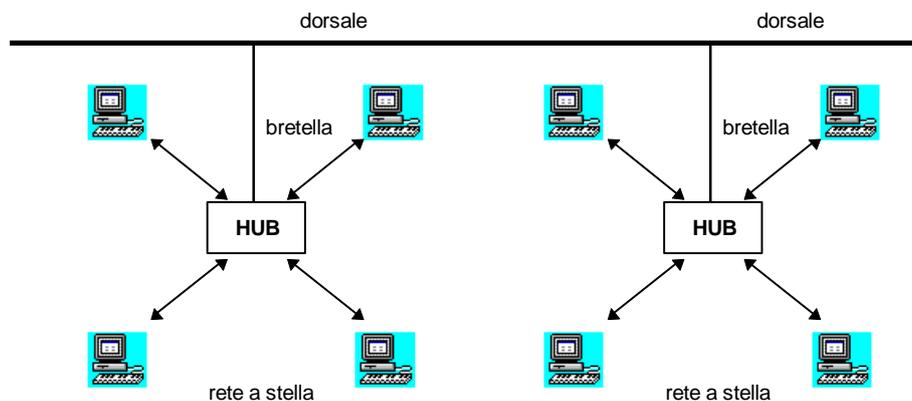


Fig.4 Rete locale mista.

## 2.2. Tecniche di accesso alla rete

Le tecniche di accesso descrivono le modalità con le quali i nodi terminali utilizzano il mezzo trasmissivo al fine di realizzare una corretta trasmissione delle informazioni. Esse si possono suddividere in due grandi categorie:

- accesso a contesa;
- accesso a domanda.

La prima tecnica è di tipo casuale e consente a ciascun nodo, in modo asincrono, di iniziare la trasmissione.

La tecnica di accesso a domanda cede ad un nodo il diritto di trasmettere sulla rete in determinati periodi di tempo.

### 2.2.1. Tecniche di accesso a contesa

Le tecniche di accesso a contesa sono utilizzate nelle reti locali a BUS e a stella in cui i vari nodi condividono lo stesso mezzo fisico con modalità asincrona. Ciò determina una elevata probabilità di conflittualità che è possibile evitare introducendo opportuni controlli sull'accesso alla rete.

#### **Tecnica CSMA** (Carrier Sense Multiple Access)

La tecnica CSMA (accesso multiplo a rilevazione di portante) è una tecnica che consiste nell'*ascolto* del canale prima di passare alla trasmissione dei dati.

Se il canale è libero si procede alla trasmissione dei dati senza più preoccuparsi del controllo del canale.

Se il canale è occupato sono possibili due attività:

- aspettare che il canale si liberi prima di trasmettere;
- riascoltare il canale dopo un dato tempo di ritardo.

Questa tecnica non elimina del tutto la possibilità di collisione perché potrebbe verificarsi il caso in cui due o più nodi, trovando il canale libero, inizino contemporaneamente la trasmissione generando, così, la collisione dei dati. I nodi ricevitori si possono trovare davanti a due casi: ricevono il pacchetto di dati con errori o non ricevono affatto alcun dato. Nel primo caso rispondono con un messaggio di non riconoscimento (NAK), nel secondo caso non rispondono affatto. Il trasmettitore, in entrambi i casi, non ha ricevuto in risposta la conferma ACK della corretta ricezione dei dati da parte del ricevitore ed è costretto, quindi, a ritrasmettere il pacchetto con inevitabile rallentamento della velocità di trasmissione.

L'aumento del numero dei nodi peggiora la situazione poiché aumenta la probabilità di collisione. Per risolvere, almeno in parte, il problema della collisione sono state introdotte delle varianti una delle quali è di seguito descritta.

#### **Tecnica CSMA/CD** (Collision Detection)

Questa tecnica differisce dalla precedente durante la trasmissione dei dati ; infatti nella tecnica precedente il nodo inizia la trasmissione se rileva il canale libero e non si cura più dell'ascolto del canale. Nella tecnica CSMA/CD il nodo continua l'ascolto del canale anche a trasmissione avviata : in caso di collisione la comunicazione in corso viene sospesa e si ripete la procedura di inizio trasmissione dopo un intervallo di tempo casuale  $T_0$ . In questo modo difficilmente i due nodi potranno rientrare in conflitto. Questo metodo consente di ridurre fortemente la possibilità di collisione rendendo, così, la trasmissione più efficiente.

Si mostra in fig.5 il flow-chart della tecnica di accesso alla rete CSMA/CD attivato da un nodo. Si osservi che la totalità delle informazioni da trasmettere viene suddivisa in “pacchetti”, cioè in sottinsiemi di dati.

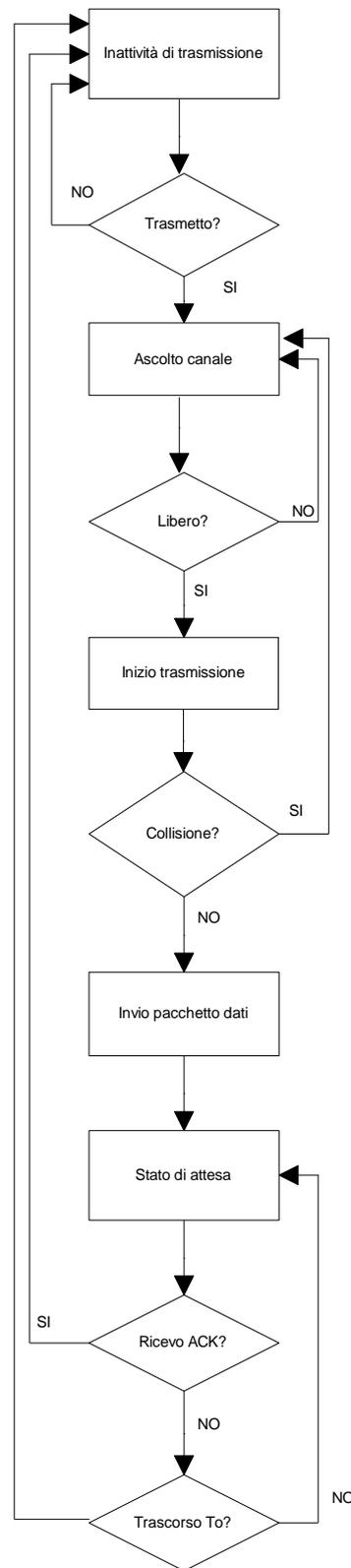


Fig.5 Flow-chart relativo alla tecnica di accesso CSMA/CD.

### 2.2.2. Tecniche di accesso a domanda

Le tecniche di accesso a domanda sono utilizzate nelle reti locali ad anello e a stella. Esse consistono nell'interrogazione ciclica dei nodi da parte di un Master oppure nell'inserire nella rete una stringa (token) che fornisce al nodo che la riceve il diritto all'accesso sulla rete.

Le reti che adottano queste tecniche di accesso non hanno il problema della contesa del mezzo trasmissivo e, di conseguenza, non sono soggette a collisioni.

#### **Tecnica di Polling/Selecting**

E' utilizzata nelle reti a stella e ad anello in cui un nodo svolge la funzione di Master.

Nella tecnica di polling il Master effettua una interrogazione ciclica ai nodi della rete : un nodo potrà trasmettere dati al Master solo quando quest'ultimo glielo consente.

Nella tecnica di selecting il Master chiede al nodo selezionato se è disposto a ricevere dati. In caso affermativo il Master trasmette i dati al nodo.

Le due tecniche non sono efficienti per due motivi:

- la comunicazione interessa un solo nodo;
- un nodo deve attendere necessariamente il proprio turno anche se deve trasmettere in rete con una certa urgenza.

#### **Tecnica Token-ring**

E' utilizzata nelle reti ad anello ed è in grado di stabilire l'ordine e il momento in cui un nodo può trasmettere le informazioni.

Il nodo Master trasmette in rete una particolare configurazione di bit noto col nome di **token** (gettone) che consente, a chi lo riceve, di avviare la trasmissione, ammesso che abbia qualcosa da trasmettere. Se il nodo che ha catturato il token non ha alcun dato da trasmettere, rimette in rete il token che giungerà al successivo nodo.

Il nodo che desidera trasmettere avvia la trasmissione subito dopo aver catturato il token. Il pacchetto in trasmissione si propaga di nodo in nodo fino al destinatario. Il nodo che in un dato istante riceve il pacchetto di dati, confronta il proprio indirizzo con quello inserito nel pacchetto: in caso di coincidenza acquisisce i dati, ne controlla la correttezza e, in caso affermativo, modifica alcuni bit di controllo e rimette i dati in rete. Se gli indirizzi non coincidono, il nodo, senza apportare alcuna modifica, immette il pacchetto in rete che sarà successivamente esaminato dal nodo successivo. Quando il pacchetto, completando l'anello, ritorna nuovamente al trasmettitore, quest'ultimo riconosce che è stato correttamente acquisito per cui lo rimuove dalla rete e successivamente immette in quest'ultima il token.

Il token, in questa tecnica, soddisfa alcune regole:

- è uno solo in tutta la rete;
- non può essere usato da un nodo due volte consecutivamente.

