



Università degli Studi di Bari  
Dipartimento di Informatica

INFORMATICA E  
COMUNICAZIONE DIGITALE  
SEDE DI BARI

Anno Accademico 2015-2016

Lucidi del corso di  
**“Reti di Calcolatori e Comunicazione  
Digitale”**

**Lez 1: Introduzione**

Prof. Sebastiano Pizzutilo  
Dipartimento di Informatica

## Programma

**1. Introduzione alle reti di calcolatori:** - concetti e definizioni hardware e software, - infrastruttura fisica di comunicazione, schemi di moltiplicazione, tecniche di commutazione, topologie di rete, tecnologie per la interconnessione fisica, e architettura dei protocolli di comunicazione di rete e modelli di comunicazione, - tecnologie delle telecomunicazioni (Ethernet, token ring, ATM).

**2. Networking:**

- Il modello ISO-OSI per i protocolli di comunicazione in rete: livelli e funzioni.
- I protocolli a livello fisico e di collegamento dati: i protocolli MAC, il CRC.
- I protocolli di comunicazione dal livello di rete a quello applicativo: **la suite di protocolli TCP-IP.**
- **TCP-IP:** Il livello di rete: il protocollo IP (sistema di indirizzamento, notazione CIDR, classful e classless routing, routing di tipo distance vector e link state, protocolli di routing, protocolli ARP e RARP, ICMP, IGMP).
- **TCP-IP:** Il livello di trasporto: TCP e UDP
- **TCP-IP:** Il livello delle applicazioni: DNS resolver, telnet, FTP, e-mail, WWW.

**3. Il mobile computing ed i protocolli wireless:** Bluetooth, MANET, IEEE 802.11

**4. Cenni sulla sicurezza in rete:** firewall, autenticazione, crittografia simmetrica, il DES, crittografia asimmetrica, principio di Diffie-Hellman, l'RSA, i certificati e le funzioni hash, la firma digitale, i protocolli SSL e TLS.

**Laboratorio:** Richiami di Sistemi Operativi - LINUX kernel, file system, processi, thread, daemon, socket, System e network administration, comandi per il monitoraggio e la gestione di una rete

Testi di riferimento:

Behrouz A. Forouzan Reti di Calcolatori e Internet ed. McGraw-Hill

James F. Kurose, Keith W. Ross: Internet e Reti di calcolatori ed. McGraw-Hill 2010

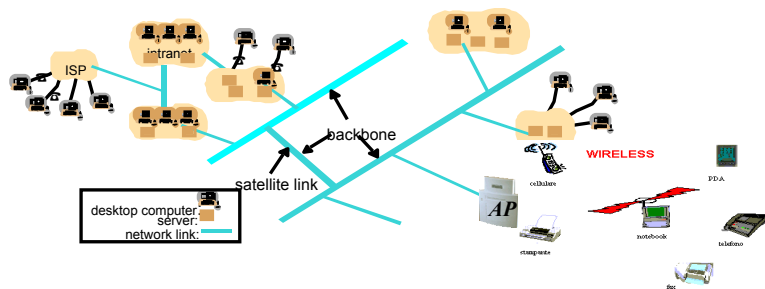
Lucidi lezioni sul sito <http://www.di.uniba.it/~reting>

## Network

Una “rete di calcolatori” (computer network) si può definire come un insieme di sistemi di elaborazione ( host ) collegati in modo che possano comunicare

Le reti forniscono i mezzi necessari per la comunicazione tra le componenti di un sistema distribuito geograficamente .

Le funzioni di networking per la comunicazione tra sistemi di elaborazione digitali sono implementate per mezzo di una varietà di **componenti hardware** (circuiti di commutazione, cavi, interfacce, bridge, hub...) e di **componenti software** (protocolli di comunicazione che costituiscono il **sottosistema di comunicazione**) .



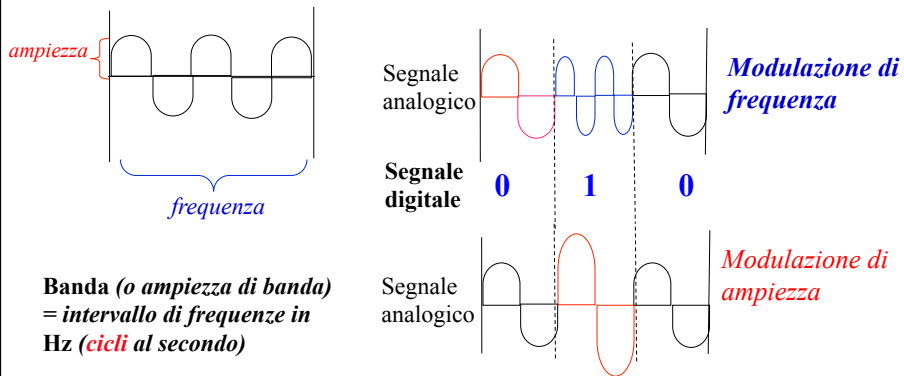
## Networking

- Infrastruttura fisica di comunicazione
  - Cablaggio/mezzi trasmissivi
  - Onde radio e infrarosso
  - Topologia
- Schema di multiplazione (multiplexing)  
(modalità d'uso e condivisione delle linee di collegamento)
  - TDM ( Time division multiplexing)
  - FDM ( Frequency division multiplexing)
  - WDM ( Wavelength division multiplexing)
  - CDM ( Code division multiplexing)
- Modalità diverse di commutazione  
(modalità di associazione logica tra mittente e ricevente)
  - Commutazione di circuito
  - Commutazione di pacchetto
- Architettura del protocollo di rete e modelli di comunicazione  
(regole per la interpretazione della semantica dei messaggi)
  - TCP-IP (Internet)
  - socket
  - HTTP
  - ARPAnet
  - RPC .....

