



# **Reti di Calcolatori**

## Introduzione



# Premessa

Gli scopi delle reti:

- Accesso alle informazioni
- Condivisione di risorse
- Facilitazione della comunicazione

# Componenti di una rete

## *Hardware:*

- Apparatati di interconnessione
- Apparatati per il controllo della trasmissione

## *Software:*

- Protocolli e Drivers:
  - codifica e formattazione dei dati
  - rilevamento di errori e correzione
  - controllo della congestione
  - Qualità del servizio

# Funzionalità di una rete

Fornisce una comunicazione:

- Affidabile
- Efficiente
- Scalabile
- In grado di connettere ambienti applicativi diversi

# Funzionalità di una rete [continua]

Rileva e corregge automaticamente:

- Dati corrotti
- Dati persi
- Duplicazioni di dati (se si perde l'ack)
- Distribuzione con ordine diverso pacchetti

Trova cammini ottimali da una specifica sorgente  
a una specifica destinazione.

# Comunicazioni e networking

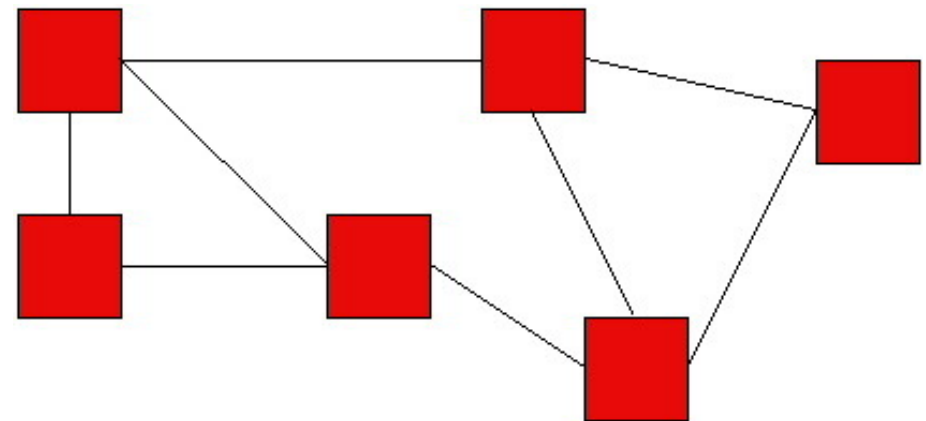
## Due nodi: problemi di comunicazione fisica

- elettrici,
- ottici,
- onde elettromagnetiche



## Più di due nodi: molti problemi nuovi

- Indirizzamento
- Commutazione
- Instradamento
- Alta Affidabilità



# Definizione intuitiva di rete

L'utilizzo contemporaneo delle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni ha permesso la nascita delle reti telematiche

- Che cos'è una rete telematica?
- Una semplice e intuitiva definizione è la seguente:

*una rete telematica è un insieme di dispositivi informatici mutuamente collegati tra di loro.*

# Definizione funzionale di rete

- Una **Rete di Telecomunicazione** può essere definita, in modo *funzionale*, come:
  - un sistema distribuito che permette la trasmissione di informazioni da un suo capo all'altro, consentendo un indirizzamento universale.
- Quindi una rete deve implementare:
  - funzionalità per il **trasporto dell'informazione**,
  - funzionalità per l'**indirizzamento** e per la **commutazione** (*switching*).



# Definizione funzionale di rete

Un possibile modello fisico che implementa la definizione data di rete di telecomunicazione deve prevedere la presenza:

- **hosts** (stazioni) dispositivi autonomi connessi a una rete
- **links** (collegamenti trasmissivi), tipicamente **punto-a-punto**, interconnessi fra loro tramite nodi di commutazione
- **nodi di commutazione** (*Network switch*), il cui compito è quello di riconoscere le richieste per l'apertura di una connessione e fare in modo che i dati, relativi a tale connessione, arrivino al nodo di destinazione.

# Rappresentazione: il grafo di rete

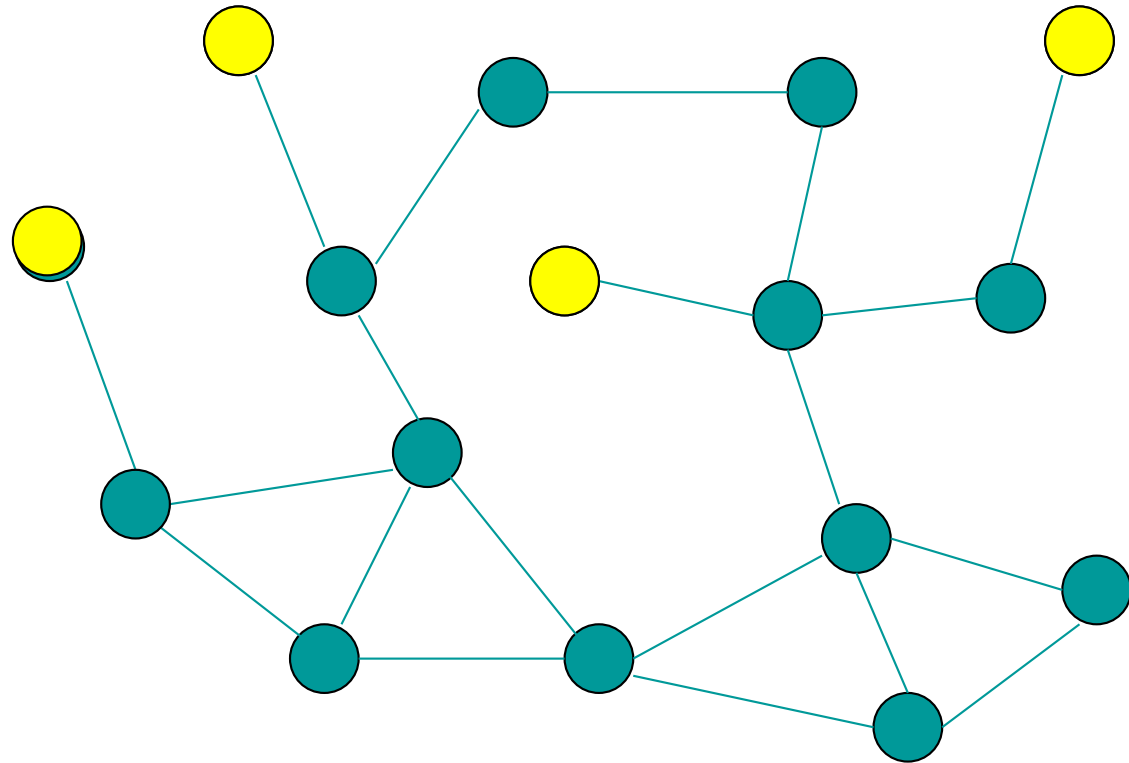


Host



Nodo di  
commutazione

Link



# Terminologia: DTE (Data Terminal Equipment)

Prende il nome di Data Terminal Equipment (brevemente DTE) il complesso costituito dal sistema, dal terminale (che può accompagnare o sostituire il sistema) e dalle relative risorse (applicazioni, interfacce di INput e di OUTput) collegati in rete per la trasmissione dei dati.

# Terminologia: DTE (Data Terminal Equipment)

- Il DTE può essere dunque un supercalcolatore, un semplice PC o anche semplicemente un qualsiasi oggetto connesso in rete come utente finale.
- Si può perciò affermare che lo scopo della rete è l'interconnessione dei vari DTE per la condivisione delle risorse, lo scambio di dati e la cooperazione tra i processi applicativi.