#### **Tecnica token-bus**

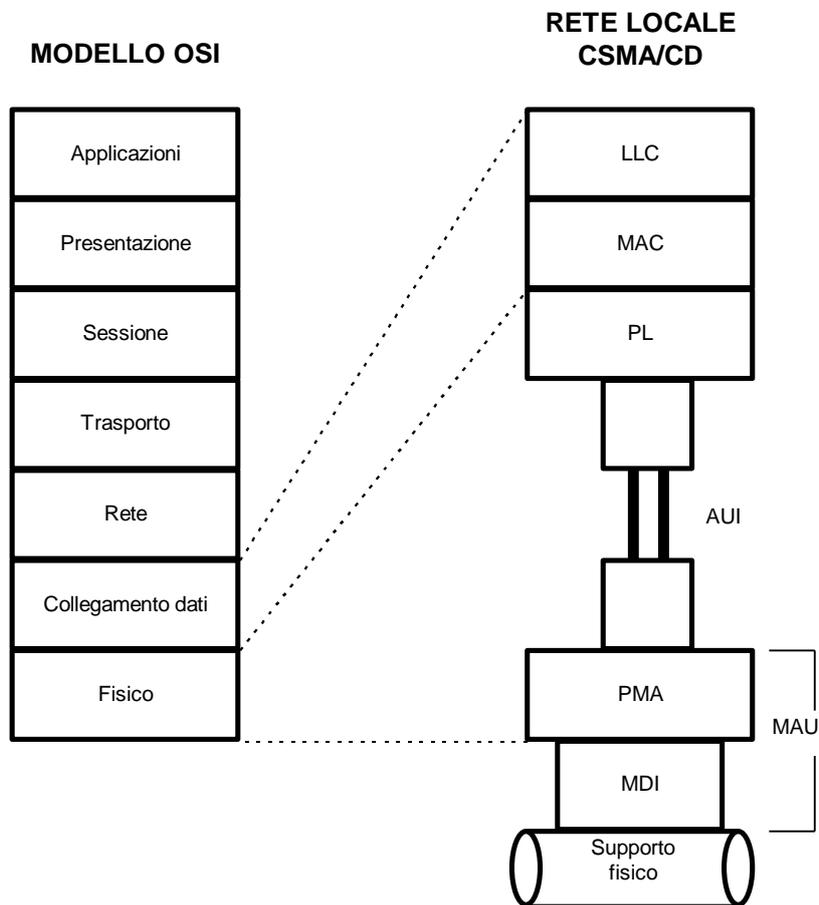
E' utilizzata da reti locali a BUS. Il token percorre un *anello logico* definito a priori : ogni nodo ha un proprio indirizzo e conosce l'indirizzo del nodo che lo precede e di quello che lo segue. In tal modo il token percorre un itinerario ben preciso.

### 2.3. Gli standard

I costruttori di apparati elettronici hanno da sempre rivolto la loro attenzione all'efficienza e all'ottimizzazione delle loro macchine piuttosto che alla possibilità della comunicazione tra macchine di ditte differenti.

L'incomunicabilità tra le macchine divenne, negli anni '70, un problema troppo serio che impediva il trasferimento automatico delle informazioni per cui nel 1980 l'*Organizzazione Internazionale per Standardizzazione (ISO)* formò un gruppo di studio col compito di formulare un modello di standardizzazione anche per le reti locali.

Fu proposto il modello OSI (Open System Interconnection), ripreso in altra parte del testo, composto di sette livelli, dal livello fisico a quello delle applicazioni. Ogni livello si avvale di regole e protocolli da rispettare e di relative interfacce, hardware o software, per comunicare con i livelli adiacenti. Le reti locali non utilizzano tutti e sette i livelli del modello OSI anche perché ciascun costruttore può impiegare protocolli diversi o far svolgere più funzioni ad uno stesso livello. Si riporta in fig.6 il confronto tra i 7 livelli del modello OSI con quelli della rete locale con accesso a contesa CSMA/CD.



**Fig.5 Confronto tra i livelli del modello ISO/OSI ed i livelli della rete locale CSMA/CD.**

**Legenda :**

- LLC : (Logical Link Control = Controllo del collegamento logico) ;
- MAC : (Media Access Control = Controllo dell'accesso ai supporti fisici) ;
- PL : (Physical Layer = Strato fisico) ;
- AUI : (Attachment Unit Interface = Interfaccia per unità di connessione) ;
- PMA : (Physical Medium Attachment = Connessione del supporto fisico) ;
- MDI : (Medium Dependent Interface = Interfaccia dipendente dal supporto fisico) ;
- MAU : (Medium Attachment Unit = Unità di connessione del supporto fisico).

Le normative sulle reti LAN sono curate, fin dal 1980, principalmente dall'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) che opera con sottocomitati che si interessano di :

- 802.1 : standard per il livello di rete (indirizzamento, individuazione del percorso e controllo della correttezza del flusso dei dati);
- 802.2 : standard per il protocollo Logical Link Control (LLC) comune;
- 802.3 : standard per LAN CSMA/CD;
- 802.4 : standard per LAN a BUS con Token-Passing;
- 802.5 : standard per LAN ad anello con Token-Ring;
- 802.6 : standard per MAN (Metropolitan Area Network);
- 802.7 : proposta tecnica broadband;
- 802.8 : proposta tecnica a fibre ottiche.

I vantaggi che si ottengono dall'utilizzo degli standard si manifestano nella possibilità di collegamento tra risorse informatiche differenti, possibilità di futura espansione del sistema, maggiore ventaglio di scelta dei dispositivi terminali.

#### 2.4. **Livello LLC**

Molte reti locali interfacciano il livello di rete proposto dall'OSI con il protocollo LLC. In particolare, gli standard dell'IEEE indicati in precedenza, suddividono il livello di collegamento dei dati nei sottolivelli LLC e MAC.

LLC controlla l'accesso al canale condiviso dagli elementi della rete, crea una struttura paritetica tra i vari nodi che rende la rete meno sensibile agli errori ed è indipendente dai metodi di accesso specifici.

Lo strato di controllo dell'accesso ai supporti fisici (MAC) è responsabile della gestione del traffico sulla rete locale. Determina l'istante in cui il supporto fisico della LAN può trasmettere i dati, individua le collisioni dei dati e determina quando deve essere effettuata la ritrasmissione.

Gli standard IEEE 802 prevedono quattro tipi di servizio a livello LLC:

1. Servizio senza connessione e senza riconoscimento;
2. Servizio orientato alla connessione;
3. Servizio senza connessione e con riconoscimento;
4. Servizio orientato alla connessione e con riconoscimento.

Un servizio si dice senza connessione se non esiste un collegamento diretto tra due nodi che si scambiano dati ma una rete di connessioni attraverso la quale si possono identificare vari cammini tra i due nodi.

#### 2.5. **Protocollo Ethernet**

Il Protocollo Ethernet, proposto dal gruppo di aziende Xerox-Digital-Intel, è utilizzato per brevi distanze.

Il supporto fisico di base è un cavo coassiale per alta frequenza del tipo RG58 con terminale a BNC.

Il tipo di rete è a bus o a stella ed utilizza il metodo d'accesso a contesa CSMA/CD.

Il protocollo dei dati supporta il formato HDLC, la massima velocità di trasmissione è di 10Mbit/sec. (100Mbps nella recente Fast Ethernet) e i dati sono trasmessi in banda base con codifica Manchester.

La distanza massima tra due nodi è di 2.5Km ed è possibile connettere fino a 1024 nodi.

I dati da trasmettere vengono frazionati in pacchetti ognuno dei quali contiene una campo di intestazione di 18 byte e un campo dati di lunghezza compresa tra 46 e 1500 byte. La lunghezza complessiva del pacchetto è, quindi, compresa tra 64 e 1518 byte.

Il formato del pacchetto prevede sei campi, di seguito elencati:

1. Preambolo. E' costituito da 8 byte e serve per la sincronizzazione dei nodi ricevitori;
2. Indirizzo del nodo di destinazione. E' costituito da 6 byte: il primo bit è posto a zero e con gli altri 47 bit si possono indirizzare ben  $2^{47}$  nodi. Se il primo bit vale 1, i restanti 47 bit individuano un gruppo di nodi (una sottorete) a cui inviare i dati. Se tutti i bit sono a 1 i dati vengono inviati a tutti i nodi;
3. Indirizzo del nodo di origine. E' costituito anch'esso da 6 byte;
4. Campo tipo. E' costituito da 2 byte. Consente di specificare a quale tipo di architettura di rete appartiene il pacchetto di dati in questione. Tali dati, infatti, possono provenire da reti diverse supportate da protocolli diversi.
5. Campo messaggio. E' costituito da una lunghezza che va da 46 a 1500 byte.
6. Campo controllo. E' costituito da 4 byte. Contiene il codice ciclico di ridondanza (CRC) dei campi indirizzo del nodo di destinazione, di origine e del campo dati.

I 18 byte del campo di intestazione sono la somma dei byte occupati nei campi indicati nei punti 2, 3, 4 e 6.

**Tabella1 Formato dei dati Ethernet**

Preambolo (8 byte)
Indirizzo destinazione (6 byte)
Indirizzo origine (6 byte)
Tipo (2 byte)
Messaggio ( da 46 a 1500 byte)
Controllo (4 byte)

Nella rete Ethernet l'impedenza caratteristica del cavo coassiale è di  $50\Omega$ ; per evitare fenomeni di *riflessione* la linea va chiusa su una impedenza resistiva di  $50\Omega$  in entrambi gli estremi.

Per evitare *attenuazioni*, la lunghezza massima della linea è stabilita in 500 metri.

I segmenti addizionali devono essere collegati con un apparecchio *ripetitore locale* col compito di rigenerare il segnale elettrico, ma non se ne possono usare più di due.

I ripetitori remoti hanno il compito di collegare due reti locali fisicamente separate e sono tra loro collegati mediante una connessione punto-punto che non deve superare la lunghezza di 1000 metri.

In fig.7 si mostra una tipica struttura LAN Ethernet costituita da sei segmenti. I primi tre segmenti sono collegati tra loro attraverso due ripetitori locali. Analogamente, gli altri tre segmenti sono anch'essi collegati tra loro da due ripetitori locali. Le due sotto-reti sono, invece, connesse tra loro attraverso una coppia di ripetitori remoti tramite collegamento punto-punto.

Ciascuna stazione è collegata al cavo coassiale da una scheda di rete denominata *transceiver* con le funzioni di codifica-decodifica dei dati e di stabilire l'accesso al canale.

