



Reti di Calcolatori

Introduzione



Premessa

Gli scopi delle reti:

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

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

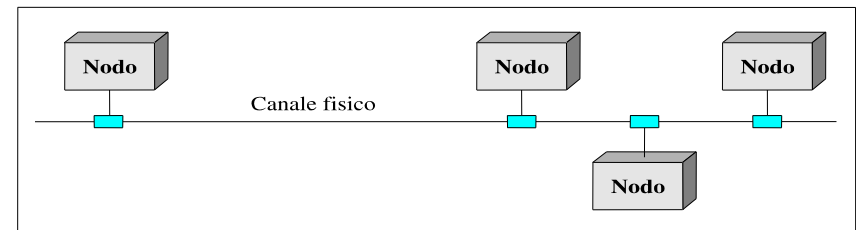
Due nodi: problemi di comunicazione fisica

- elettrici,
- ottici,
- onde elettromagnetiche



Più di due nodi: molti problemi nuovi

- Indirizzamento
- Commutazione
- Instradamento
- Alta Affidabilità



Definizione 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



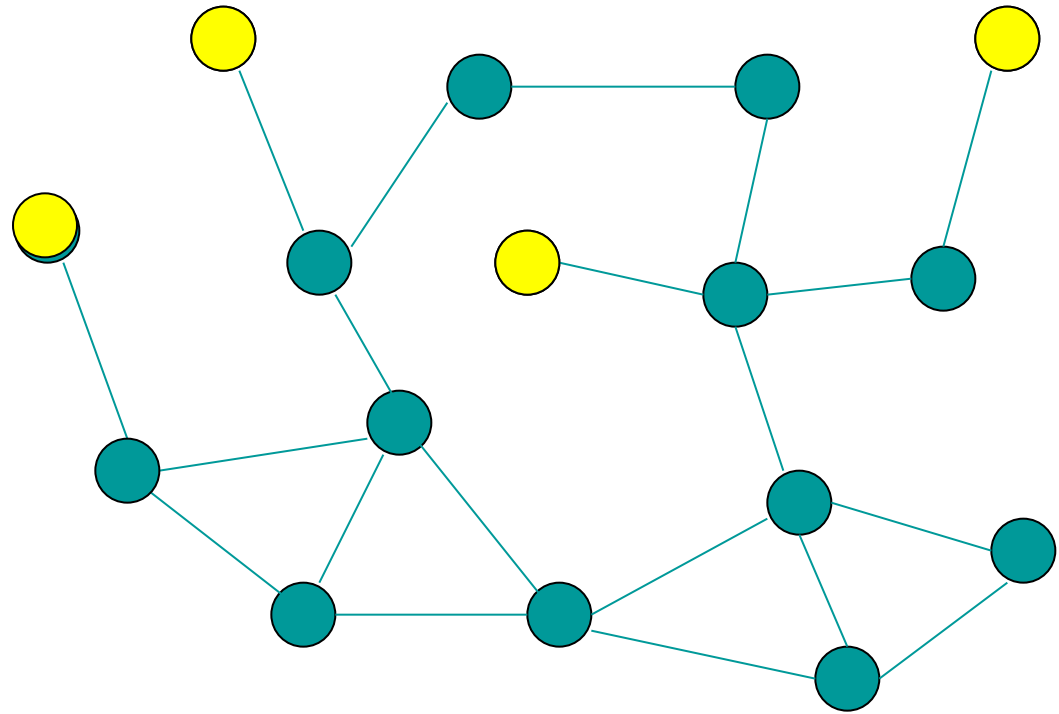
Host



Nodo di
commutazione



Link

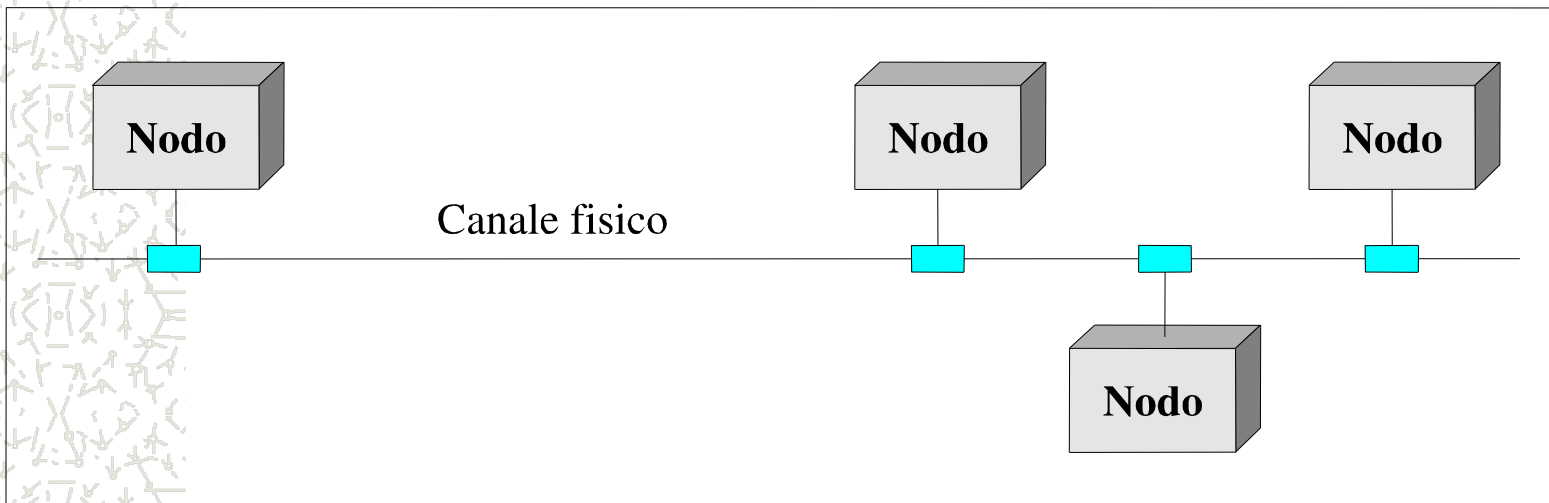


Reti “punto-a-punto e broadcast

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



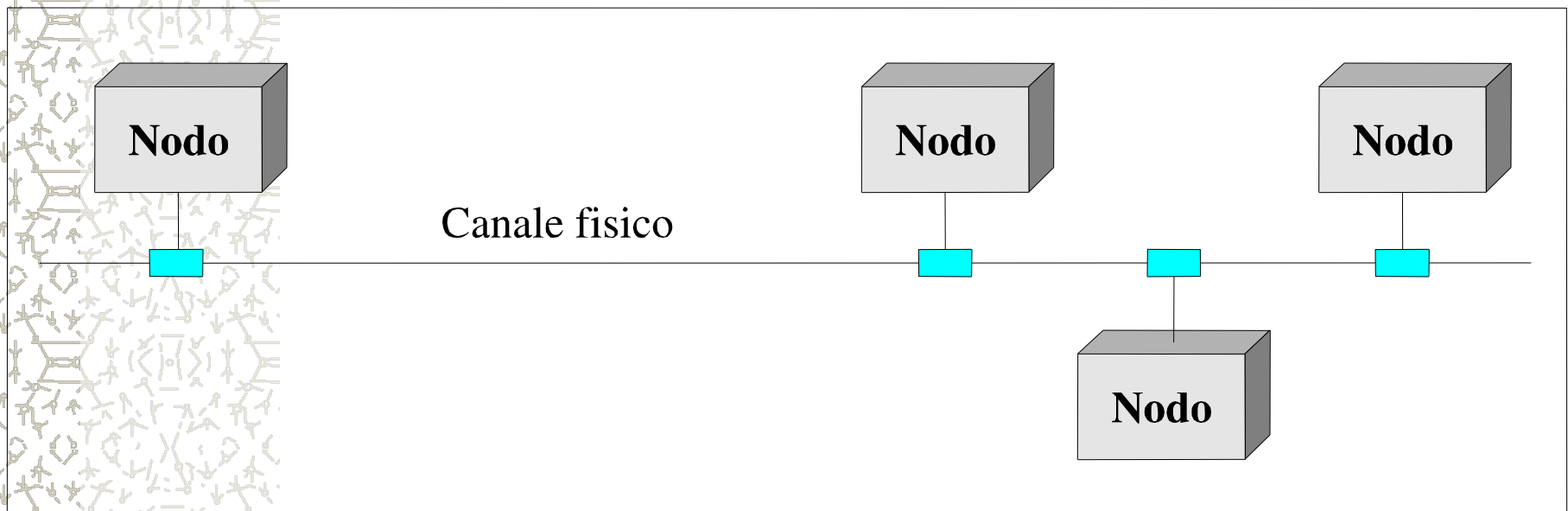
