

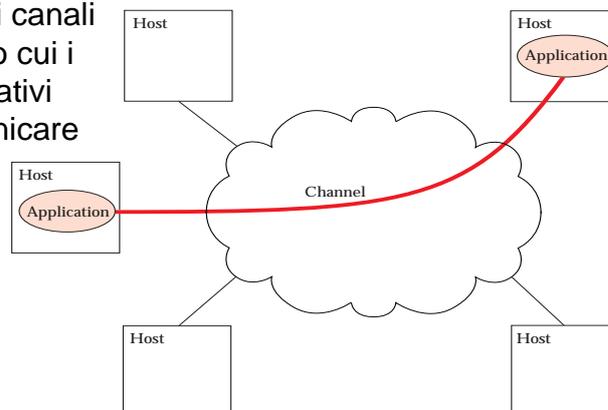
Introduzione alle reti di calcolatori

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 (1)

La rete è vista come una fornitrice di canali logici attraverso cui i processi applicativi possono comunicare tra loro



Prof. Filippo Lanubile

La rete come infrastruttura (2)

L'obiettivo è nascondere la complessità della rete al progettista dell'applicazione

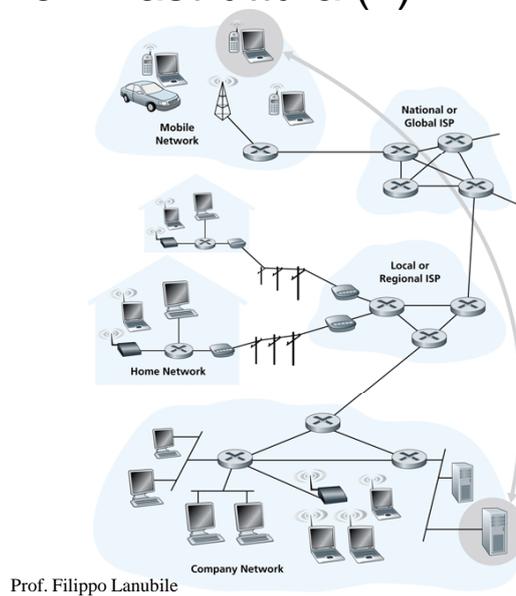


Figure 1.3 + End-system interaction

Cos'è una rete di calcolatori

Collezione di calcolatori autonomi collegati

- nodi (esterni): calcolatori di uso generale
 - Detti host (ospitano applicazioni) oppure sistemi terminali
 - Server, desktop PC, notebook, PDA, cellulari, ...
- collegamenti: permettono ai nodi di comunicare
 - molteplici mezzi trasmissivi:
 - Guidati: doppino telefonico, cavo coassiale, fibra ottica
 - Wireless: canali radio terrestri, canali radio satellitari
 - collegamento diretto o indiretto
 - molteplici topologie

Prof. Filippo Lanubile

Collegamenti diretti

Punto a punto

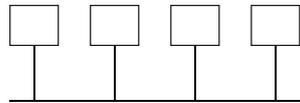
- Collegamenti tra coppie di computer



- 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

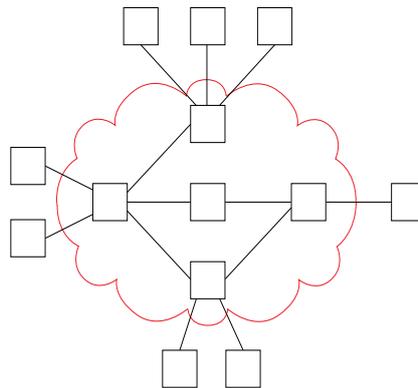


Prof. Filippo Lanubile

Collegamenti indiretti

Rete commutata (switching network)

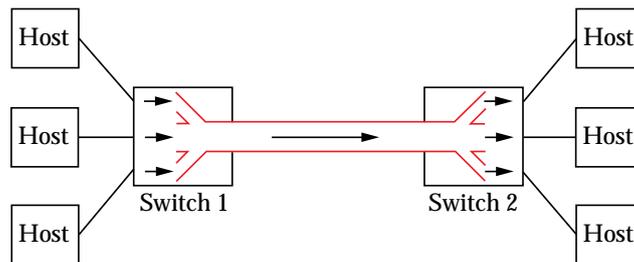
- i calcolatori comunicano attraverso nodi intermedi (switch) che inoltrano messaggi da un calcolatore all'altro