## Segnali trasmissivi

La trasmissione di un **segnale** richiede l'uso di **mezzi trasmissivi** mediante i quali si costruiscono **LINEE di TRASMISSIONE**:

- *fili in rame, fibra ottica, segnali radio* per la trasmissione di segnali **analogici**, cioè in forma **continua** di **un'onda (portante)**.
- Questi segnali vengono trasformati in segnali **digitali discreti (0/1)** in base ad una **MODULAZIONE** che può essere effettuata **"in frequenza"** o **"in ampiezza"**.



## Parametri di prestazione di una rete

**Latenza** o ritardo { **Tempo impiegato per trasmettere una unità di informazione (bit) tra due nodi della rete** (es. LAN = 25  $\mu$ s, linea intercontinentale = 25 ms). Esso dipende :

- dalla **velocità di trasmissione del mezzo** usato per il collegamento,
- dalla **lunghezza del messaggio** (num.bit) e dalla **banda di trasmissione** (bps),
- dai **ritardi di accodamento** nei diversi nodi (router) della connessione (intensità del traffico di rete).

**Banda di trasmissione** o **larghezza di banda** (in Hertz) { **Intervallo delle frequenze utilizzate dal segnale (in Hertz).**

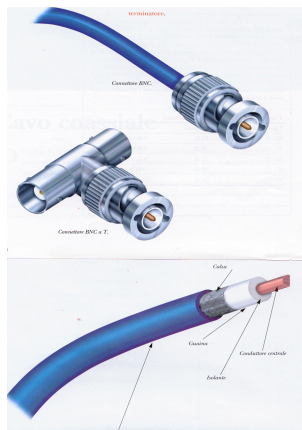
**Velocità di trasmissione** o **tasso di trasmissione dei dati (DTR o bit rate)** {  **$2 * \text{larghezza banda (Hertz)} * \log_2 L$**  ( $L$ =livelli del segnale ovvero tipo di mezzo trasmissivo, modalità di accesso, ...), si esprime in **bit per sec** o **bps** e rappresenta la potenziale velocità di un mezzo trasmissivo.  
ad es. Ethernet = 10-100 Mbps, FDDI = 100 Mbps, Token Ring = 4/16 Mbps ISDN = 64 Kbps, B-ISDN = 150 Mbps, ATM = 600 Mbps, rete telefonica = 4 kHz

**Throughput** { effettiva velocità in b/B per sec di una rete, in genere inferiore al bit rate

**Tasso di trasferimento di un messaggio (MTR)** {  **$(\text{Latenza} + \text{lunghezza mess.})/DTR$**

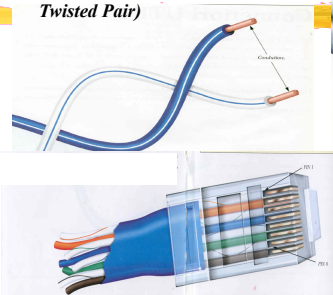
## *Cavi e connettori (mezzi trasmissivi)*

### *Cavo coassiale*



Velocità trasm. 1-10 Mbps  
Distanza max 1-5 Km

### *Cavi UTP (Unshielded Twisted Pair)*



Velocità trasm. 10-10.000 Mbps  
Distanza max 200 m

### *Fibra ottica*



Velocità trasm. ->100 Gbps  
Distanza max 10-160 Km

### *Onde Radio (elettromagnetiche)*

Trasmissione direzionale e non direzionale  
Freq.: 30 MHz- 1 GHz ( trasm non direzionali – ~radio )  
2 GHz- 40 GHz ( microonde- trasm. direzionali – punto-punto- sat.)  
300 GHz- 200 THz (infrarossi )  
Banda > 100 Mbps



## *Lo standard : cavo a coppie intrecciate*

Il **connettore RJ45** si connette ad un cavo intrecciato ad 8 fili (4 coppie intrecciate) di tipo UTP/STP



#### **I cavi intrecciati**

**cat. 3**, cavi UTP (*Ethernet 10BaseT*) fino a 10Mbps

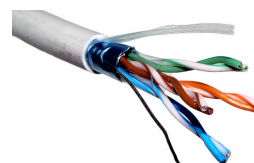
**cat. 5**, cavi UTP (*Ethernet 100BaseTX*) fino a 100Mbps)

**cat.5E**, cavi UTP (*Ethernet 1000BaseT*) fino a 1Gbps

**cat. 6**, (*Ethernet 10GBase T*) fino a 10 Gbps

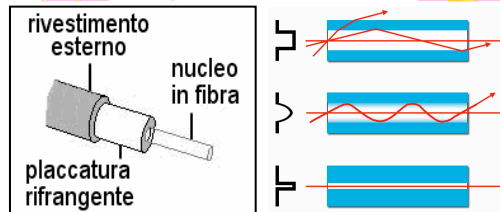
*L'intreccio protegge il cavo da possibili fonti d'interferenza esterne, fino a 100 mt dall'hub.*

*Esistono cavi non schermati UTP (Unshielded Twisted Pair) o schermati STP (shielded), quindi più stabili (ma molto più costosi, poco usati)*



## Il cavo a fibre ottiche

Le fibre ottiche sono guide d'onda dielettriche, permettono cioè di convogliare e guidare al loro interno un campo elettromagnetico di frequenza alta (in genere in prossimità dell'infrarosso) con perdite estremamente limitate, ma con banda di trasmissione molto alta ( dai 100 Mbit/s al Tbit/s ).



