

Capitolo 1: Introduzione

Obiettivi:

- ❑ introdurre la terminologia e i concetti di base
- ❑ gli approfondimenti arriveranno nei capitoli successivi
- ❑ approccio:
 - ❖ usare Internet come fonte di esempi

Panoramica:

- ❑ cos'è Internet?
- ❑ cos'è un protocollo?
- ❑ ai confini della rete: host, reti di accesso, mezzi trasmissivi
- ❑ il nucleo della rete: commutazione di circuito e commutazione di pacchetto, struttura di Internet
- ❑ prestazioni: ritardi, perdite e throughput
- ❑ sicurezza
- ❑ livelli di protocollo, modelli di servizio
- ❑ un po' di storia

Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Che cos'è Internet?



PC



server



Portatile



Telefono cellulare



Punti di accesso



Collegam. cablato



router

- Milioni di dispositivi collegati:

host = sistema terminale

- *applicazioni di rete*

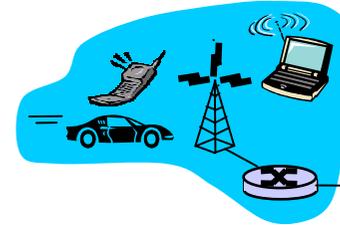
- *collegamenti*

- ❖ rame, fibra ottica, onde elettromagnetiche, satellite

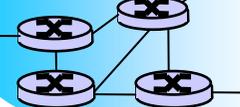
- ❖ Frequenza di trasmissione = *ampiezza di banda*

- *router*: instrada i pacchetti verso la loro destinazione finale

Rete mobile



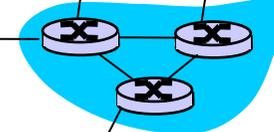
ISP nazionale o internazionale



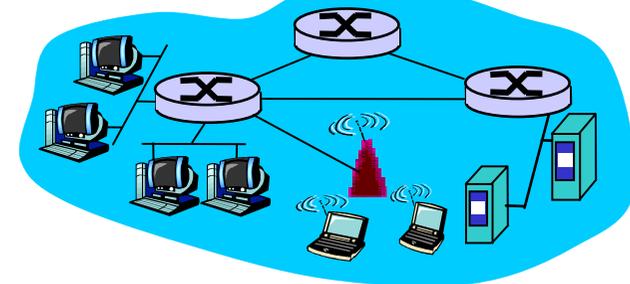
Rete domestica



ISP distrettuale



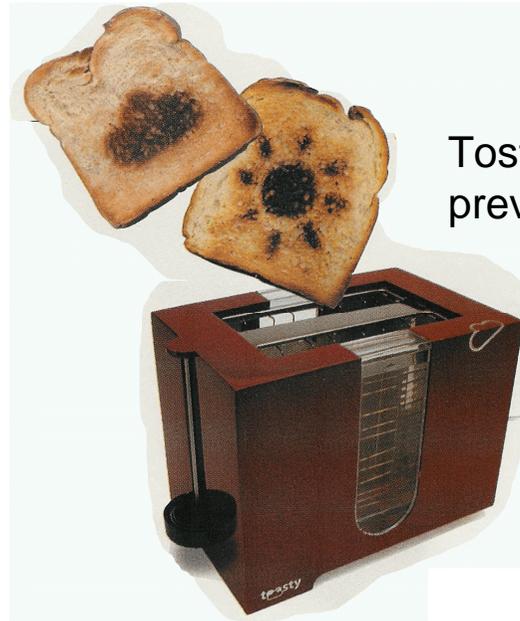
Rete aziendale



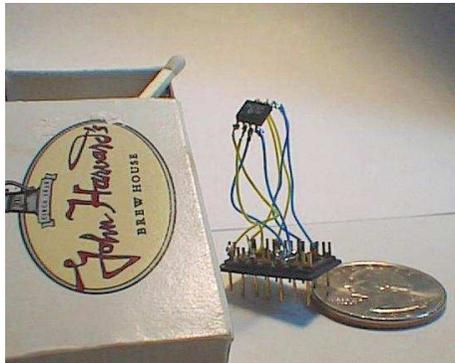
Oggi Internet è anche...



Cornice IP
<http://www.ceiva.com/>



Tostapane Web +
previsioni del tempo



Il web server più piccolo del mondo
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



Telefonia Internet

Che cos'è Internet

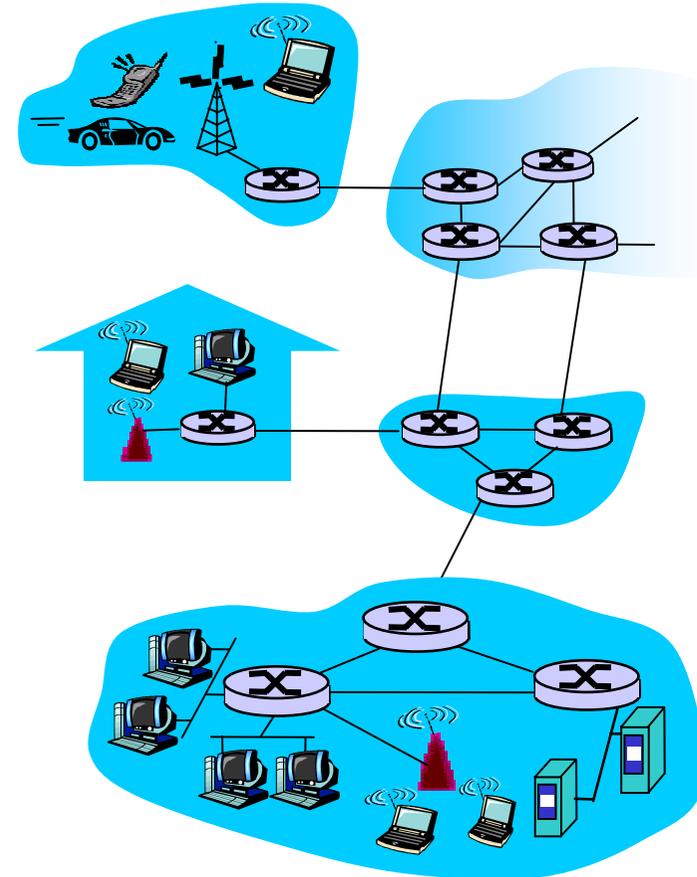
- ❑ Un *protocollo* definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati fra due o più entità in comunicazione
 - ❖ es.: TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- ❑ *Internet: "rete delle reti"*
 - ❖ struttura gerarchica
 - ❖ Internet pubblica e intranet private
- ❑ **Standard Internet**
 - ❖ RFC: Request for comments
 - ❖ IETF: Internet Engineering Task Force



Cos'è Internet

- ❑ **Infrastruttura di comunicazione** per applicazioni distribuite:
 - ❖ Web, VoIP, e-mail, giochi, e-commerce, condivisione di file

- ❑ **Servizi forniti alle applicazioni:**
 - ❖ servizio affidabile dalla sorgente alla destinazione
 - ❖ Servizio "best effort" (non affidabile) senza connessione



Cos'è un protocollo?

Protocolli umani:

- ❑ "Che ore sono?"
- ❑ "Ho una domanda"
- ❑ Presentazioni

... invio di specifici messaggi

... quando il messaggio è ricevuto, vengono intraprese specifiche azioni, o si verificano altri eventi

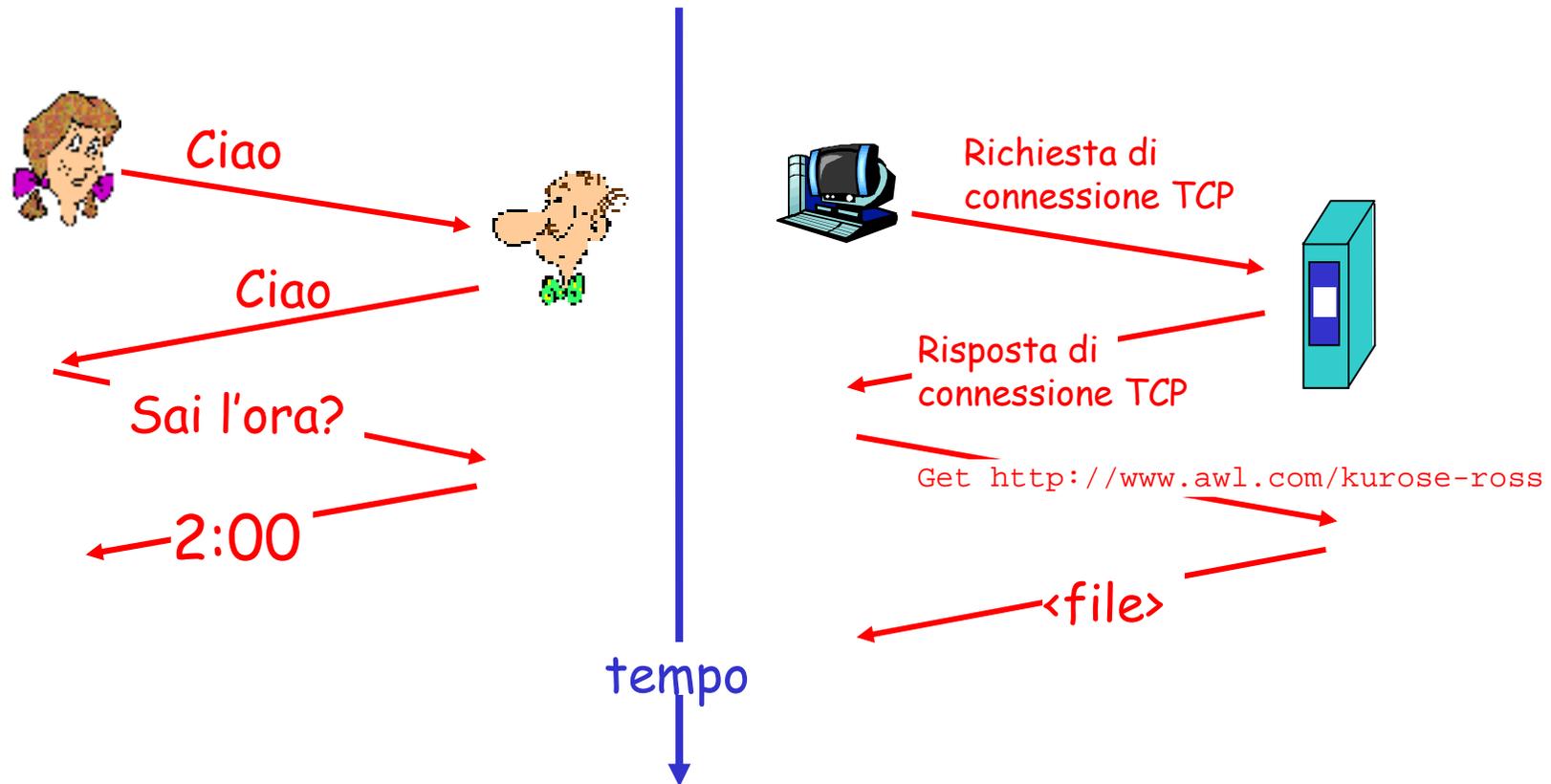
Protocolli di rete:

- ❑ Dispositivi hardware e software, non umani
- ❑ Tutta l'attività di comunicazione in Internet è governata dai protocolli

Un protocollo definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati tra due o più entità in comunicazione, così come le azioni intraprese in fase di trasmissione e/o ricezione di un messaggio o di un altro evento

Cos'è un protocollo?

Protocollo umano e protocollo di rete



D: Conoscete altri protocolli umani?

Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

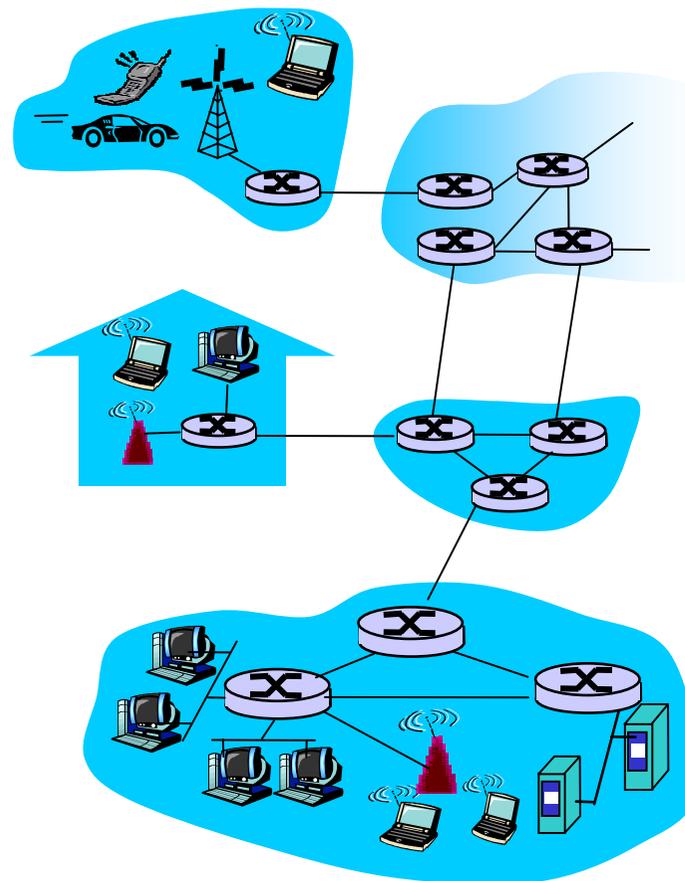
1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Uno sguardo da vicino alla struttura di rete

- ❑ **ai confini della rete:**
applicazioni e sistemi terminali
- ❑ **reti, dispositivi fisici:**
collegamenti cablati e wireless
- ❑ **al centro della rete:**
 - ❖ router interconnessi
 - ❖ la rete delle reti



Ai confini della rete

❑ sistemi terminali (host):

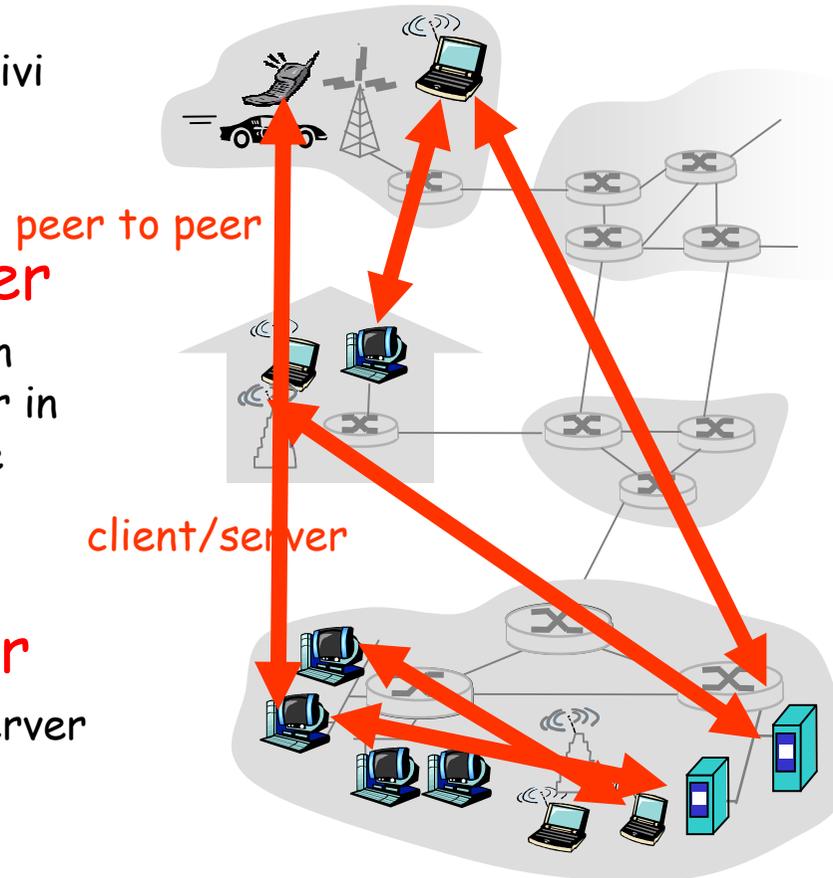
- ❖ fanno girare programmi applicativi
- ❖ es.: Web, e-mail
- ❖ situati all'estremità di Internet

❑ architettura client/server

- ❖ L'host client richiede e riceve un servizio da un programma server in esecuzione su un altro terminale
- ❖ es.: browser/server Web ; client/server e-mail

❑ architettura peer to peer

- ❖ uso limitato (o inesistente) di server dedicati
- ❖ es.: Skype, Bit Torrent



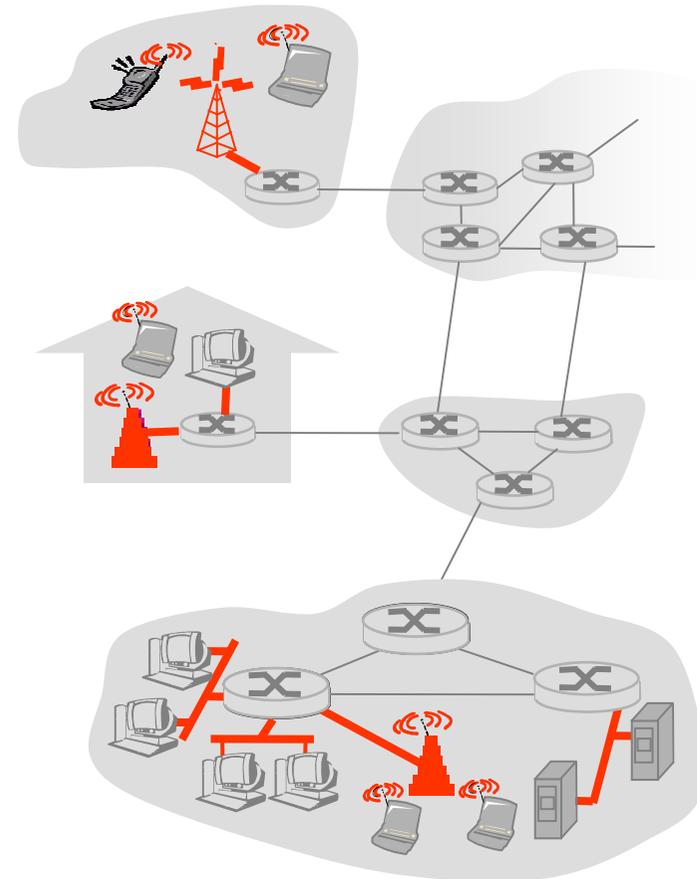
Reti d'accesso e mezzi fisici

D: Come collegare sistemi terminali e router esterni?

