

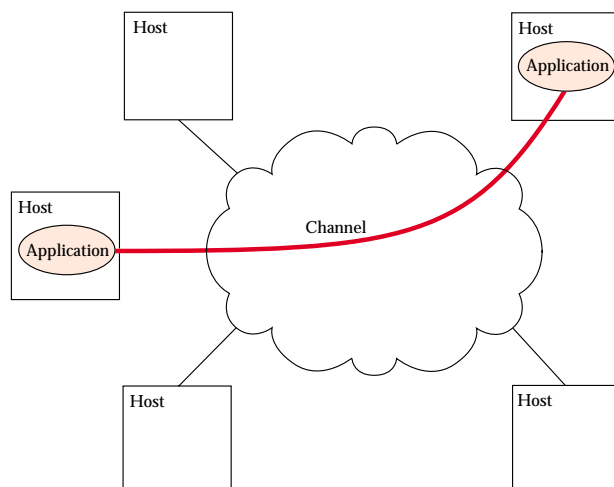
# Introduzione alle reti di calcolatori

Definizioni base.  
Collegamenti diretti e indiretti  
Strategie di multiplazione  
Commutazione di circuito e di pacchetto  
Caratterizzazione delle reti in base alla dimensione  
Interconnessione di reti  
Misure di prestazione

Prof. Filippo Lanubile

## La rete come infrastruttura

- Una rete fornisce dei servizi per la comunicazione tra applicazioni/processi (canali logici)
- La rete è vista come una fornitrice di canali logici attraverso cui i processi applicativi possono comunicare tra loro
- L'obiettivo è nascondere la complessità della rete al progettista dell'applicazione



Prof. Filippo Lanubile

# Cos'è una rete di calcolatori

Collezione di calcolatori autonomi collegati

- nodi (esterni): calcolatori di uso generale
  - esclude hardware specializzato per determinate applicazioni (rete telefonica)
  - esclude rapporti master/slave (mainframe/terminali video)
- collegamenti: permettono ai nodi di comunicare
  - molteplici mezzi trasmissivi:
    - Guidati: cavo coassiale, fibra ottica, doppino telefonico
    - Wireless: trasmissione radio, a microonde, a onde infrarosse, a onde luminose
  - collegamento diretto o indiretto
  - molteplici topologie

Prof. Filippo Lanubile

## Connettività

Una rete deve collegare un insieme di calcolatori

- Reti private
  - Sono di proprietà delle organizzazioni che le usano
  - Solo gli appartenenti all'organizzazione possono utilizzarle
  - Hanno l'obiettivo di limitare l'insieme di macchine collegate
- Reti pubbliche
  - Sono di proprietà di un fornitore di servizi
  - Qualsiasi abbonato al servizio può utilizzarle
  - Non pongono limiti a priori su quali macchine possono collegarsi

Un sistema che è progettato per crescere fino a dimensioni arbitrariamente grandi è detto **scalabile**