# Schema dettagliato di una rete

- Uno schema più completo di rete tra due computer può essere quello della figura sotto.
- Il computer A e tutte le risorse (file database I/O) ad esso connesse costituiscono il DTE A, mentre il computer B, con le proprie risorse, costituisce il DTE B.
- Come evidenziato dalla figura, ciascun DTE è collegato alla linea di trasmissione mediante un apposito dispositivo, che prende il nome di Data Circuit Terminating Equipment (brevemente DCE).
- Quando la linea di trasmissione è la normale linea telefonica, il DCE è un normale modem.
- Il DCE può essere uno switch o un router in ambito Ethernet

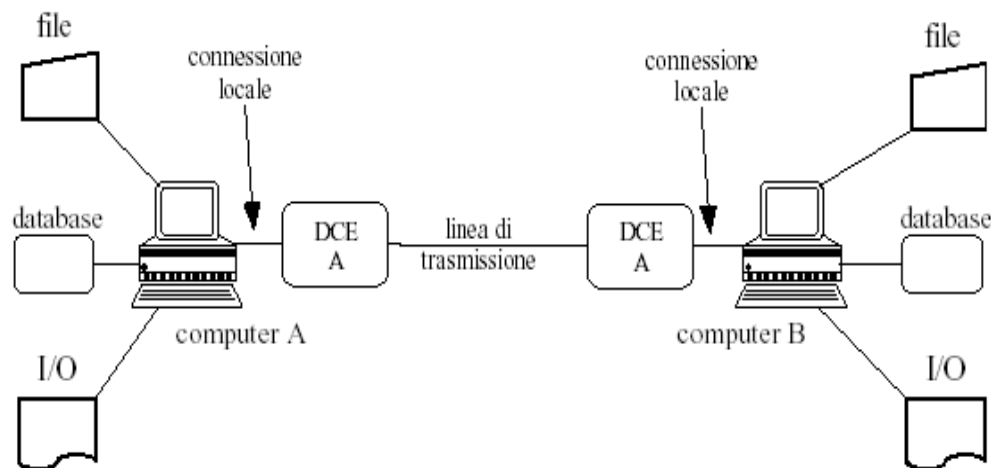


Figura 3 - Struttura dettagliata di una rete di due computer collegati mediante una linea trasmissiva

# Modalità di trasmissione

Punto a Punto



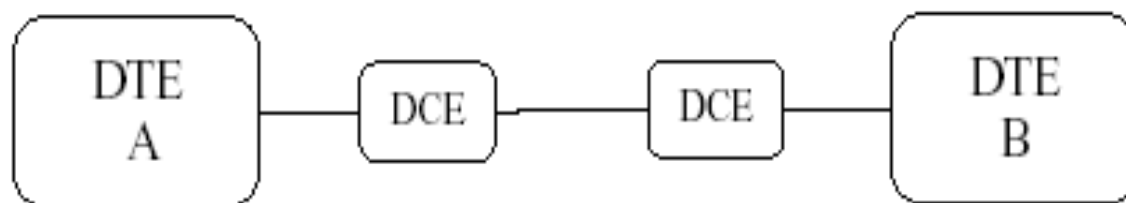
Broadcast



# Reti “punto-a-punto”

Un circuito fisico è detto **punto-a-punto** quando collega due soli DTE.

La figura seguente mostra un esempio di circuito punto-a-punto:



*Figura 4 - Circuito fisico punto-a-punto*



# Reti “punto-a-punto”: vantaggi

Il collegamento punto-a-punto è spesso utilizzato nella connessione tra due computer oppure in quella tra un computer ed un terminale.

I principali vantaggi di questa configurazione sono i seguenti:

- semplicità di gestione: quello che viene trasmesso da un DTE è sempre diretto all'altro;
- tempi di attesa nulli: il DTE che deve trasmettere trova sempre il circuito disponibile, per cui può trasmettere ogni volta che ne ha bisogno.



# Reti “punto-a-punto”: svantaggi

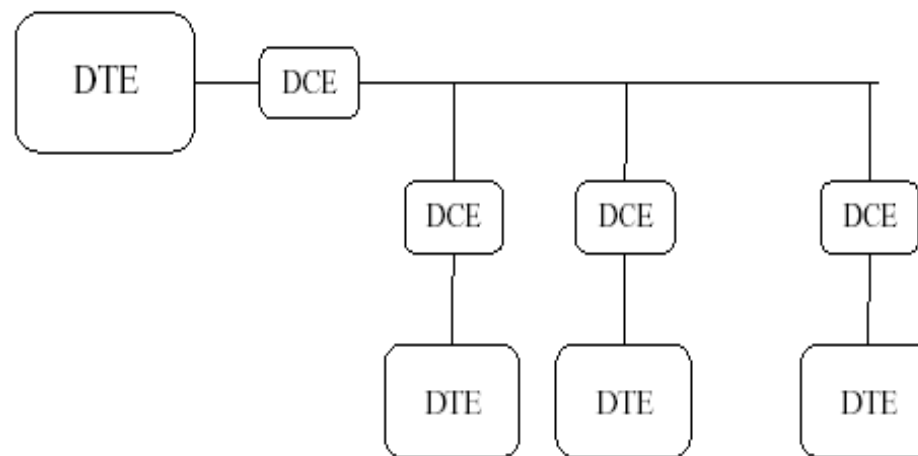
Ci sono però anche degli svantaggi, legati essenzialmente alla linea di collegamento:

- in primo luogo, il costo della linea, specie se essa corre su una distanza notevole, può diventare elevato;
- inoltre, una organizzazione che volesse collegare, al proprio mainframe, 10.000 terminali con questa tecnica, dovrebbe provvedere a installare 10.000 linee di collegamento.

# Reti “multipunto”

*Un circuito fisico multipunto consiste nel mettere più di due DTE sulla stessa linea.*

La figura seguente mostra una configurazione multipunto con un numero imprecisato di DTE (con DTE principale/master e secondari/slaves):



*Figura 5 - Circuito fisico multipunto*

Possono nascere problemi di contesa

# Reti “broadcast”

- All'opposto delle reti multipunto e punto-a-punto si collocano le cosiddette **reti broadcast**: queste sono dotate di un unico canale di comunicazione che è condiviso da tutti gli elaboratori.
- Brevi messaggi (spesso chiamati **pacchetti**) inviati da un elaboratore sono ricevuti da tutti gli altri elaboratori.
- Un indirizzo all'interno del pacchetto specifica il destinatario.

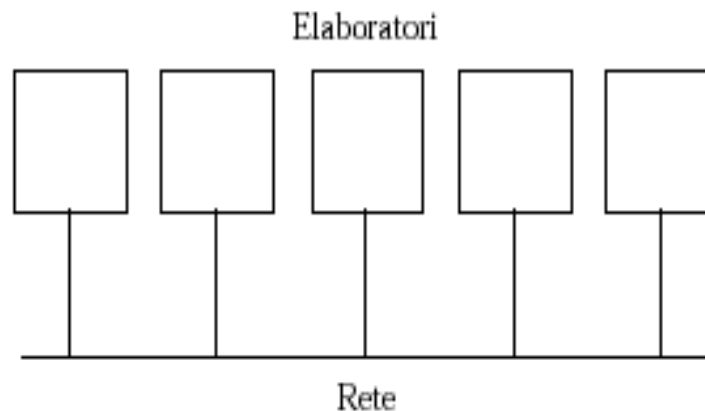


Figura 6 - Schema logico di una rete broadcast

# Reti “broadcast”

- Quando un elaboratore riceve un pacchetto, esamina l'indirizzo di destinazione; se questo coincide col proprio indirizzo, il pacchetto viene elaborato, altrimenti viene ignorato.
- Le reti broadcast, in genere, consentono anche di inviare un pacchetto a tutti gli elaboratori, usando un opportuno indirizzo.
- Si parla in questo caso di **broadcasting** (si pensi alla diffusione radio-televisiva). In tal caso tutti prendono in considerazione il pacchetto.

# Reti “multicast”

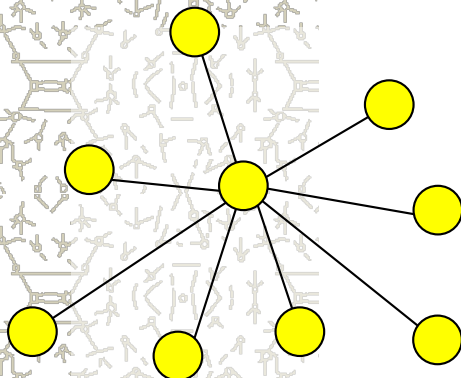
- Un' altra possibilità è inviare il pacchetto ad un sottoinsieme degli elaboratori: si parla in questo caso di **multicasting** e succede che solo gli elaboratori del suddetto sottoinsieme prendono in considerazione il pacchetto, che invece viene ignorato dagli altri.
- In ciascun pacchetto è presente un bit che indica che si tratta di una trasmissione in multicasting, mentre i rimanenti bit contengono l'indirizzo del gruppo destinatario ed ovviamente i dati.
- In particolare, il bit che indica o meno il multicasting appartiene allo stesso campo contenente l'indirizzo: se  $N$  sono i bit di tale campo, quindi, solo  $N-1$  sono riservati all'indirizzo vero e proprio.