- ❑ reti di accesso residenziale
- ❑ reti di accesso aziendale (università, istituzioni, aziende)...
- ❑ reti di accesso mobile

Ricordate:

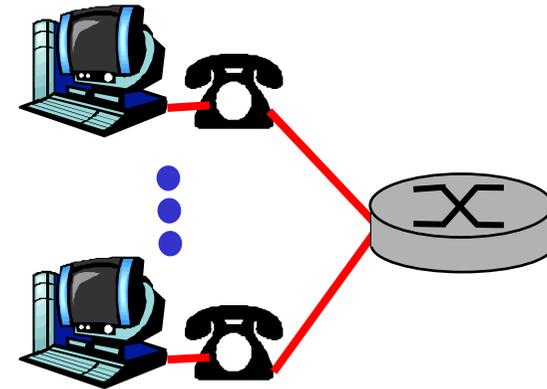
- ❑ ampiezza di banda (bit al secondo)?
- ❑ condivise o dedicate?



Accesso residenziale: punto-punto

❑ Modem dial-up

- ❖ fino a 56 Kbps di accesso diretto al router (ma spesso è inferiore)
- ❖ non è possibile "navigare" e telefonare allo stesso momento



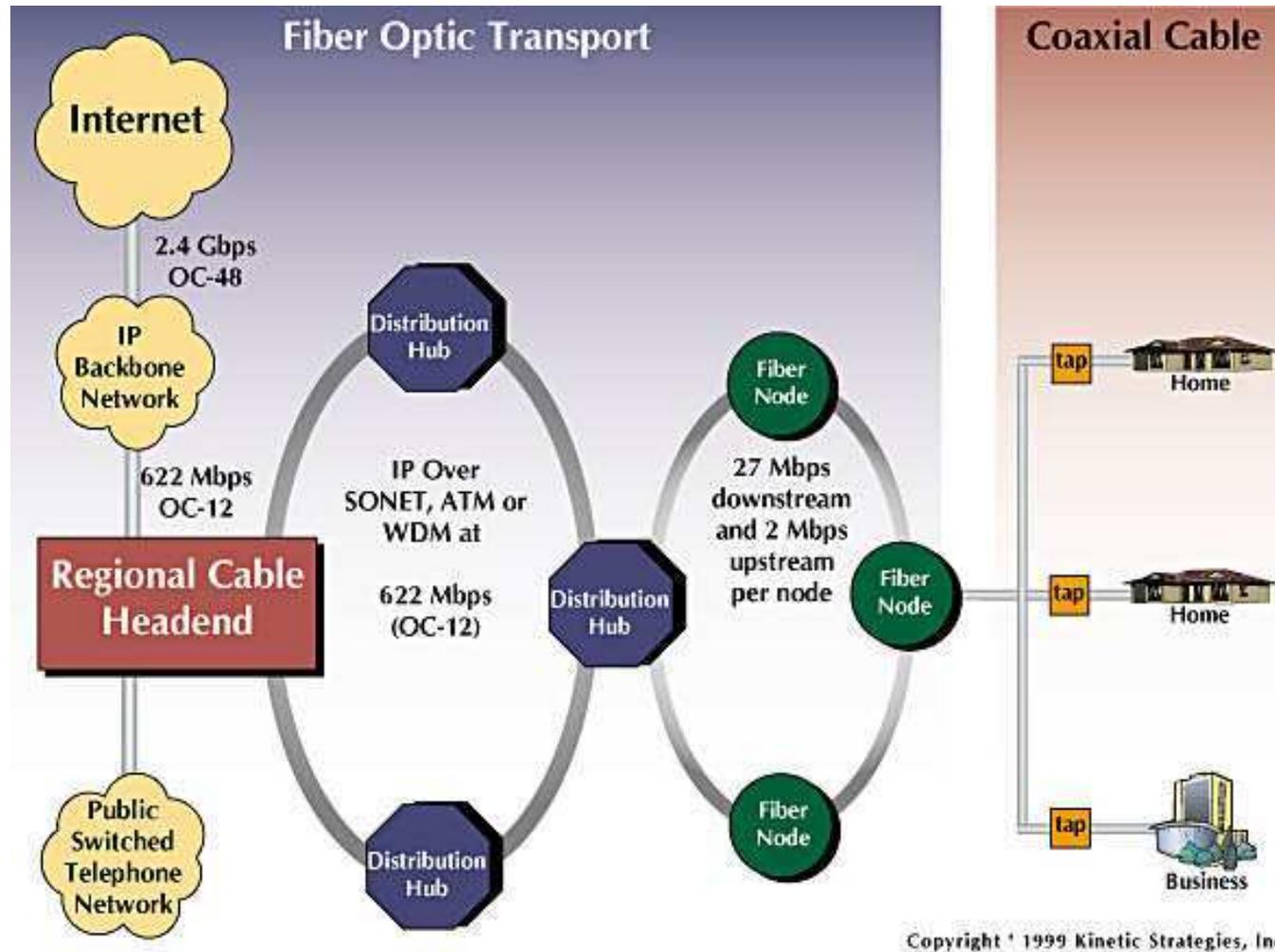
❑ DSL: digital subscriber line

- ❖ installazione: in genere da una società telefonica
- ❖ fino a 1 Mbps in upstream (attualmente, in genere < 256 kbps)
- ❖ fino a 8 Mbps in downstream (attualmente, in genere < 1 Mbps)
- ❖ linea dedicata

Accesso residenziale: modem via cavo

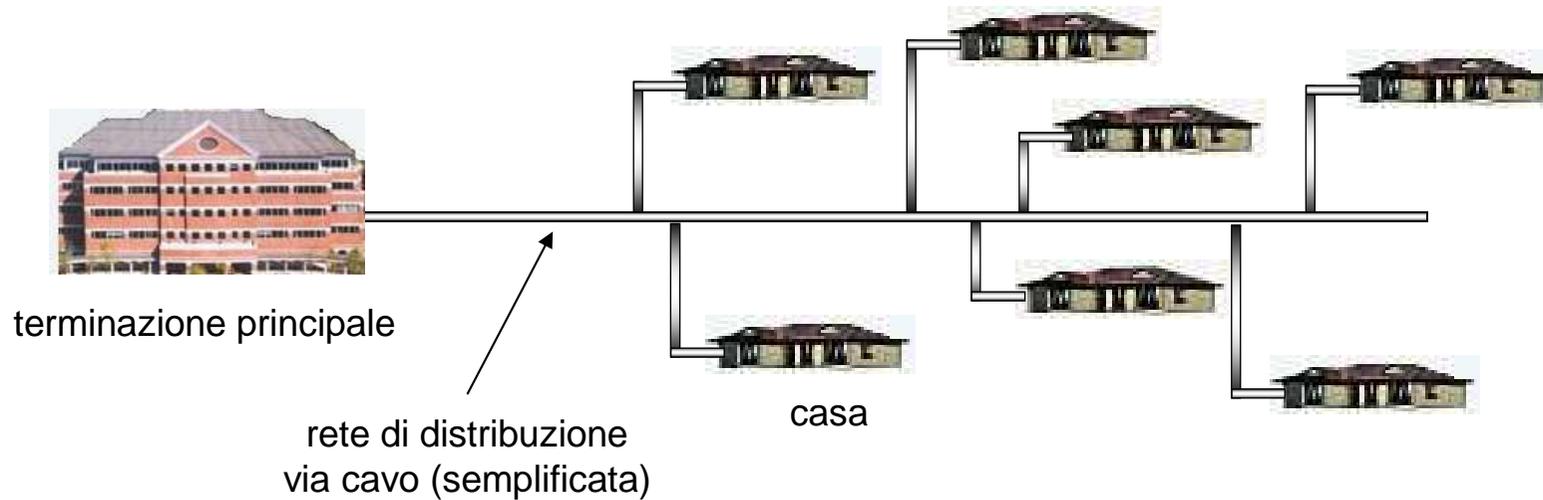
- ❑ **HFC: hybrid fiber coax**
 - ❖ asimmetrico: fino a 30 Mbps in downstream, 2 Mbps in upstream
- ❑ **rete** ibrida a fibra e cavo coassiale collega le case ai router degli ISP
 - ❖ l'utenza domestica condivide l'accesso al router
- ❑ Installazione: attivata dalle società di TV via cavo