Le funzioni associate alla codifica/decodifica sono:

- generazione/rimozione del preambolo per la sincronizzazione;
- codifica/decodifica col codice Manchester;

Le funzioni svolte per l'accesso al canale sono:

- ascolto della portante in linea per controllare se quest'ultima è libera;
- Rivelazione delle collisioni;

- Trasmissione e ricezione dei dati codificati.

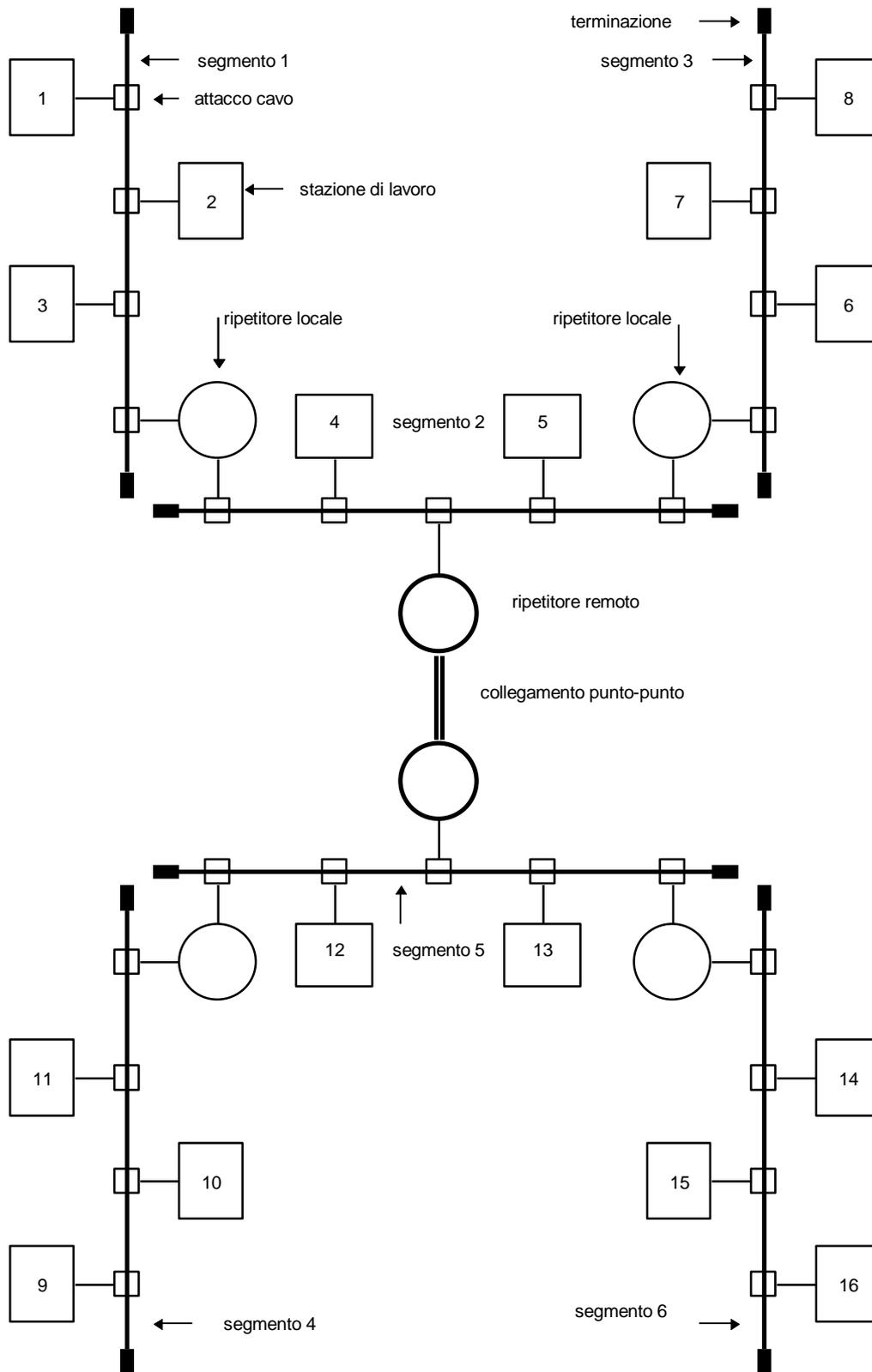


Fig.7 Esempio di LAN Ethernet.

## 2.6. Evoluzioni delle reti Ethernet

In questi ultimi anni si sono succedute numerose versioni dei protocolli di rete tendenti ad ottimizzare questa o quella specifica.

Nel 1990 è stato approvato lo standard **10Base-T** funzionante su doppino telefonico noto con la sigla UTP (Unshield Twisted Pair = Coppia intrecciata non schermata) di categoria 3 - 4 o 5<sup>2</sup>. I connettori per questo tipo di cavo sono conosciuti con la sigla **RJ-45** e sono molto simili ai *connettori a clip* usati nella telefonia.

La trasmissione è in banda base a 10 Mbps con topologia a stella. Al centro della stella è ubicato un concentratore, denominato HUB, col compito di smistare il flusso dei dati dei vari nodi. Il numero massimo di nodi collegati ad un HUB è 12. L'interruzione di una tratta isola solo il nodo interessato anziché l'intera rete.

La massima lunghezza della tratta tra un nodo e il concentratore deve essere inferiore a 100m. Si possono collegare fino a 4 HUB e la massima distanza tra i due nodi più lontani è 500m. Si riporta, in fig.8, lo schema di una rete 10Base-T che utilizza il massimo numero di HUB. Per semplicità di disegno, non sono evidenziati i vari nodi che si attestano sui relativi concentratori.

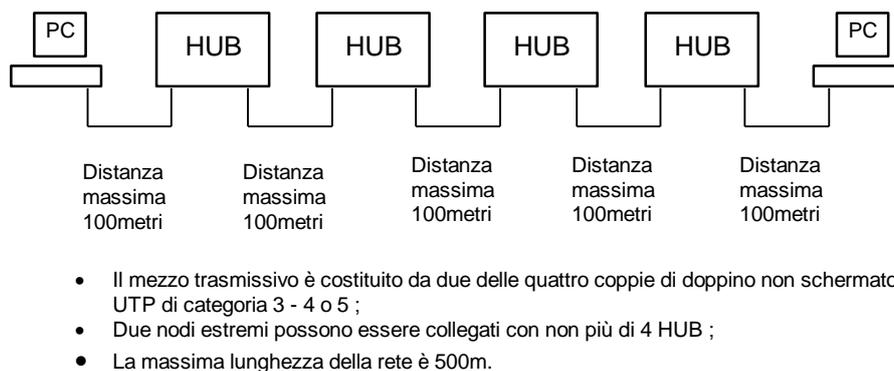


Fig.8 collegamento Ethernet secondo la specifica 10Base-T.

Un altro standard Ethernet molto utilizzato è il **10Base2** noto anche come *Thin Ethernet*. Esso consente trasmissioni a 10Mbps in banda base su cavo coassiale sottile con diametro intorno a 5mm. denominato, in sigla, **RG-58**. La distanza massima è di 200m. Il BUS si estende da un nodo all'altro attraverso un collegamento a BNC. La scheda di rete inserita nel computer presenta una presa a BNC che consente il collegamento al BUS. Affinché quest'ultimo possa estendersi agli altri nodi, si inserisce nella presa a BNC, presente sulla scheda di rete, un adattatore BNC a T in modo da consentire il collegamento di due spezzoni di BUS come si mostra in fig.9.



<sup>2</sup> Cavi e connettori per velocità fino a 16Mbps (categoria 3), 20Mbps (categoria 4), 100Mbps (categoria 5).

**Fig.9 Collegamento del BUS di rete a due nodi utilizzando adattatore BNC a T.**

Agli estremi del BUS si inserisce una resistenza di terminazione del valore di 50Ω col compito di impedire riflessioni del segnale in transito sulla linea. L'interruzione del cavo in un qualsiasi punto fa "cadere" la rete. E' una soluzione economica e flessibile ideale per ambienti di lavoro limitati ad un locale come, ad esempio, un laboratorio scolastico.

Tale rete si presta ad essere utilizzata con gerarchia paritaria (connessione peer-to-peer) : ogni macchina può utilizzare le risorse di tutte le altre macchine.

E' economica perché non richiede l'utilizzo di concentratore, è flessibile perché per l'aggiunta di un nodo è sufficiente aggiungere una tratta di cavo coassiale.

Prima di installare il software di rete (che, in ambienti Windows, può essere lo stesso sistema operativo) è opportuno stabilire a priori le risorse che ciascun nodo mette a disposizione della rete, il nome e le password da attribuire a ciascun nodo.

Fra gli svantaggi annoveriamo :

- velocità ridotta ad un massimo di 10Mbps, limite difficilmente raggiungibile ;
- connettori BNC non sempre efficienti ;
- dorsali volanti esposte a stress fisici ;
- difficile manutenzione in caso di guasto per l'impossibilità di isolarlo da una postazione centrale ;
- a causa della non elevata qualità del cavo, è bene tenere la lunghezza della linea al di sotto di 100m.

Recentemente si è affermato lo standard Fast Ethernet che consente trasmissioni a 100Mbps. Le schede di rete di questo tipo sono spesso indicate con la sigla 10/100 poiché possono funzionare sia su reti a 10Mbps che su quelle a 100Mbps.