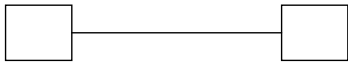
- Es. Internet

Prof. Filippo Lanubile

# Collegamenti diretti

## Punto a punto

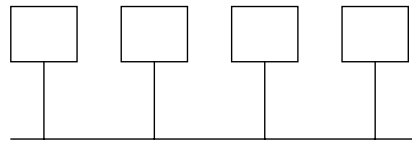
- Collegamenti tra coppie di computer



- Numero di collegamenti richiesti per N calcolatori:  $(N^2 - N)/2$

## Ad accesso multiplo

- Unico canale di comunicazione condiviso da tutti i computer della rete

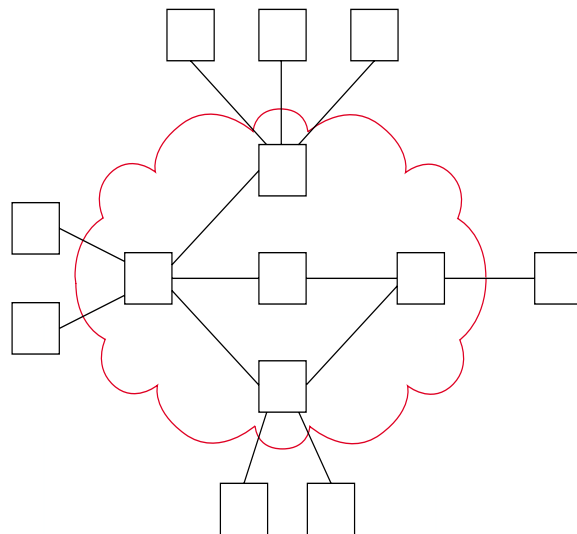


Prof. Filippo Lanubile

# Collegamenti indiretti

## Rete commutata (switching network)

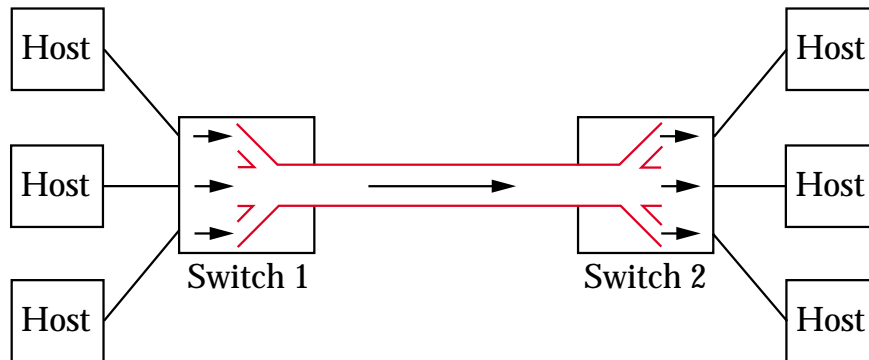
- i calcolatori comunicano attraverso nodi intermedi (switch) che inoltrano messaggi da un calcolatore all'altro
  - host: calcolatore che esegue applicazioni utente
  - sottorete: porzione che trasporta i messaggi da host a host



Prof. Filippo Lanubile

# Condivisione delle risorse

- Condivisione di più flussi su un unico collegamento fisico



Prof. Filippo Lanubile

## Strategie di multiplazione (1)

- FDM: Frequency-Division Multiplexing
  - Le sorgenti dei segnali (analogici) utilizzano intervalli di frequenza distinti
  - Principalmente utilizzato nella diffusione radio/televisiva
- TDM: Time-Division Multiplexing
  - Le sorgenti dei segnali utilizzano slot temporali preassegnate
  - Utilizzato quando il tasso di trasmissione dati disponibile sul mezzo supera quello dei singoli segnali numerici trasmessi