Accesso residenziale: modem via cavo

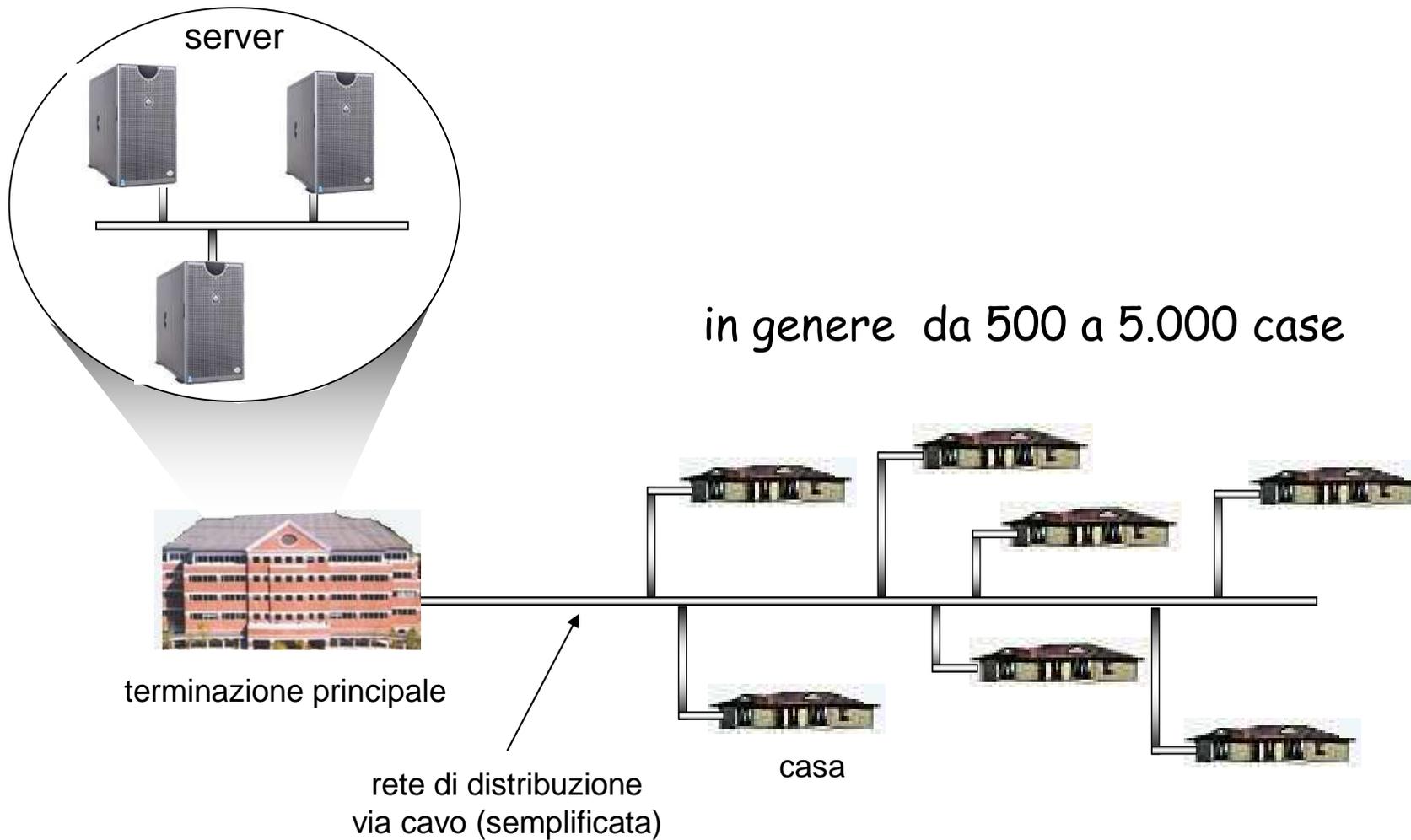


Rete d'accesso ibrida: una visione d'insieme

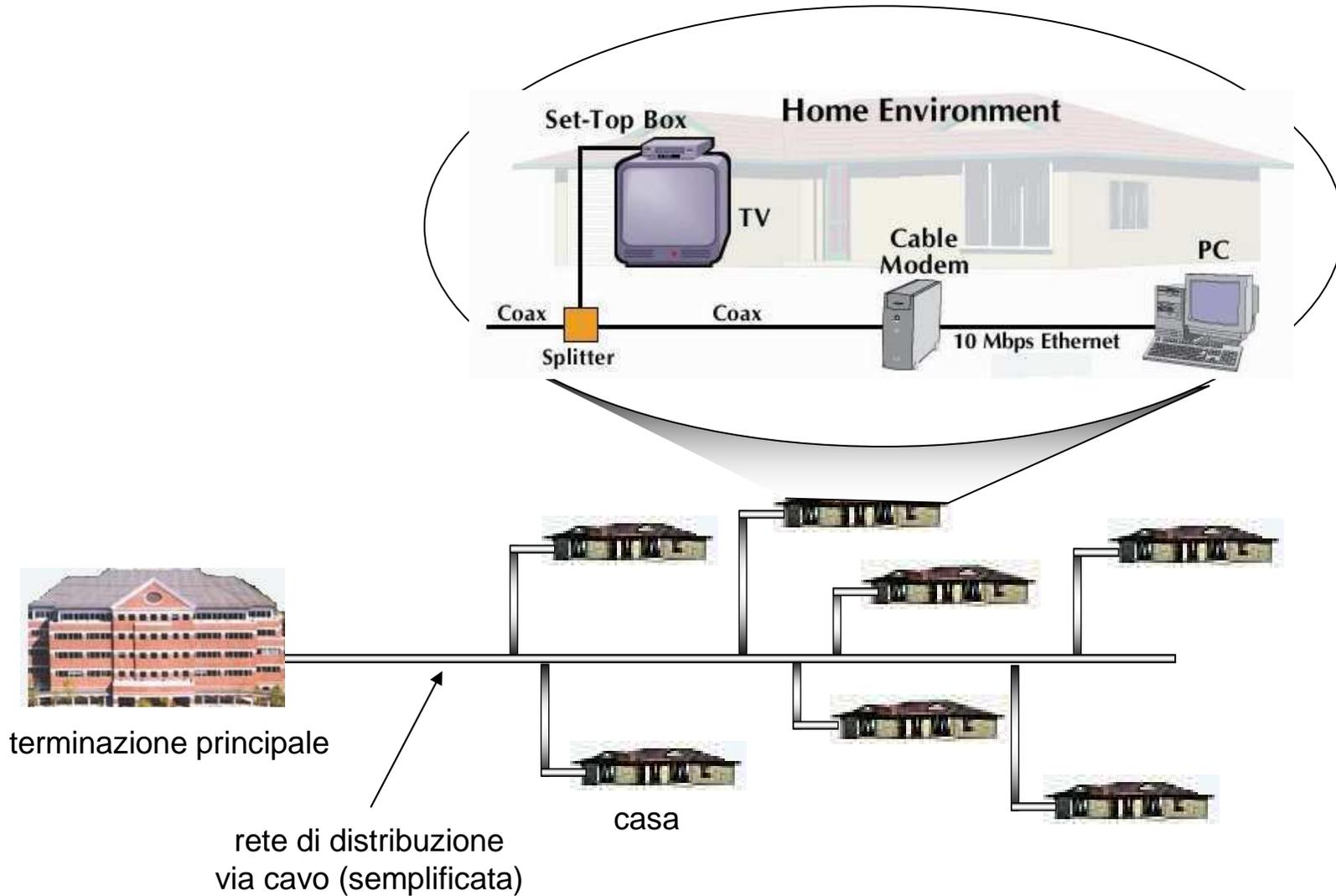
in genere da 500 a 5.000 case



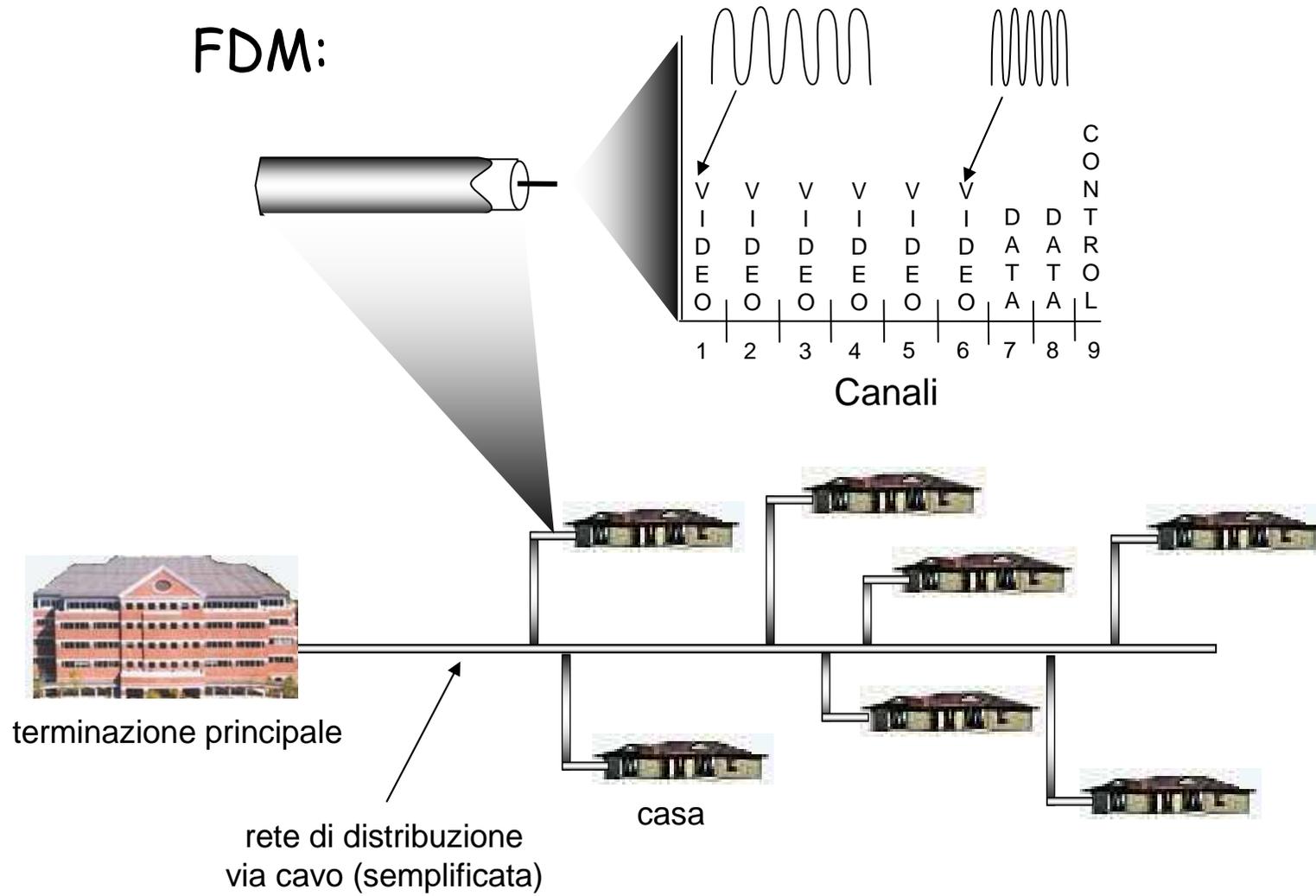
Rete d'accesso ibrida: una visione d'insieme



Rete d'accesso ibrida: una visione d'insieme

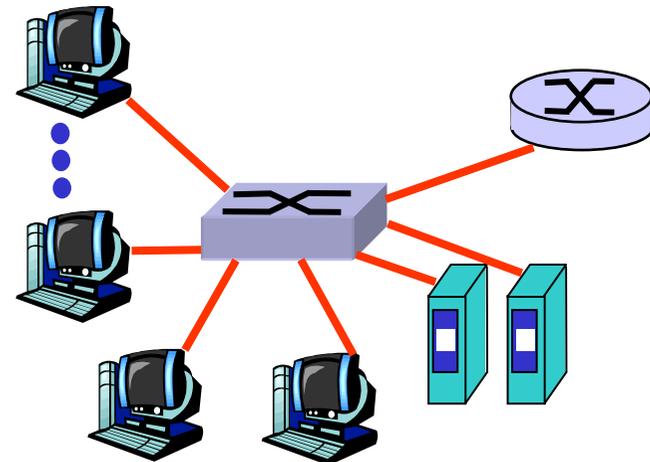
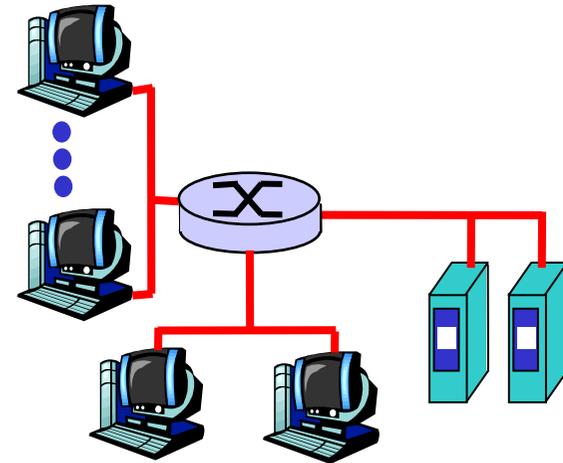


Rete d'accesso ibrida: una visione d'insieme



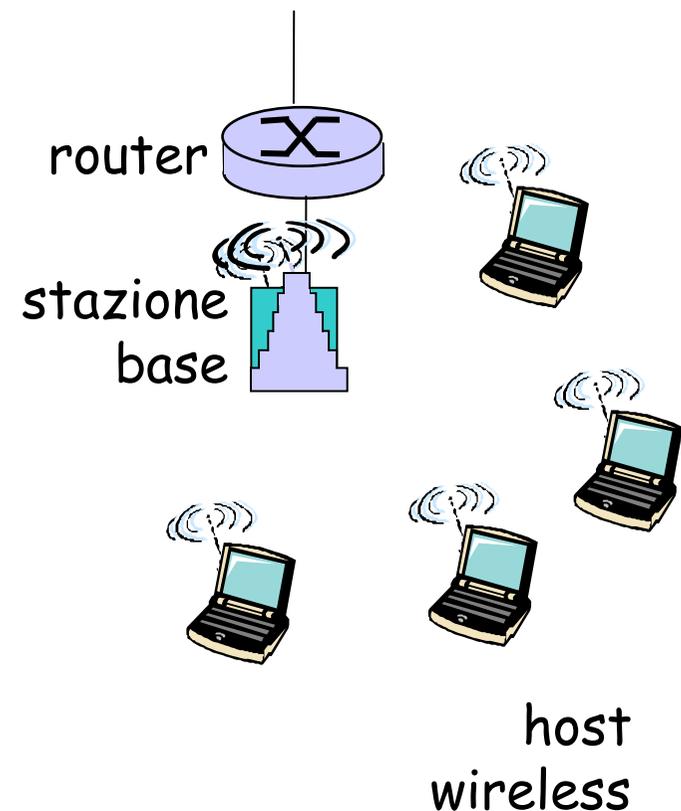
Accesso aziendale: reti locali (LAN)

- ❑ Una LAN collega i sistemi terminali di aziende e università all'edge router
- ❑ **Ethernet:**
 - ❖ 10 Mb, 100 Mb, 1 Giga, 10 Giga
 - ❖ Moderna configurazione: sistemi terminali collegati mediante uno switch Ethernet
- ❑ Le LAN: Capitolo 5



Accesso wireless

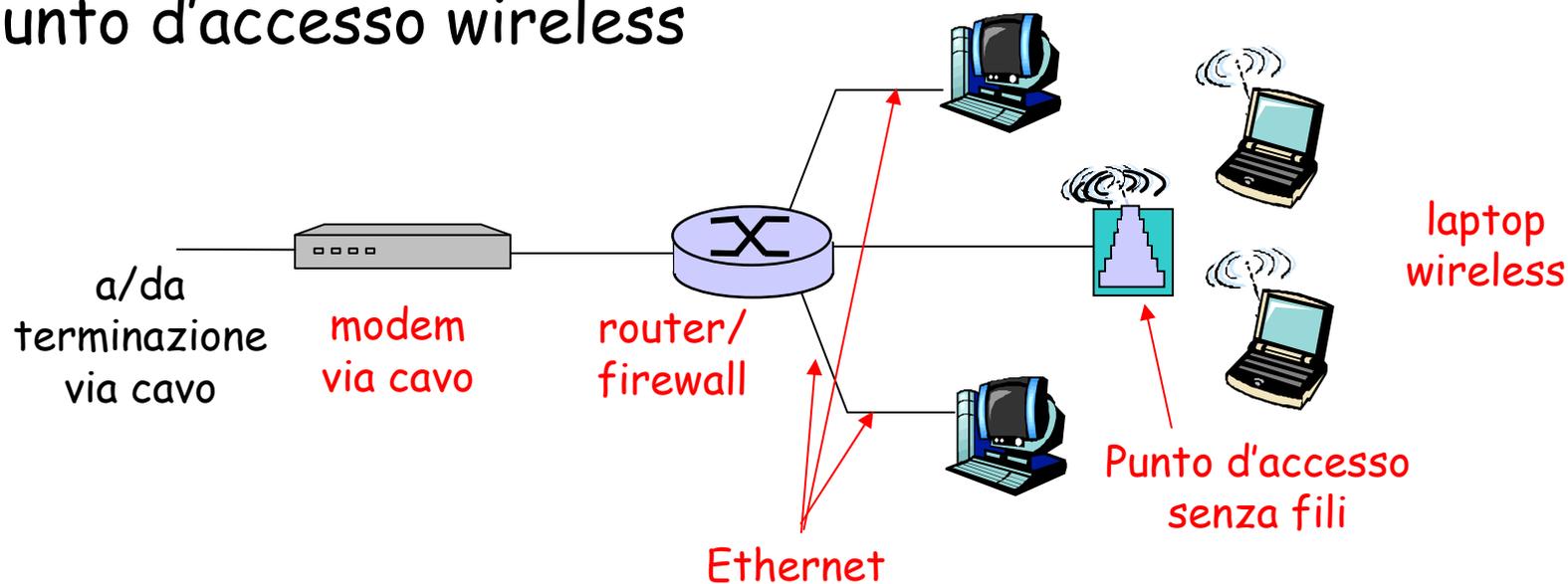
- Una rete condivisa d'accesso *wireless* collega i sistemi terminali al router
 - ❖ attraverso la stazione base, detta anche "access point"
- LAN wireless:
 - ❖ 802.11b/g (WiFi): 11 o 54Mbps
- rete d'accesso wireless geografica
 - ❖ gestita da un provider di telecomunicazioni
 - ❖ ~ 1 Mbps per i sistemi cellulari (EVDO, HSDPA)...
 - ❖ E poi (?): WiMax per aree più grandi



Reti domestiche

Componenti di una tipica rete da abitazione:

- ❑ DSL o modem via cavo
- ❑ router/firewall/NAT
- ❑ Ethernet
- ❑ Punto d'accesso wireless



Mezzi trasmissivi

- ❑ **Bit:** viaggia da un sistema terminale a un altro, passando per una serie di coppie trasmittente-ricevente
- ❑ **Mezzo fisico:** ciò che sta tra il trasmittente e il ricevente
- ❑ **Mezzi guidati:**
 - ❖ i segnali si propagano in un mezzo fisico: fibra ottica, filo di rame o cavo coassiale
- ❑ **Mezzi a onda libera:**
 - ❖ i segnali si propagano nell'atmosfera e nello spazio esterno

Doppino intrecciato (TP)

- ❑ due fili di rame distinti
 - ❖ Categoria 3: tradizionale cavo telefonico, 10 Mbps Ethernet
 - ❖ Categoria 5: 100 Mbps Ethernet



Mezzi trasmissivi: cavo coassiale e fibra ottica

Cavo coassiale:

- ❑ due conduttori in rame concentrici
- ❑ bidirezionale
- ❑ banda base:
 - ❖ singolo canale sul cavo
 - ❖ legacy Ethernet
- ❑ banda larga:
 - ❖ più canali sul cavo
 - ❖ HFC



Fibra ottica:

- ❑ Mezzo sottile e flessibile che conduce impulsi di luce (ciascun impulso rappresenta un bit)
- ❑ Alta frequenze trasmissiva:
 - ❖ Elevata velocità di trasmissione punto-punto (da 10 a 100 Gps)
- ❑ Basso tasso di errore, ripetitori distanziati, immune all'interferenza elettromagnetica



Mezzi trasmissivi: canali radio

- ❑ trasportano segnali nello spettro elettromagnetico
- ❑ non richiedono l'installazione fisica di cavi
- ❑ bidirezionali
- ❑ effetti dell'ambiente di propagazione:
 - ❖ riflessione
 - ❖ ostruzione da parte di ostacoli
 - ❖ interferenza

Tipi di canali radio:

- ❑ **microonde terrestri**
 - ❖ es.: canali fino a 45 Mbps
- ❑ **LAN** (es.: Wifi)
 - ❖ 11 Mbps, 54 Mbps
- ❑ **wide-area** (es.: cellulari)
 - ❖ es.: 3G: ~ 1 Mbps
- ❑ **satellitari**
 - ❖ canali fino a 45 Mbps channel (o sottomultipli)
 - ❖ ritardo punto-punto di 270 msec
 - ❖ geostazionari/a bassa quota

Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

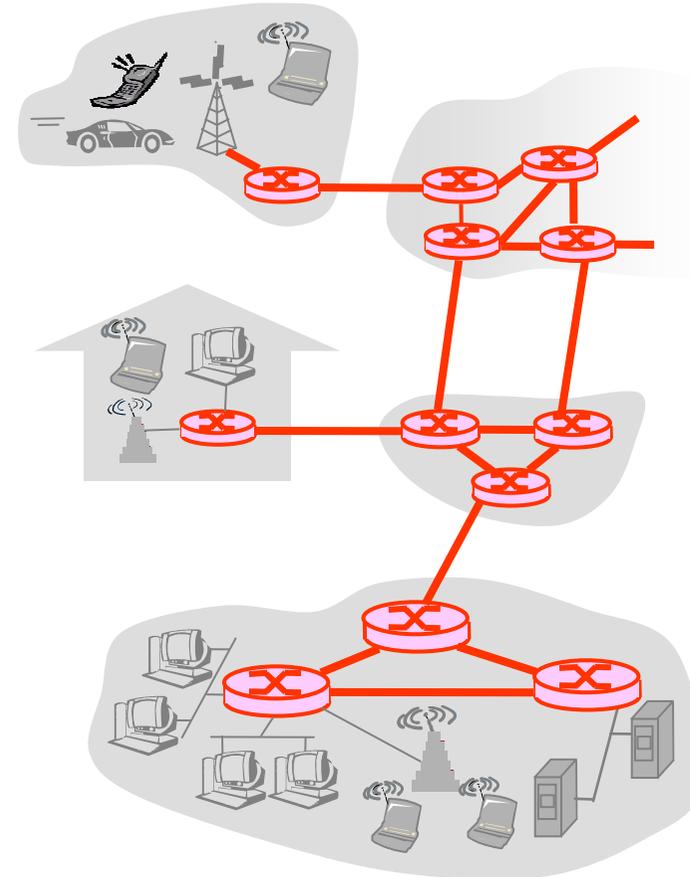
1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Il nucleo della rete