Consente di raggiungere distanze fino a diversi Km e velocità oltre 1Gbps in assoluta sicurezza

Fibra ottica **monomodale** = più costosa, diametro fra 8,3 e 10 micron, distanze fino a centinaia/migliaia di Km a 40/10 Gbps.

Fibra ottica **multimodale** = meno costosa, diametro tra 50 e 100  $\mu\text{m}$ , distanze tra 500 m e 2 Km e velocità tra 10 Gb/sec e 100 Mb/sec.

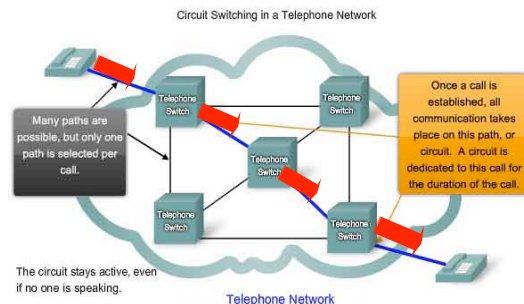


## Tecniche di commutazione

La comunicazione in rete è ottenuta trasmettendo i dati da un dispositivo sorgente ad un dispositivo destinazione attraverso un **circuito** di 2 o più **SE (Switching Exchangers)**.

### CIRCUIT SWITCHING (Commutazione di circuito)

Viene prima stabilito **un percorso di comunicazione** tra il computer sorgente e destinazione. In questa fase il canale di comunicazione è riservato alla comunicazione tra i due computer comunicanti. Una volta fissato il percorso, **vengono trasmessi in sequenza i pacchetti** sul circuito dedicato con un flusso continuo di dati.



#### Problemi:

- ✓ congestione linee,
- ✓ commutazione dispendiosa infatti i circuiti sono impegnati anche se inattivi,
- ✓ Se cade un singolo percorso, cade la comunicazione.

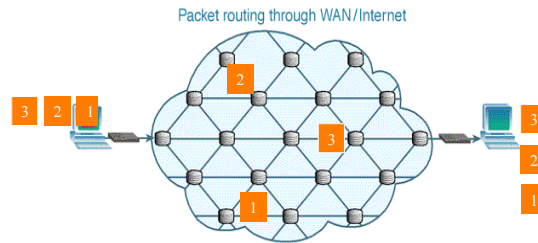
#### Vantaggi:

- o banda garantita sul circuito,
- o adatta ai servizi in tempo reale (videoconferenza, telefonia,...).

## Tecniche di commutazione

### PACKET SWITCHING (Commutazione di pacchetto)

Il **messaggio viene suddiviso in pacchetti**, ciascuno dei quali contiene le informazioni di indirizzamento necessarie. I pacchetti vengono quindi **inviati indipendentemente su percorsi diversi**. Non appena un pacchetto viene ricevuto da un **PSE (Packet Switching Exchanger)** sulla base delle informazioni di indirizzamento, viene inoltrato verso il **PSE successivo**.



#### Problemi:

- ✓ nessun percorso riservato,
- ✓ possibili ritardi nella trasmissione di pacchetti nei buffer dei PSE,
- ✓ ritardi non prevedibili a priori, non adatto a trasmissioni in real time.

#### Vantaggi:

- Trasmissione parallela dei pacchetti su diversi percorsi,
- Migliore condivisione della larghezza di banda,
- Uso dei collegamenti solo su richiesta.

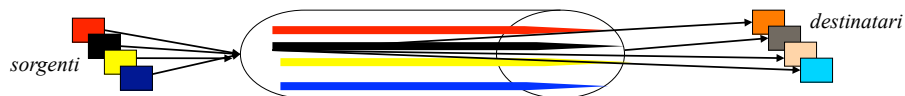
La **commutazione** è operata per mezzo delle funzioni di :

- Instradamento (routing)** = ciascun PSE deve stabilire la direzione verso cui inviare l'informazione perché possa raggiungere la sua destinazione finale.
- Inoltro (forwarding)** = attuazione pratica della operazione di commutazione, eseguita dopo la fase di routing.

## Multiplexing

**Il multiplexing è l'insieme delle tecniche che permettono la trasmissione simultanea di più segnali sullo stesso canale trasmissivo.**

La **multiplazione** definisce le modalità secondo cui le comunicazioni tra sorgenti diverse condividono la capacità di trasferimento delle informazioni del mezzo trasmissivo, **suddividendo il mezzo trasmissivo in più canali, uno per ciascuna comunicazione point to point.**



La **multiplazione** permette di risparmiare sul cablaggio (riducendo il numero di linee di segnale) e sul numero di componenti. Una rete di telecomunicazioni è generalmente **completamente "magliata"**, dato l'enorme numero di collegamenti **p2p** (per ciascuna coppia di utenti).