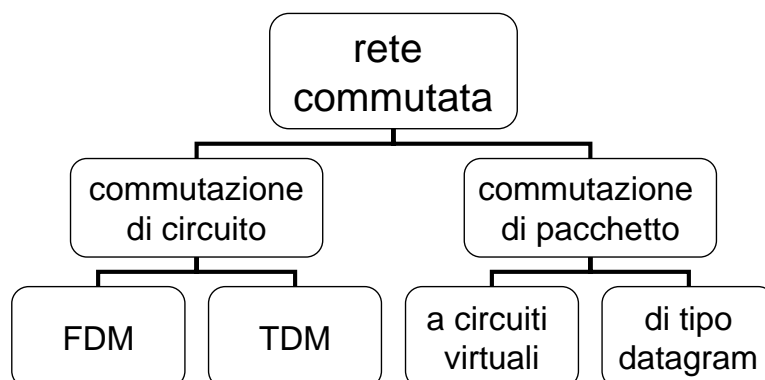
Prof. Filippo Lanubile

# Strategie di multiplazione (2)

- Statistical (Time-Division) Multiplexing:
  - Divisione del tempo ma su richiesta e non fissa
  - Segmentazione in pacchetti
    - Pacchetti provenienti da diverse sorgenti si mischiano sul collegamento
    - Lo switch decide quale pacchetto inoltrare
    - Coda dei pacchetti nel buffer degli switch
    - L'overflow dei buffer e' chiamato congestione
  - Più adatto per la trasmissione di dati
    - Caratterizzati da picchi e lunghi periodi di inattività
  - Meno adatto per la trasmissione di suoni e immagini
    - Non assicura che la frequenza di ricezione sia uguale alla frequenza di emissione
  - Meno adatto per applicazioni real-time (tempo come fattore di correttezza)
    - Il ritardo non è deterministico

Prof. Filippo Lanubile

## Caratterizzazione delle reti in base al tipo di commutazione



Prof. Filippo Lanubile

# Reti a commutazione di circuito

- Basate su FDM o TDM
- Comunicazione in tre fasi
  - Instaurazione della connessione (allocazione delle risorse lungo un percorso dal mittente al ricevitore)
  - Trasferimento dati (tutti i dati in una connessione utilizzano le risorse allocate lungo il percorso)
  - Chiusura della connessione (rilascio delle risorse)
- Trasmissione continua e costante dei dati
- Dopo l'instaurazione della connessione, nessun overhead (bit di controllo)
- Nessuna memorizzazione nei nodi intermedi
- Risoluzione delle contese: bloccaggio (segnale di occupato)
- Tecnologia tipica delle reti telefoniche pubbliche (CDN, ISDN, ADSL) o private (PBX)

Prof. Filippo Lanubile

# Reti a commutazione di pacchetto

- Basate su multiplazione statistica
- Non è possibile allocare risorse in modo esclusivo
- Trasmissione di pacchetti con ritardi variabili dipendentemente dal carico
- Bit di controllo (overhead) in ogni pacchetto
- I pacchetti in arrivo sono memorizzati nei nodi intermedi (store-and-forward)
- Risoluzione delle contese: accodamento (ritardo)
- Tecnologia tipica delle reti di calcolatori
- Può essere di tipo datagram o a circuito virtuale