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

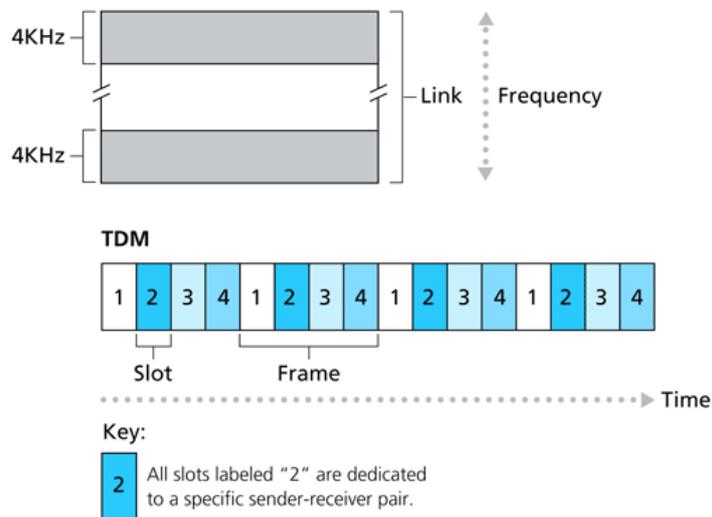


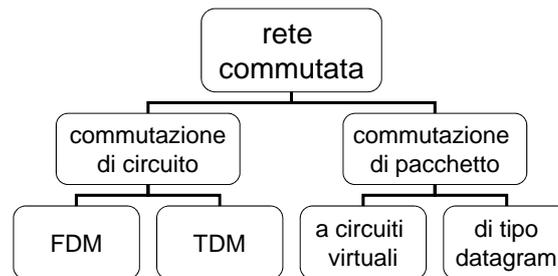
Figure 1.9 ♦ With FDM, each circuit continuously gets a fraction of the bandwidth. With TDM, each circuit gets all of the bandwidth periodically during brief intervals of time (that is, during slots).

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

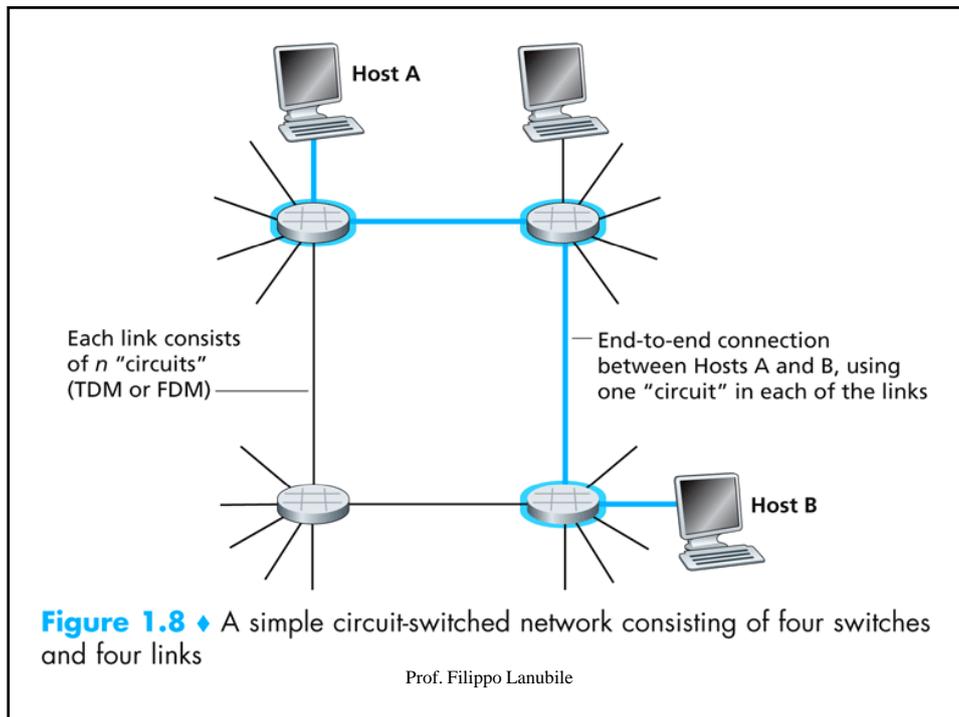


Prof. Filippo Lanubile

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)