# Topologie di rete

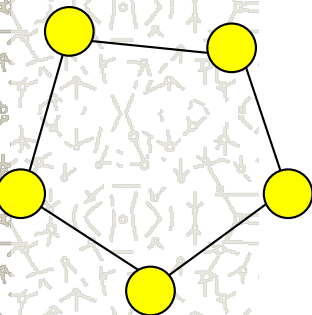
- Prende il nome di topologia di rete la configurazione geometrica dei collegamenti tra i vari componenti della rete.
- Esistono vari tipi di topologie, la scelta dei quali è legata al conseguimento di alcuni obiettivi fondamentali:
  - Massima Affidabilità (Tasso di guasti e ridondanza)
  - Scalabilità (Margini di crescita)
  - Alto Rendimento Complessivo (banda e latenza)
  - Minimi Costi di startup ed esercizio



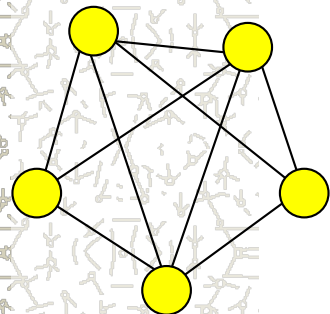
# Esempi: Pro e Contro



- Bastano  $n - 1$  collegamenti per connettere  $n$  nodi
- Controllo centralizzato del traffico
- Problemi di robustezza: Single point of failure
- Problemi di capacità de nodo centrale
- Non scala col numero di nodi



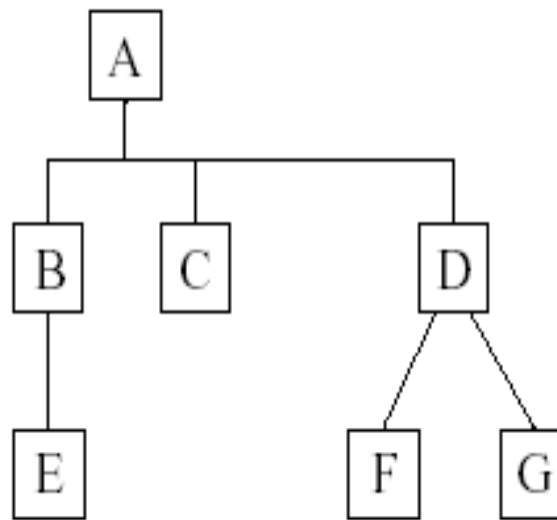
- Bastano  $n$  collegamenti per connettere  $n$  nodi
- Doppio percorso fra coppie di nodi
- Non scala col numero di nodi: percorsi infinitamente lunghi
- Problemi di congestione sui percorsi
- Problemi di capacità dei nodi



- Servono  $n(n-1)/2$  collegamenti per connettere  $n$  nodi – troppi!
- Massima affidabilità e percorsi dedicati
- Non scala col numero di nodi: costo inaccettabile

# Rete gerarchica o ad albero

Questo tipo di configurazione è quella più comune e può essere rappresentata graficamente nel modo seguente:



*Figura 9 - Topologia di rete ad albero*



# Rete gerarchica o ad albero

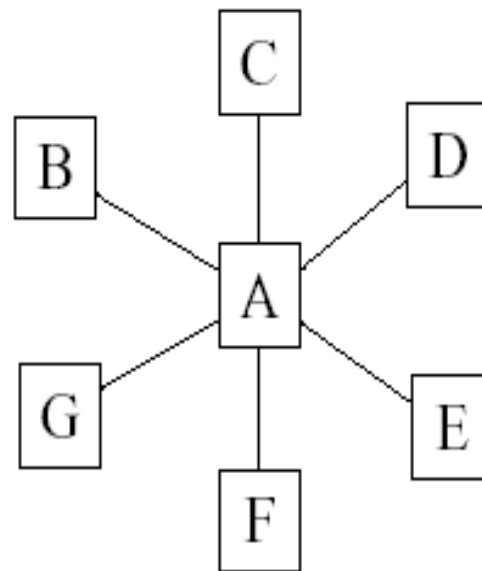
- Il traffico di dati va dai nodi dei livelli più bassi verso i nodi intermedi o verso il nodo del livello più alto.
- Quest'ultimo è in genere il nodo più potente dell'intera struttura, visto che deve provvedere alle richieste di tutta la rete.
- Spesso, è responsabile della gestione completa della rete,
- è anche possibile che ci sia una cooperazione, per la gestione ed il controllo della rete, tra il nodo principale e alcuni o tutti i nodi del livello immediatamente inferiore: per esempio, a tali sistemi di livello inferiore possono essere affidati compiti gestionali specifici oppure limitati ad una specifica sottorete.

# Rete gerarchica o ad albero

- La topologia a rete gerarchica presenta fundamentalmente i seguenti inconvenienti:
  - il nodo principale, se è sovraccarico di lavoro, può diventare un collo di bottiglia per l'intera rete, il che comporta un rallentamento dei servizi per tutti gli utenti;
  - inoltre, la caduta del nodo principale rende inoltre inutilizzabile l'intera rete.
- A quest'ultimo inconveniente si può però ovviare adottando una **politica di back-up**: bisogna cioè mettere in grado uno o più altri nodi della rete di svolgere le stesse funzioni del nodo principale nel momento in cui questo dovesse venire a mancare.

# Rete a stella

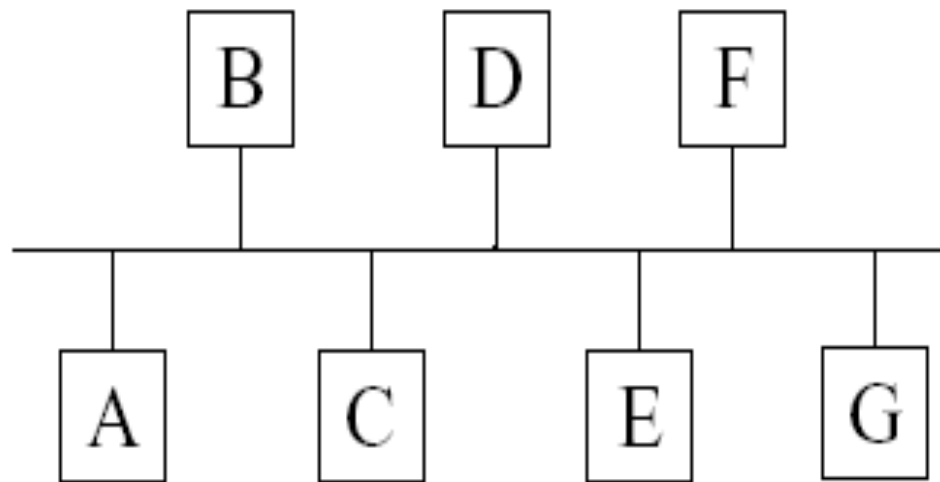
- La configurazione a stella è simile a quella ad albero, con la fondamentale differenza che non c'è alcuna distribuzione funzionale, ossia non ci sono livelli diversi: in altre parole, tutte le funzioni riguardanti gli utenti periferici sono realizzate nel nodo centrale.
- Questa topologia presenta, accentuati, gli stessi pregi e difetti della struttura ad albero.
- Lo schema è dunque il seguente:



*Figura 10 - Topologia di rete a stella*

# Rete a dorsale o bus condiviso

- Questa configurazione è diventata popolare in quanto è adottata dalle reti locali di tipo **Ethernet**.
- La caratteristica è che c'è un unico cavo che collega tutte le stazioni, come nello schema seguente:



*Figura 11 - Topologia di rete a dorsale*

# Rete a dorsale o bus condiviso

- La trasmissione di una stazione viene ricevuta da tutte le altre.
- In qualche modo, è l'analogo del bus che viene usato nelle architetture dei moderni calcolatori:
  - il *bus* è l'insieme di cavi elettrici che mettono in comunicazione tutti i dispositivi (CPU, memoria, periferiche) da cui il calcolatore è costituito.
  - In questo caso mette in comunicazione i vari nodi di rete

# Rete a dorsale o bus condiviso

- In ogni istante solo un elaboratore può trasmettere, mentre gli altri devono astenersi, in maniera del tutto analoga a quanto avviene in un singolo calcolatore, dove il bus è a disposizione di un dispositivo (CPU o periferica) per volta;
- è necessario un meccanismo di **arbitraggio** per risolvere i conflitti quando due o più elaboratori vogliono trasmettere contemporaneamente;
- l'arbitraggio può essere centralizzato o distribuito;



# Rete a dorsale o bus condiviso

- Il vantaggio fondamentale della *configurazione a dorsale* è nella tecnologia di accesso, il quale, nel caso di rete locale, è davvero molto semplice.
- I principali inconvenienti sono invece i seguenti:
  - i potenziali problemi di prestazioni dovuti al fatto che unico portante trasmissivo serve tutte le stazioni;
  - una eventuale interruzione del portante mette fuori uso l'intera rete;
  - la mancanza di punti di concentrazione rende difficoltosa l'individuazione di eventuali punti di malfunzionamento.