E' necessario far convivere su uno stesso mezzo trasmissivo più **segnali portanti**.

**La multiplazione può essere deterministica o statistica.**

## Il Multiplexing deterministico

**Multiplicazione deterministica (commutazione di circuito)** = una frazione fissa della capacità trasmissiva è stabilmente allocata a ciascun canale. Ciascun utilizzatore ha a disposizione un canale trasmissivo dedicato, con la garanzia di poter utilizzare tutta la sua capacità.

*Per stabilire un canale di comunicazione, è normalmente necessaria una fase di creazione o instaurazione della connessione, nella quale vengono impegnate le risorse nei collegamenti e nei nodi. Segue la fase di utilizzo del canale o espletazione del servizio richiesto, ed alla fine una fase di abbattimento della connessione che libera le risorse.*

**TDM = Time division multiplexing;** il canale trasmissivo viene suddiviso in intervalli temporali non sovrapposti (slot) assegnati alle diverse sorgenti (ad es. telefonia).

**FDM = Frequency division multiplexing;** la banda di frequenze del canale trasmissivo viene divisa in intervalli assegnati univocamente alle diverse sorgenti (ad es. TV, radio).

**WDM = Wavelength division multiplexing;** nelle fibre ottiche il fascio luminoso viene diviso in bande di lunghezza d'onda diverse entro le quali operano le diverse sorgenti (rete accademica metropolitana UNIBA).

**CDM = Code division multiplexing;** la banda del canale trasmissivo è condivisa da tutte le sorgenti che risultano distinguibili in funzione della particolare codifica dei bit (telefonia wireless, 3G).

## Il Multiplexing statistico

Si ha **multiplicazione statistica (commutazione di pacchetto)** quando il flusso di informazioni è segmentato in "pacchetti" di lunghezza limitata o fissa, contrassegnati da un preambolo e un epilogo per permettere il loro riconoscimento all'interno del flusso di dati.

L'intera capacità trasmissiva disponibile viene impegnata per la trasmissione di ciascun pacchetto. Se vi sono più pacchetti da trasmettere contemporaneamente, questi vengono memorizzati in una coda, subendo un ritardo di accodamento e rischiando di essere scartati in caso di esaurimento della memoria (buffer) disponibile per la coda.

*La multiplicazione statistica è tipicamente utilizzata nelle reti di calcolatori, in ragione del tipo di traffico impulsivo che queste generano.*

## La commutazione di circuito virtuale

E' una tecnica di commutazione mista nella quale prima di stabilire una comunicazione tra due calcolatori, viene stabilita una **connessione logica** (detta **circuito virtuale**) tra due nodi, definendo il percorso che i pacchetti seguiranno.

A questo percorso, su ciascun collegamento verrà associato un numero, e i commutatori dovranno solo associare a questo identificatore di circuito una porta ed un identificatore di circuito in uscita.

*Ad esempio:*

ATM è uno standard internazionale su **FIBRA OTTICA** che integra la **commutazione di circuito** e di **pacchetto** (evoluzione del **Frame Relay**) e consente il trasporto di dati digitali di tipo continuo (voce, video) e di tipo discreto (pacchetti di dati) basandosi sulla **numerazione di circuiti virtuali** piuttosto che sull'indirizzo dell'host di destinazione.

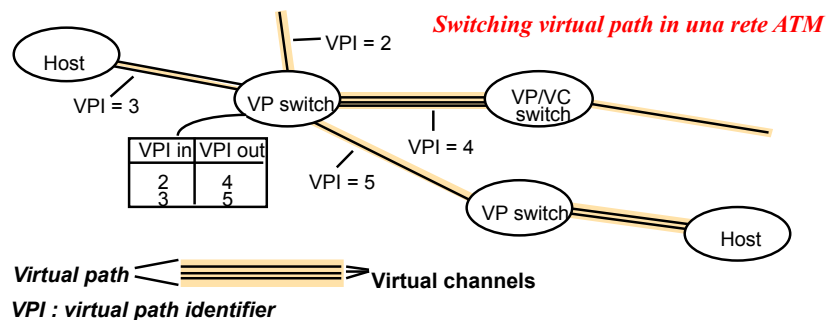
ATM utilizza la **commutazione di pacchetto su circuiti virtuali** stabiliti sulla base di **commutazione di circuito**: prima della spedizione di un pacchetto, **si stabilisce una connessione** circuitale tra sorgente e nodo più vicino fino al nodo ricevente. Quest'ultimo, se è pronto alla connessione, genera un **pacchetto di controllo che attiva un circuito virtuale** per la definitiva trasmissione del pacchetto.

ATM consente di **segmentare (multiplexare) la banda sui diversi canali virtuali** per i diversi tipi di servizi di trasmissione.