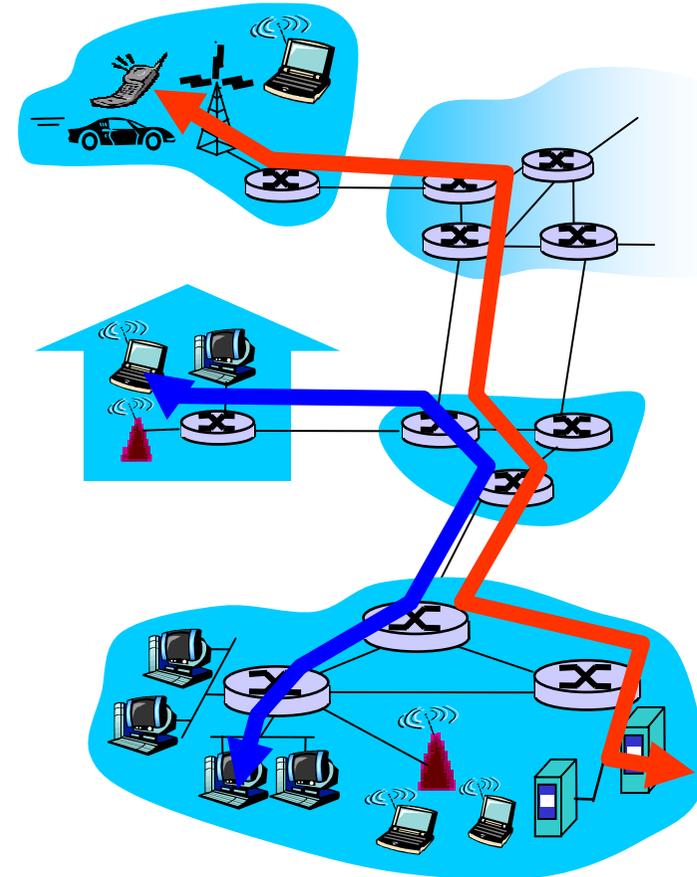
- ❑ Rete magliata di router che interconnettono i sistemi terminali
- ❑ ***il quesito fondamentale:*** come vengono trasferiti i dati attraverso la rete?
 - ❖ ***commutazione di circuito:*** circuito dedicato per l'intera durata della sessione (rete telefonica)
 - ❖ ***commutazione di pacchetto:*** i messaggi di una sessione utilizzano le risorse su richiesta, e di conseguenza potrebbero dover attendere per accedere a un collegamento



Il nucleo della rete: commutazione di circuito

Risorse punto-punto riservate alla "chiamata"

- ❑ ampiezza di banda, capacità del commutatore
- ❑ risorse dedicate: non c'è condivisione
- ❑ prestazioni da circuito (garantite)
- ❑ necessaria l'impostazione della chiamata



Il nucleo della rete: commutazione di circuito

Risorse di rete (ad es. ampiezza di banda, *bandwidth*) **suddivise in "pezzi"**

- ❑ ciascun "pezzo" viene allocato ai vari collegamenti
- ❑ le risorse rimangono *inattive* se non utilizzate (*non c'è condivisione*)

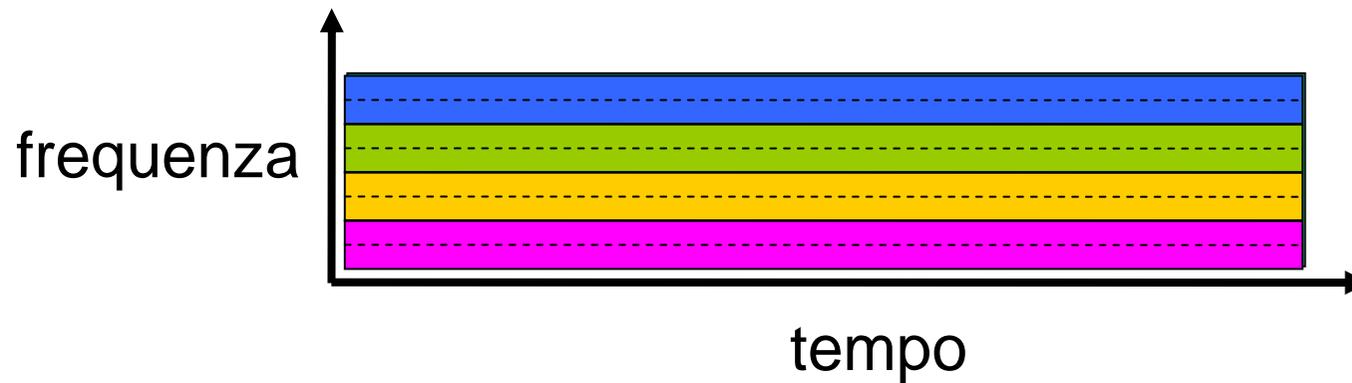
- ❑ suddivisione della banda in "pezzi"
 - ❖ divisione di frequenza
 - ❖ divisione di tempo

Commutazione di circuito: FDM e TDM

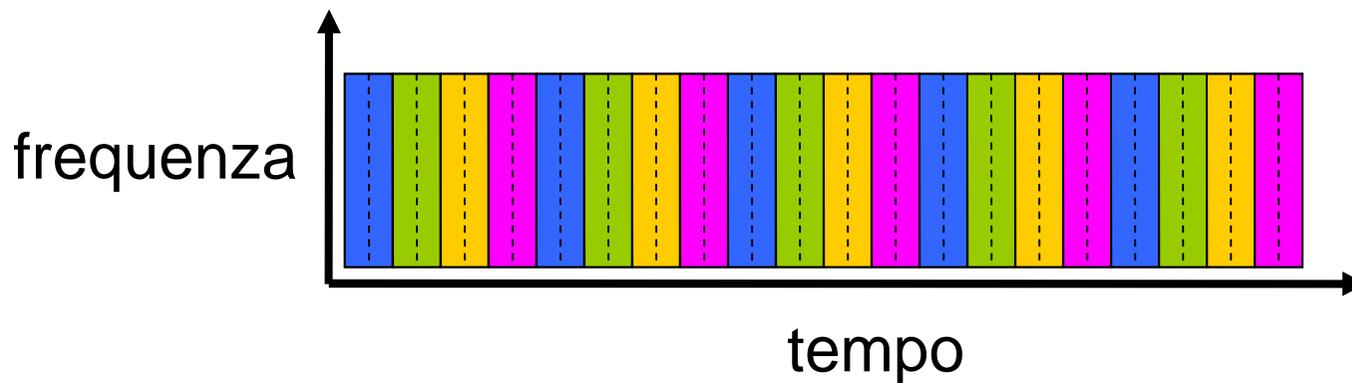
FDM

Esempio:

4 utenti



TDM



Un esempio numerico

- ❑ Quanto tempo occorre per inviare un file di 640.000 bit dall'host A all'host B su una rete a commutazione di circuito?
 - ❖ Tutti i collegamenti presentano un bit rate di 1.536 Mbps
 - ❖ Ciascun collegamento utilizza TDM con 24 slot/sec
 - ❖ Si impiegano 500 ms per stabilire un circuito punto-punto

Provate a calcolarlo!

Il nucleo della rete: commutazione di pacchetto

Il flusso di dati punto-punto viene suddiviso in *pacchetti*

- ❑ I pacchetti degli utenti A e B *condividono* le risorse di rete
- ❑ Ciascun pacchetto utilizza completamente il canale
- ❑ Le risorse vengono usate *a seconda delle necessità*

Contesa per le risorse

- ❑ La richiesta di risorse può eccedere il quantitativo disponibile
- ❑ **congestione**: accodamento dei pacchetti, attesa per l'utilizzo del collegamento
- ❑ **store and forward**: il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere sul collegamento in uscita

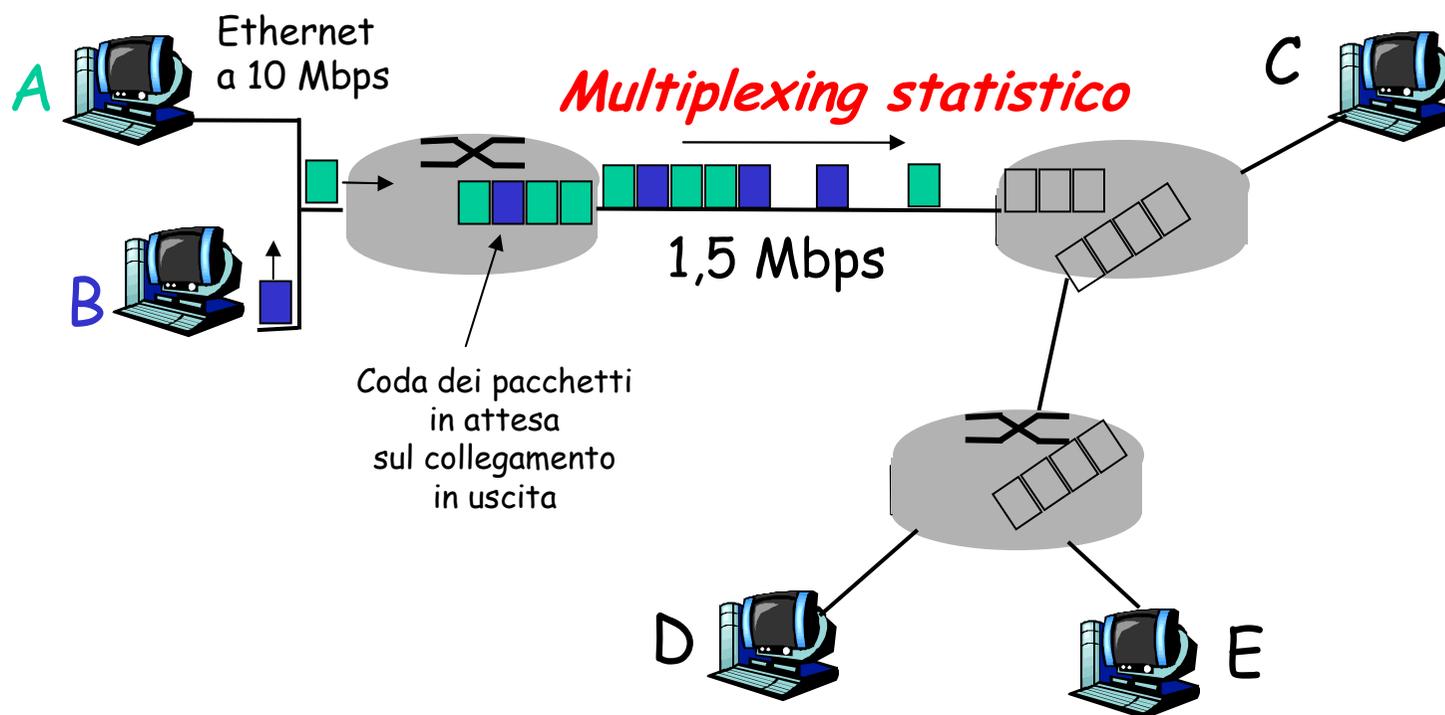
Larghezza di banda suddivisa in pezzi"

Allocazione dedicata

Risorse riservate



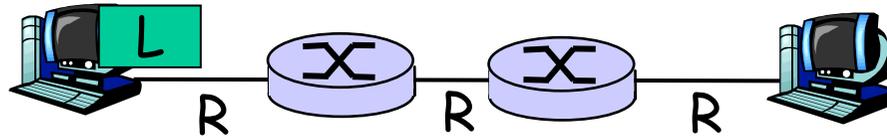
Commutazione di pacchetto: multiplexing statistico



La sequenza dei pacchetti A e B non segue uno schema prefissato
Condivisione di risorse su richiesta → *statistical multiplexing*.

TDM: ciascun host ottiene uno slot di tempo dedicato unicamente a quella connessione.

Commutazione di pacchetto: store-and-forward



- ❑ Occorrono L/R secondi per trasmettere (push out) un pacchetto di L bit su un collegamento in uscita da R bps
- ❑ *store and forward*: l'intero pacchetto deve arrivare al router prima che questo lo trasmetta sul link successivo
- ❑ ritardo = $3L/R$ (supponendo che il ritardo di propagazione sia zero)

Esempio:

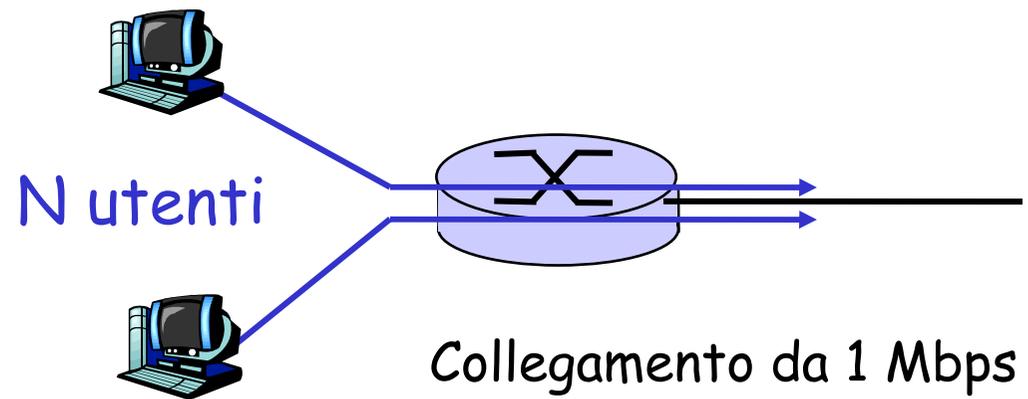
- ❑ $L = 7,5$ Mbits
- ❑ $R = 1,5$ Mbps
- ❑ ritardo = 15 sec

} approfondiremo tra breve il ritardo ...

Confronto tra commutazione di pacchetto e commutazione di circuito

La commutazione di pacchetto consente a più utenti di usare la rete!

- ❑ 1 collegamento da 1 Mbps
- ❑ Ciascun utente:
 - ❖ 100 kpbs quando è "attivo"
 - ❖ attivo per il 10% del tempo
- ❑ commutazione di circuito:
 - ❖ 10 utenti
- ❑ commutazione di pacchetto:
 - ❖ con 35 utenti, la probabilità di averne > 10 attivi è inferiore allo 0,0004



D: come è stato ottenuto il valore 0,0004?

Confronto tra commutazione di pacchetto e commutazione di circuito

La commutazione di pacchetto è la "scelta vincente?"

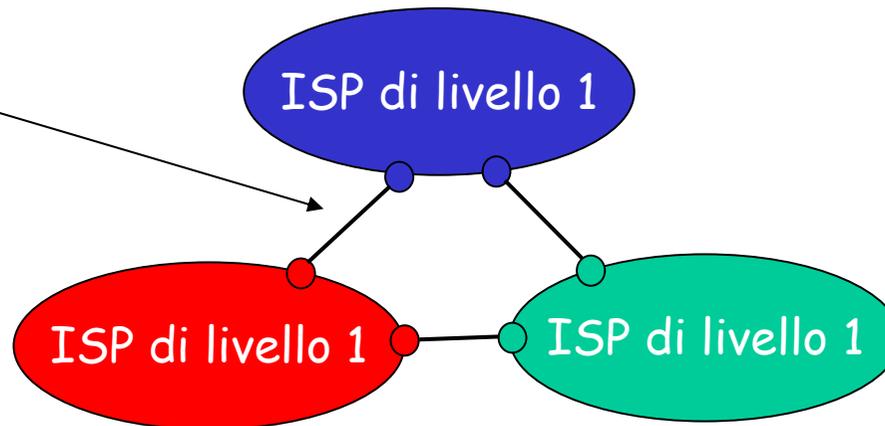
- ❑ **Ottima per i dati a raffica**
 - ❖ Condivisione delle risorse
 - ❖ Più semplice, non necessita l'impostazione della chiamata
- ❑ **Eccessiva congestione: ritardo e perdita di pacchetti**
 - ❖ Sono necessari protocolli per il trasferimento affidabile dei dati e per il controllo della congestione
- ❑ **D: Come ottenere un comportamento circuit-like?**
 - ❖ è necessario fornire garanzie di larghezza di banda per le applicazioni audio/video
 - ❖ è ancora un problema irrisolto (cfr Capitolo 7)

D: Vi vengono in mente analogie umane relative alle "risorse limitate" (commutazione di circuito) confrontate con "l'allocazione su richiesta" (commutazione di pacchetto)?