# Rete ad anello (ring)

- Questa configurazione è stata resa da popolare dalle prime **LAN** (*Local Area Network*) di tipo *Token-Ring* o *FDDI*.
- Essa è schematizzata nella figura seguente:

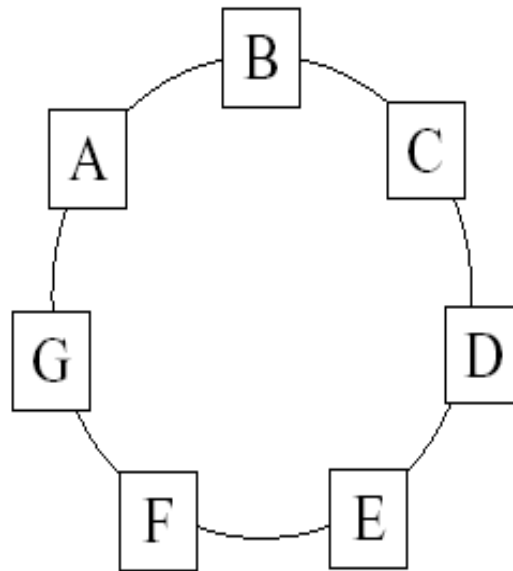


Figura 12 - Topologia di rete ad anello

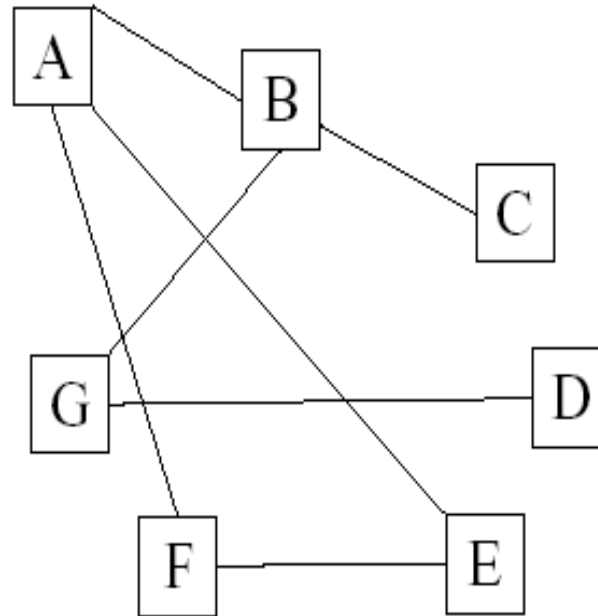


# Rete ad anello (ring)

- La trasmissione è in questo caso unidirezionale (i dati viaggiano cioè solo in un senso), ma, essendo l'anello un circuito chiuso su se stesso, è possibile inviare un messaggio da qualsiasi stazione verso qualsiasi altra.
- in un ring ogni bit circumnaviga l'anello;
- anche qui è necessario un meccanismo di arbitraggio (spesso basato sul possesso di token, che abilita alla trasmissione).
- Un importante pregio di questa topologia è che apre ottime prospettive per l'utilizzo della **fibra ottica**.

# Rete a maglia

Quest'ultima topologia consiste nel collegare le varie stazioni con diversi circuiti, ad esempio come indicato nella figura seguente:



*Figura 13 - Topologia di rete a maglia*

# Rete a maglia o mesh

- Una topologia di questo tipo assicura buone prestazioni in quanto il traffico viene ripartito sui vari percorsi.
- Inoltre, essa conferisce una elevata affidabilità all'intera struttura, proprio grazie alla presenza di *percorsi multipli*.
- Allo stesso tempo, però, i costi dei collegamenti possono anche essere elevati ed inoltre la gestione della struttura è chiaramente più complessa rispetto agli altri casi esaminati.

# Flussi e circuiti: trasmissione simplex

Il flusso trasmissivo, lungo una linea di comunicazione, può avvenire in 3 modi diversi.

Il caso più semplice è quello della *trasmissione simplex: i dati viaggiano, in questo caso, in una sola direzione.*

- Esempi classici di flussi simplex sono le trasmissioni radio-televisive e le reti di comunicazione delle agenzie stampa.
- Generalmente, il flusso trasmissivo di tipo simplex non viene utilizzato per la comunicazione dei dati, anche quando il flusso è unidirezionale: il motivo è che, nella comunicazione dei dati, è assolutamente necessario *il controllo della correttezza della ricezione*;
- Questo controllo è possibile solo se l'utente, una volta ricevuti i dati inviati dalla sorgente, può a sua volta inviare alla sorgente un messaggio che indichi la corretta ricezione o, in caso contrario, che richieda la *ritrasmissione*.

# Flussi e circuiti: trasmissione half-duplex

- Nella trasmissione **half-duplex**, invece, i dati possono viaggiare in entrambe le direzioni, ma non contemporaneamente.
- E' il modo classico di operare dei *terminali conversazionali*, che prevede l'invio di una richiesta, la ricezione della risposta e, sulla base di quest'ultima, l'invio di una ulteriore richiesta e così via.

# Flussi e circuiti: trasmissione full-duplex

- Il modo più completo e anche più complesso è quello della trasmissione **full-duplex**: in questo caso, i dati possono viaggiare, contemporaneamente, in entrambe le direzioni.
- Esempio classico è il colloquio tra due sistemi in cui mentre si trasmette un certo file in una direzione, ne viene trasmesso un altro nella direzione opposta.
- Osserviamo che *il flusso full-duplex è particolarmente indicato per le reti a configurazione multipunto*: infatti, se la linea di trasmissione è di tipo full-duplex, è possibile che il *DTE master* riceva una richiesta da un *DTE slave* e, contemporaneamente, invii una risposta ad un altro *DTE slave*.



# Flussi e circuiti fisici: osservazioni

- E' bene, a questo punto, sottolineare una cosa: spesso si confondono i flussi half-duplex e full-duplex con le caratteristiche fisiche del circuito usato per la trasmissione:
- Si dice, per esempio, che la trasmissione half-duplex si realizza su un *circuito a due fili* (la classica linea telefonica), con un filo per i dati e l'altro per il ritorno elettrico, mentre si dice che il flusso full-duplex richiede il doppio **doppino telefonico**, ossia 4 fili, di cui due per i dati (uno in un senso e uno nell'altro) e due per i rispettivi ritorni elettrici.