## ATM (Asynchronous Transfer Mode)



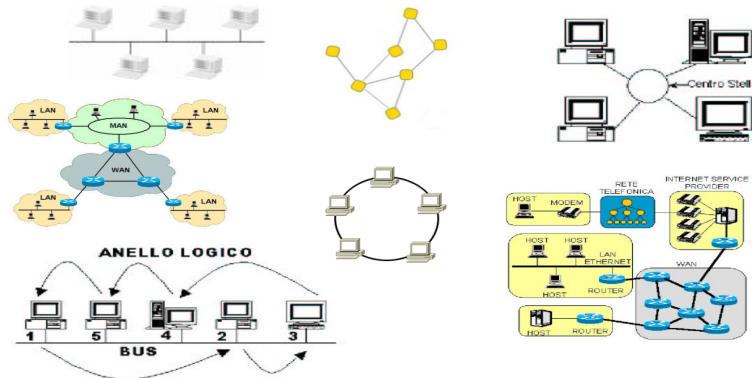
Prima di inviare i dati ATM invia un pacchetto di **handshake** per configurare la connessione. Man mano che questo pacchetto attraversa gli switch ATM, questi calcolano l'instradamento, attribuiscono un identificatore (label) ai pacchetti di questa connessione e riservano risorse per la connessione stessa. A questo punto tutti i successivi pacchetti della connessione seguiranno lo stesso percorso com'è tipico della commutazione di circuito.





## Topologie di rete

La topologia (*studio dei luoghi*) di una rete stabilisce il modo in cui i nodi sono fisicamente disposti e collegati tra di loro .

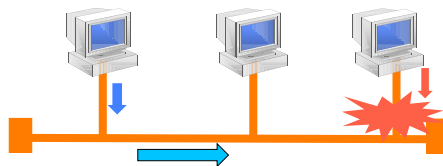


## La topologia a BUS

- Ogni computer (o *nodo*) della rete partecipa in modo passivo, restando in “ascolto” e in attesa di messaggi a lui destinati.
- Ogni nodo può inviare dati, questi vengono ricevuti da tutti i nodi ma solo il destinatario può intercettarli e leggerli (trasmissione in *broadcast*).
- Rete semplice da realizzare e scalabile ma poco sicura (comunicazione broadcast), sensibile ai guasti della infrastruttura, traffico elevato.

La *trasmissione e la ricezione* di un pacchetto di dati su un nodo non può essere effettuata *contemporaneamente*; in caso di conflitto i nodi utilizzano un protocollo per la gestione delle cosiddette “*collisioni*” .

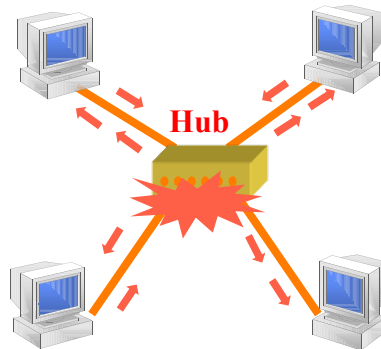
Lo standard Ethernet, per esempio, gestisce le collisioni con la tecnica **CSMA/CD**, che annulla entrambe le trasmissioni per ritentarle dopo un tempo variabile.



## La topologia a STELLA

Ogni nodo è collegato con un proprio cavo ad un concentratore (**HUB** o **SWITCH**). I dati trasmessi giungono all'hub, che replica il pacchetto inviandolo a tutti i nodi collegati.

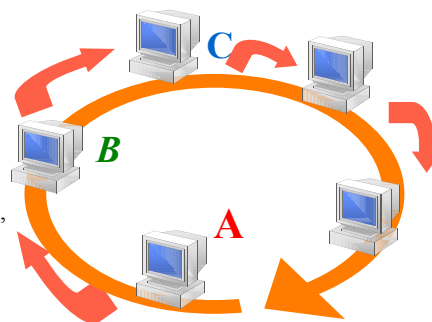
- È facile monitorare il funzionamento della rete, grazie alle spie luminose del concentratore (hub).
- Il traffico è elevato sul concentratore e può esserlo anche sulla rete se si utilizza un **hub** e non si utilizza uno **switch**.
- Il livello di **fault tolerance** è buono, anche se il concentratore è il punto più critico.
- In caso di conflitto di trasmissione, la topologia a stella cerca una mediazione tra i contendenti (nello standard Ethernet, come per le topologie a bus, le collisioni sono gestite con la tecnica CSMA/CD).



## La topologia ad ANELLO

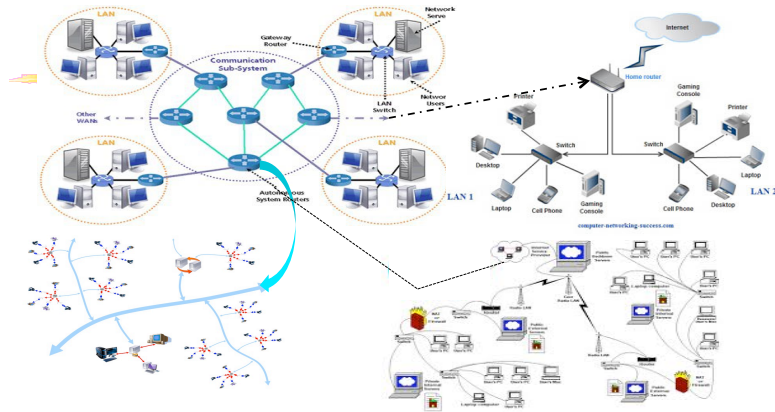
È costituita da cavi che collegano tra loro i vari computer formando un cerchio chiuso.