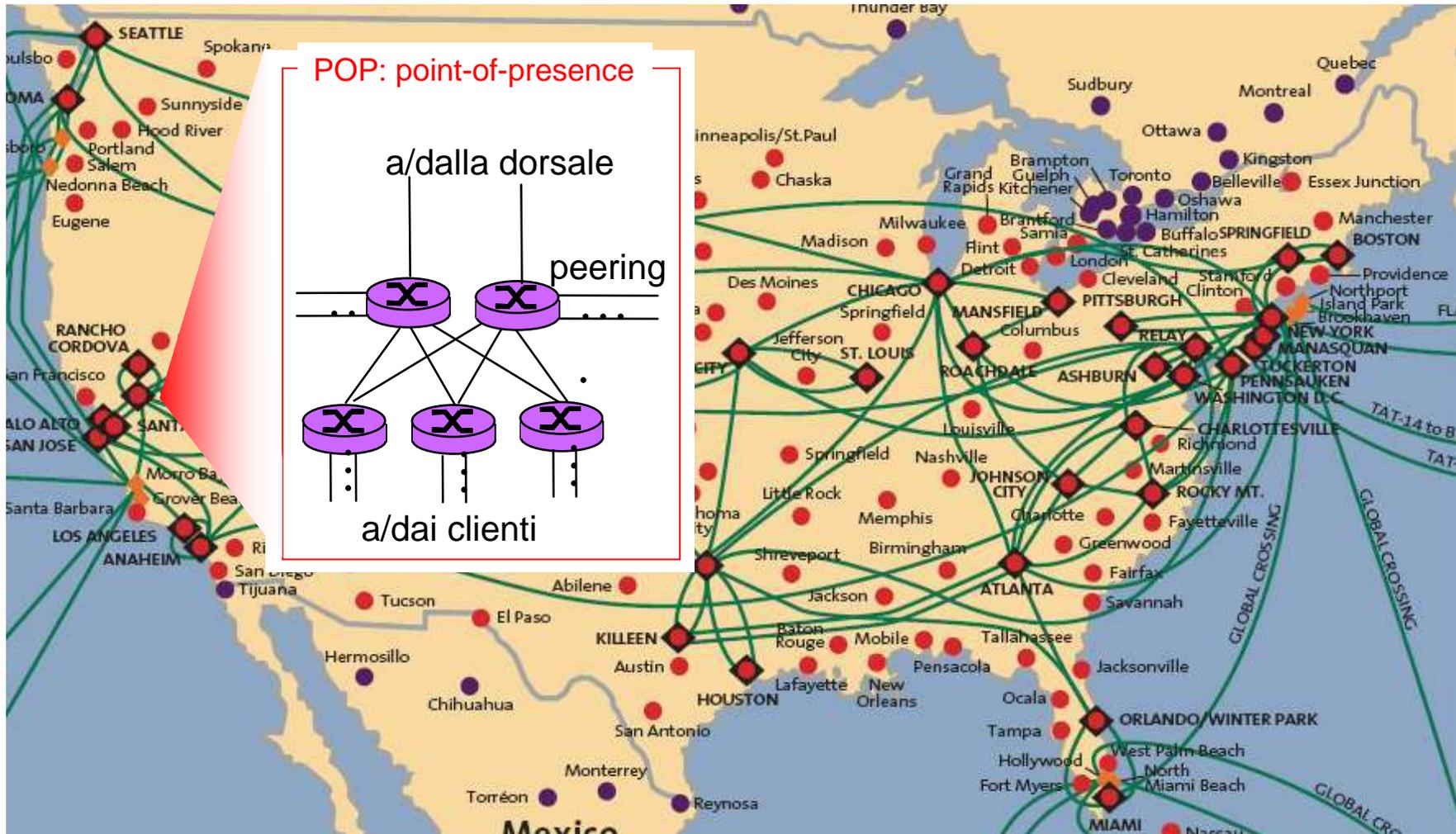
Struttura di Internet: la rete delle reti

- ❑ fondamentale gerarchica
- ❑ **al centro: "ISP di livello 1"** (es.: Verizon, Sprint, AT&T, Cable&Wireless), copertura nazionale/ internazionale
 - ❖ Comunicano tra di loro come "pari"

Gli ISP di livello 1 sono direttamente connessi a ciascuno degli altri ISP di livello 1



ISP di livello 1 - Un esempio: Sprint

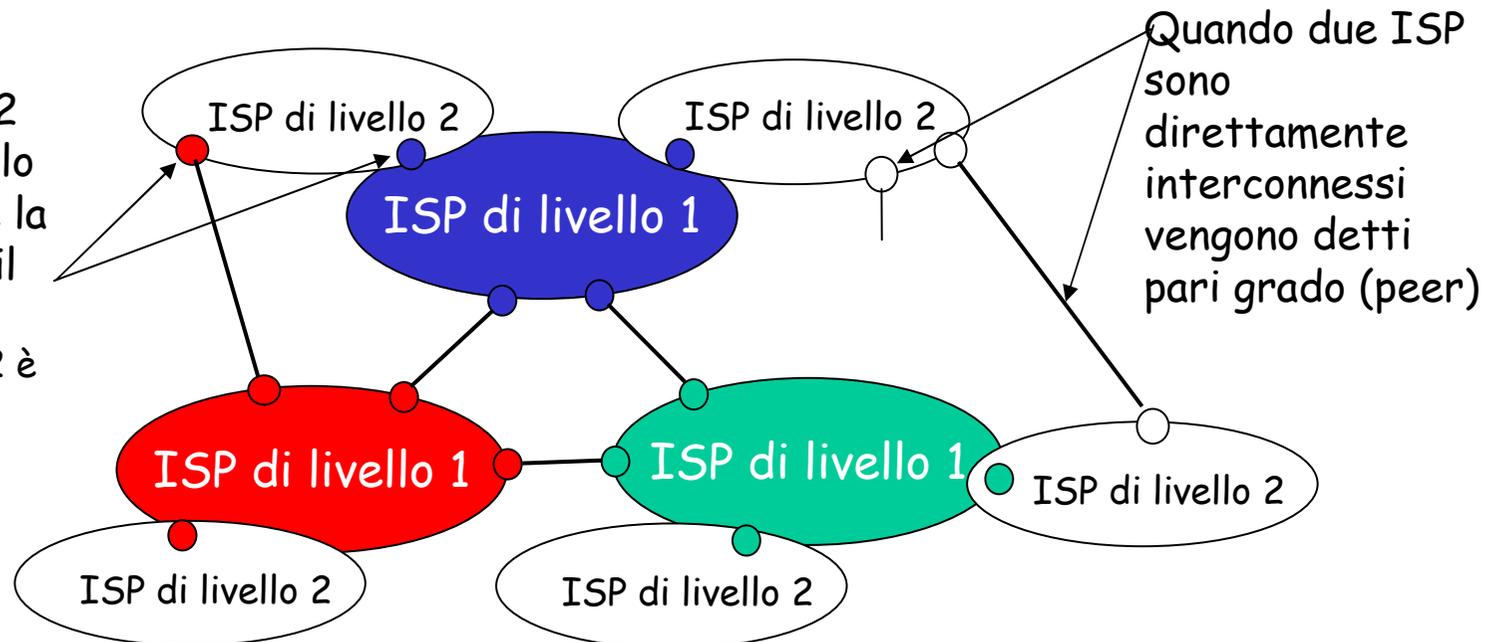


Struttura di Internet: la rete delle reti

- **ISP di livello 2: ISP più piccoli (nazionali o distrettuali)**
 - ❖ Si può connettere solo ad alcuni ISP di livello 1, e possibilmente ad altri ISP di livello 2

Un ISP di livello 2 paga l'ISP di livello 1 che gli fornisce la connettività per il resto della rete

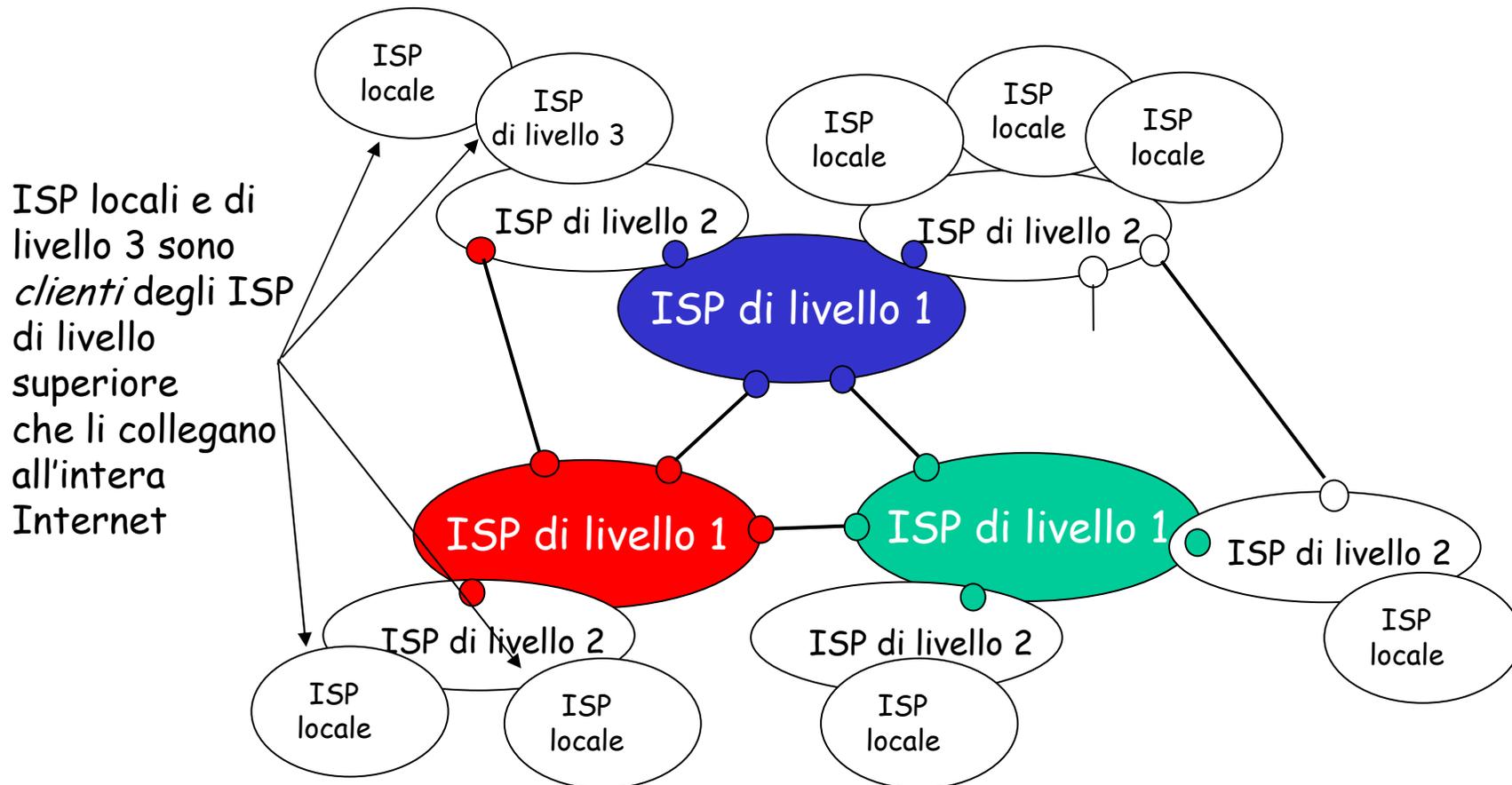
- un ISP di livello 2 è cliente di un ISP di livello 1



Struttura di Internet: la rete delle reti

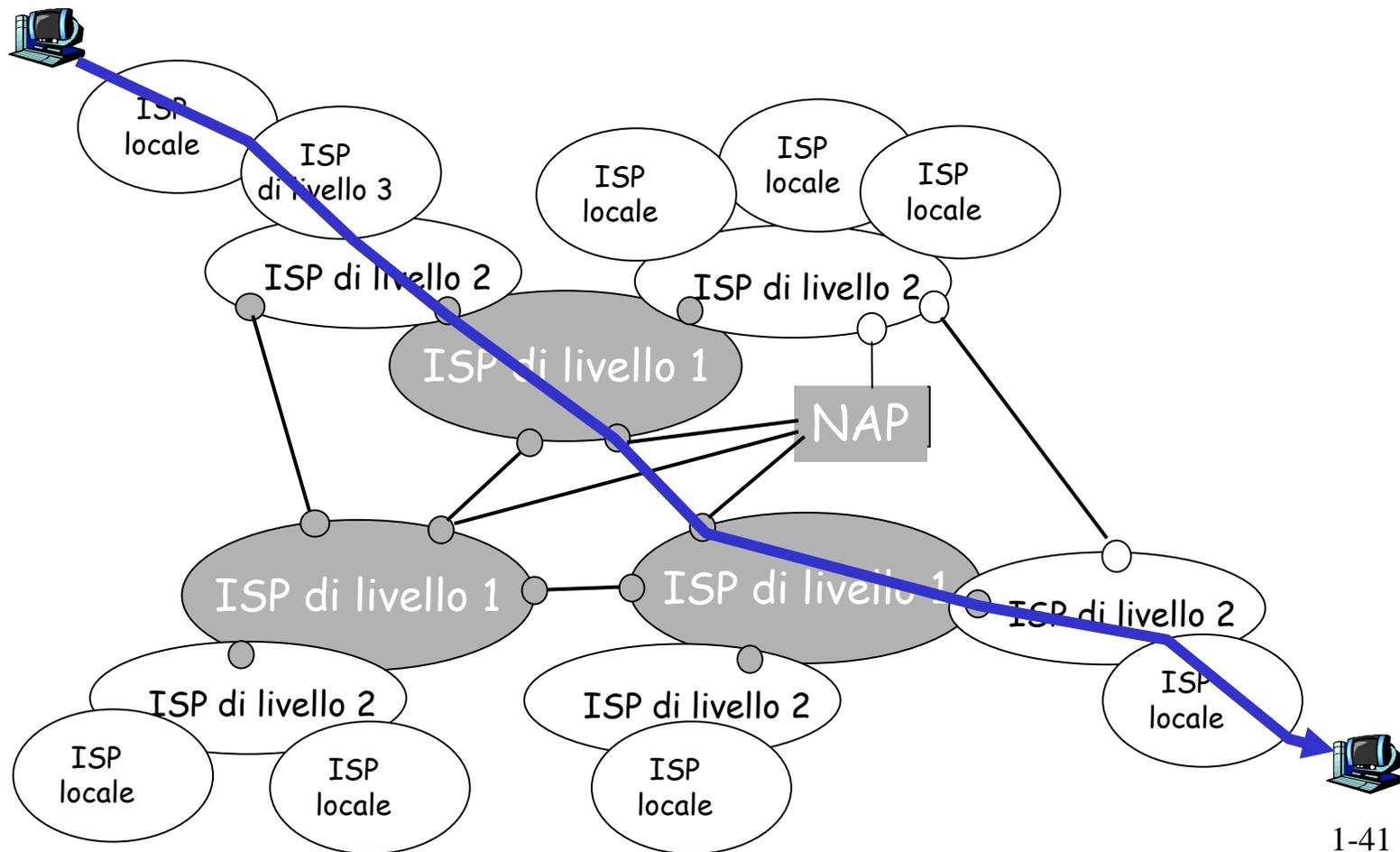
□ ISP di livello 3 e ISP locali (ISP di accesso)

- ❖ Reti "ultimo salto" (*last hop network*), le più vicine ai sistemi terminali



Struttura di Internet: la rete delle reti

- un pacchetto passa attraverso un sacco di reti!



Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

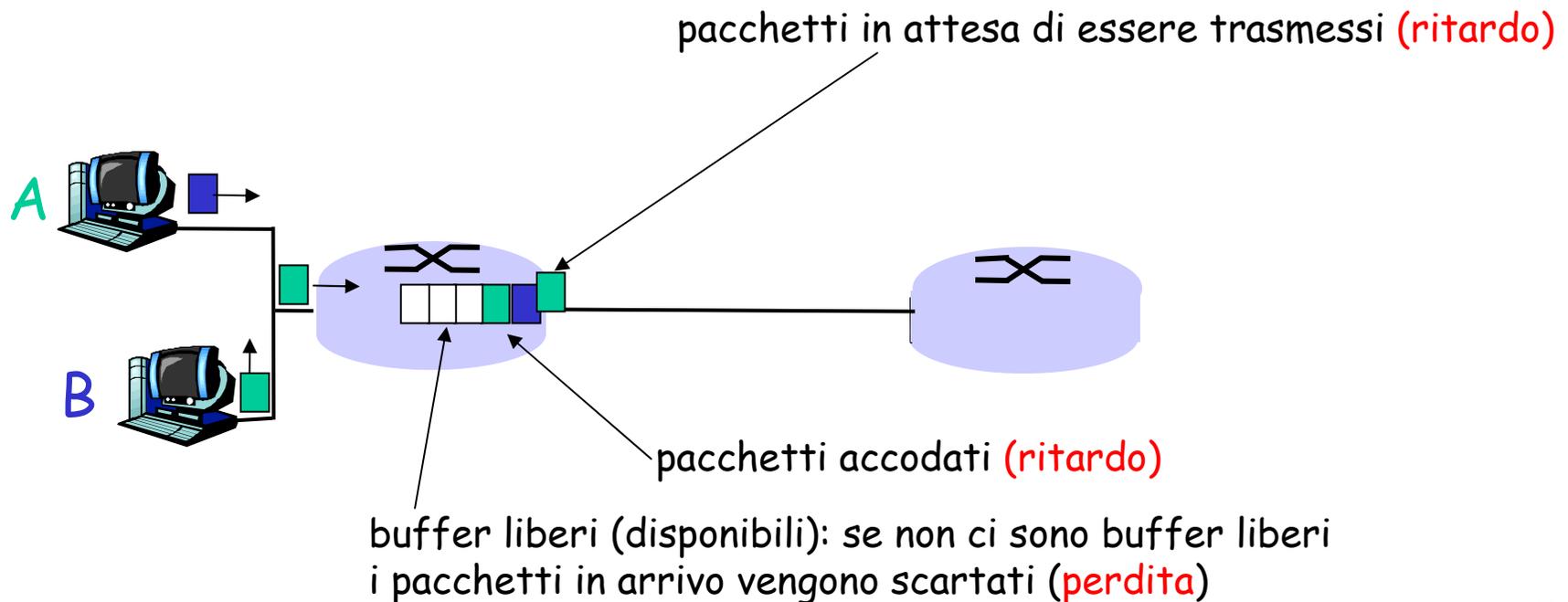
1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Come si verificano ritardi e perdite?