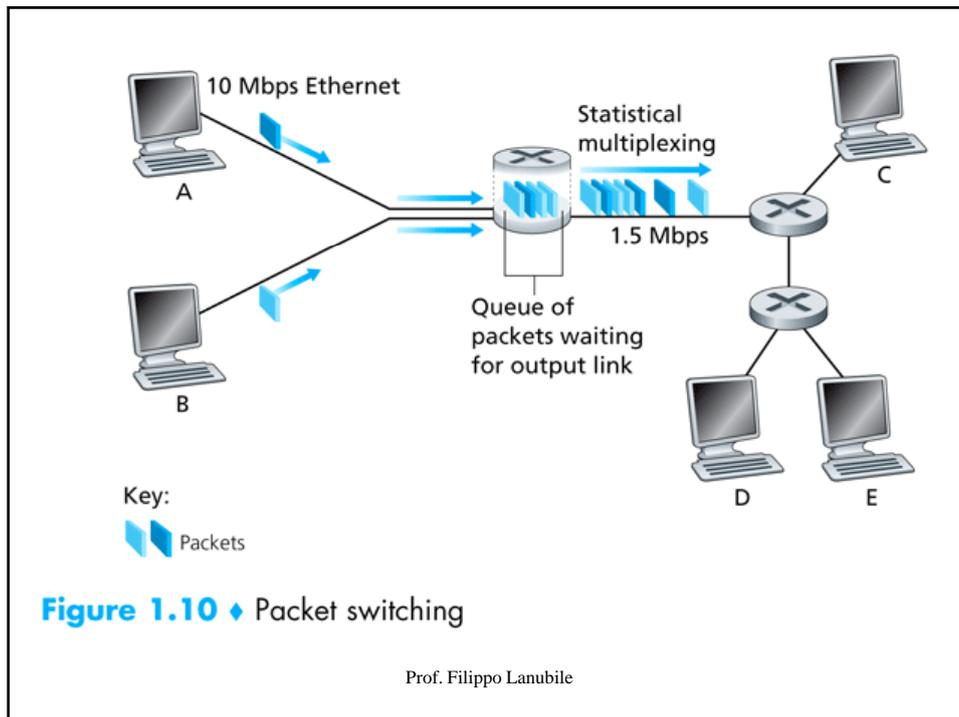
Prof. Filippo Lanubile



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
- Risoluzione delle contese: accodamento (ritardo)
- Tecnologia tipica delle reti di calcolatori
- Può essere di tipo a datagramma o a circuito virtuale