Prof. Filippo Lanubile

# Circuiti virtuali

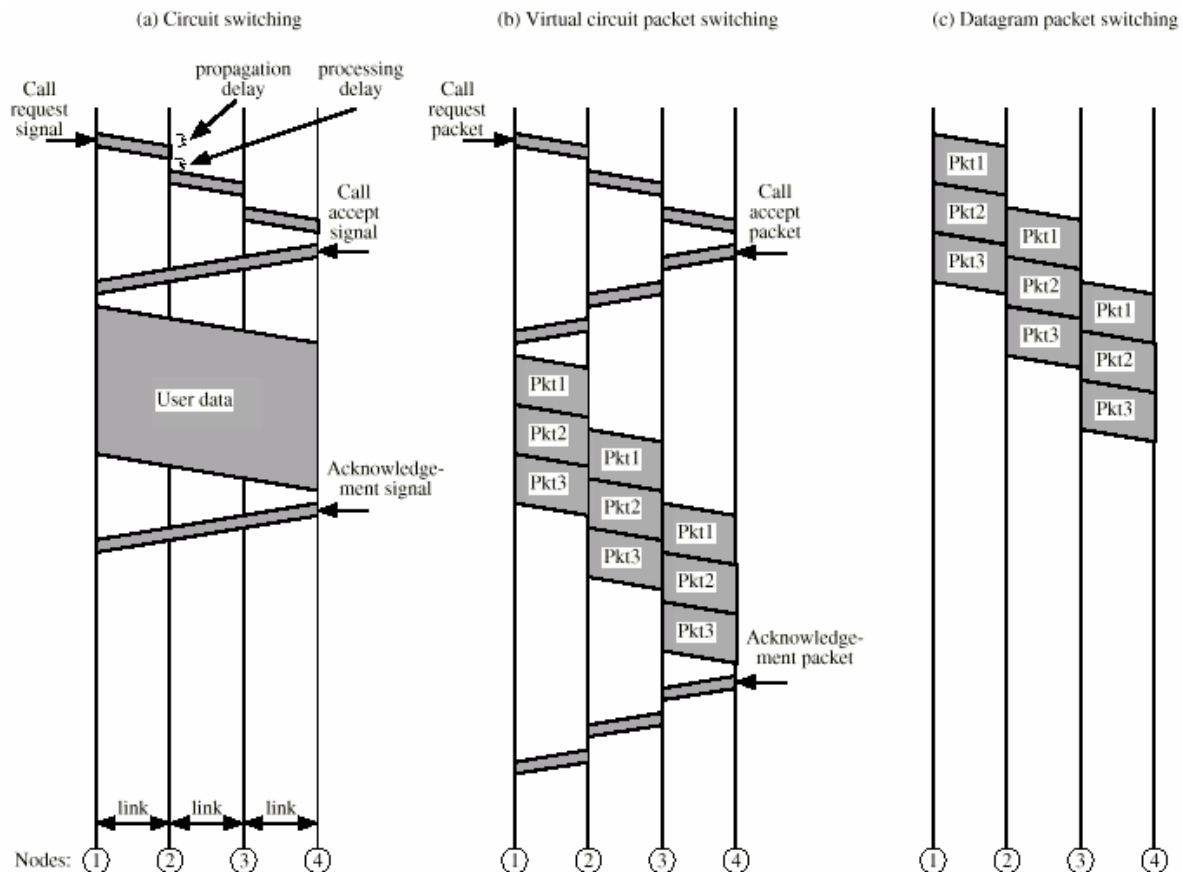
- Simulano il funzionamento di una rete a commutazione di circuito
  - Instaurazione della connessione (scelta del percorso dal mittente al ricevitore)
  - Trasferimento dati (tutti i pacchetti in una connessione seguono lo stesso percorso)
  - Chiusura della connessione
- Valgono però tutte le caratteristiche della commutazione di pacchetto
- I router mantengono tabelle interne con una registrazione per ogni circuito virtuale aperto
  - Ogni pacchetto contiene un numero di VC e i router possono tenere traccia dello stato della comunicazione
- Si adatta bene a garantire la qualità del servizio:
  - possibilità di negoziazione delle opzioni al momento della connessione
  - possibilità di rifiutare richieste di connessione
- Esempio: X.25, B-ISDN, ATM, Frame Relay

Prof. Filippo Lanubile

# Datagram

- Nessuna connessione
  - Non viene calcolato in anticipo nessun percorso
  - I router non devono conservare e aggiornare lo stato della connessione
- Pacchetti successivi dello stesso messaggio possono seguire percorsi differenti
  - Ogni pacchetto porta nell'intestazione l'indirizzo di destinazione completo
  - robustezza rispetto a malfunzionamenti di elementi della sottorete (linee e router)
- Nessuna garanzia di consegna affidabile e nel giusto ordine
  - il controllo degli errori e' lasciato agli host (livello di trasporto)
- Privilegia la consegna rapida rispetto alla consegna affidabile
- Esempio: IP