*Un circuito **multipunto** connette più nodi sullo stesso canale fisico*



Possono nascere problemi di contesa

Reti “multipunto”

*Un circuito fisico **multipunto** consiste nel connettere più di due nodi sullo stesso canale fisico*



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.

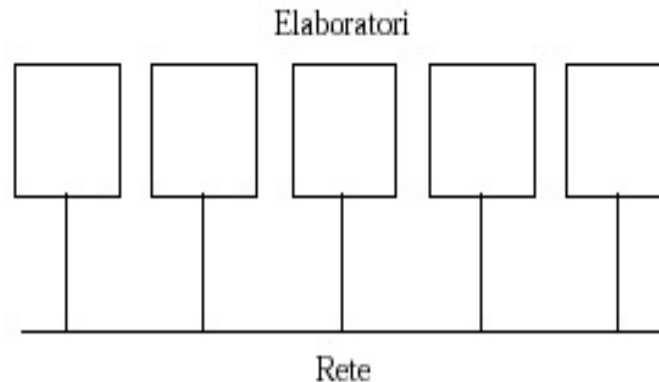


Figura 6 - Schema logico di una rete broadcast

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.

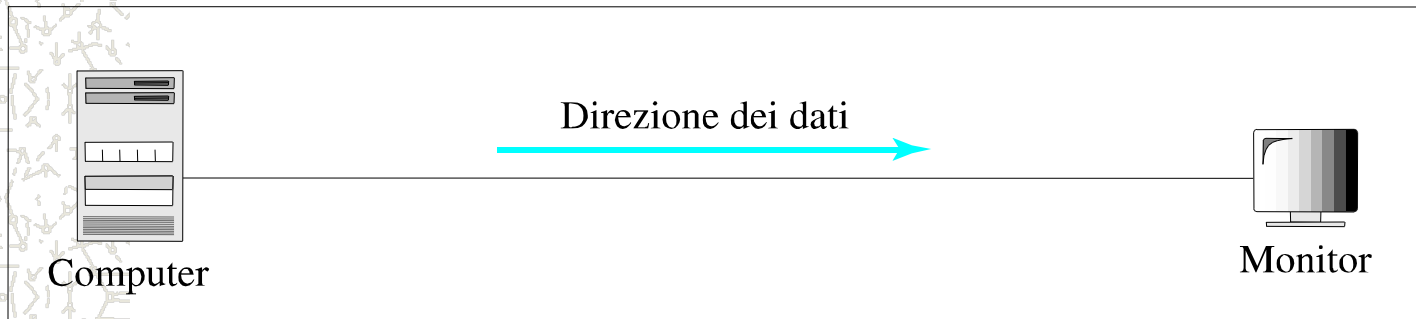
Reti “multicast”

- 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.

Flussi e circuiti: trasmissione simplex

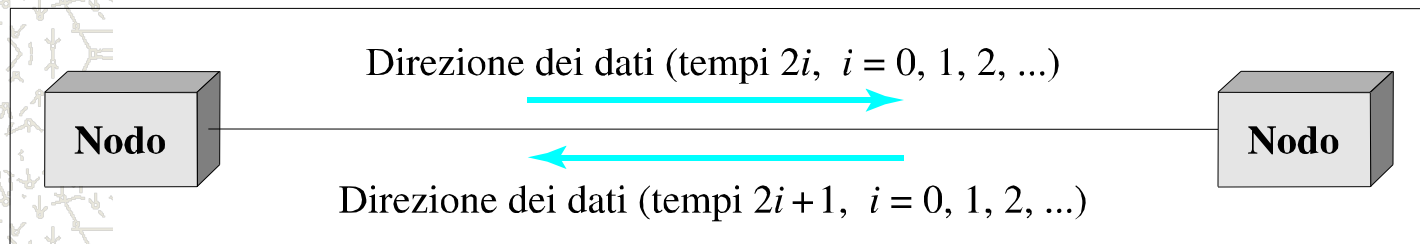
Il flusso trasmissivo, lungo una linea di comunicazione, può avvenire in 3 modi diversi:

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



Flussi e circuiti: trasmissione half-duplex

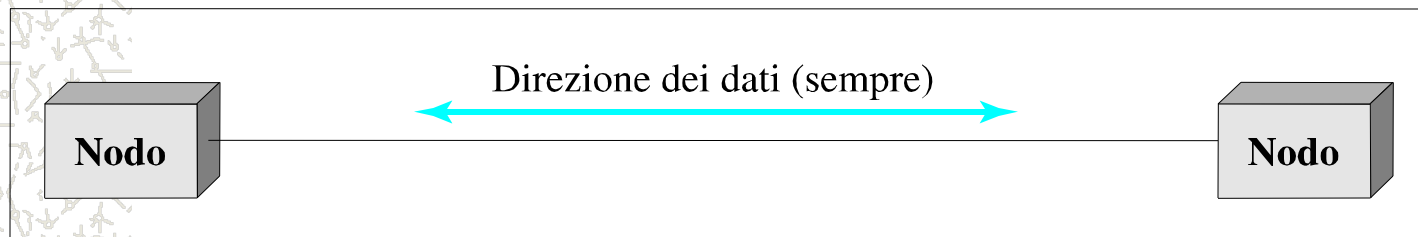
- Nella trasmissione **half-duplex**, invece, i dati possono viaggiare in entrambe le direzioni, ma non contemporaneamente.



- 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

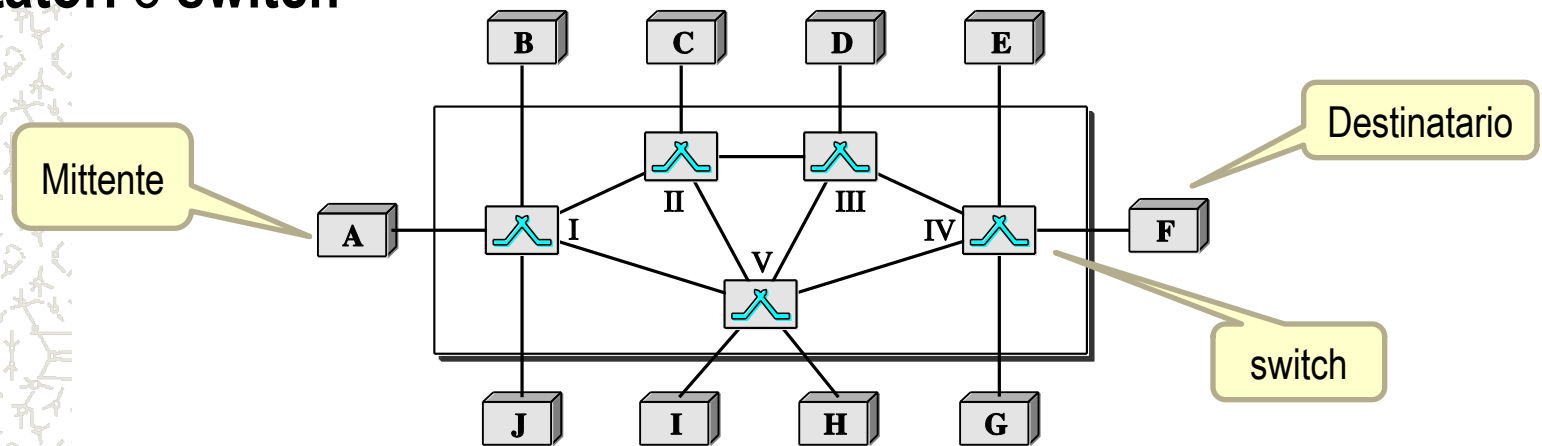
- Il modo più completo e anche più complesso è quello della *trasmissione **full-duplex***: in questo caso, i dati possono viaggiare, contemporaneamente, in entrambe le direzioni.



- 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.

La commutazione

Commutazione: è quell'operazione che predispone il percorso che le informazioni emesse dal mittente devono seguire per raggiungere il destinatario attraversando tutta una serie di dispositivi intermedi detti **commutatori o switch**



Esistono fondamentalmente due tipi di commutazione:

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

Nodi di commutazione

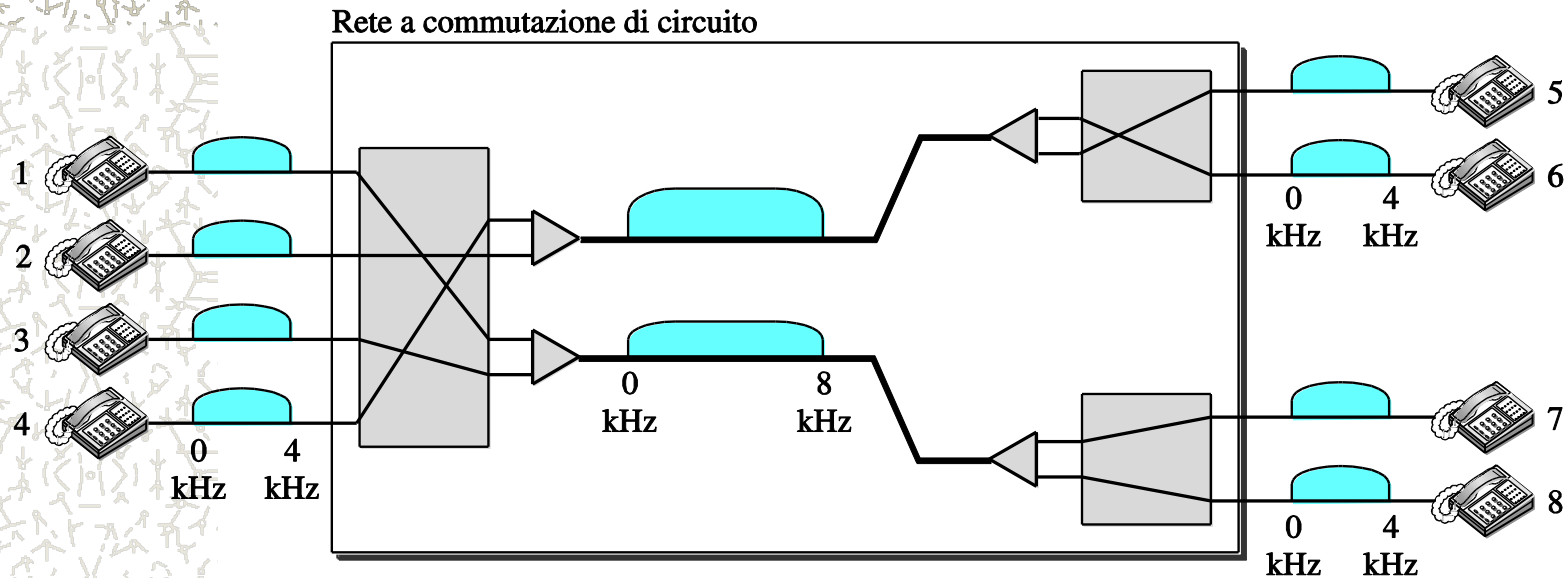
- Un **nodo di commutazione** è un nodo intermedio della rete, senza alcuna funzione di supporto diretto agli utenti, la cui principale funzione è quella di commutare (switch) il traffico tra due o hosts non direttamente collegati tra loro.
- La commutazione avviene attraverso la cross-connessione fra due interfacce, temporanea o semipermanente
- Sulla base di opportuni criteri e di adeguate informazioni di servizio, uno switch sceglie dunque la strada (detta percorso di rete) che i messaggi devono seguire per arrivare alla loro destinazione:

Commutazione di circuito

Una rete a commutazione di circuito è costituita da un insieme di switch connessi da collegamenti fisici partizionati in più canali logici di comunicazione

- Gli hosts sono connessi agli switch
- Per comunicare occorre aprire una connessione
- Gli switch riservano dei canali per la connessione
 - Circuito dalla sorgente alla destinazione
- I dati vengono spediti sul circuito
- Alla fine il circuito viene eliminato
 - Liberati i canali riservati in precedenza
- La connessione è assegnata permanentemente ed unicamente alla coppia di stazione ed è mantenuta fino al termine della comunicazione;
 - bassa efficienza nell'uso delle risorse; la connessione rimane "instaurata" anche quando non è utilizzata per comunicare.

Commutazione di circuito

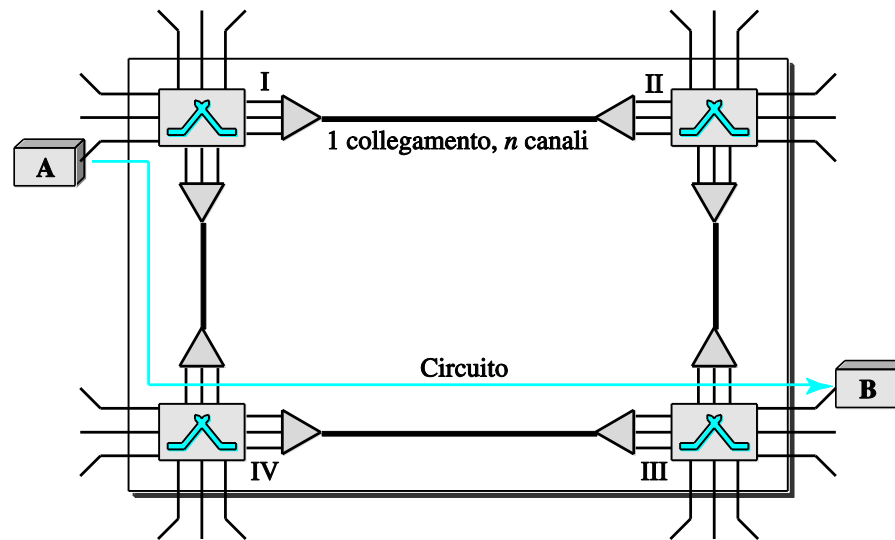


4 comunicazioni simultanee

- Canali occupati
- Non sono possibili ulteriori comunicazioni

La commutazione nello strato fisico di una rete telefonica tradizionale usa la commutazione di circuito

Commutazione di circuito



- **Fase 1: Instaurazione connessione**

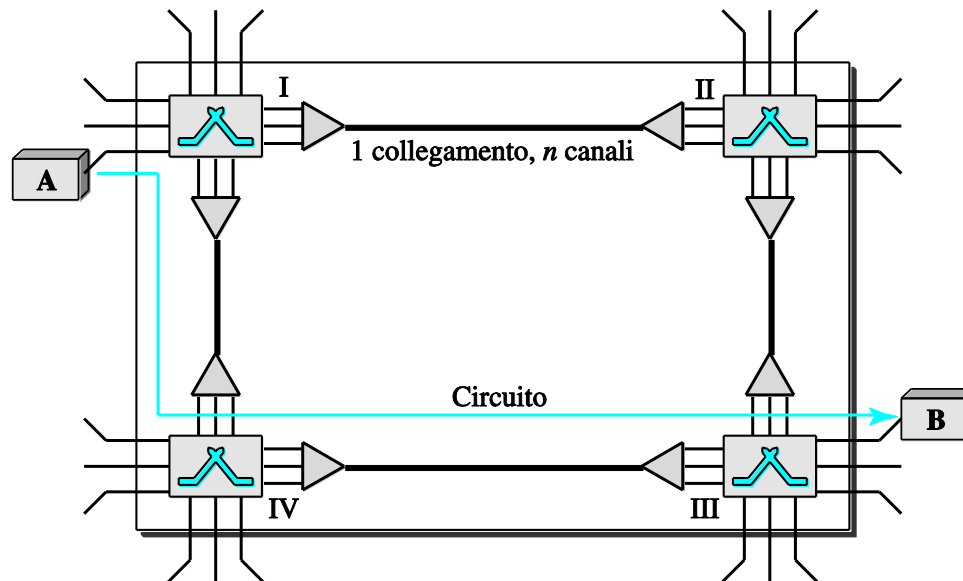
- A spedisce una richiesta all'indirizzo di B

- A spedisce la richiesta allo switch I, con l'indirizzo di B
 - Lo switch I spedisce la richiesta allo switch IV
 - Lo switch IV spedisce la richiesta allo switch III
 - Lo switch III spedisce la richiesta a B