Prof. Filippo Lanubile



Circuiti virtuali

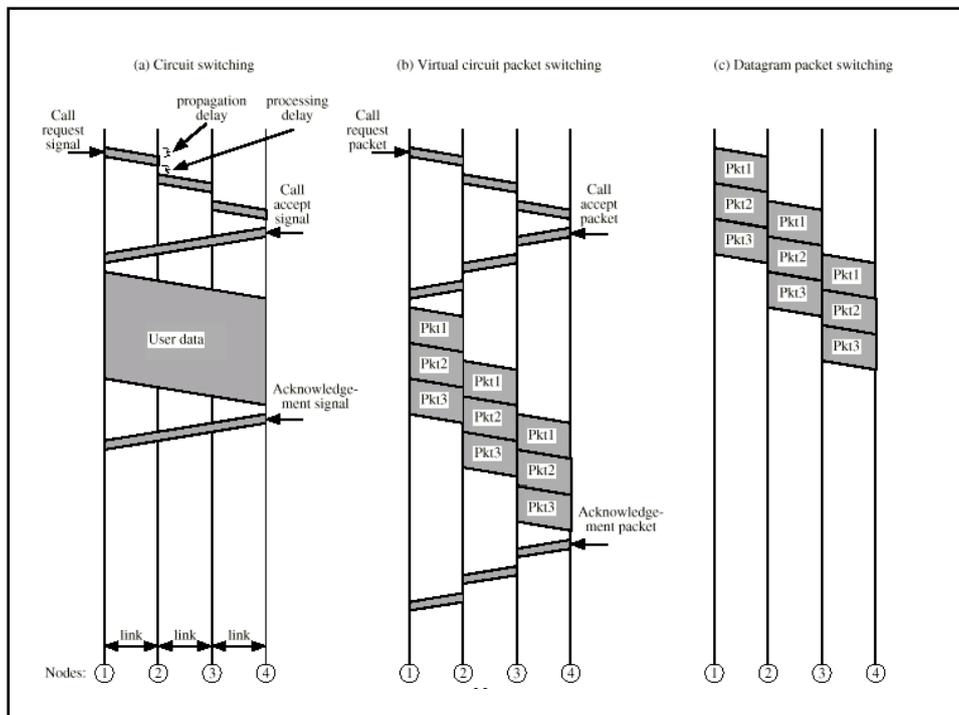
- Simulano il funzionamento di una rete a commutazione di circuito
 - Instaurazione della connessione (scelta del percorso dal mittente al ricevitore)
 - Trasferimento dati (tutti i pacchetti in una connessione seguono lo stesso percorso)
 - Chiusura della connessione
- Valgono però tutte le caratteristiche della commutazione di pacchetto
- Gli switch mantengono tabelle interne con una registrazione per ogni circuito virtuale aperto
 - Ogni pacchetto contiene un numero di VC e gli switch 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: B-ISDN, ATM, Frame Relay

Prof. Filippo Lanubile

Datagramma

- 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 estensione

- Rete personale (PAN = Personal Area Network)
 - Rete in ambito personale
 - connessione di apparati personali: PC, laptop, smartphone, ...
 - collegamenti diretti
 - collegamenti guidati e wireless (infrarossi, Bluetooth)
- Rete locale (LAN = Local Area Network)
 - Rete in ambito di comprensorio (stanza, piano, edificio, campus), senza attraversamento di suolo pubblico
 - Velocità trasmissiva elevata (spesso 100 Mbps)
 - accesso multiplo
 - collegamenti guidati (rame o fibra) e wireless (IEEE 802.11 o WiFi)
- Rete metropolitana (MAN = Metropolitan Area Network)
 - Rete in ambito cittadino
 - Mezzo trasmissivo tipico: fibra ottica sul backbone, rame sull'accesso
 - Disponibilità di canali trasmissivi veloci (come per le LAN)
 - Sviluppate spesso in base ad accordi con enti locali
 - misto di tecnologie inizialmente proposte per LAN o WAN
- Rete geografica (WAN = Wide Area Network)
 - Rete in ambito nazionale o internazionale
 - collegamenti indiretti guidati (fibra, rame) e wireless (satelliti, ponti radio)
 - commutazione di circuito e di pacchetto
 - topologie svariate

Prof. Filippo Lanubile

Caratterizzazione delle reti in base alla struttura

- Sistemi terminali (host): fanno girare le applicazioni
- Reti di accesso; collegano sistemi terminali e router esterni
 - reti di accesso residenziale
 - reti di accesso aziendale
 - reti di accesso mobile
- Nucleo della rete:
 - Rete magliata di router che interconnettono i sistemi terminali
 - la rete delle reti