# Flussi e circuiti fisici: osservazioni

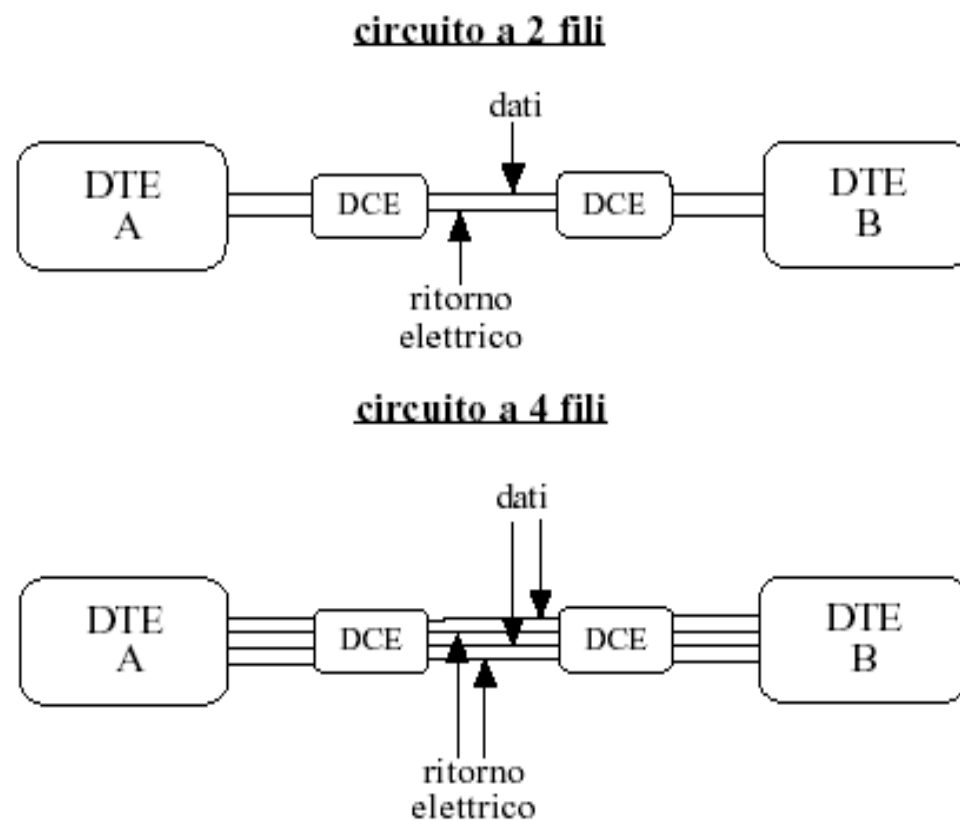


Figura 7 - Circuiti fisici a 2 fili (singolo doppino telefonico) e 4 fili (doppio doppino telefonico)



# Flussi e circuiti fisici: osservazioni

- Le affermazioni precedenti sono vere, ma è altrettanto vero che *la trasmissione full-duplex è possibile anche sul circuito a due fili, ossia sul singolo doppino telefonico*. L'unica cosa da osservare è che la trasmissione full-duplex con un doppino telefonico risulta senz'altro più lenta di quella con 2 doppiini telefonici e che l'attuale tecnologia permette la comunicazione full-duplex, sui circuiti a due fili, con velocità ormai accettabili.
- Il tipo di linea fisica (a 2 o a 4 cavi) dipende comunque dalle esigenze:
  - quando la connessione avviene tramite un normale *circuito telefonico commutato*, allora si fa uso del collegamento a due fili;
  - quando, invece, la linea è permanente (si parla di *linea dedicata* o *leased* ), allora il collegamento può essere effettuato sia con 2 fili sia anche con 4.

# Trasmissione dei dati: la commutazione

Commutazione: è quell'operazione che predispone il percorso che le informazioni emesse dal mittente devono seguire per raggiungere il destinatario

esistono fondamentalmente due tipi di commutazione:

- **commutazione di pacchetto**
- **commutazione di circuito.**

# Trasmissione dati: commutazione di pacchetto

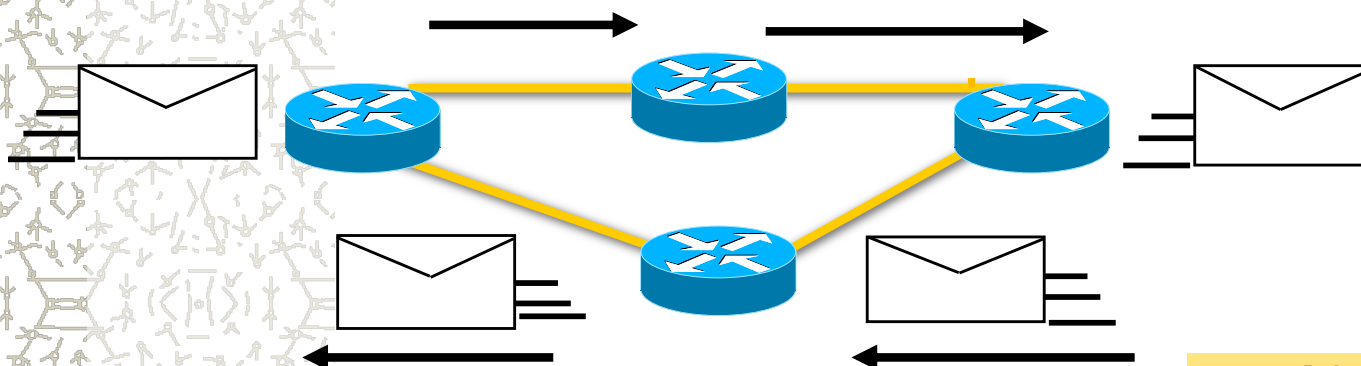
La commutazione di pacchetto si basa sulla suddivisione del messaggio in più unità autonome, ciascuna corredata delle opportune informazioni di controllo:

- identificativi del mittente e del destinatario
- numero d'ordine del pacchetto all'interno dell'intero messaggio;

Capacità di instradamento autonoma nei singoli organi di commutazione della rete:

- Ogni pacchetto è instradato indipendentemente (e su percorsi differenti)
- La rete non ne garantisce l'inoltro e la ricezione nel giusto ordine

Utilizzo ottimale delle risorse in ragione del principio di **multiplexazione statistica**.



Analogia: la posta

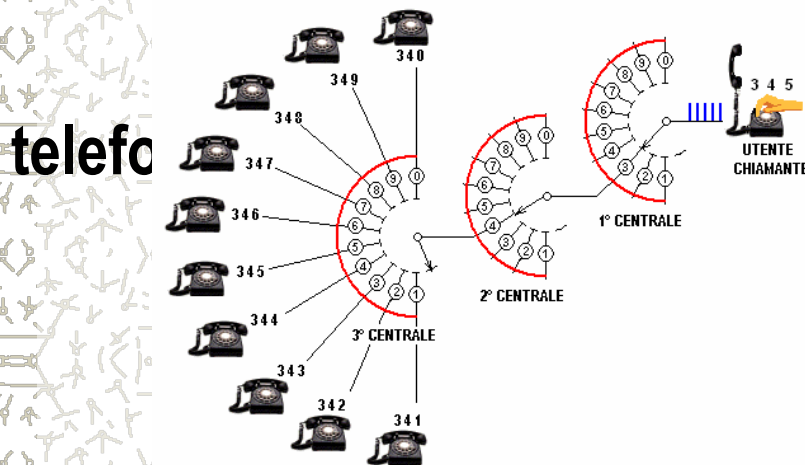
# Trasmissione dati: commutazione di circuito

Tramite una serie di dispositivi di commutazione intermedia si determina una connessione fisica diretta, anche se effettivamente priva di continuità elettrica/ottica, che simula un unico cavo/canale tra le due stazioni che necessitano di comunicare

Tale connessione è assegnata permanentemente ed unicamente alla coppia di stazione ed è mantenuta fino al termine della comunicazione;

Caratteristiche della commutazione di circuito sono:

- la presenza di un tempo di attivazione della connessione (variabile in funzione del traffico e della distanza delle due stazioni)
- la bassa efficienza nell'uso del mezzo in quanto la connessione rimane "instaurata" anche quando i due utenti momentaneamente non la utilizzano per comunicare.