- B accetta la richiesta

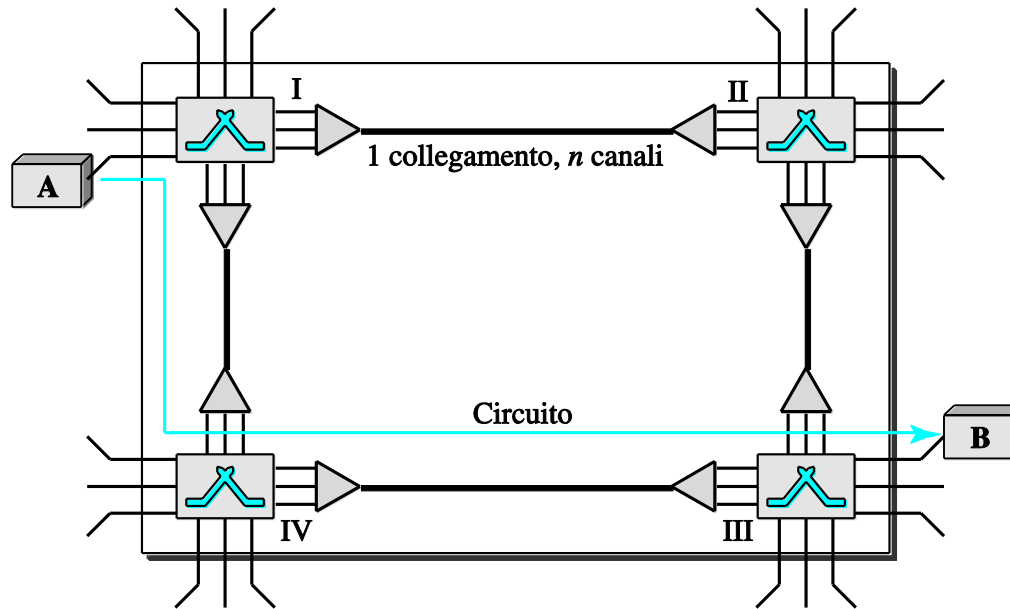
- B risponde allo switch III, che risponde allo switch IV, che risponde allo switch I, che risponde ad A

Commutazione di circuito



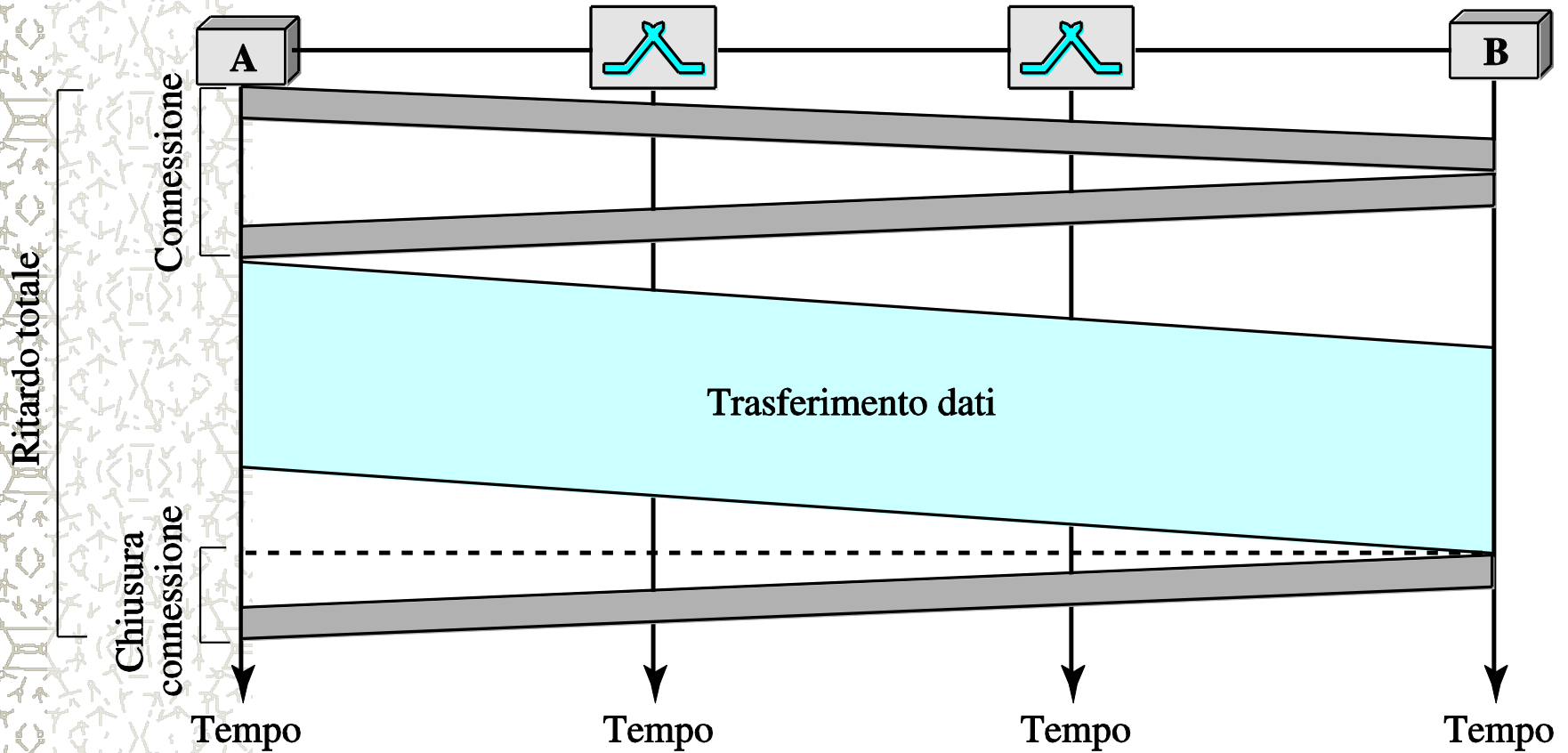
- Fase 2: Spedizione dei dati
 - A spedisce i dati indicando il circuito instaurato nella fase 1
 - Gli switch sanno che i dati su quel circuito devono arrivare a B
 - C'è un canale dedicato per i dati

Commutazione di circuito



- Fase 3: Chiusura della connessione
 - A chiude la connessione
 - A spedisce la richiesta di chiusura allo switch I
 - Lo switch I libera le risorse riservate
 - Lo switch I spedisce la richiesta di chiusura allo switch IV
 - Lo switch IV libera le risorse riservate
 - Lo switch IV spedisce la richiesta di chiusura allo switch III
 - Lo switch III libera le risorse riservate
 - Lo switch III spedisce la richiesta di chiusura a B