Prof. Filippo Lanubile

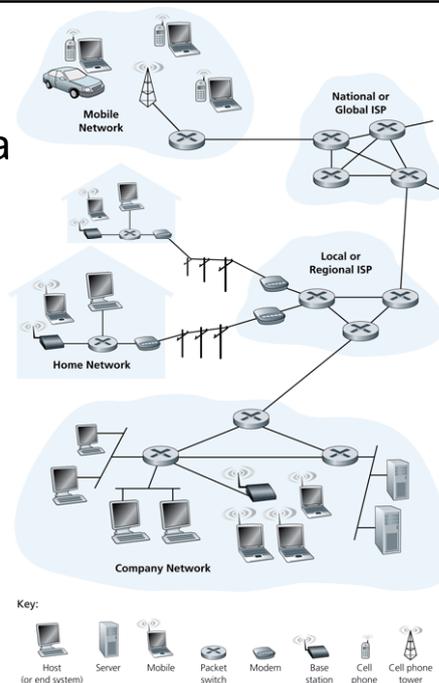


Figure 1.1 • Some pieces of the Internet

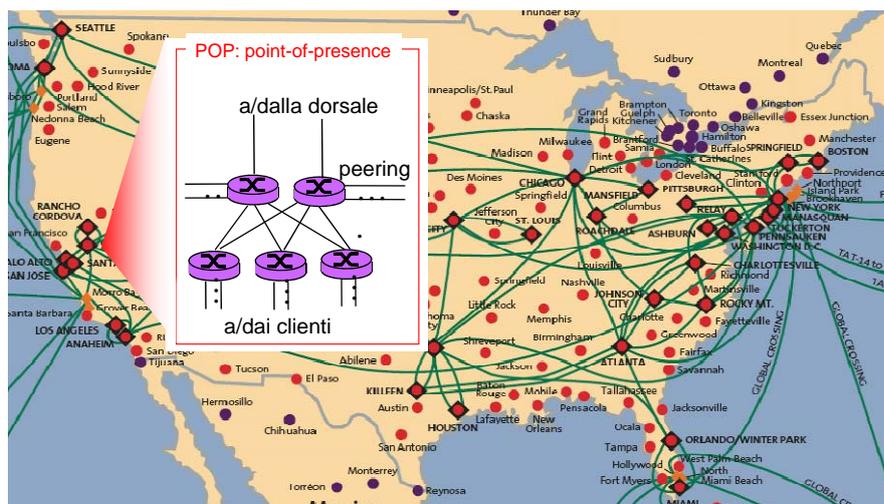
Struttura di Internet (1)

- Fondamentalmente gerarchica
- Al centro: ISP di livello 1 (Internet Service Provider)
 - Copertura internazionale o nazionale
 - Comunicano tra di loro come “pari”
 - Sono connessi a un gran numero di ISP di livello 2



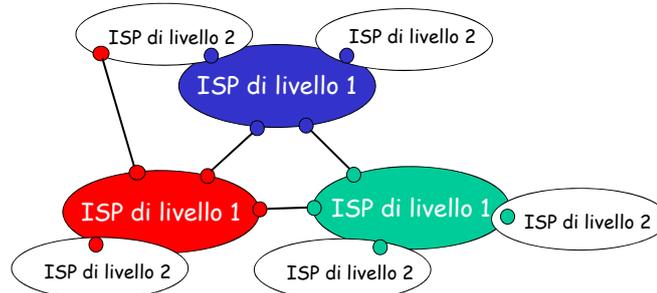
Prof. Filippo Lanubile

ISP di livello 1 - Un esempio: Sprint



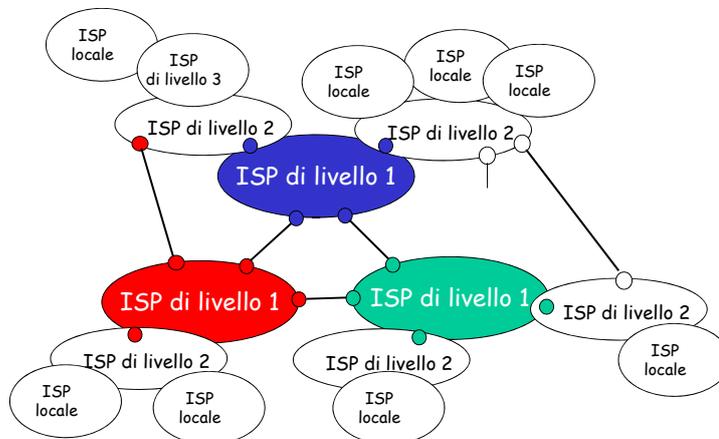
Struttura di Internet (2)