I pacchetti *si accodano* nei buffer dei router

- il tasso di arrivo dei pacchetti sul collegamento eccede la capacità del collegamento di evaderli
- i pacchetti si accodano, in attesa del proprio turno



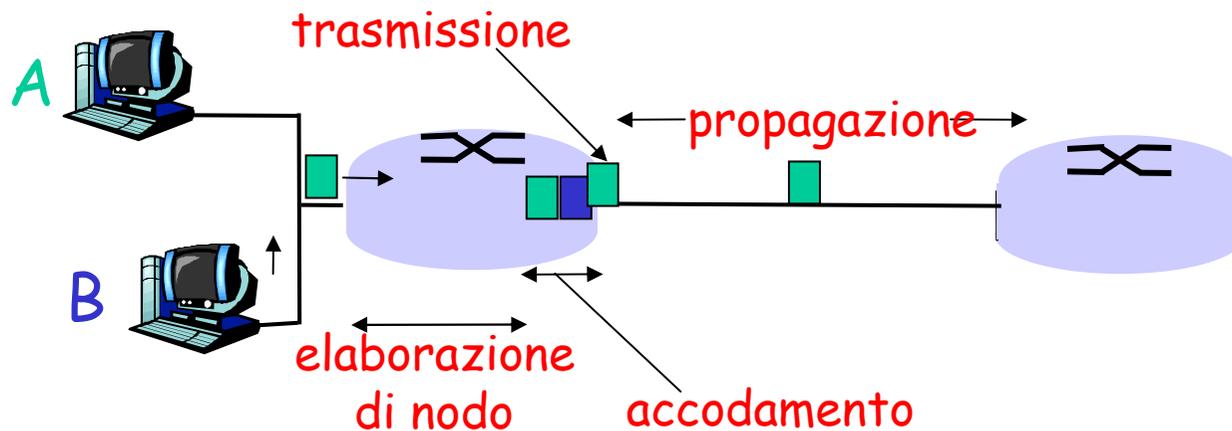
Quattro cause di ritardo per i pacchetti

□ 1. Ritardo di elaborazione del nodo:

- ❖ controllo errori sui bit
- ❖ determinazione del canale di uscita

□ 2. Ritardo di accodamento

- ❖ attesa di trasmissione
- ❖ livello di congestione del router



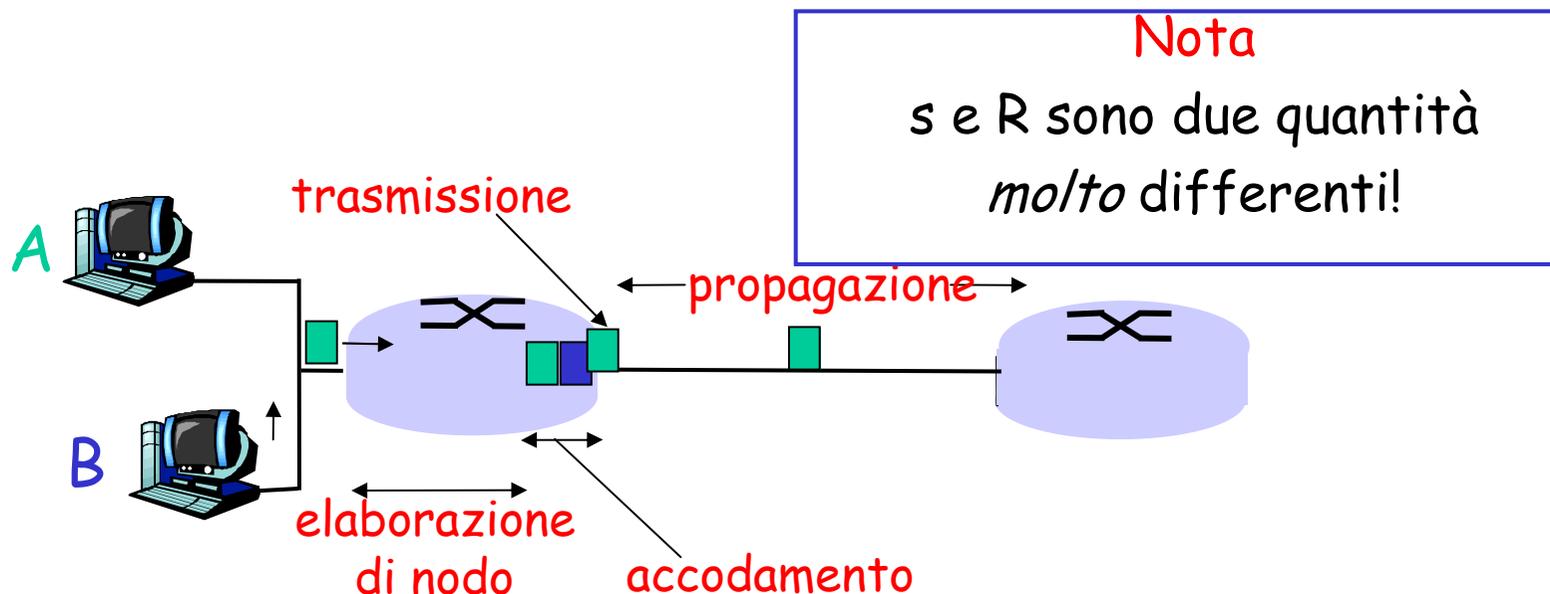
Ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto

3. Ritardo di trasmissione (L/R):

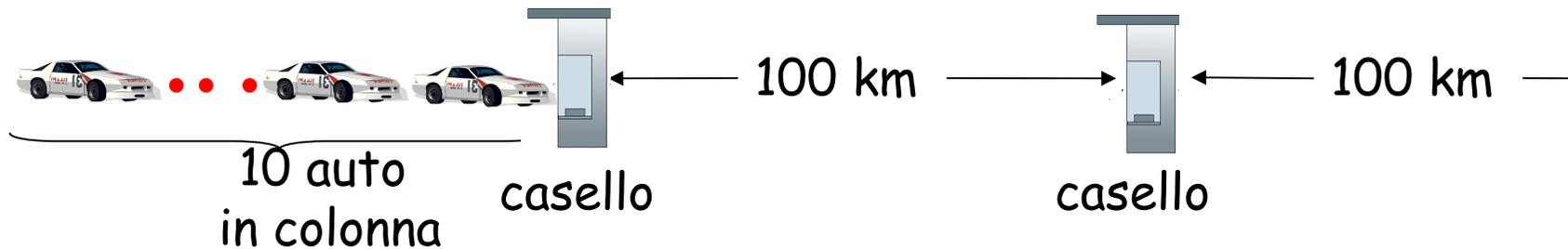
- ❑ R = frequenza di trasmissione del collegamento (in bps)
- ❑ L = lunghezza del pacchetto (in bit)
- ❑ Ritardo di trasmissione = L/R

4. Ritardo di propagazione (d/s)

- ❑ d = lunghezza del collegamento fisico
- ❑ s = velocità di propagazione del collegamento ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- ❑ Ritardo di propagazione = d/s

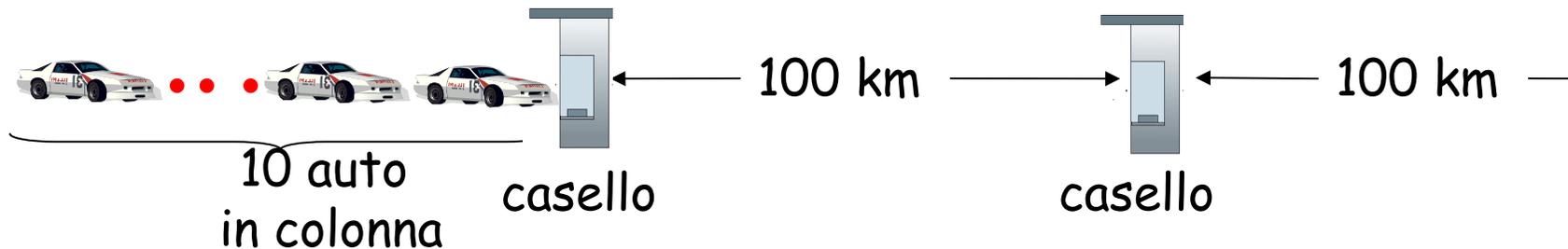


L'analogia del casello autostradale



- ❑ Le automobili viaggiano (ossia "si propagano") alla velocità di 100 km/h
- ❑ Il casello serve (ossia "trasmette") un'auto ogni 12 secondi
- ❑ auto~bit; colonna ~ pacchetto
- ❑ **D: quanto tempo occorre perché le 10 auto in carovana si trovino di fronte al secondo casello?**
- ❑ Tempo richiesto al casello per trasmettere l'intera colonna sull'autostrada = $12 \cdot 10 = 120 \text{ sec}$
- ❑ Tempo richiesto a un'auto per viaggiare dall'uscita di un casello fino al casello successivo:
 $100\text{km}/(100\text{km/h}) = 1 \text{ hr}$
- ❑ **R: 62 minuti**

L'analogia del casello autostradale



- ❑ Le auto ora "si propagano" alla velocità di 1000 km/h
- ❑ Al casello adesso occorre 1 min per servire ciascuna auto
- ❑ **D: le prime auto arriveranno al secondo casello prima che le ultime auto della colonna lascino il primo?**
- ❑ **Sì!** Dopo 7 minuti, la prima auto sarà al secondo casello, e tre auto saranno ancora in coda davanti al primo casello.
- ❑ **Il primo bit di un pacchetto può arrivare al secondo router prima che il pacchetto sia stato interamente trasmesso dal primo router!**
 - ❖ Si veda l'applet sul sito web

Ritardo di nodo

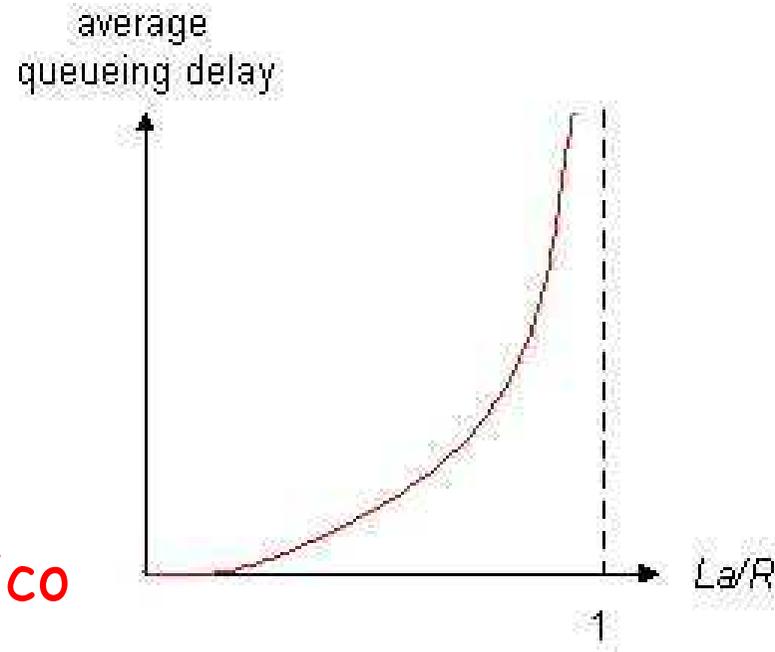
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑ d_{proc} = ritardo di elaborazione (*processing delay*)
 - ❖ in genere pochi microsecondi, o anche meno
- ❑ d_{queue} = ritardo di accodamento (*queuing delay*)
 - ❖ dipende dalla congestione
- ❑ d_{trans} = ritardo di trasmissione (*transmission delay*)
 - ❖ $= L/R$, significativo sui collegamenti a bassa velocità
- ❑ d_{prop} = ritardo di propagazione (*propagation delay*)
 - ❖ da pochi microsecondi a centinaia di millisecondi

Ritardo di accodamento

- R =frequenza di trasmissione (bps)
- L =lunghezza del pacchetto (bit)
- a =tasso medio di arrivo dei pacchetti

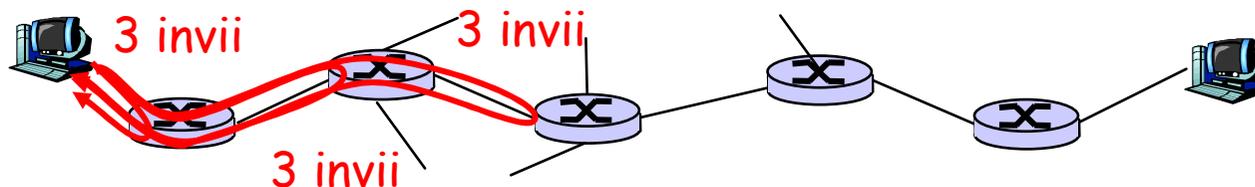
La/R = intensità di traffico



- $La/R \sim 0$: poco ritardo
- $La/R \rightarrow 1$: il ritardo si fa consistente
- $La/R > 1$: più "lavoro" in arrivo di quanto possa essere effettivamente svolto, ritardo medio infinito!

Ritardi e percorsi in Internet

- ❑ Ma cosa significano effettivamente ritardi e perdite nella "vera" Internet?
- ❑ **Traceroute**: programma diagnostico che fornisce una misura del ritardo dalla sorgente al router lungo i percorsi Internet punto-punto verso la destinazione.
 - ❖ invia tre pacchetti che raggiungeranno il router i sul percorso verso la destinazione
 - ❖ il router i restituirà i pacchetti al mittente
 - ❖ il mittente calcola l'intervallo tra trasmissione e risposta



Ritardi e percorsi in Internet

traceroute: da gaia.cs.umass.edu a www.eurecom.fr

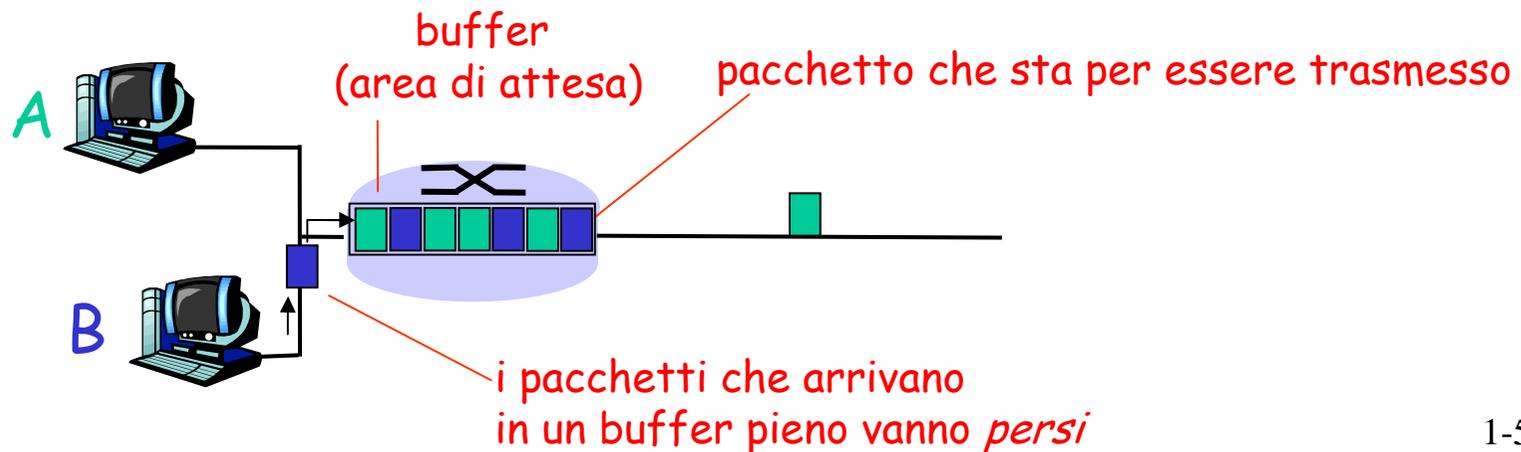
Tre misure di ritardo da
gaia.cs.umass.edu a cs-gw.cs.umass.edu



1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms ← collegamento transoceanico
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * * ← * significa nessuna risposta (risposta persa, il router non risponde)
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms

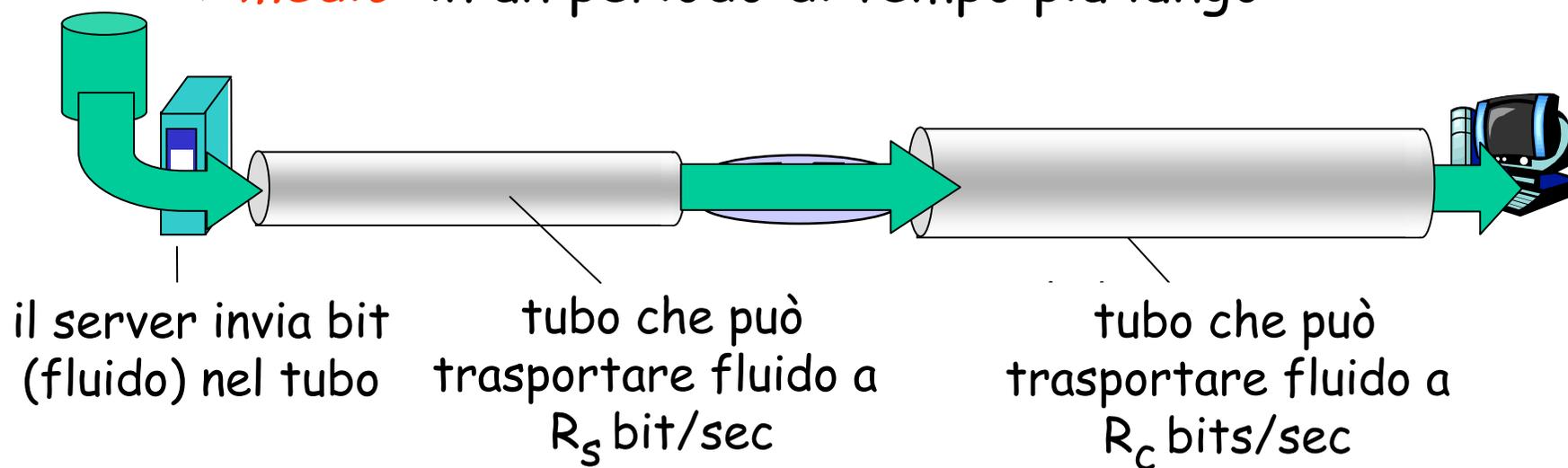
Perdita di pacchetti

- ❑ una coda (detta anche buffer) ha capacità finita
- ❑ quando il pacchetto trova la coda piena, viene scartato (e quindi va perso)
- ❑ il pacchetto perso può essere ritrasmesso dal nodo precedente, dal sistema terminale che lo ha generato, o non essere ritrasmesso affatto



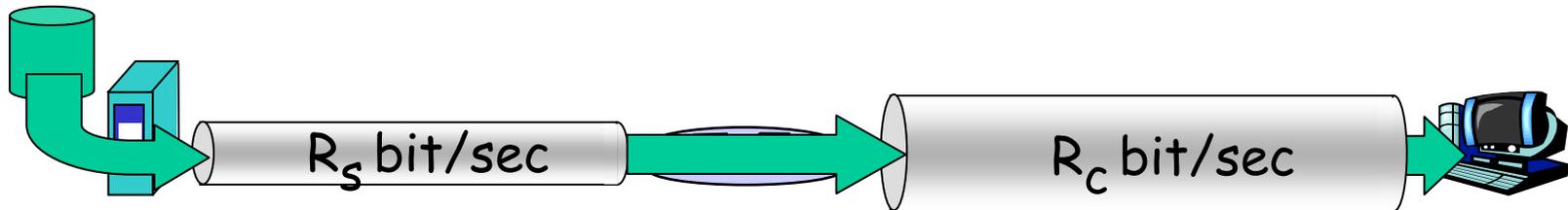
Throughput

- *throughput*: frequenza (bit/unità di tempo) alla quale i bit sono trasferiti tra mittente e ricevente
 - ❖ *istantaneo*: in un determinato istante
 - ❖ *medio*: in un periodo di tempo più lungo

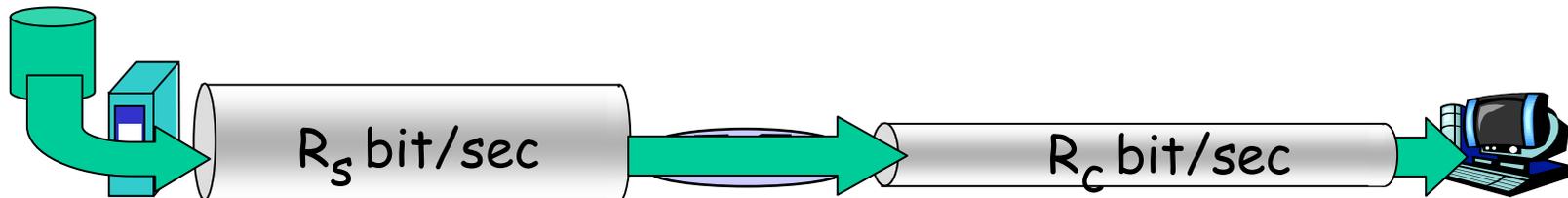


Throughput (segue)

- $R_s < R_c$ Qual è il throughput medio end to end?



- $R_s > R_c$ Qual è il throughput medio end to end?

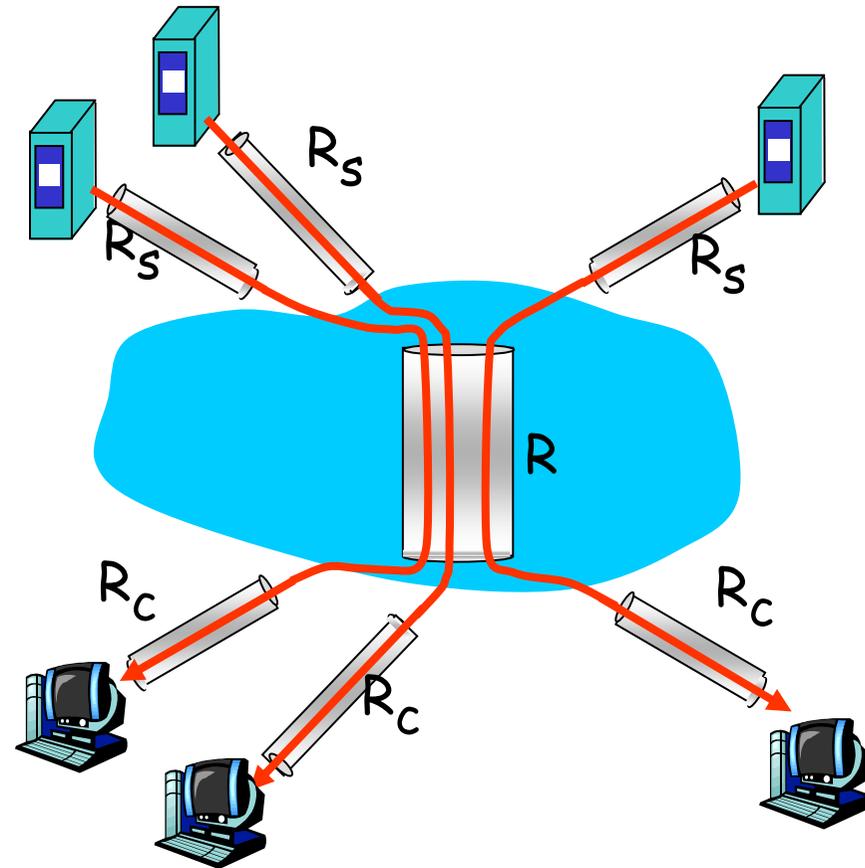


Collo di bottiglia

Collegamento su un percorso punto-punto che vincola un throughput end to end

Throughput: scenario Internet

- throughput end to end per ciascuna connessione:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- in pratica: R_c o R_s è spesso nel collo di bottiglia



10 collegamenti (equamente) condivisi
collegamento collo di bottiglia R bit/sec

Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Livelli di protocollo

Le reti sono complesse!

- molti "pezzi":
 - ❖ host
 - ❖ router
 - ❖ svariate tipologie di mezzi trasmissivi
 - ❖ applicazioni
 - ❖ protocolli
 - ❖ hardware, software

Domanda:

C'è qualche speranza di
organizzare
l'architettura delle reti?

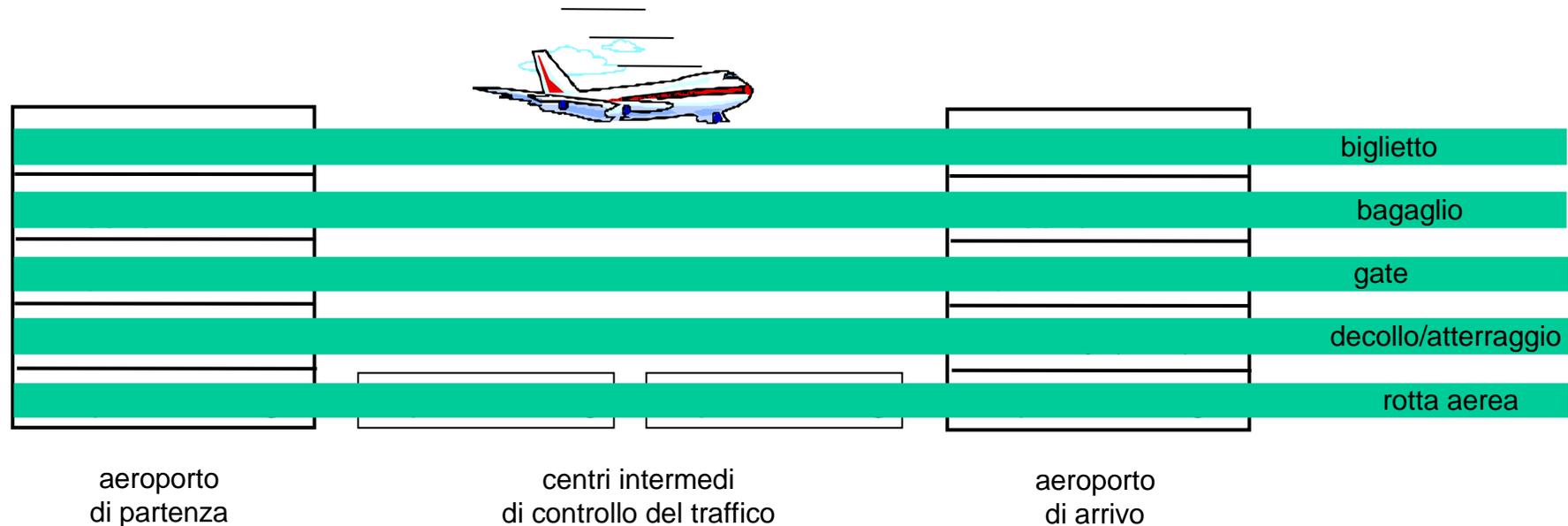
O almeno la nostra
trattazione sulle reti?

Organizzazione di un viaggio aereo



- una serie di passi successivi

Stratificazione delle funzionalità di una linea aerea



Livelli: ciascun livello realizza un servizio

- ❖ effettuando determinate azioni all'interno del livello stesso
- ❖ utilizzando i servizi del livello immediatamente inferiore

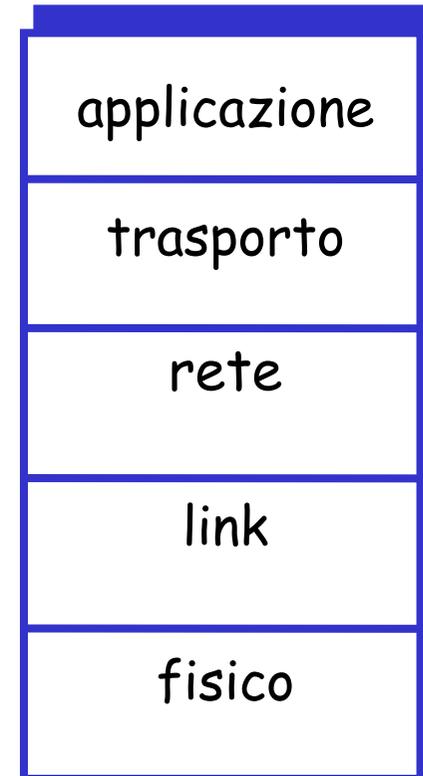
Perché la stratificazione?

Quando si ha a che fare con sistemi complessi:

- ❑ Una struttura "esplicita" consente l'identificazione dei vari componenti di un sistema complesso e delle loro inter-relazioni
 - ❖ analisi del **modello di riferimento a strati**
- ❑ La modularizzazione facilita la manutenzione e l'aggiornamento di un sistema
 - ❖ modifiche implementative al servizio di uno dei livelli risultano trasparenti al resto del sistema
 - ❖ es.: modifiche nelle procedure effettuate al gate non condizionano il resto del sistema
- ❑ Il modello a strati può essere considerato dannoso?

Pila di protocolli Internet

- ❑ **applicazione:** di supporto alle applicazioni di rete
 - ❖ FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **trasporto:** trasferimento dei messaggi a livello di applicazione tra il modulo client e server di un'applicazione
 - ❖ TCP, UDP
- ❑ **rete:** instradamento dei datagrammi dall'origine al destinatario
 - ❖ IP, protocolli di instradamento
- ❑ **link (collegamento):** instradamento dei datagrammi attraverso una serie di commutatori di pacchetto
 - ❖ PPP, Ethernet
- ❑ **fisico:** trasferimento dei singoli bit

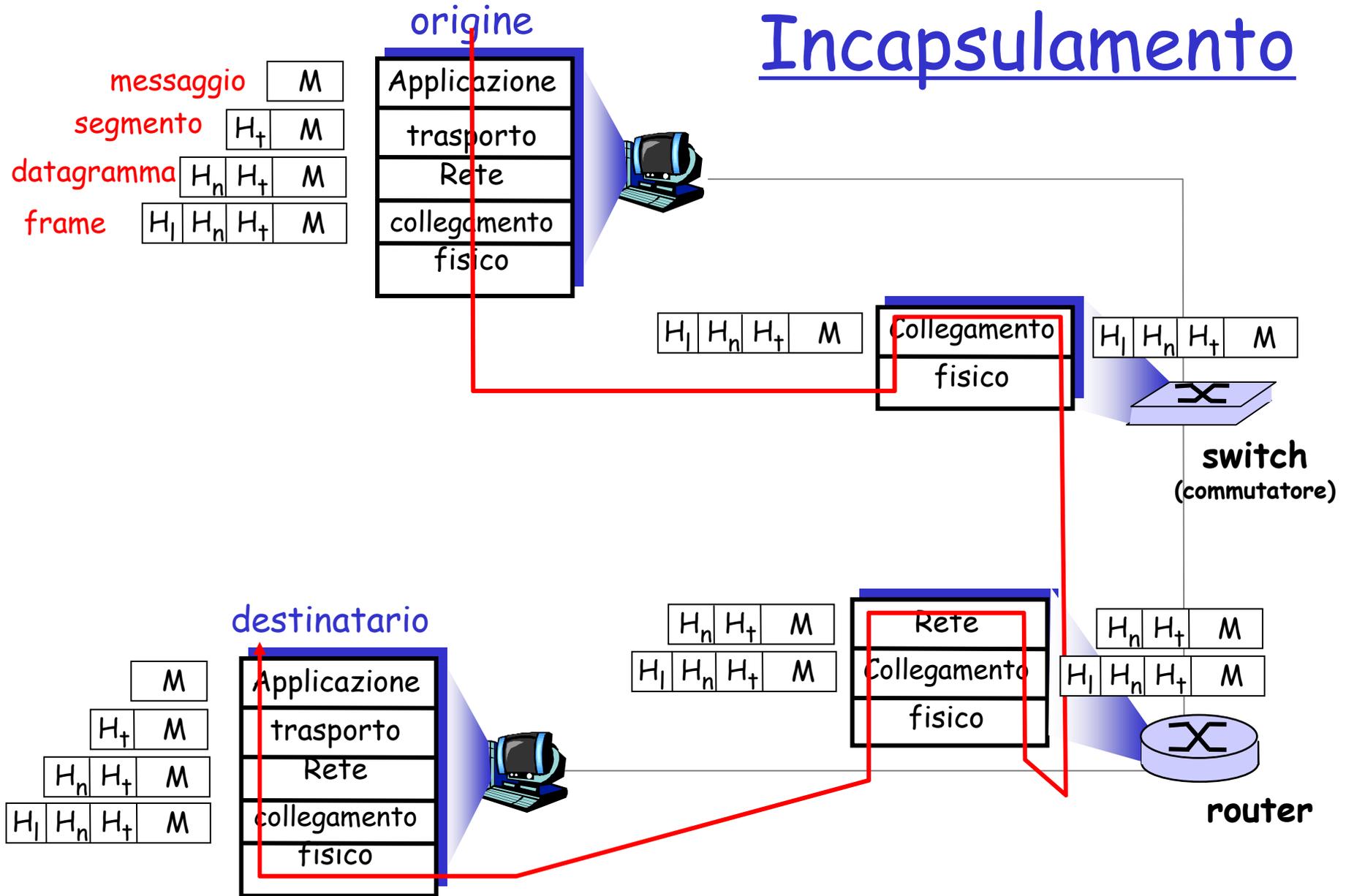


Modello di riferimento ISO/OSI

- ❑ **presentazione**: consente alle applicazioni di interpretare il significato dei dati (es. cifratura, compressione, convenzioni specifiche della macchina)
- ❑ **sessione**: sincronizzazione, controllo, recupero dei dati
- ❑ La pila Internet è priva di questi due livelli!
 - ❖ questi servizi, *se necessario*, possono essere implementati nelle applicazioni
 - ❖ sono necessari?