Commutazione di circuito



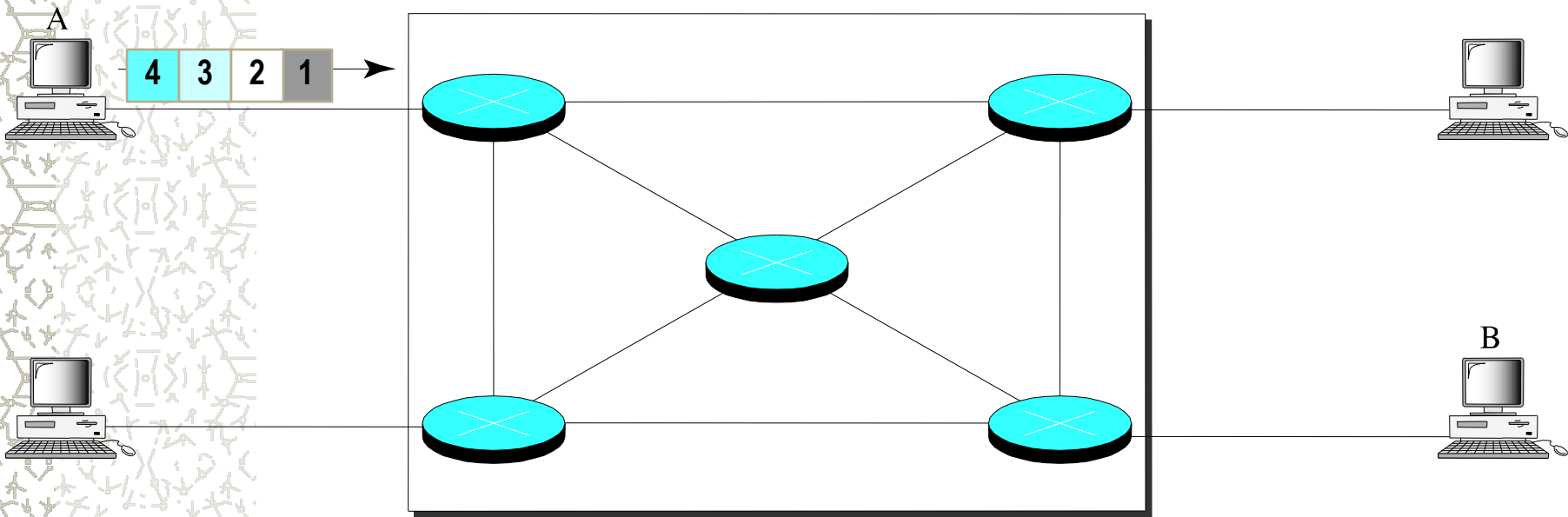
Commutazione di pacchetto

- La commutazione di pacchetto si basa sulla suddivisione del messaggio in più unità autonome, dette **pacchetti** o **datagram** ciascuna corredata delle opportune informazioni di controllo
 - Non ci sono canali riservati
 - Pacchetti gestiti generalmente in logica FIFO
 - 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 moltiplicazione statistica

In una rete a commutazione di pacchetto non c'è prenotazione delle risorse; le risorse vengono utilizzate in base alla domanda

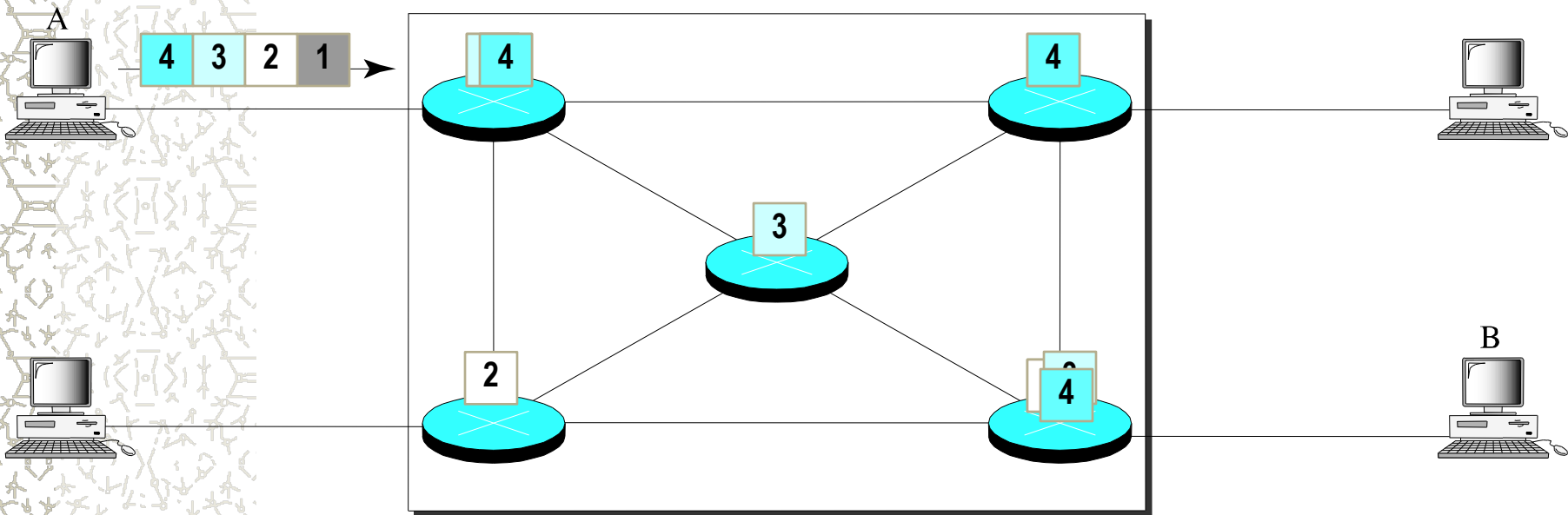
Reti a datagram

- Spedizione di 4 pacchetti (datagram)
 - Dalla sorgente A alla destinazione B



Reti a datagram

- Spedizione di 4 pacchetti (datagram)
 - Dalla sorgente A alla destinazione B



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

Modalità di colloquio

- Una caratteristica di una rete riguarda il modo con cui può avvenire il colloquio tra due nodi
- 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 nodi 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 nodi, 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.

Connectionless mode

- Nel **connectionless mode** (*senza connessione*) un nodo può inviare un messaggio a un altro anche se questo non è presente in linea; è come affidare le lettere alla posta, sperando che vengano consegnate.
- Non sono necessari servizi di controllo o di supporto
 - Scarica la rete in reti efficienti ed affidabili
 - può essere svantaggioso su reti con 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 nodo 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.