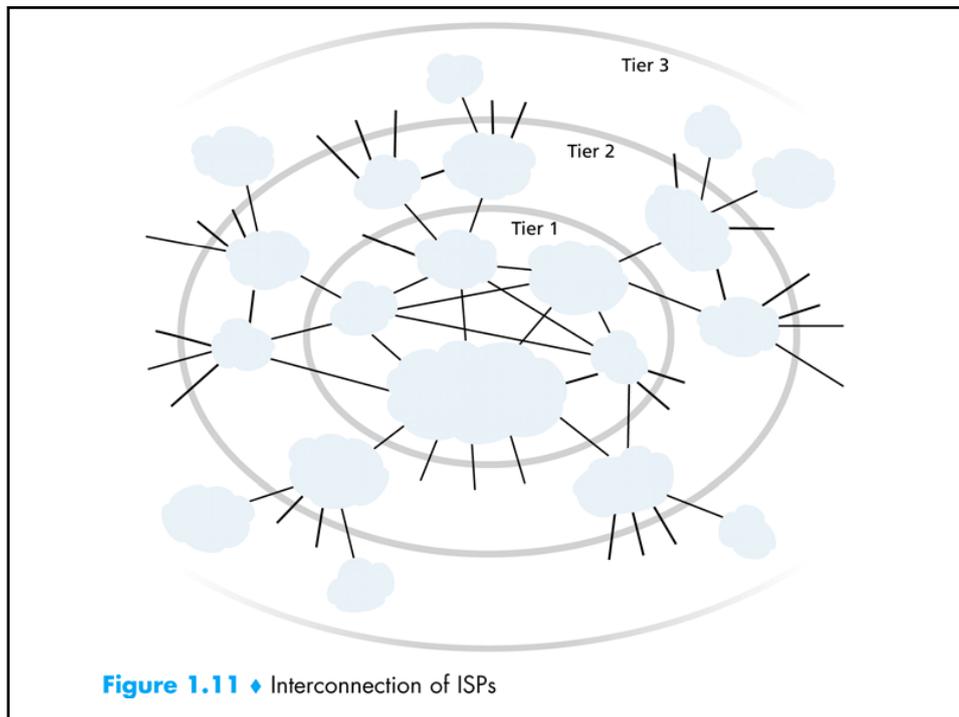
- ISP di livello 2:
 - Nazionali / distrettuali
 - Si può connettere solo ad alcuni ISP di livello 1
 - Paga l'ISP di livello 1 che gli fornisce la connettività per il resto della rete
 - un ISP di livello 2 è cliente di un ISP di livello 1
 - Si può connettere anche ad altri ISP di livello 2
 - Quando due ISP sono direttamente interconnessi vengono detti pari grado (peer)



Struttura di Internet (3)

- ISP di livello 3 e ISP locali (ISP di accesso)
 - Reti "ultimo salto" (last hop network), le più vicine ai sistemi terminali
 - ISP locali e di livello 3 sono clienti degli ISP di livello superiore che li collegano all'intera Internet





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

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 elaborazione = tempo richiesto per esaminare l'intestazione di un pacchetto e determinare cosa farne
 - 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)
 - Ritardo di trasmissione = dimensione messaggio / rendimento

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/transmission/delay.html

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
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:
  0  1 ms  <10 ms  <10 ms  di-gw.di.uniba.it [193.204.187.1]
  1  3 ms   2 ms   3 ms  ciseca-gw.uniba.it [193.204.184.17]
  2  4 ms  14 ms   5 ms  uniba-atm-gw.uniba.it [193.204.180.1]
  3  *    10 ms  15 ms  rc-uniba.ba.garr.net [193.206.137.89]
  4  12 ms 12 ms  13 ms  na-ba-1.garr.net [193.206.134.121]
  5  *    14 ms  26 ms  rm-na-1.garr.net [193.206.134.42]
  6  26 ms 29 ms  16 ms  rix-roma.garr.net [193.206.134.226]
  7  24 ms 16 ms  21 ms  intb-nap.inroma.roma.it [194.242.224.10]
  8  32 ms 23 ms  22 ms  151.99.101.45
  9  48 ms 42 ms  40 ms  r-ball-rm99.interbusiness.it [151.99.98.86]
 10 49 ms 42 ms  43 ms  r-ba32-fall.interbusiness.it [195.31.69.199]
 11 153 ms 177 ms 144 ms  r-banca-salento.interbusiness.it
    [212.131.122.10]
 12  *    *    *    Richiesta scaduta.
 13  65 ms 66 ms  *    www.banca121.it [195.223.96.2]
 14  77 ms 65 ms 63 ms  www.banca121.it [195.223.96.2]
Rilevazione completata.
```

Prof. Filippo Lanubile