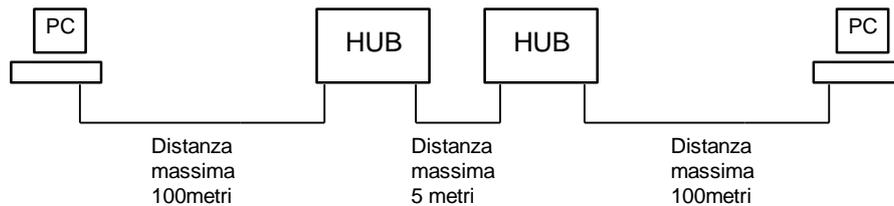
I prezzi degli adattatori di rete Fast Ethernet risultano lievemente più elevati rispetto alle precedenti versioni Ethernet per cui, in vista di realizzazione di connessione, sarà opportuno tener conto dei vantaggi offerti dalla elevata velocità.

Esistono tre specifiche separate :

- 100Base-TX. E' di gran lunga la più diffusa. Utilizza due delle quattro coppie del cavo UTP (doppino non schermato) di categoria 5;
- 100Base-FX. Utilizza la fibra ottica come mezzo trasmissivo. E' impiegata per lo più per la realizzazione di dorsali ;
- 100Base-T4. Utilizza cablaggi in rame della categoria 3 - 4 e 5 di cui sfrutta tutte e quattro le coppie.

Con Fast Ethernet TX è possibile utilizzare solo due HUB con distanza massima di 205 metri tra gli estremi di una linea.

Per ottenere le stesse prestazioni in velocità coprendo distanze maggiori si deve ricorrere ad adattatori FX che utilizzano la più costosa fibra ottica oppure si deve passare ad un'altra tecnologia tipo 100VG-AnyLAN. Si riporta, in fig.10, lo schema di una rete 100Base-TX che utilizza il massimo numero di HUB.



- Il mezzo trasmissivo è costituito da due delle quattro coppie di doppino non schermato UTP di categoria 5 ;
- Due nodi estremi possono essere collegati con non più di 2 HUB ;
- La massima lunghezza della rete è 205m.
- La distanza fra gli HUB può essere superiore a 5m. purchè il totale sia inferiore a 205m.

**Fig.10 collegamento Ethernet secondo la specifica 100Base-TX.**

### 2.6.1. Il full duplex nel protocollo Ethernet.

Il full duplex permette a un PC di trasmettere e ricevere dati simultaneamente.

Ciò può essere utilizzato sui collegamenti punto-punto dove un client<sup>3</sup> o un server<sup>4</sup> sono collegati direttamente e quindi nella topologia a stella.

Il primo vantaggio del full duplex è che permette a un server di ricevere i dati da un client mentre simultaneamente trasmette i dati a un altro client, consentendo una velocità teorica di 10 Mbit/s (Ethernet) o 100 Mbit/s (Fast Ethernet) in ogni direzione.

In pratica, a causa della natura half-duplex del collegamento client-server e all'asimmetria del traffico, la velocità è inferiore al doppio.

Il secondo vantaggio sta nell'aumento della lunghezza massima delle connessioni con cablaggio in fibra ottica, che fa di Ethernet e di Fast Ethernet delle tecnologie adatte anche per la dorsale della rete.

La trasmissione dei dati in entrambe le direzioni è abbastanza facile da ottenere.

Il problema principale sta nel riuscire a controllare se una delle due estremità della connessione diventa congestionata. Questo può succedere se un server sovraccarico non riesce a trasferire i dati su disco in modo abbastanza veloce. Senza il controllo del flusso, la congestione provoca la perdita indiscriminata di pacchetti di dati.

Il protocollo è in grado di individuare la perdita e la sequenza danneggiata, per cui il problema si traduce in una procedura di recupero che richiede la ritrasmissione di alcuni pacchetti, a partire da quelli persi.

Il Gruppo di Lavoro all'interno del Comitato per lo Standard sta considerando due metodi di controllo del flusso, e si sta concentrando soprattutto su Fast Ethernet a 100 Mbit/s. Lo standard per il controllo del flusso è stato definito verso la metà del 1996.

Il full duplex offre pochissimi vantaggi alla connessione client, sia a 10 Mbit/s che a 100 Mbit/s.

La connessione server è completamente diversa. Normalmente, i server gestiscono i dati che vanno da e verso più PC client e hanno bisogno di trasmettere e ricevere in modo simultaneo. La maggior parte delle richieste sono di lettura dei dati, con una proporzione inferiore per la scrittura.

## 2.7. Livelli di reti locali

Le reti locali, a seconda della complessità, possono interessare un numero limitato di nodi ubicati in un'unica stanza o un numero elevato di nodi dislocati in varie

<sup>3</sup> Computer collegato alla rete locale che può accedere alle risorse del Server.

<sup>4</sup> Computer dedicato, di caratteristiche generalmente superiori al client, col compito di monitorare le funzioni di rete. Il server mette le proprie risorse a disposizione dei client.

stanze di un edificio o di edifici differenti. Se il collegamento avviene tra unità geograficamente lontane si realizza una WAN (Wide Area Network) per la quale sono possibili diverse modalità di connessione.

Esaminiamo brevemente i possibili tipi di reti locali.

- *LAN per piccoli uffici.*

Conviene realizzare una rete paritetica su protocollo Ethernet e collegamento a stella.

Il centro stella è realizzato da un concentratore HUB. I nodi sono dei computer desktop o portatili. La stampante connessa ad un PC può essere utilizzata anche dagli altri sistemi collegati alla rete. Il cablaggio è su doppino UTP.

- *LAN per gruppi di lavoro.*

Una possibile configurazione vede un server, con due schede di rete, collegato ad altrettanti HUB ciascuno dei quale svolge la funzione di centro stella.

Il server esegue il sistema operativo di rete e i client eseguono la parte client del sistema operativo di rete. Il cablaggio è su UTP.

- *LAN aziendale.*

La rete si estende per centinaia di metri e il cablaggio può essere realizzato su fibra ottica che consente il collegamento a distanze anche di alcuni Km. e sopporta un traffico dati molto intenso regolato da appositi router<sup>5</sup>.

Il collegamento tra router ed HUB è realizzato tramite doppino UTP. Per applicazioni gestionali conviene disporre di un computer server centralizzato che contiene il database da utilizzare. Si mostra in fig.11 una tipica connessione.

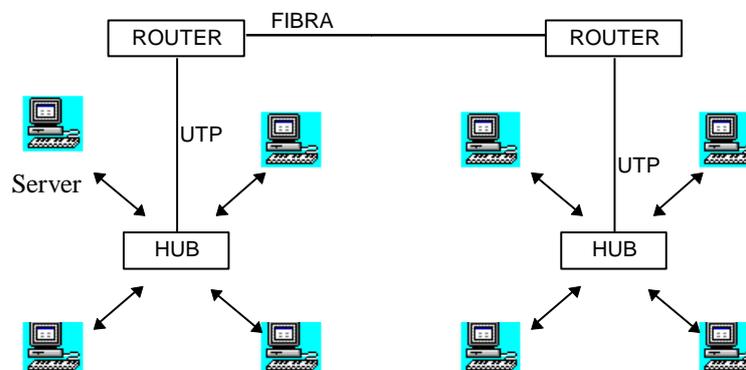


Fig.11 Rete LAN con router collegati in fibra ottica.

- *Rete aziendale WAN.*

E' il caso di aziende che hanno sedi sparse in varie regioni nel mondo. In tal caso i router mostrati in fig.10 saranno collegati tra loro attraverso la rete telefonica commutata o dedicata. Per ottenere elevate velocità si ricorrerà alla rete ISDN a 128Kbps (accesso base) o a 2Mbps (accesso primario) oppure alla rete ATM (Asynchronous Transfer Mode) per trasmissioni dati ad alta velocità necessaria, ad esempio, per informazioni audio e video.

<sup>5</sup> Dispositivo che provvede all'instradamento di messaggi tra reti omogenee.

## **2.8. Aspetti conclusivi**

Come è stato detto all'inizio della trattazione delle reti locali, i protocolli hardware e software e le soluzioni tecnologiche impiegate sono tantissime e noi ci siamo limitati a trattare quelle fondamentali. Vale la pena sottolineare la possibilità di suddividere le reti locali in due principali categorie: la *Ethernet* per la semplicità ed economicità e la *Token Ring* per l'elevata affidabilità della trasmissione ma con prezzi quasi triplicati rispetto alla prima.

Le altre tecnologie emergenti sono la Fast Ethernet, FDDI che utilizza la fibra ottica, ATM che consente velocità oltre i 155Mbps.

## **3. Reti geografiche**

Le reti geografiche, note col termine WAN (Wide Area Network), sono reti di grandi estensioni utilizzate per la trasmissione dati e possono essere sia pubbliche che private.

Per quanto riguarda la commutazione, si possono utilizzare quattro tecniche:

1. Commutazione di circuito;
2. Commutazione di messaggio;
3. Commutazione di pacchetto;
4. Commutazione di cella.

La commutazione di pacchetto è la tecnica al giorno d'oggi più utilizzata per le reti di controllo dei sistemi telefonici e per le reti commutate di trasferimento dati.

La commutazione di cella è una nuova tecnica destinata, probabilmente, a sostituire la commutazione di pacchetto nel prossimo futuro.

### **3.1. Commutazione di circuito**

È una tecnica che consiste nell'attivazione di un collegamento fisico permanente tra l'utente chiamante e l'utente chiamato.

La commutazione di circuito è adottata nelle vecchie centrali elettromeccaniche della rete telefonica commutata.

Un evidente inconveniente è rappresentato dalla impossibilità di ottimizzare il traffico telefonico che potrebbe avere delle tratte di linee sovraccariche ed altre prive di trasmissione.

La commutazione di circuito fornisce solamente un percorso di comunicazione: le problematiche relative al controllo degli errori ed alla scelta dei protocolli è a totale carico dell'utente.

### **3.2. Commutazione di messaggio**

È una tecnica per trasmissione dati che si avvale di un computer che svolge il compito di smistatore delle informazioni provenienti da terminali o elaboratori collegati attraverso la rete telefonica commutata o dedicata.