- ✓ I dati trasmessi scorrono in un solo senso, la trasmissione si intende terminata quando le informazioni, dopo un intero ciclo, ritornano al mittente.
- ✓ Ogni *nodo* della rete partecipa in modo attivo, ricevendo ed inoltrando i pacchetti di dati (a volte anche amplificandone il segnale).
- ✓ La rete è semplice da costruire e sufficientemente veloce.
- ✓ Il traffico è elevato su tutta la rete ed è poco sicuro.
- ✓ In caso di interruzione del cavo o guasto ad un nodo, si rischia il blocco dell'intera rete, quindi la rete presenta **una bassa fault tolerance**.

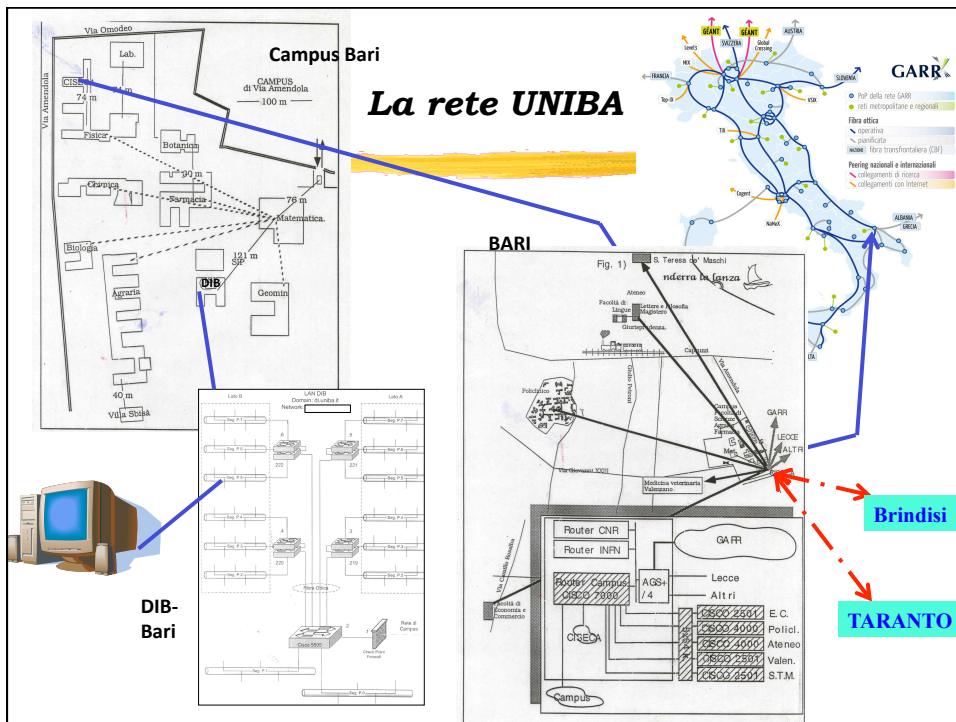


*Il nodo B, ricevuto un pacchetto dal nodo A, lo inoltra al nodo C, che a sua volta...*