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:

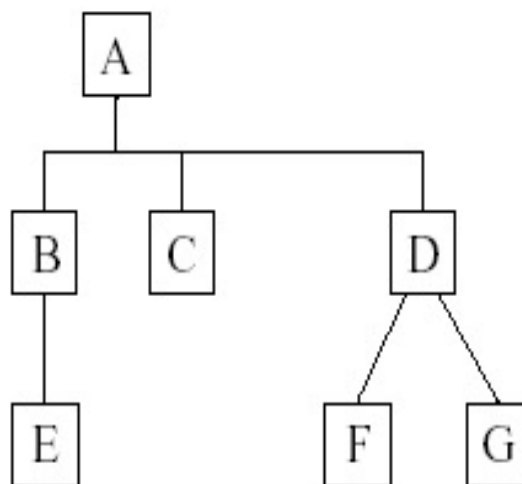


Figura 9 - Topologia di rete ad albero

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:

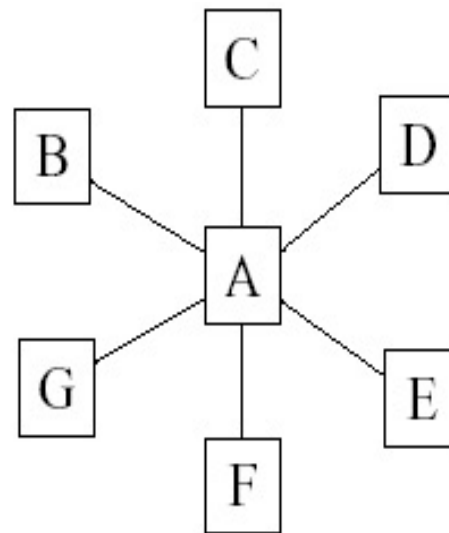


Figura 10 - Topologia di rete a stella

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:

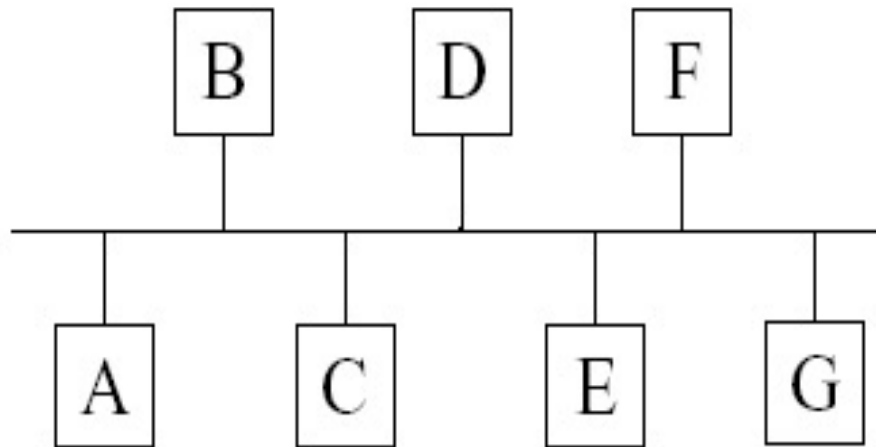


Figura 11 - Topologia di rete a dorsale

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:

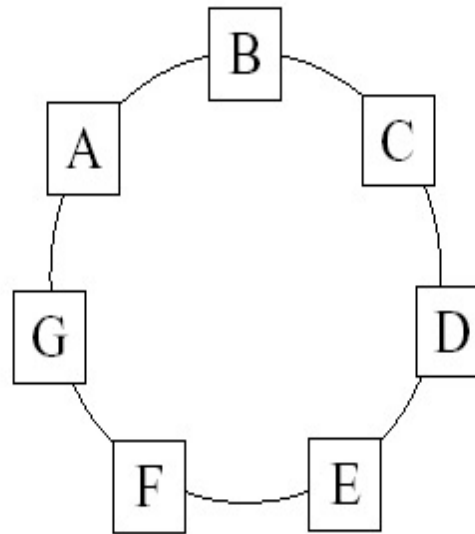


Figura 12 - Topologia di rete ad anello

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:

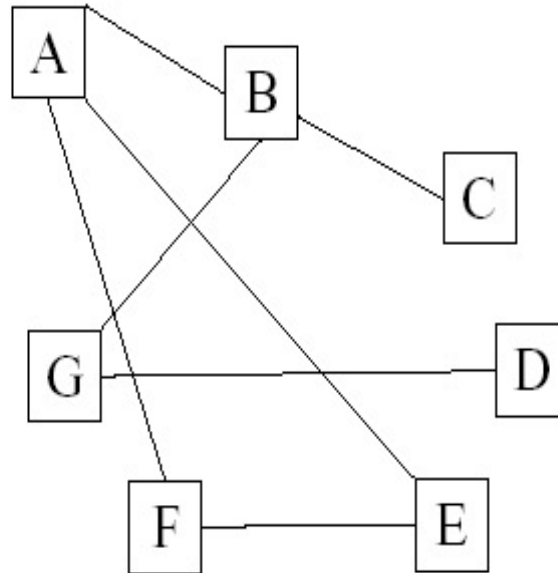


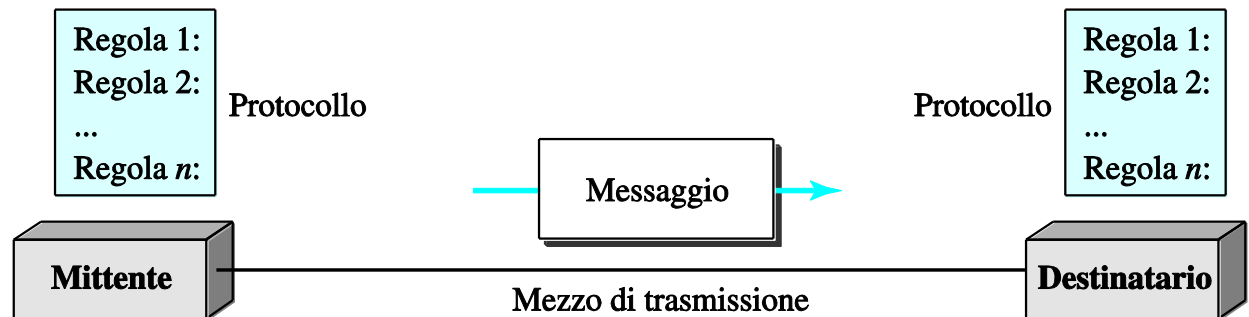
Figura 13 - Topologia di rete a maglia

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.