Il computer smistatore esamina l'indirizzo di destinazione posto nell'intestazione del messaggio e instrada tale messaggio alla stazione ricevente o al commutatore successivo nel percorso.

I dati vengono, solitamente, memorizzati su disco e smistati, successivamente, in funzione del traffico e delle priorità del messaggio.

Questa tecnica non consente, perciò, il tempo reale e l'interattività, inoltre il sovraccarico dei dati o un'avaria al computer smistatore può compromettere la funzionalità della rete.

A ciò si ovvia utilizzando un duplicato del computer smistatore che entra in funzione in caso di guasto del primo.

Un altro svantaggio di tale tecnica è ancora dovuto al computer centralizzato che rappresenta un collo di bottiglia che rallenta le comunicazioni.

### **3.3. Commutazione di pacchetto**

Rappresenta una tecnica di commutazione per le trasmissioni dati che utilizza in modo efficiente le costose linee di comunicazione.

I canali sono ad alta velocità ed interconnettono anche dispositivi che utilizzano codici differenti e che funzionano a velocità diverse.

I dati da trasmettere da un terminale all'altro vengono suddivisi in frammenti più piccoli denominati *pacchetti* e circoscritti da informazioni di servizio costituiti dagli indirizzi del mittente, del destinatario e dal numero d'ordine del pacchetto.

La rete è costituita da numerosi elaboratori commutatori, denominati *nodi*, del tipo descritto nella rete a commutazione di messaggio, collegati tra loro da linee telefoniche ad alta velocità (oltre 64Kbps).

Tra il terminale e il nodo più vicino, ovviamente, deve esistere una connessione fisica realizzata su rete telefonica commutata o dedicata.

Nel caso di utilizzo della rete telefonica commutata per il collegamento alla rete a commutazione di pacchetto, l'utente deve prima effettuare un *collegamento fisico* di chiamata al nodo più vicino attraverso la classica telefonata e l'uso del modem o di particolari adattatori di rete.

Una volta connesso alla rete, l'utente stesso può chiamare un altro dispositivo connesso alla rete attivando, così, un *collegamento logico*.

Il percorso del pacchetto è stabilito da criteri denominati *routing più economico* che tiene conto delle seguenti situazioni :

- Il numero di pacchetti in attesa di trasmissione;
- la capacità del collegamento;
- il livellamento del carico sulla rete;
- sicurezza del collegamento;
- tipo di traffico;
- numero di collegamenti intermedi.

Gli algoritmi adottati per l'instradamento dei pacchetti attraverso la rete possono essere differenti : alcuni vengono impostati da un computer centrale ma, nella maggior parte dei casi, vengono eseguiti in ogni singolo nodo.

Gli algoritmi adattano il percorso del pacchetto ai guasti e alle condizioni del traffico sulle linee.

La rete è in grado di realizzare conversioni di velocità, di codici e protocolli nel caso di utenti dalle caratteristiche diverse.

La lunghezza massima del pacchetto, con riferimento al campo dati, è un numero di byte potenza di 2 e compreso tra 16 e 1024.

L'ultimo pacchetto di un flusso di dati può avere dimensione inferiore alla massima impostata.

I pacchetti sono trasportati in una trama HDLC che ha il vantaggio di consentire il controllo degli errori di trasmissione.

Le linee che collegano i nodi sono utilizzate, durante il collegamento, da pacchetti di altri utenti, rendendo, così, più efficiente l'uso della linea stessa.

Lo scambio dei pacchetti tra due nodi (router) può avvenire con due tecniche:

- datagramma;
- circuito virtuale.

Nei prossimi paragrafi si spiegheranno le due tecniche di trasmissione dei pacchetti.

### 3.3.1. Datagramma

Nella tecnica a datagramma i vari pacchetti di uno stesso flusso dati possono intraprendere percorsi diversi in tempi diversi per poi essere assemblati nella giusta sequenza dal software del computer ricevitore.

Si mostra, in fig. 12, un esempio di servizio datagramma.

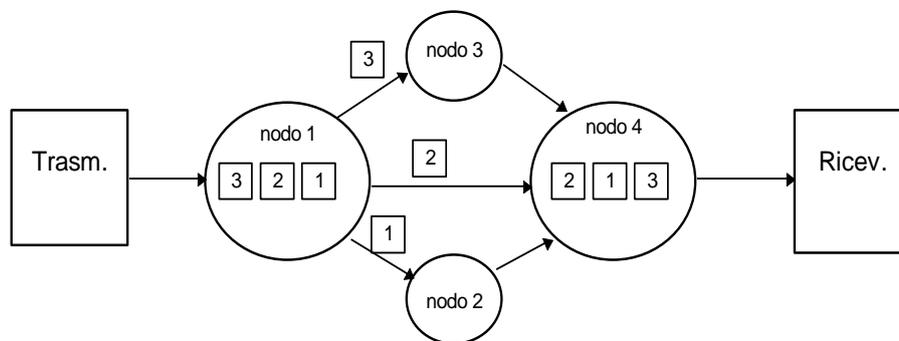


Fig.12 Datagramma. Esempio di un messaggio suddiviso in tre pacchetti.

Ogni pacchetto viene instradato indipendentemente dagli altri pacchetti della stessa chiamata.

Affinché ciò sia possibile è necessario che ogni pacchetto contenga tutte le informazioni che consentono il corretto spostamento da nodo a nodo fino al raggiungimento del terminale di destinazione.

Il software del computer trasmettitore invia il messaggio al nodo di origine 1 sotto forma di pacchetti 1,2 e 3. Questi li smista ai nodi 2, 3 e 4 come in figura.

Un nodo prima di accettare un pacchetto esegue un controllo per verificarne la correttezza ; in caso di errore chiede la ritrasmissione.

Il nodo sorgente attiva un timer: se alla scadenza non ha ricevuto la conferma della corretta ricezione, inoltra nuovamente il pacchetto. Se la risposta di ricezione arriva a

tempo scaduto può capitare che, alla fine, il ricevitore si ritrova con due pacchetti identici duplicati di cui dovrà scartarne uno.

### 3.3.2. Circuito virtuale

La tecnica a circuito virtuale ricorda il servizio telefonico commutato.

Il DTE che effettua la chiamata inoltra sulla rete una *richiesta di collegamento* che abilita le procedure di collegamento al DTE chiamato.

Il DTE chiamante invia una *richiesta di chiamata*, che rappresenta il primo pacchetto. Questo si propaga da nodo a nodo determinando un percorso che sarà, poi, seguito da tutti gli altri pacchetti.

Il primo pacchetto deve contenere l'indirizzo del mittente, del destinatario e il numero di canale logico.

I pacchetti successivi conterranno solo il numero di canale logico poiché, essendo fisso il percorso, i vari nodi sanno a quale nodo smistare il pacchetto in transito.

Alla fine del trasferimento il DTE chiamante invia una *richiesta di svincolo*, attraverso l'ultimo pacchetto, col compito di chiudere il circuito virtuale.

Si mostra in fig.13 le varie fasi del collegamento.

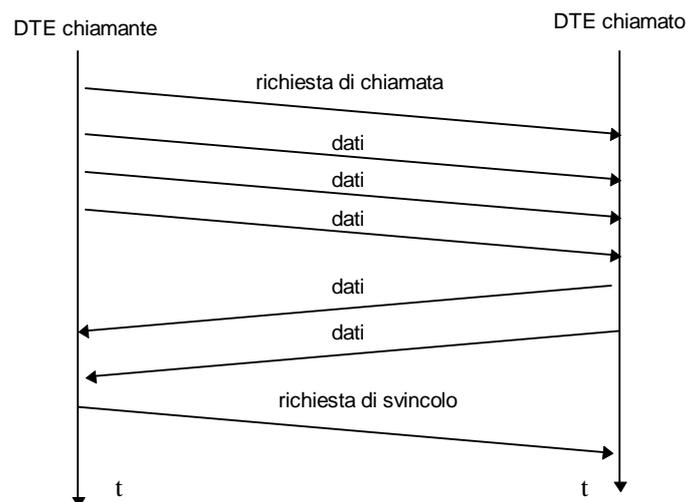


Fig. 13 Fasi del collegamento.

Il guasto di un nodo blocca lo scambio dei dati causando la chiusura del circuito virtuale. Questo è un aspetto negativo. Nel datagramma, invece, viene cercato un percorso alternativo in grado di bypassare i nodi inattivi o congestionati.

E' compito del DTE chiamante o del nodo sorgente, attraverso la funzione di riconnessione automatica, l'attivazione di un nuovo circuito virtuale.

### 3.4. Commutazione di cella

La commutazione di cella considera segmenti di dati di lunghezza fissa, contrariamente alla commutazione di pacchetto.

Una cella è costituita da un'intestazione di 5 byte e da 48 byte di dati.

Celle con caratteristiche analoghe sono impiegate nelle *Reti Metropolitane* (MAN = Metropolitan Area Network) e nelle moderne e veloci trasmissioni ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Il collegamento di celle utilizza etichette ed intestazioni molto brevi per consentire una commutazione rapida. E' una tecnologia che si presta ad essere applicata sia per reti locali che geografiche.

## 4. Protocolli di rete

I protocolli di rete, posti al terzo livello nella gerarchia ISO/OSI, mirano a fornire le caratteristiche che consentono il trasferimento dei dati indipendentemente dalla natura del DTE.

Le raccomandazioni dell'ITU-T relativi alla commutazione di pacchetto sono la X.25, X.28 e X.75.

La conversione dei dati dal formato nativo nel formato a commutazione di pacchetto è realizzata dal software residente nel computer del terminale o nel nodo di commutazione o da particolari apparecchiature PAD (Packet Assembler / Disassembler) poste tra l'utente e il nodo di commutazione.