Incapsulamento



Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Sicurezza di rete

- ❑ Il campo della sicurezza di rete si occupa di:
 - ❖ malintenzionati che attaccano le reti di calcolatori
 - ❖ come difendere le reti dagli attacchi
 - ❖ come progettare architetture immuni da attacchi
- ❑ Internet non fu inizialmente progettato per la sicurezza
 - ❖ *Visione originaria:* "un gruppo di utenti che si fidavano l'uno dell'altro collegati a una rete trasparente" 😊
 - ❖ I progettisti del protocollo Internet stanno recuperando
 - ❖ Un occhio alla sicurezza in tutti i livelli

I malintenzionati installano malware negli host attraverso Internet

- ❑ Il malware può raggiungere gli host attraverso **virus, worm, o cavalli di Troia**.
- ❑ **Malware di spionaggio** può registrare quanto viene digitato, i siti visitati e informazioni di upload.
- ❑ Gli host infettati possono essere "arruolati" in **botnet**, e usati per lo spamming e per gli attacchi di DDoS.
- ❑ Il malware è spesso **auto-replicante**: da un host infettato può passare ad altri host

I malintenzionati installano malware negli host attraverso Internet

□ Cavalli di Troia

- ❖ Parte nascosta di un software utile
- ❖ Oggi si trova spesso su alcune pagine web (Active-X, plugin)...

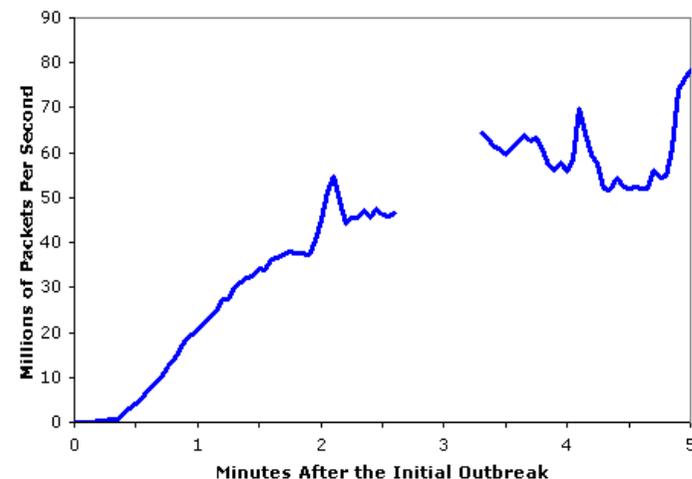
□ Virus

- ❖ L'infezione proviene da un oggetto ricevuto (attachment di e-mail), e mandato in esecuzione
- ❖ Auto-replicante: si propaga da solo ad altri host e utenti

□ Worm:

- ❖ L'infezione proviene da un oggetto passivamente ricevuto che si auto-esegue
- ❖ Auto-replicante: si propaga da solo ad altri host e utenti

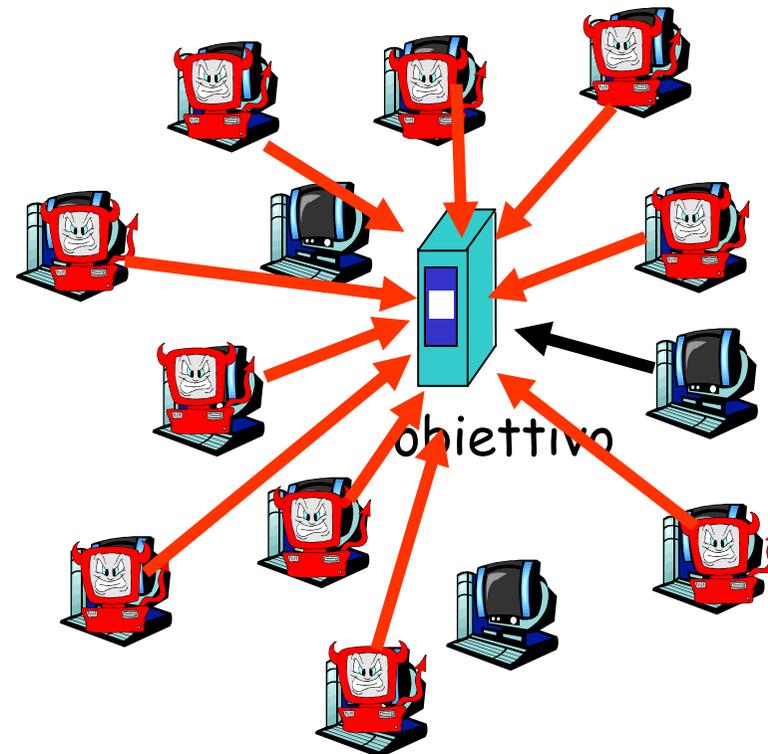
Worm Sapphire : scans/sec aggregati nei primi 5 minuti di diffusione (CAIDA, UWisc data)



I malintenzionati attaccano server e infrastrutture di rete

- Negazione di servizio (DoS): gli attaccanti fanno sì che le risorse (server, ampiezza di banda) non siano più disponibili al traffico legittimo sovraccaricandole di traffico artefatto

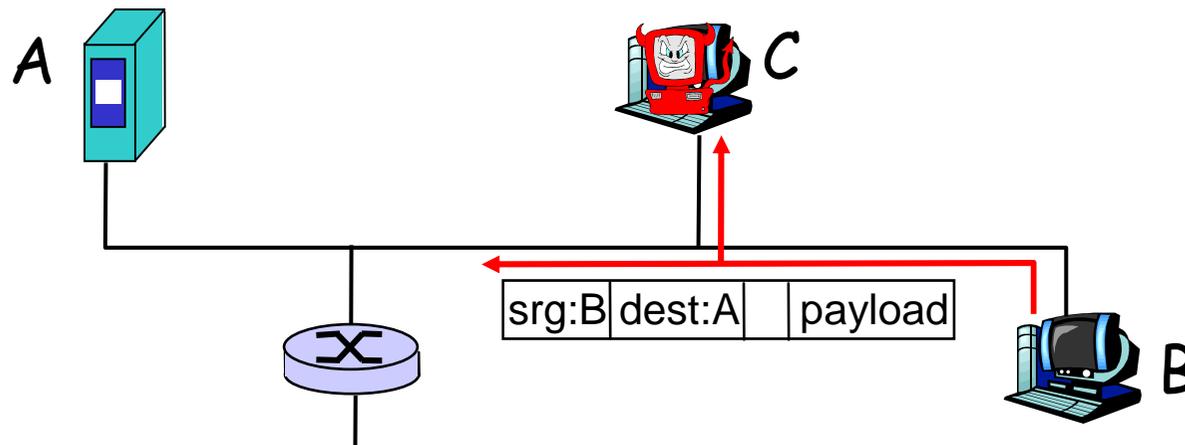
1. Selezione dell'obiettivo
1. Irruzione negli host attraverso la rete
1. Invio di pacchetti verso un obiettivo da parte degli host compromessi



I malintenzionati analizzano i pacchetti

Analisi dei pacchetti (*packet sniffing*):

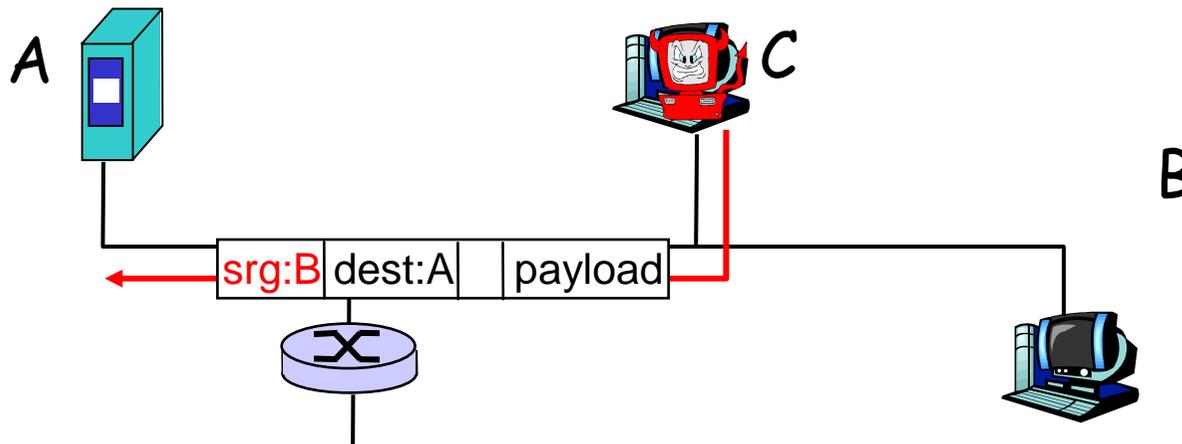
- ❖ media broadcast (Ethernet condivisa, wireless)
- ❖ un'interfaccia di rete legge/registra tutti i pacchetti (password comprese!) che l'attraversano



- ❖ Il software usato per il Laboratorio alla fine di questo capitolo è un packet-sniffer (gratis!)

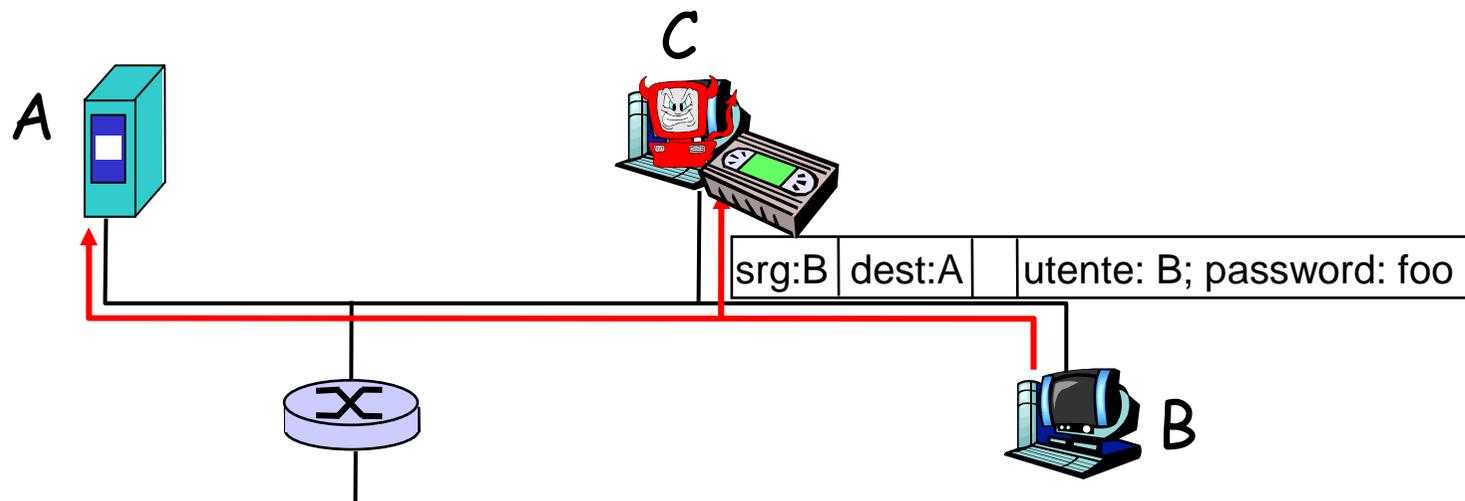
I malintenzionati usano indirizzi sorgente falsi

- ❑ *IP spoofing*: invio di pacchetti con un indirizzo sorgente falso



I malintenzionati registrano e riproducono

- ❑ *record-and-playback*: "sniffano" dati sensibili (password, ad esempio), per poi utilizzarli in un secondo tempo



Sicurezza di rete

- ❑ Maggiore approfondimento nel seguito di questo libro
- ❑ Capitolo 8: interamente dedicato alla sicurezza
- ❑ Tecniche crittografiche: utilizzi ovvî e utilizzi non cosî ovvî

Capitolo 1: roadmap

1.1 Cos'è Internet?

1.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, reti di accesso, collegamenti

1.3 Il nucleo della rete

- commutazione di circuito e di pacchetto, struttura della rete

1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto

1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

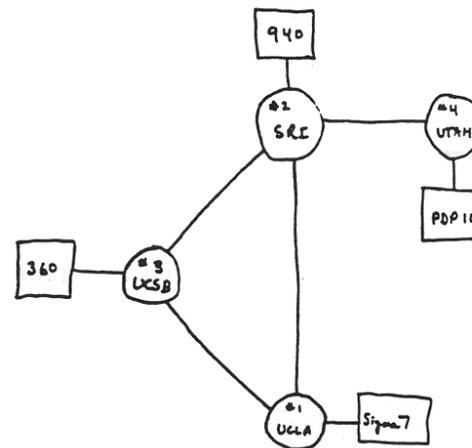
1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Storia di Internet

1961-1972: sviluppo della commutazione di pacchetto

- ❑ **1961:** Kleinrock - la teoria delle code dimostra l'efficacia dell'approccio a commutazione di pacchetto
- ❑ **1964:** Baran - uso della commutazione di pacchetto nelle reti militari
- ❑ **1967:** il progetto ARPAnet viene concepito dall'Advanced Research Projects Agency
- ❑ **1969:** primo nodo operativo ARPAnet
- ❑ **1972:**
 - ❖ dimostrazione pubblica di ARPAnet
 - ❖ NCP (Network Control Protocol), primo protocollo tra nodi
 - ❖ Primo programma di posta elettronica
 - ❖ ARPAnet ha 15 nodi



THE ARPA NETWORK

Storia di Internet

1972-1980: Internetworking e reti proprietarie

- ❑ 1970: rete satellitare ALOHAnet che collega le università delle Hawaii
- ❑ 1974: Cerf e Kahn - architettura per l'interconnessione delle reti
- ❑ 1976: Ethernet allo Xerox PARC
- ❑ Fine anni '70: architetture proprietarie: DECnet, SNA, XNA
- ❑ Fine anni '70: commutazione di pacchetti: ATM ante-litteram
- ❑ 1979: ARPAnet ha 200 nodi

Le linee guida di Cerf e Kahn sull'internetworking:

- ❖ minimalismo, autonomia - per collegare le varie reti non occorrono cambiamenti interni
 - ❖ modello di servizio best effort
 - ❖ router stateless
 - ❖ controllo decentralizzato
- definiscono l'attuale architettura di Internet*

Storia di Internet

1980-1990: nuovi protocolli, proliferazione delle reti

- ❑ 1983: rilascio di TCP/IP
- ❑ 1982: definizione del protocollo smtp per la posta elettronica
- ❑ 1983: definizione del DNS per la traduzione degli indirizzi IP
- ❑ 1985: definizione del protocollo ftp
- ❑ 1988: controllo della congestione TCP
- ❑ nuove reti nazionali: Cernet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100.000 host collegati

Storia di Internet

1990-2000: commercializzazione, Web, nuove applicazioni

- Primi anni '90: ARPAnet viene dismessa
 - 1991: NSF lascia decadere le restrizioni sull'uso commerciale di NSFnet
 - Primi anni '90: il Web
 - ❖ ipertestualità [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - ❖ HTML, HTTP: Berners-Lee
 - ❖ 1994: Mosaic, poi Netscape
 - Fine '90 : commercializzazione del Web
- Fine anni '90 - 2007:
 - arrivano le "killer applications": messaggistica istantanea, condivisione di file P2P
 - sicurezza di rete
 - 50 milioni di host, oltre 100 milioni di utenti
 - velocità nelle dorsali dell'ordine di Gbps

Storia di Internet

2008:

- ❑ ~ 500 milioni di host
- ❑ Voice, Video over IP
- ❑ Applicazioni P2P: BitTorrent (condivisione di file) Skype (VoIP), PPLive (video)...
- ❑ Più applicazioni: YouTube, gaming
- ❑ wireless, mobilità

Riassunto

Abbiamo visto un sacco di argomenti!

- ❑ Panoramica di Internet
- ❑ Cos'è un protocollo?
- ❑ Ai confini e nel cuore delle reti
 - ❖ Commutazione di pacchetto e commutazione di circuito
 - ❖ Struttura di Internet
- ❑ Prestazioni: perdite, ritardo, throughput
- ❑ Stratificazioni e modelli di servizio
- ❑ Sicurezza
- ❑ Cenni storici

Adesso siete in grado di:

- ❑ contestualizzare, fornire una panoramica sulle reti, avere un'idea precisa di che cosa si intende per "networking"
- ❑ maggiori approfondimenti e dettagli *nei prossimi capitoli!*