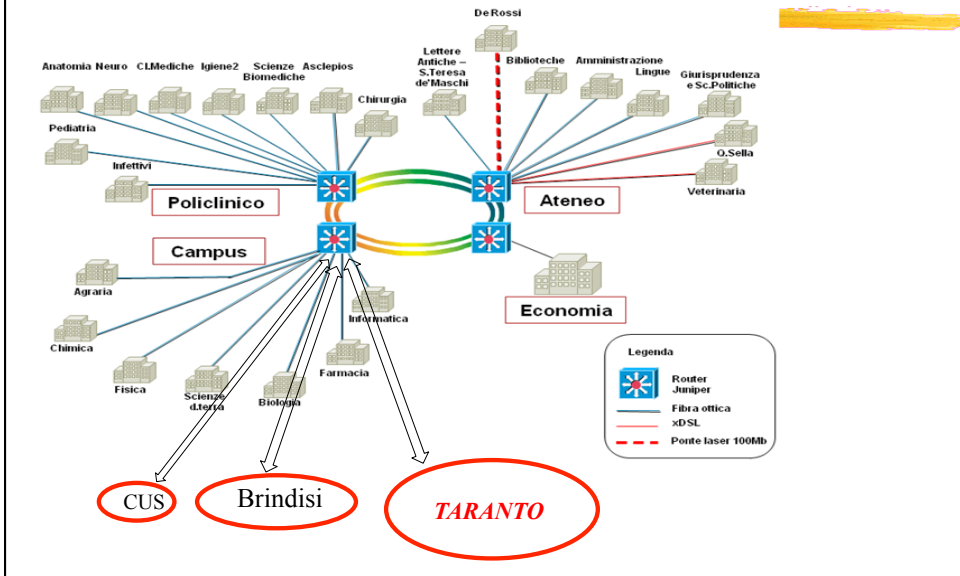
# Le topologie MISTE



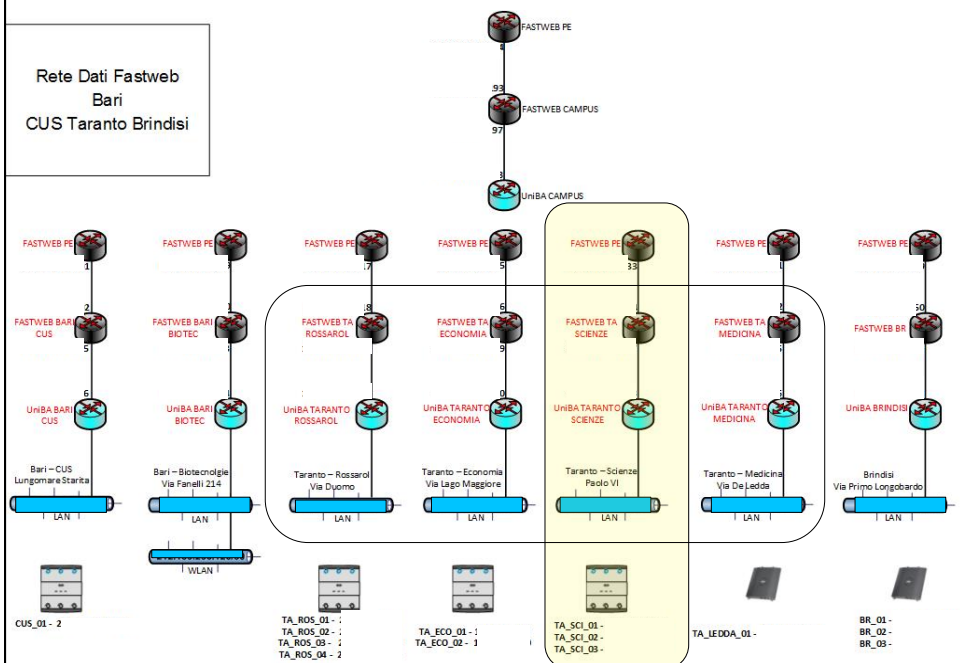
	Range	Banda (Mbps)	latenza (ms)
LAN	1-2 km	10-1000	1-10
WAN	worldwide	0.010-600	100-500
MAN	2-50 km	1-150	10
Wireless LAN	0.15-1.5 km	2-11	5-20
Wireless WAN	worldwide	0.010-2	100-500
Internet	worldwide	0.010-2	100-500



# Rete Accademica Metropolitana UniBA



## La rete UNIBA a TARANTO, Brindisi e CUS Ba



## Tecnologie per interconnessione in una rete dati

<b>Schede di rete</b>	{ Schede per connettere l'elaboratore alla infrastruttura fisica di comunicazione
<b>HUB, SWITCH</b>	{ Concentratori di linee di comunicazione
<b>REPEATER</b>	{ Dispositivi per l'amplificazione del segnale
<b>BRIDGE</b>	{ Sono dispositivi intelligenti usati per <b>connettere reti che usano diversi protocolli</b> (fibra ottica con Ethernet e cavo coassiale con Token Ring). <b>I Bridge non modificano il formato o il contenuto dei frame ma semplicemente li copiano per trasferirli da un segmento di rete ad un altro filtrandoli sulla base della tipologia di protocollo a basso livello delle reti connesse.</b>
<b>ROUTER</b>	{ Sono dispositivi intelligenti che operano senza curarsi degli aspetti topologici. Vengono utilizzati per connettere reti che utilizzano gli stessi protocolli di comunicazione ad alto livello. <b>I router si occupano dell'instradamento migliore dei dati</b> utilizzando le informazioni presenti nelle tabelle di routing di cui dispongono. <b>I Brouter</b> sono router che hanno anche le funzionalità dei Bridge.
<b>MODEM</b>	{ Dispositivo per interfacciare i PC sulle linee telefoniche analogiche. Il dispositivo effettua la <b>MODulazione</b> e la <b>DEModulazione</b> dei segnali = i segnali analogici in input dalle linee telefoniche sul PC vengono codificati in bit e le sequenze di bit prodotte da un PC vengono decodificate come segnali analogici (sulla base della modulazione di frequenza) da trasmettere sulle linee telefoniche.

## Tecnologie delle telecomunicazioni

<b>ETHERNET</b>	{ E' la tecnologia più usata per costruire sistemi con topologia a Bus. Fu introdotta nel 1980 da DEC, Intel e Xerox. Il messaggio viene trasmesso da una stazione all'altra suddividendolo in <b>pacchetti (frame) che vengono lanciati in broadcast sul Bus.</b> Usa il protocollo <b>CSMA/CD</b> per rilevare le collisioni dei segnali e ritardare la propria trasmissione del segnale.
<b>TOKEN RING</b>	{ E' la tecnologia LAN usata da IBM come base per i suoi prodotti di rete in topologia ad anello e con protocollo MAC <b>Token Ring.</b>
<b>FDDI</b>	{ ( <b>Fiber Distributed Data Interface</b> ) è una tecnologia di rete basata sull'uso di <b>fibra ottica in topologie a doppio anello</b> per un totale di max 100 Km con 500 stazioni collegate.

### Tecnologie specifiche per reti pubbliche analogiche su doppino telefonico

#### X25

E' un protocollo di rete a **pacchetto** e **orientato alla connessione**, ovvero a **commutazione di circuito virtuale** utilizzato generalmente come protocollo di trasporto.