### 4.1. Raccomandazione X.25

La raccomandazione ITU-T X.25, emessa nel 1976 e successivamente aggiornata, stabilisce le modalità di interfaccia tra un dispositivo terminale DTE di tipo X.25 al dispositivo di comunicazione DCE appartenente alla rete.

Il protocollo X.25 è suddiviso in tre livelli funzionali, tra loro indipendenti, che corrispondono ai tre livelli più bassi dell'architettura ISO/OSI.

- Livello 1 : Interfaccia a livello fisico.

Definisce le caratteristiche elettriche e meccaniche dell'interfaccia tra DTE e DCE.

- Livello 2 : Interfaccia a livello di trama.

Definisce le caratteristiche funzionali dell'interfaccia logica tra DTE e DCE e le procedure di controllo e correzione dei dati in trasmissione.

- Livello 3 : Interfaccia a livello di pacchetto.

Definisce il formato dei pacchetti e le procedure di scambio di questi tra DTE e DCE.

In fig.14 si mostra lo schema a blocchi, secondo i livelli, del collegamento X.25 tra un DTE e un DCE.

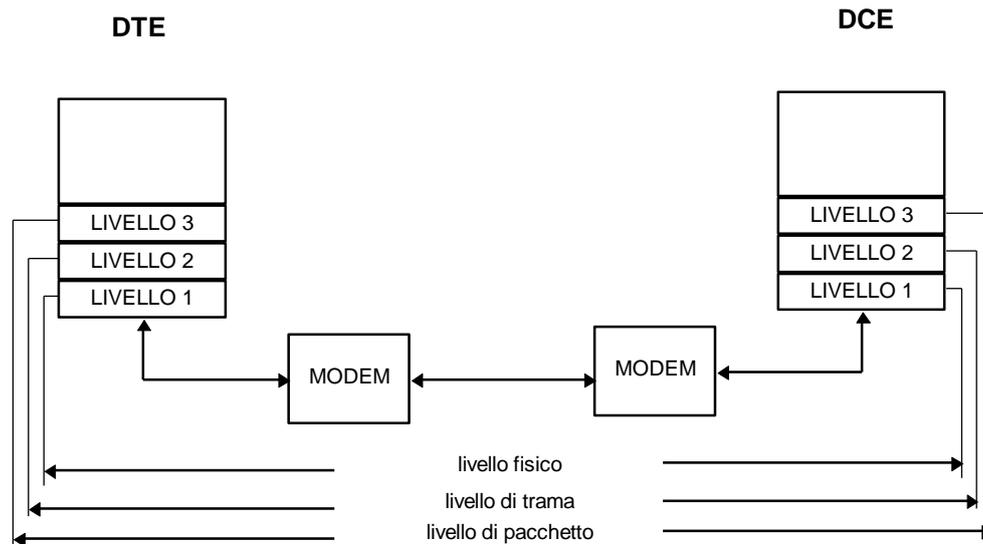


Fig.14 I tre livelli ISO/OSI del protocollo X.25.

#### 4.1.1. Livello 1

La raccomandazione X.25 stabilisce che la trasmissione è seriale sincrona full-duplex e l'accesso alla rete a commutazione di pacchetto può avvenire su rete commutata o dedicata.

In entrambi i casi si utilizzano le interfacce X.21 o la X.21bis.

La raccomandazione X.21 descrive l'interfaccia tra DTE e DCE per operazioni sincrone su reti pubbliche per trasmissione dati.

La X.21 bis descrive l'interfaccia del DTE verso i modem sincroni della serie V. Quest'ultima è analoga alla V.24 corrispondente alla RS-232C.

Per velocità fino a 19.6Kbps si utilizza un connettore a 25 pin con caratteristiche elettriche V.28; per velocità superiori si utilizza un connettore a 34 poli con caratteristiche V.35. In tabella 2 si riportano le linee utilizzate nella raccomandazione X.21bis.

**Tabella 2**  
Linee di interfaccia X.21bis

Nome	Funzione
C102	Massa dei segnali
C103	Dati in trasmissione
C104	Dati in ricezione
C105	Richiesta di trasmissione
C106	Pronto a trasmettere
C107	DCE pronto
C108/2	DTE pronto
C109	Rivelatore portante
C114	Clock di trasmissione
C115	Clock di ricezione
C140	Loop remoto
C141	Loop locale
C142	Indicatore di loop

#### 4.1.2. Livello 2

La raccomandazione X.25, circa il livello 2, stabilisce che il protocollo utilizzato è l'HDLC la cui struttura è riportata in fig.15.

Flag	Indirizzo	Controllo	Dati	FCS	Flag
------	-----------	-----------	------	-----	------

Fig.15 Trama HDLC

Il campo *Flag*, presente sia all'inizio che alla fine del pacchetto, è un byte di valore  $7E_{16}$  = 0111 1110, utilizzato per delimitare il pacchetto e come byte di sincronismo.

Il campo *Indirizzo*, della capienza di un byte, ci consente di distinguere i comandi dalle risposte sia nella direzione DTE → DCE che viceversa seconda la tabella 3.

Tabella 3

Direzione	Comandi	Risposte
DTE → DCE	0000 0001	0000 0011
DCE → DTE	0000 0011	0000 0001

Il campo *Controllo*, di ampiezza di uno o due byte, individua il tipo di trama che può essere :

- Informativa ;
- di supervisione ;
- non numerata.

La *trama informativa* è utilizzata per effettuare il trasferimento dei dati dell'utente.

La *trama di supervisione* è utilizzata per fornire la conferma di corretta ricezione o per la temporanea sospensione delle trame informative.

La *trama non numerata* è utilizzata per l'apertura o l'abbattimento del collegamento.

Il campo *Dati* contiene le informazioni da trasmettere e può essere ampio fino a 1Kbyte.

Il campo *FSC* (Frame Check Sequence - Sequenza di Controllo della Trama) è costituito da due byte ed è utilizzato per la rivelazione degli errori.

Esso è, in sostanza, il CRC ottenuto dai campi indirizzo, controllo e dati (quando quest'ultimo esiste).

Il polinomio generatore è il CRC-CCITT di valore :

$$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

Come è noto, il CRC è il resto della divisione tra la stringa dati (campi indirizzo, controllo e dati) e il polinomio generatore.

Tale resto, al più a 16 bit, ha una lunghezza massima pari al grado del polinomio generatore.

Il protocollo HDLC ha due varianti :

- LAP (Link Access Procedure) ;
- LAP B (Link Access Procedure Bilances).

Le procedure LAP e LAP B sono entrambe *asincrone*, nel senso che la stazione secondaria può iniziare a trasmettere in qualsiasi istante senza il consenso della stazione primaria.

La procedura LAP è di tipo *sbilanciata* nel senso che la comunicazione può essere attivata solo dalla stazione primaria.

La procedura LAP B è di tipo *bilanciata* nel senso che la comunicazione può essere attivata sia dalla stazione primaria che dalla secondaria.

La procedura LAP B, avendo le caratteristiche consigliate dalle norme ISO/OSI, è quella utilizzata nelle nuove reti geografiche a commutazione di pacchetto.

#### 4.1.3. Livello 3

Il livello 3 della raccomandazione X.25 descrive i formati e le procedure di scambio dei pacchetti tra un dispositivo terminale e la rete. Le procedure permesse sono:

- datagramma;
- chiamata virtuale;
- chiamata virtuale permanente.

La chiamata virtuale permanente, a differenza della chiamata virtuale, è priva delle fasi di richiesta di chiamata e richiesta di svincolo ed è, quindi, paragonabile ad un collegamento telefonico dedicato.

Il canale fisico che collega il dispositivo terminale alla rete contiene 4096 canali logici suddivisi in 16 gruppi (GCL) ciascuno costituito da 256 canali logici (CL).

Il canale logico rappresentato da tutti 0 è impiegato nei pacchetti di “restart” e di “diagnostica” per cui restano disponibili all’utente 4095.

Di ogni canale logico può essere definita la direzione: bidirezionale o monodirezionale.

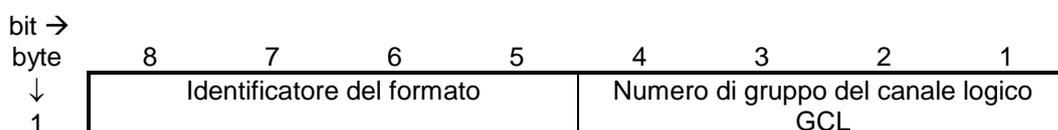
Nella chiamata virtuale ogni canale logico è individuato da un numero stabilito all’atto della formazione del collegamento, nella chiamata virtuale permanente il numero che individua un canale logico è fisso.

Il campo “dati” del livello 2 rappresenta il pacchetto del livello 3. Quest’ultimo, a sua volta, contiene una sezione di intestazione ed una sezione di dati veri e propri.

La fisionomia del pacchetto dipende dalla particolare fase di appartenenza del pacchetto che qui ricordiamo:

- fase di chiamata;
- fase dati;
- fase di chiusura.

In fig.16 si riporta il formato generale del pacchetto della raccomandazione X.25 relativamente al livello 3.



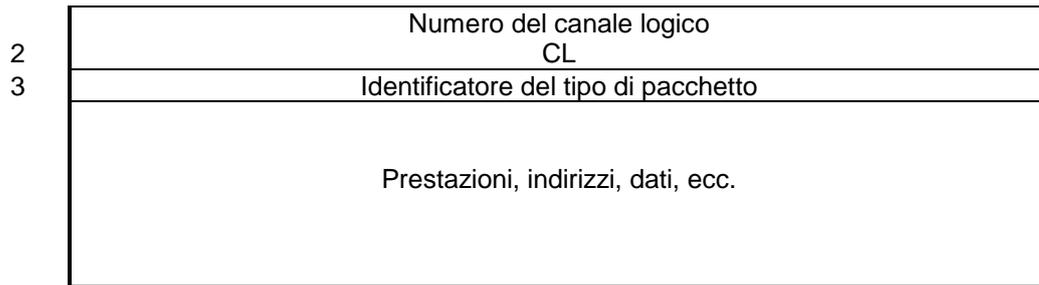


Fig.16 Formato del pacchetto X.25.