Prof. Filippo Lanubile



## Caratterizzazione delle reti in base alla dimensione

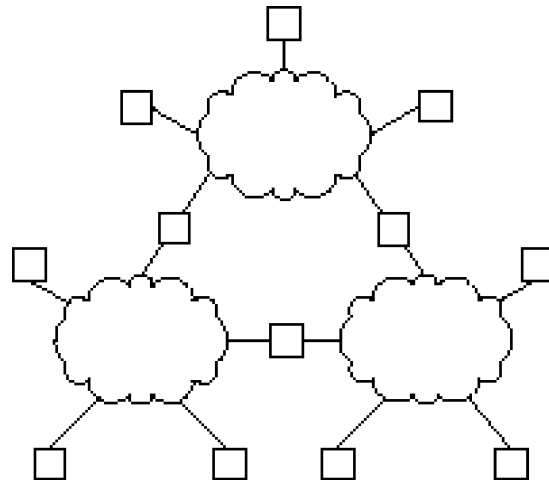
- Rete personale (PAN = Personal Area Network)
  - estensione per meno di 10 m: stanza
  - connessione di apparati personali: PC, scanner, stampante, videocamera, laptop, PDA, cellulare, ...
  - collegamenti diretti
  - collegamenti guidati e wireless (infrarossi, Bluetooth)
- Rete locale (LAN = Local Area Network)
  - estensione per meno di 2 km: stanza, piano, edificio, campus
  - accesso multiplo: topologie a bus, anello, stella
  - collegamenti guidati e wireless (IEEE 802.11 o WiFi)
- Rete metropolitana (MAN = Metropolitan Area Network)
  - estensione per decine di km: città
  - standard specifico ma poco diffuso
  - tecnologie LAN o WAN utilizzate di fatto
- Rete geografica (WAN = Wide Area Network)
  - estensione illimitata: stato, nazione, ...
  - collegamenti indiretti guidati (cavi, linee telefoniche) e wireless (satelliti, ponti radio)
  - commutazione di circuito e di pacchetto
  - topologie svariate



# Interconnessione di reti

## inter-rete (internet)

- reti amministrate separatamente comunicano attraverso nodi intermedi (router) che inoltrano messaggi da una rete all'altra
  - una LAN connessa ad una WAN o due LAN connesse
  - Internet: inter-rete mondiale le cui reti condividono la pila di protocolli TCP/IP



Prof. Filippo Lanubile

# Indirizzamento e instradamento

- Indirizzo (address)
  - stringa di bit/byte che identifica un nodo; generalmente unico
- Instradamento (routing)
  - processo che determina come inoltrare i messaggi verso il nodo di destinazione basandosi sull'indirizzo
- Tipi di indirizzi
  - unicast: singolo nodo
  - broadcast: tutti i nodi della rete
  - multicast: un sottoinsieme dei nodi della rete

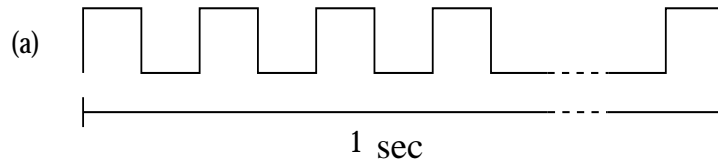
Prof. Filippo Lanubile

# Prestazioni

- Rendimento (throughput)
  - Numero di bit che possono essere trasmessi sulla rete in un certo periodo di tempo (es. 1Mbps)
- Larghezza di banda (bandwidth)
  - numero di bit che possono essere trasmessi sulla rete fisica in un certo periodo di tempo (es. 1Mbps)
  - È spesso utilizzata come approssimazione del rendimento effettivo

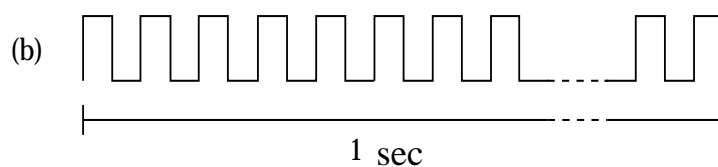
1 Mbps =

1 bit largo  $1\mu\text{s}$



2 Mbps =

1 bit largo  $0.5\mu\text{s}$



Prof. Filippo Lanubile

## Prestazioni (2)

- Latenza (latency) o ritardo (delay)
  - tempo impiegato da un messaggio per andare da un punto all'altro della rete (es. 24 ms)
  - Componenti significative della latenza
    - Ritardo di propagazione = distanza / velocità del segnale sul mezzo trasmissivo
    - Ritardo di accodamento = somma dei tempi di attesa per ogni coda (solo per WAN a commutazione di pacchetto)
    - Tempo di trasmissione = dimensione messaggio / rendimento