Analogia: la chiamata

# Pro e Contro

- La commutazione di pacchetto è in media più scalabile e ottimizza la gestione delle risorse
- E' estremamente efficiente per il trasporto di pacchetti di piccole dimensioni (e-mail, rlogin, transazioni www) che comportano trasferimenti di alcune centinaia di KB
- Però è evidente l' **inadeguatezza** della commutazione di pacchetto per il trasporto di grandi quantità di informazioni (diversi Tera o Peta-bytes) sulla rete
- Gestire **decisioni di instradamento ogni 1500 Bytes** per trasferire ad es. 1.5TB di dati richiedere di reiterare le stesse decisioni circa **un bilione** di volte su tutti i routers coinvolti
- È inoltre praticamente impossibile riservare risorse in anticipo o fare ingegneria del traffico scegliendo i percorsi
- La logica del multiplexing statistico **non scala** su grandi volumi

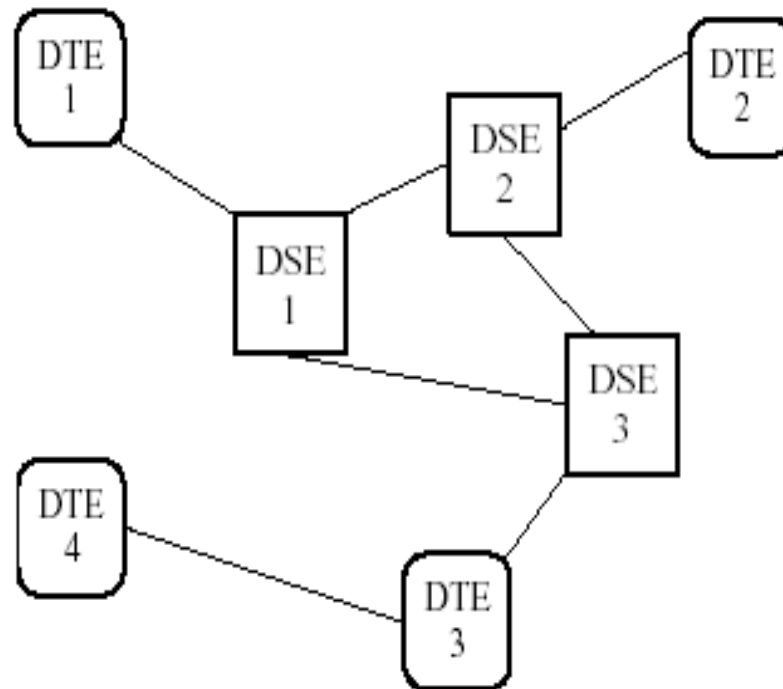
# Terminologia: DSE (Data Switching Equipment)

*Un Data Switching Equipment (brevemente DSE) o **nodo di commutazione** è un nodo intermedio della rete, senza alcuna funzione di supporto diretto agli utenti, la cui principale funzione è quella di commutare (switch) il traffico tra due o più DTE non direttamente collegati tra loro.*

*La commutazione avviene attraverso la cross-connessione fra due interfacce, temporanea o semipermanente*



# Terminologia: DSE (Data Switching Equipment)



*Figura 8 - Schema di una rete con nodi intermedi di commutazione*



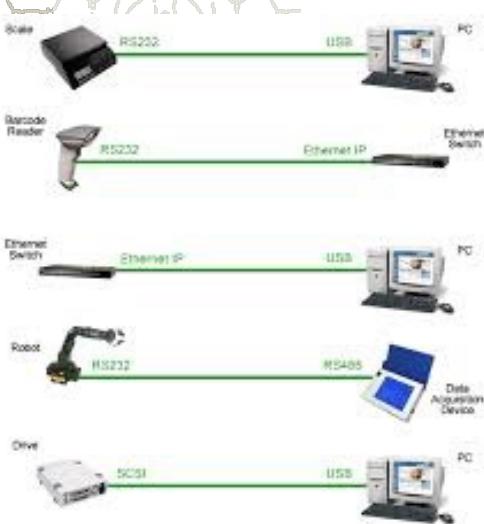
# Terminologia: DSE (Data Switching Equipment)

Sulla base di opportuni criteri e di adeguate informazioni di servizio, un DSE sceglie dunque la strada (detta **percorso di rete**) che i messaggi devono seguire per arrivare alla loro destinazione:

- Per esempio, nell'esempio fatto, il DSE 1 può collegarsi direttamente al DSE 3 per arrivare al DTE 3, ma può anche collegarsi con il DSE 2 il quale si collega a sua volta con il DSE 3 (**ridondanza** percorso)
- Per esempio, il DSE 1 potrebbe optare per questa seconda scelta nel caso in cui la linea di comunicazione con il DSE 3 fosse interrotta o malfunzionante.
- A parte i malfunzionamenti, il DSE può operare una scelta di percorso anche in ragione del carico delle linee: questo problema rientra nel vasto campo del cosiddetto **controllo della congestione**.

# Protocolli

- Un **protocollo** è una serie di norme, convenzioni e tecniche per lo scambio di dati, comandi e informazioni di controllo tra due elementi.
- Esistono molti **livelli** di protocolli: si va dal livello più basso, che regola il modo di trasmettere i segnali sulla linea (**protocollo di connessione**), al livello più alto, che indica come interpretare dati e comandi a livello applicativo, passando per una serie variabile di ulteriori livelli.

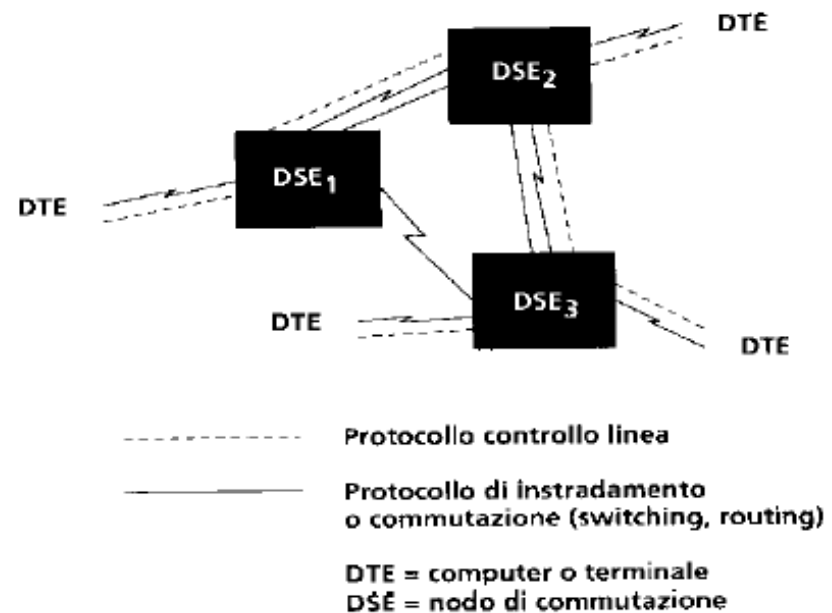


# Protocolli

- Regole, standards
- Il sistema metrico
- La lingua italiana
- La cena di gala
- Il codice Morse
- TCP oppure IP
- HTML

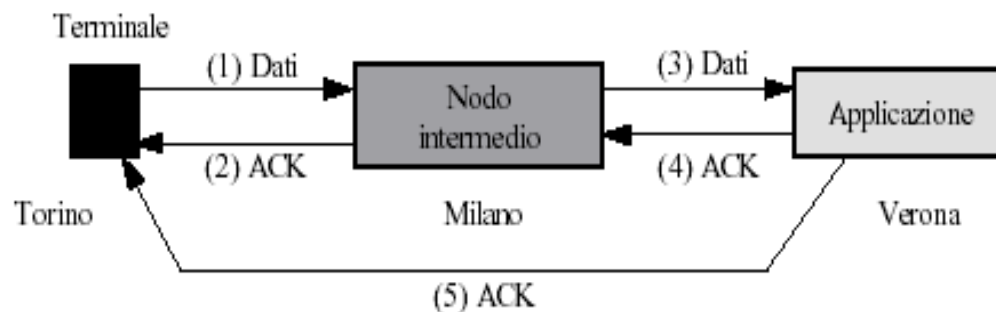
# Protocolli

- Una volta individuata la stazione (DTE) destinazione, bisogna stabilire quale strada usare per connetterla alla stazione (DTE) sorgente.
- Questa scelta compete al cosiddetto *protocollo di instradamento* (**routing protocol**) che quindi si aggiunge al *protocollo di linea* necessario al passaggio di dati su ciascuna linea. In altre parole, solo dopo la scelta del percorso interviene il protocollo di linea per la gestione dei singoli collegamenti.
- Tale protocollo viene usato tante volte quante sono le linee che costituiscono il percorso fissato.