I quattro bit dedicati all'identificatore del formato individuano il tipo di pacchetto :

**XX01**: Pacchetto dati (purché XX≠00);

**0001**: Pacchetti di impegno, svincolo, controllo flusso, interrupt, reset e restart.

Il terzo byte individua il tipo di pacchetto secondo la tabella 4.

Tabella 4		
DCE → DTE	DTE → DCE	8 7 6 5 4 3 2 1
<b>Call setup e svincolo</b>		
Chiamata entrante	Richiesta di chiamata	0 0 0 0 1 0 1 1
Chiamata connessa	Chiamata accettata	0 0 0 0 1 1 1 1
Indicazione di svincolo	Richiesta di svincolo	0 0 0 1 0 0 1 1
Conferma di svincolo	Conferma di svincolo	0 0 0 1 0 1 1 1
<b>Dati e interrupt</b>		
Dati DCE	Dati DTE	x x x x x x x 0
Interrupt dal DCE	Interrupt dal DTE	0 0 1 0 0 0 1 1
Conferma interrupt DCE	Conferma interrupt dal DTE	0 0 1 0 0 1 1 1
<b>Controllo di flusso e reset</b>		
DCE RR	DTE RR	x x x 0 0 0 0 1
DCE RNR	DTE RNR	x x x 0 0 1 0 1
	DTE REJ	x x x 0 1 0 0 1
Indicazione di reset	Richiesta di reset	0 0 0 1 1 0 1 1
Conferma al reset	Conferma al reset	0 0 0 1 1 1 1 1
<b>Restart</b>		
Indicazione di restart	Richiesta di restart	1 1 1 1 1 0 1 1
Conferma di restart	Conferma al restart	1 1 1 1 1 1 1 1

legenda :

RR = Receiver Ready: pronto a ricevere.

RNR = Receiver Not Ready: non pronto a ricevere

REJ = REJect: rifiuto di una trama.

Siamo ora in grado di dettagliare il diagramma delle connessioni tra due DTE collegati alla rete a commutazione di pacchetto con la procedura di chiamata virtuale secondo la raccomandazione X.25.

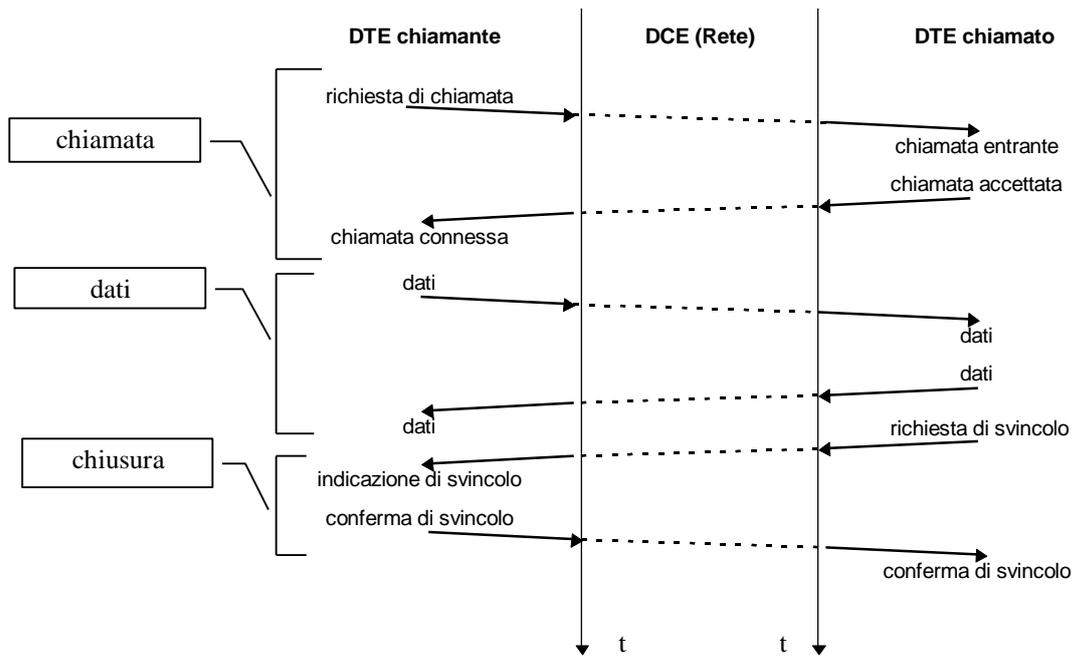


Fig.17 Diagramma delle connessioni relativa ad una chiamata virtuale X.25.

#### 4.2. Raccomandazione X.75

La raccomandazione X.75 stabilisce le norme di collegamento su circuiti internazionali funzionanti a commutazione di pacchetto a circuito virtuale o datagramma.

Le funzioni dei livelli 1 e 2 coincidono, sostanzialmente, con quelle della raccomandazione X.25.

La differenza tra le due raccomandazioni riguarda il livello 3, cioè il protocollo di rete. Infatti, in alcuni tipi di pacchetti sono inseriti dei campi aggiuntivi che contengono informazioni per la gestione della rete come, ad esempio, l'aggiornamento delle tabelle di instradamento, formulazione di statistiche, dati per la tariffazione, ecc.

#### 4.3. Raccomandazione X.28

I terminali che non rispettano lo standard X.25 possono collegarsi ad una rete X.25 attraverso un dispositivo PAD dislocato presso l'utente o nella rete stessa (Packet Assembler Disassembler) che ha lo scopo di trasformare i dati del terminale in un pacchetto di dati che soddisfa lo standard X.25.

Le caratteristiche dei PAD e le relative funzioni svolte nella rete sono descritte dalla raccomandazione X.3.

Ovviamente se il terminale riceve i dati, questi vengono disassemblati dal PAD dal formato di rete X.25 al formato Start/Stop tipico del terminale considerato.

La raccomandazione X.28 descrive le procedure di interfaccia tra il terminale e il PAD.

La raccomandazione X.29, infine, descrive le procedure di comunicazioni tra PAD e tra PAD e terminali X.25.

#### **4.4. Raccomandazione X.32**

La raccomandazione X.32, ultima modifica emessa nel marzo del 1993, descrive l'interfaccia tra un dispositivo terminale DTE e uno di comunicazione DCE per terminali che lavorano a pacchetto ed accedono ad una rete pubblica a commutazione di pacchetto tramite la rete telefonica commutata.

## **5. Rete Itapac**

Itapac è una rete pubblica a commutazione di pacchetto che supporta la chiamata virtuale e il circuito virtuale permanente e rispetta la raccomandazione X.25.

Essa fu realizzata nel 1972 attraverso un accordo tra la SIP (il gestore della rete telefonica pubblica nazionale fino al 1994, ora TELECOM Italia) e il Ministero delle Poste e Telecomunicazioni con lo scopo di consentire all'utenza la fruizione di una rete ad alta velocità fino a 9600 bps ( per quei tempi ) per le trasmissioni dati. Attualmente sono possibili velocità fino a 64kbps.

I terminali che si possono connettere ad Itapac sono i DTE a pacchetto conformi alle specifiche della raccomandazione X.25, i DTE a carattere conformi alla raccomandazione X.28, i DTE a pacchetto conformi alla raccomandazione X.32.

I primi hanno un collegamento diretto alla rete con velocità fino a 64Kbps.

I terminali X.28 possono accedere ad Itapac attraverso la rete telefonica commutata oppure dedicata ma i dati devono essere assemblati, se trasmessi, e disassemblati, se ricevuti, dal PAD solitamente presente nella rete.

I terminali X.32 possono accedere ad Itapac attraverso una rete pubblica telefonica o per dati a commutazione di circuito con velocità fino a 9600bps tramite modem V.32.

In fig.18 si mostra la tipica struttura di Itapac in cui si evidenziano i seguenti elementi della rete:

NCP = Nodo di Commutazione di Pacchetto. Essi sono nodi di accesso per terminali X.25 ed hanno il compito di instradare i pacchetti. Il collegamento reciproco tra i vari nodi NCP è a 64kbps. Il collegamento tra un nodo e l'altro e un nodo e un ACP (descritto più avanti) viene effettuato secondo lo standard X.75.

ACP = Adattatori Concentratori di Pacchetto. Essi svolgono funzioni di raccolta dati dai DTE periferici X.25 e svolgono la funzione di PAD per i terminali X.28.

CGM = Centri di Gestione e Manutenzione. Sono terminali intelligenti di supervisione e controllo. Ad essi è affidato il compito della tariffazione dell'utente.

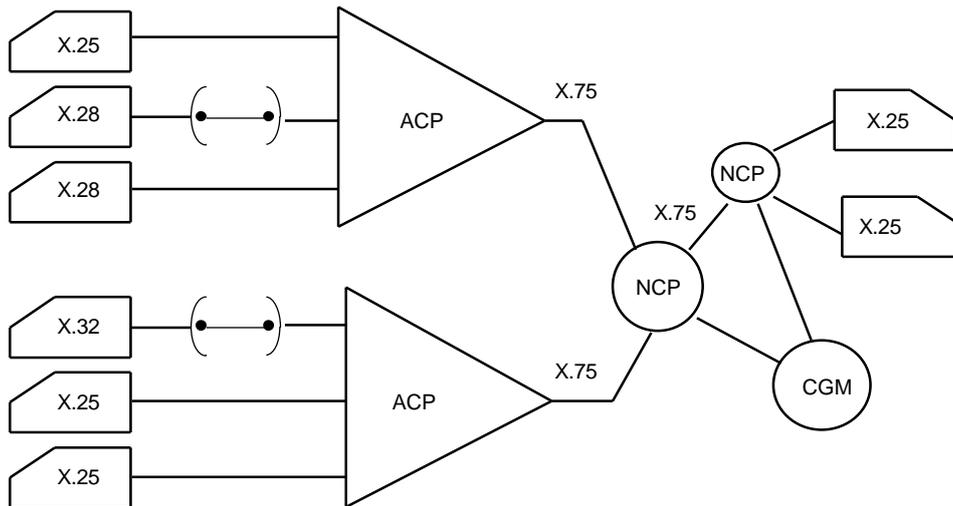


Fig.18 Struttura della rete geografica Itapac.