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

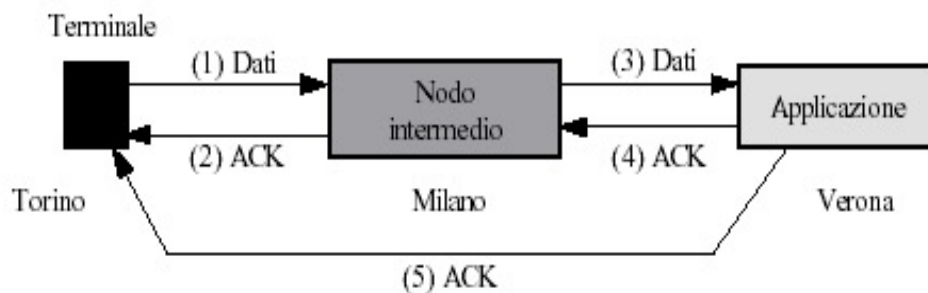
- Regole, standards
- Il sistema metrico
- La lingua italiana
- La cena di gala
- Il codice Morse
- TCP oppure IP
- HTML

Protocolli di routing

- Una volta individuata la stazione di destinazione, bisogna stabilire quale strada usare per connetterla alla stazione 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 di trasporto

- 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, ...

Standard

- “De facto”
 - Si impongono nella pratica
 - Implementati a livello di SO o di applicazioni
- “De jure”
 - Proposti/approvati da un’organizzazione riconosciuta ufficialmente
 - Es. ISO, International Standard Organization
 - IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers
 - Generalmente coinvolgono componenti HW caratterizzati da un complesso processo di produzione industriale

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:

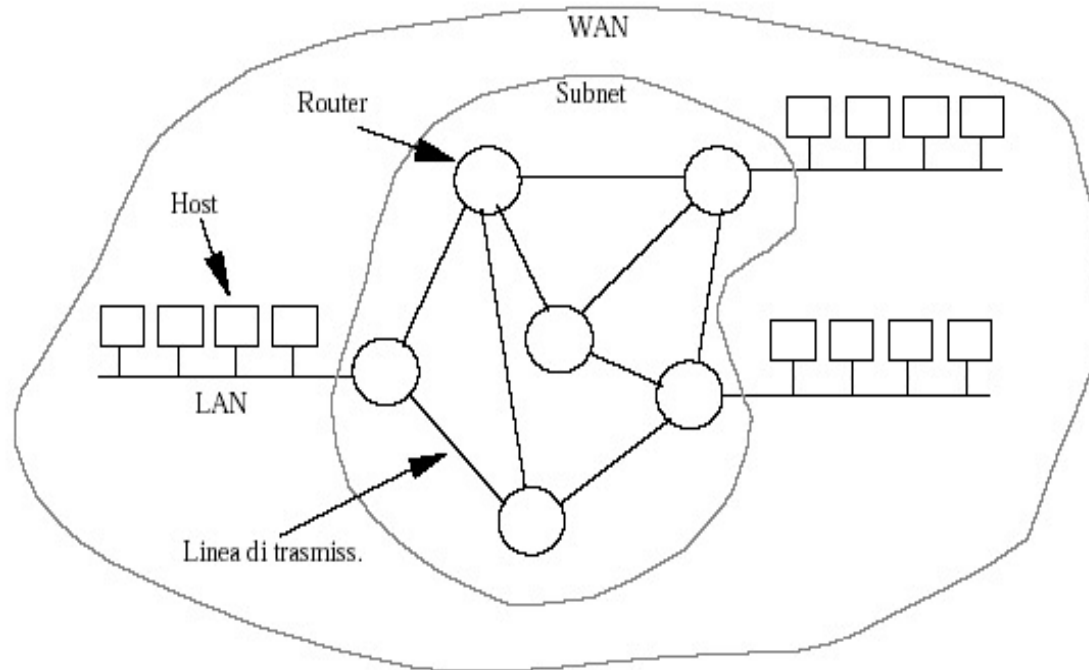


Figura 5 - Struttura tipica di una WAN

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.

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)

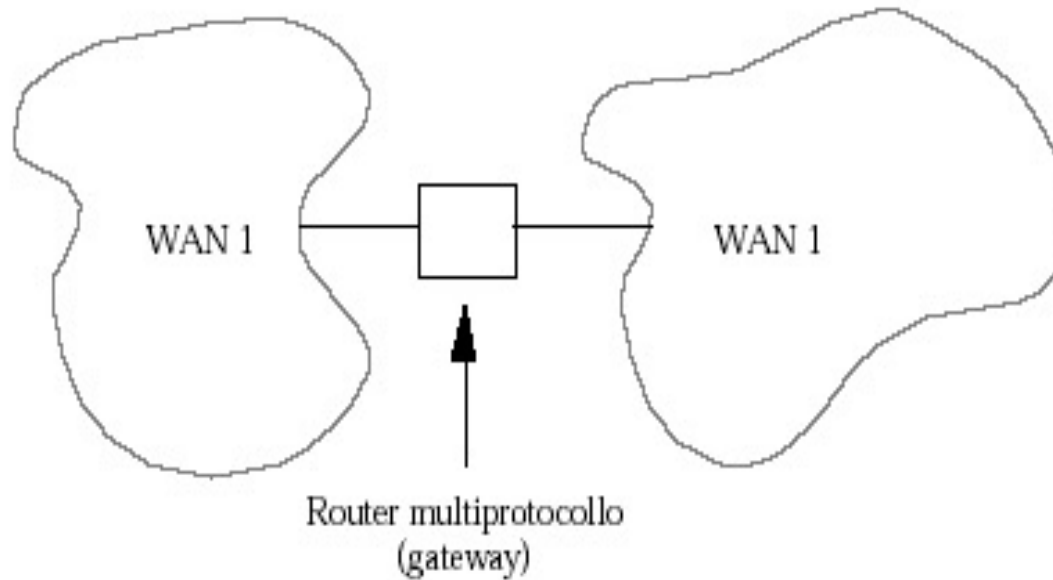


Figura 8 - Interconnessione di reti WAN

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.