# Protocolli

- Consideriamo la figura seguente, in cui è presente un terminale, situato fisicamente a Torino, che intende connettersi ad una applicazione situata fisicamente a Verona, passando per Milano
- Il terminale di Torino invia un messaggio per il terminale di Verona usando un protocollo di linea che prevede una risposta da parte della stazione ricevente sull'esito positivo o negativo della trasmissione.
- il protocollo di linea effettua la trasmissione solo fino al nodo intermedio di Milano, per cui è quest'ultimo che effettua il controllo di correttezza della trasmissione
- Si parla in questo caso di **Protocollo di Trasporto**



- un *protocollo di linea*, che agisce sulle singole tratte, è di tipo **box-to-box**, mentre un *protocollo di trasporto* è di tipo **end-to-end**.

# Standards

Hardware

Software

Protocolli e standards

Proprietary, De Facto, De Jure

Organismi per standardizzazione

IEEE, OSI, ANSI, ATM Forum, ...



# Principali autorità di standardizzazione

Queste sono le principali autorità nel mondo degli standard:

- **PTT (*Post, Telephone and Telegraph*)**: amministrazione statale che gestisce i servizi trasmissivi (in Italia è il *Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni*);
- **CCITT (*Consultative Committee for International Telegraph and Telephone*)**: organismo internazionale che emette le specifiche tecniche che devono essere adottate dalle PTT. E' entrato da poco a far parte dell'**ITU (*International Telecommunication Union*)**;
- **ISO (*International Standard Organization*)**: il principale ente di standardizzazione internazionale, che si occupa fra l'altro anche di reti;
- **ANSI (*American National Standards Institution*)**: rappresentante USA nell' ISO;
- **UNINFO**: rappresentante italiano, per le reti, nell'ISO;
- **IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*)**: organizzazione professionale mondiale degli ingegneri elettrici ed elettronici; ha gruppi di standardizzazione sulle reti;
- **IRTF (*Internet Research Task Force*)**: comitato rivolto agli aspetti di ricerca a lungo termine in merito alla rete Internet;
- **IETF (*Internet Engineering Task Force*)**: comitato rivolto agli aspetti di ingegnerizzazione a breve termine della rete Internet;
- **IAF (*Internet Architecture Board*)**: comitato che prende le decisioni finali su nuovi standard da adottare per Internet, di solito proposti da IETF o IRTF.



# Copertura delle reti

0.1 m

1 m

10 m

100 m

1 km

10 km

100 km

1000 km

10000 km

schede  
sistemi

uffici

edifici  
campus

città

paese  
continente

pianeta

*Elaboratori*

*Local Area Network: LAN*

*Metropolitan Area Network: MAN*

*Wide Area Network: WAN*

*Internet*

# Tipi di rete

- La tabella riporta una tassonomia dei vari tipi di rete, in funzione dell'ambito operativo e delle distanze coperte.
- Il primo gruppo di reti si utilizza per l'interconnessione di più processori all'interno dello stesso calcolatore (calcolatori paralleli)
- Il secondo gruppo prende il nome di reti di calcolatori e riguarda l'interconnessione di elaboratori eterogenei.

	Ambito	Distanza	Rete
Calcolatori paralleli	Circuito stampato	0.1 m	Massive Parallel
	Sistema	1 m	Multi Processor
	Stanza	10 m	Cluster
Reti di Calcolatori	Edificio	100 m	Reti Locali
	Comprensorio	1 km	Reti Locali Estese
	Città	10 km	Reti Metropolitane
	Nazione	100 km	Reti Geografiche
	Continente	1000 km	Reti Geografiche
	Pianeta	10000 km	Reti Geografiche

# LAN (Local Area Network)

Le reti locali (***Local Area Network, LAN***), in genere:

- sono possedute da una organizzazione (reti private);
- hanno un'estensione che arriva fino a qualche km;
- si distendono nell'ambito di un singolo edificio o campus (non si possono, di norma, posare cavi sul suolo pubblico, a meno di specifiche autorizzazioni);
- sono usatissime per connettere PC o workstation.

# LAN (Local Area Network)

- Le velocità trasmissive sono comprese nell'intervallo 10 Mb/s e 10 Gb/s.
- Il mercato delle medie prestazioni è ormai dominato da IEEE 802.3 (evoluzione di Ethernet), mentre quello delle alte prestazioni è in grande fermento per i molti contendenti: RPR, Carrier Ethernet a 10 Gb/s e SDH/SONET.
- Tutte queste reti adottano come mezzo trasmissivo preferenziale il doppino di rame e la fibra ottica per le dorsali.

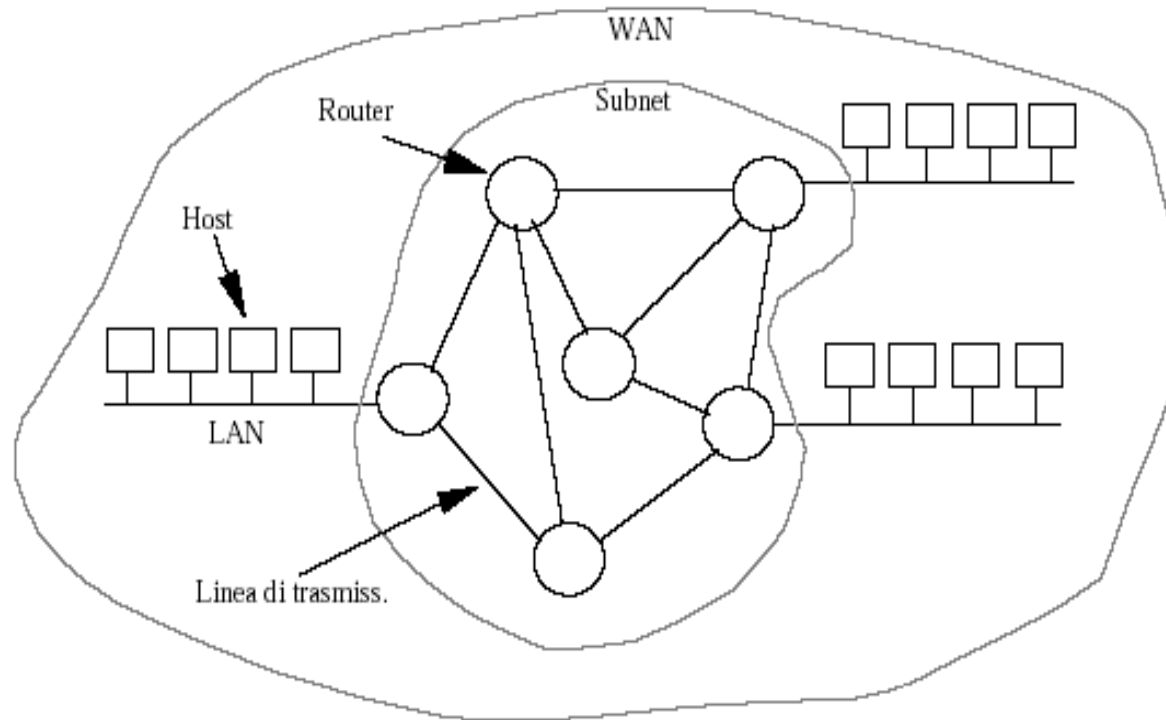
# WAN (Wide Area Network)

Le **reti geografiche** (*Wide Area Network, WAN*) si estendono a livello di una nazione, di un continente o dell'intero pianeta.

- collegano diversi sistemi elaborativi, spesso distanti centinaia o anche migliaia di chilometri (per cui si parla di **reti geografiche**);
- spesso il numero di terminali collegati è molto elevato (dell'ordine delle migliaia);
- hanno spesso una **struttura a maglia** ed una configurazione dei collegamenti a volte complessa;
- le linee vengono affittate dal gestore pubblico, per cui si tende ad ottimizzarne lo sfruttamento; in questi casi, la struttura a maglia serve a garantire strade alternative nel caso di indisponibilità di qualche componente o per ripartire il traffico su più percorsi;
- A scopo di interoperabilità sono basate su tecnologie di comunicazione standardizzate dal CCITT

# WAN (Wide Area Network)

Una tipica WAN è utilizzata per connettere più LAN fra loro:



*Figura 5 - Struttura tipica di una WAN*



# MAN (Metropolitan Area Network)

- A metà tra le LAN e le WAN si collocano le **reti metropolitane** (*Metropolitan Area Network, MAN*), che hanno un'estensione tipicamente urbana (quindi anche molto superiore a quella di una LAN);
- sono generalmente pubbliche (cioè un'azienda, ad es. *Telecom Italia*, mette la rete a disposizione di chiunque desideri, previo pagamento di una opportuna tariffa).