Prof. Filippo Lanubile

# Prestazioni (3)

- Tempo di andata e ritorno (Round Trip Time)
  - tempo impiegato da un messaggio per andare da un punto all'altro della rete e tornare al punto di partenza
- Strumenti di misura dell'RTT
  - *ping* calcola l'RTT rispetto ad una destinazione finale per un messaggio di dimensioni standard (32B o 64B)
  - *tracert* (*tracert*) calcola l'RTT per ogni nodo intermedio fino alla destinazione finale per un messaggio di dimensioni standard

Prof. Filippo Lanubile

## Esempio di ping accettato

```
C:\> ping www.di.uniba.it
Esecuzione di Ping alice.di.uniba.it [193.204.187.135]
con 32 byte di dati:
Risposta da 193.204.187.135: byte=32 durata<10ms
TTL=255
Risposta da 193.204.187.135: byte=32 durata<10ms
TTL=255
Risposta da 193.204.187.135: byte=32 durata<10ms
TTL=255
Risposta da 193.204.187.135: byte=32 durata<10ms
TTL=255
Statistiche Ping per 193.204.187.135:
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 4, Persi = 0
    (0% persi),
Tempo approssimativo percorsi andata/ritorno in
millisecondi:
    Minimo = 0ms, Massimo = 0ms, Medio = 0ms
```

Prof. Filippo Lanubile

# Esempio di ping rifiutato

```
C:\> ping www.uniba.it
Esecuzione di Ping web.uniba.it [193.204.176.39] con 32
byte di dati:
Richiesta scaduta.
Richiesta scaduta.
Richiesta scaduta.
Richiesta scaduta.
Statistiche Ping per 193.204.176.39:
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 0, Persi = 4
    (100% persi),
Tempo approssimativo percorsi andata/ritorno in
millisecondi:
    Minimo = 0ms, Massimo = 0ms, Medio = 0ms
```

Prof. Filippo Lanubile

# Esempio di traceroute accettato

```
C:/> tracert www.banca121.it
Rilevazione instradamento verso www.banca121.it [195.223.96.2] su un
massimo di 30 punti di passaggio:
 1    1 ms    <10 ms    <10 ms    di-gw.di.uniba.it [193.204.187.1]
 2    3 ms     2 ms     3 ms    ciseca-gw.uniba.it [193.204.184.17]
 3    4 ms    14 ms     5 ms    uniba-atm-gw.uniba.it [193.204.180.1]
 4    *      10 ms    15 ms    rc-uniba.ba.garr.net [193.206.137.89]
 5   12 ms    12 ms    13 ms    na-ba-l.garr.net [193.206.134.121]
 6    *      14 ms    26 ms    rm-na-l.garr.net [193.206.134.42]
 7   26 ms    29 ms    16 ms    rix-roma.garr.net [193.206.134.226]
 8   24 ms    16 ms    21 ms    intb-nap.inroma.roma.it [194.242.224.10]
 9   32 ms    23 ms    22 ms    151.99.101.45
10   48 ms    42 ms    40 ms    r-ball-rm99.interbusiness.it [151.99.98.86]
11   49 ms    42 ms    43 ms    r-ba32-fall.interbusiness.it [195.31.69.199]
12  153 ms   177 ms   144 ms    r-banca-salento.interbusiness.it
    [212.131.122.10]
13    *      *      *      Richiesta scaduta.
14   65 ms    66 ms    *      www.banca121.it [195.223.96.2]
15   77 ms    65 ms    63 ms    www.banca121.it [195.223.96.2]
Rilevazione completata.
```

Prof. Filippo Lanubile