Nella figura si nota la presenza di terminali X.28 collegati direttamente al proprio ACP attraverso un collegamento dedicato e di altri terminali X.28 collegati all'ACP attraverso la rete telefonica commutata indicata in figura con il collegamento in parentesi.

I terminali X.25 sono tutti collegati direttamente all'ACP o all'NCP.

Si noti la presenza del terminale X.32 collegato all'ACP attraverso la rete telefonica commutata.

Nella tabella 5 si mostrano alcuni possibili accessi alla rete Itapac in ordine al tipo di DTE, di velocità, al tipo di rete e alla raccomandazione.

Tabella 5

DTE	Velocità di trasmissione (bps)	Tipo di rete	Raccomandazione ITU-T
X.28	300	telefonica comm.	V.21
X.28	300	dedicata a 2 fili	V.21
X.28	1200	telefonica comm.	V.22
X.28	1200	dedicata a 4 fili	V.23
X.25	2400	dedicata a 4 fili	V.26 e banda base
X.25	4800	dedicata a 4 fili	V.27 bis e banda base
X.25	9600	dedicata a 4 fili	V.29 e banda base
	48000	CDN	X.21 e X.21bis
	64000	CDN	X.21 e X.21 bis

Legenda :

CDN=Collegamenti Diretti Numerici

## 5.2. Servizi base

I servizi base offerti dalla rete Itapac sono la *Chiamata Virtuale VC* e il *Circuito Virtuale Permanente PVC*.

La chiamata virtuale, come è noto, consente il collegamento logico tra due qualsiasi DTE collegati alla rete. Le fasi fondamentali sono :

- formazione del collegamento ;
- scambio dei dati ;

- chiusura del collegamento.

Si faccia riferimento alla fig.17 per l'analisi delle fasi del collegamento.

La chiamata virtuale può avvenire indifferentemente tra DTE X.25 e X.28. Il DTE chiamato, però, non può essere di tipo X.28 con accesso commutato.

Il Circuito Virtuale Permanente è un collegamento fisso e predeterminato tra due DTE.

Questo tipo di collegamento va concordato con la TELECOM, riguarda solo DTE X.25 e non necessita della fase di formazione del collegamento in quanto quest'ultimo è sempre presente.

Il DTE X.25 può supportare più collegamenti logici contemporanei con DTE remoti ; il massimo numero di collegamenti attivi dipende dal tipo di contratto stipulato con la TELECOM.

Il DTE X.28 gestisce un solo canale logico bidirezionale.

### 5.3 Servizi aggiuntivi

La rete Itapac offre ai terminali X.25 una serie di servizi aggiuntivi opzionali che di seguito si elencano :

- gruppo chiuso di utenti (CUG);
- CUG con abilitazione all'uscita ;
- CUG con abilitazione all'ingresso ;
- tassazione al chiamato ;
- accettazione della tassazione al chiamato ;
- chiamate entranti sbarrate ;
- chiamate uscenti sbarrate ;
- indicazioni delle classi di throughput ;
- documentazione addebiti.

Al terminale X.28 ad accesso commutato è offerta solo la documentazione degli addebiti.

Al terminale X.28 ad accesso diretto non è offerta solo l'indicazione della classe di throughput.

Il *gruppo chiuso di utenti* consente la comunicazione reciproca solo agli appartenenti il gruppo ed impedisce la comunicazione con utenti esterni al gruppo.

La *chiamata uscente sbarrata* permette solo chiamate entranti fra DTE e rete. Viceversa per la *chiamata entrante sbarrata*.

L'indicazione delle *classi di throughput* consente al DTE chiamante di adeguare le varie e diverse velocità di comunicazione verso DTE remoti, in funzione del traffico e del tipo di applicazione.

### 5.4. Tariffazione

I costi del collegamento alla rete Itapac risultano articolati poiché dipendono da numerosi fattori come, ad esempio, tipo di terminale, di connessione, di prestazioni richieste, dal volume del traffico, dalla durata, ecc.

In particolare è possibile effettuare la seguente classificazione:

- canone di abbonamento dipendente dalla classe di velocità richiesta;

- tassazione a volume che dipende dal numero di pacchetti e dalla loro lunghezza;
- tassazione a tempo che dipende dall'attivazione della *chiamata virtuale*;
- canone fisso per le connessioni PVC;
- canoni per le prestazioni opzionali.

A queste voci occorre aggiungere :

- nel caso di collegamento tramite la rete telefonica commutata:
  - canone di abbonamento telefonico;
  - conteggio degli scatti in funzione della durata del collegamento.
- nel caso di collegamento tramite circuito diretto:
  - canone dell'eventuale circuito interurbano che dipende dalla distanza dell'utente alla centrale di distretto.

### **5.5. Conclusioni**

A parte coloro che risultano fortemente motivati all'utilizzo del collegamento Itapac per motivi di lavoro, consultazione, ricerca ecc., la maggior parte dell'utenza che si avvicina al mondo della trasmissione dati realizza collegamenti in Internet, la Rete delle reti, che consente, tramite una suite di protocolli TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), di attivare collegamenti tra un DTE intelligente, come un personal computer dotato di un opportuno software per la trasmissione dei dati, e un altro DTE intelligente, locato in un qualsiasi punto del pianeta. La trasmissione può concretizzarsi in una serie di servizi che spaziano dalla trasmissione di file, alla posta elettronica, alla consultazione di pagine Web pubblicate da inserzionisti come enti sociali, militari, scolastici, universitari, ecc. al costo di una telefonata urbana.

## **6. Videotel**

Il Videotel è un sistema di telecomunicazioni che consente di accedere, attraverso la rete telefonica commutata e in modo interattivo, a pagine di informazioni presenti in un computer centrale gestito dalla TELECOM.

Per effettuare un collegamento al Videotel sono possibili due soluzioni: la prima consiste nell'impiego di un terminale affittato dalla Telecom costituito da un monitor a colori, da una tastiera e da un modem integrato; la seconda prevede l'impiego di un televisore a colori, un modem a 1200bps in ricezione e 75bps in trasmissione (modem V.23) e di un decodificatore per adattare il segnale Videotel al televisore.

Una password, da digitare all'accensione del sistema, consente l'accesso al Videotel.

La trasmissione è di tipo asincrona, utilizza il codice a 7 bit, un bit di parità, un bit di start, e un bit di stop. La chiamata si attiva componendo il numero telefonico 165.

All'utente si presenta un menù principale; in base alla scelta effettuata si accede ad ulteriori menù, con livelli di dettaglio sempre più approfonditi, fino a giungere all'informazione desiderata.

La gestione del Videotel è demandata alla Telecom ed ai *Fornitori di Informazioni* che possono:

- *inserire, modificare, cancellare le pagine di informazioni e di indici;*
- *ricercare informazioni come un utente normale;*
- *ricercare messaggi inviati dagli utenti come risposta;*

- *includere o escludere un utente da un gruppo chiuso di utenti;*
- *inserire o eliminare pagine da un gruppo chiuso di utenti;*

Il sistema fornisce informazioni economiche e finanziarie, quotazioni di borsa, notizie sportive, informazioni turistiche, orari aerei e ferroviari, informazioni meteorologiche, prenotazioni, ordini, acquisti, ecc.

Alcuni fornitori di informazioni consentono la consultazione dei loro archivio previo la sottoscrizione di un abbonamento a pagamento. L'utente interessato che ha sottoscritto l'abbonamento entra a far parte del numero chiuso di utenti digitando una password.

La tariffazione prevede un contributo "una tantum", un canone annuo d'accesso alla rete e un importo che dipende dal tempo impiegato e dal tipo di telefonata se urbana o interurbana. Il Videotel è un servizio che non ha avuto un grande successo.

Il *Televideo*, servizio analogo gestito dalla RAI e da altre emittenti private, a differenza del Videotel, è un sistema di teleinformazioni gratuito e di sola lettura: l'utente, con l'uso del telecomando, può leggere sul monitor di un televisore fornito di scheda televideo, una delle numerose pagine messe a disposizione dall'emittente su cui ci si è sintonizzati.

Parte delle informazioni digitali sono inserite tra un campo televisivo e l'altro<sup>6</sup>. I dati della pagina prescelta vengono memorizzati nella scheda televideo e quindi visualizzati permanentemente sul monitor fino alla selezione di un'altra pagina. Molti televisori memorizzano, oltre alla pagina selezionata, alcune pagine precedenti e successive per cui la visualizzazione di queste ultime, se selezionate, è immediata.

Dopo l'emissione dell'ultima pagina, la stazione televisiva riprende immediatamente l'emissione della prima, ciclicamente. Un ciclo completo, cioè la ricezione da parte dell'utente di tutte le pagine messe a disposizione dalla stazione televisiva, dura un minuto circa. Gli argomenti trattati spaziano dai notiziari giornalieri, alle previsioni del tempo, notizie sportive, orari aerei e ferroviari, lotterie, scuola, tempo libero, ecc.

---

<sup>6</sup> In un secondo si susseguono sul monitor 50 campi televisivi corrispondenti a 25 quadri.