#### FRAME RELAY

Protocollo di rete (evoluzione di X25) concepito per trasmettere dati su linee non commutate su una rete virtuale dedicata tra due punti (**commutazione di circuito virtuale**).

## **Tecnologie delle telecomunicazioni per reti pubbliche (su doppino telefonico)**

### **Servizio dial-up**

Sulla linea telefonica si inserisce un MODEM che converte i segnali digitali (dei computer) in segnali analogici (dei cavi telefonici) e viceversa. Consente di utilizzare (**non contemporaneamente**) Internet per la trasmissione dati e telefono per la trasmissione della voce sulle linee telefoniche.

### **ISDN e B-ISDN (Integrated Services Digital Network)**

E' una tecnologia concepita per sostituire integralmente la rete telefonica a commutazione di circuito in uso e per **integrare** (mediante **commutazione di circuiti, commutazione di pacchetti e segnalazione di canali comuni**) **tutti i servizi di comunicazione** (telefono, fax, TV via cavo, dati, ecc...). Il **Common Channel Signaling** permette di controllare connessioni multiple a commutazione di circuito utilizzando canali diversi (con una banda di 64Kbps (su singolo canale) o 128Kbps (per solo dati)) per i diversi cammini possibili.

### **xDSL (xDigital Subscriber Loop)**

Tecnologia per sfruttare il doppino telefonico per il trasporto di informazioni ad **alta velocità**, non tra le centraline telefoniche **ma tra centralina e host chiamante ("ultimo miglio")**.

**xDSL** si basa sull'uso di MODEM ad alta velocità per l'uso di **tecniche digitali di codifica** che consentono di sfruttare la banda messa a disposizione dal doppino telefonico (fino a 1 MHz) lasciando su una banda di 4 KHz la voce ed il fax e sulla banda rimanente la trasmissione dati.

A questa famiglia di tecnologie appartengono l'**ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line - attualmente disponibile in Italia con prestazioni da 128 Kbps fino ad un massimo di 640 Kbps in ricezione, e 128 Kbps in trasmissione).

L'**HDSL** (High-data-rate DSL, come ADSL ma con distanza inferiore ai 10 Km) e il **VDSL** (Very high bit rate DSL).

## **II MODEM**



Questo dispositivo permette la **MODulazione** e la **DEMoluzione** dei segnali; **le sequenze di bit vengono ricodificate come segnali elettrici e viceversa per interfacciare i PC sulle linee telefoniche analogiche**.

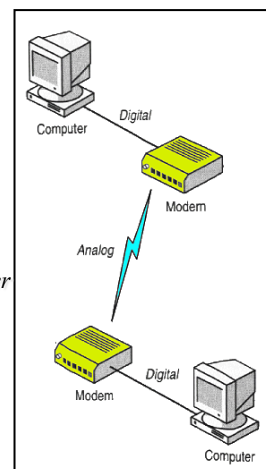
Il **Modem** (**DCE Data Circuit Equipment**), associato ad un **PC** (**DTE Data Terminal Equipment**), attua le procedure di conversione e codifica del segnale elettrico da analogico a digitale (**demodulazione numerica**) in **entrata al PC** e da digitale ad analogico (**modulazione numerica**) in **uscita dal PC lungo il doppino telefonico**.

*Il modem di solito è fisicamente connesso al computer o ad un router*

A seconda della linea telefonica disponibile, si possono avere :

- ◆ **Modem analogici**, per la linea tradizionale (**PSTN**), con velocità fino a **56Kbps**
- ◆ **Modem digitali**, per la linea **ISDN** (fino a 128Kbps) o **xDSL** (attualmente fino a 640Kbps)

*I modem analogici sono i più lenti in quanto debbono convertire il segnale da inviare (digitale) in suono (analogico) e viceversa*



## **Organizzazioni che stabiliscono gli standard**

Esistono diverse organizzazioni internazionali per la definizione di protocolli standard.

- **CCITT** (Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony). Organizzazione con sede a Ginevra che ha sviluppato standard per diversi aspetti della trasmissione e della comunicazione di dati telefonica. Gli standard più noti sono X.25, X.400, X.500 e X.29. Questi standard hanno maggiore impatto sulle WAN che sulle LAN.
- **ISO** (International Standard Organization). Sede a Ginevra. Ha sviluppato un modello di riferimento per computer networking noto come **OSI** (Open Systems Interconnect). Molti degli standard attualmente esistenti sono basati su di esso.
- **IEEE** (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Organizzazione U.S.A. che ha definito uno standard su LAN che ha avuto molto seguito. Parte importante è contenuta nel Progetto 802.

Il lavoro dell'ISO e del CCITT fornisce una base per l'evoluzione del networking standard, in particolare da quando anche il CCITT ha adottato il modello ISO/OSI, IEEE Project 802 è più specializzato ed è responsabile di molti standard ed architetture.

## **Bibliografia**

1. **Behrouz A. Forouzan** Reti di Calcolatori e Internet ed. McGraw-Hill 2013
2. **James F. Kurose, Keith W. Ross** : Reti di calcolatori e Internet ed. Pearson 2013
3. **N.B. Melazzi** : Internet ed. McGraw-Hill 2006