# MAN (Metropolitan Area Network)

- ✱ Le prestazioni classiche raggiunte sono comprese tra i 2 Mb/s e i 10 Gb/s.
- ✱ Fino a qualche anno fa erano basate essenzialmente sulle tecnologie delle reti geografiche, utilizzate però su scala urbana.
- ✱ Recentemente, si è affermata la tecnologia Ethernet su scala metropolitana (carrier ethernet), che è effettivamente utilizzato in varie realizzazioni fino a 10 Gb/s.

# LAN, MAN e WAN: caratteristiche comuni

- Una caratteristica comune di WAN e LAN riguarda il modo con cui può avvenire la comunicazione tra due DTE della rete.
- Ci sono infatti due modi:
  - Connection oriented mode (orientato alla connessione)
  - Connectionless mode (non orientato alla connessione)
- La prima modalità è tipica della commutazione di circuito, la seconda di quella di pacchetto

# Connection oriented mode

- Nel **connection oriented mode** (*orientato alla connessione*):
  - i due DTE, prima di effettuare lo scambio di dati, si assicurano della presenza reciproca in linea;
  - fatta questa verifica, viene instaurata la *connessione* (o *colloquio* o *sessione*), la quale dura per tutto il tempo necessario allo scambio dati;
  - non appena tale scambio è terminato, anche la connessione viene abbandonata.
- La connessione è continuamente gestita dal software dei due DTE, il quale svolge diverse funzioni:
  - gestione del ritmo di interscambio (quindi della velocità di trasmissione),
  - controllo delle regole dello scambio,
  - capacità di interrompere la controparte (per inviare un messaggio urgente),
  - controllo degli errori ed eventuale loro correzione.
- Tutti questi controlli assumono importanza critica nelle WAN, data la bassa affidabilità delle linee.

# Connectionless mode

- Nel **connectionless mode** (*senza connessione*) un DTE può inviare un messaggio all'altro DTE anche se questo non è presente in linea; è come affidare le lettere alla posta, sperando che vengano consegnate.
- Il vantaggio è che non sono necessari servizi di controllo o di supporto, il che può essere vantaggioso per le LAN, mentre non è molto opportuno per le WAN, per i citati problemi di scarsa affidabilità.

# Pro e Contro

- Il problema principale del *connectionless mode* riguarda il controllo degli errori che, sia pure raramente, possono verificarsi: infatti, non essendoci controlli immediati durante la trasmissione, il DTE sorgente non può sapere come è andata la trasmissione.
- D'altra parte, *l'onere dei controlli ripetitivi spesso diventa inutile sulle reti ad alta affidabilità, dove gli errori sono decisamente pochi.*
- La soluzione cui si può pensare è allora quella di affidare il controllo degli errori direttamente alle applicazioni, il che alleggerisce i protocolli di linea, che possono occuparsi solo del trasporto dei dati, nonché anche i nodi intermedi, che devono occuparsi solo di instradare i dati sui percorsi desiderati.
- Quest'ultimo concetto è di importanza cruciale.

# Controllo di congestione del flusso

- Due DTE della rete comunicano tramite due nodi intermedi, ad es. DSE1 e DSE2.
- Se affidiamo il controllo degli errori ai protocolli di linea, ciascun DSE, ricevendo un *pacchetto* di dati, ne controlla sempre la correttezza: se non ci sono errori, il pacchetto viene instradato, altrimenti viene inviato al mittente un messaggio che richiede la ritrasmissione.
- Se il collegamento è ad alta velocità, il DSE non può concedersi il lusso di effettuare questi controlli; l'unica sua funzione deve essere quella di prendere i dati in arrivo ed instradarli senza operazioni intermedie di eccessiva complessità.
- Da qui l'opportunità di demandare alle applicazioni il controllo degli errori, lasciando ai DSE solo compiti marginali, eseguibili mediante *circuiti dedicati* molto veloci.
- Questi problemi rientrano nel vasto campo di problemi di **controllo di congestione del flusso** di una rete di telecomunicazioni.
- Controllare la velocità del trasmittente rispetto al destinatario

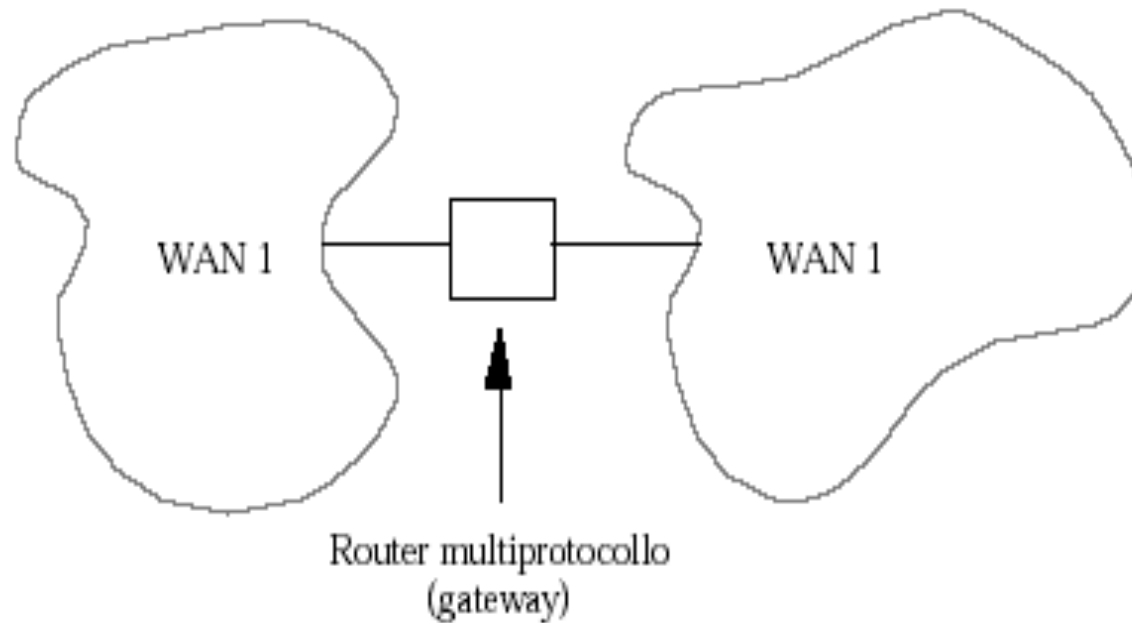


# Interconnessione di reti (internetwork)

- Una ***internetwork*** è formata quando reti diverse (sia LAN che MAN o WAN) sono collegate fra loro.
- A prima vista, almeno in alcuni casi, la cosa è apparentemente uguale alla definizione di WAN vista precedentemente.
- Alcuni problemi, però, sorgono quando si vogliono connettere fra di loro reti progettualmente diverse (spesso incompatibili fra loro).
- In questo caso si deve ricorrere a speciali apparecchiature, dette **gateway** (o ***router multiprotocollo***), che, oltre ad instradare i pacchetti da una rete all'altra, effettuano le operazioni necessarie per rendere possibili tali trasferimenti.



# Interconnessione di reti (internetwork)



*Figura 8 - Interconnessione di reti WAN*

# Interconnessione di reti: osservazioni

Bisogna inoltre evitare la confusione sui seguenti termini:

- ✚ **sottorete (subnet)**: nel contesto di una WAN è l'insieme dei DSE e delle linee di trasmissione;

- ✚ **rete (network)**: è l'insieme costituito da una subnet e da tutti gli host collegati;

- ✚ **internetwork**: è una collezione di più network, anche non omogenee, collegate per mezzo di gateway.

# Interconnessione di reti: osservazioni

E' bene sottolineare una differenza importante:

✱ **internet** (con la *i* minuscola) è sinonimo di internetwork, cioè la interconnessione di più reti generiche;

✱ **Internet** (con la *I* maiuscola) per riferirci alla specifica internetwork, basata su protocollo **TCP/IP**, che ormai tutti conoscono.