

*Reti di calcolatori e Internet:
Un approccio top-down*

7^a edizione
Jim Kurose, Keith Ross

Pearson Paravia Bruno Mondadori Spa

Capitolo 1: Introduzione

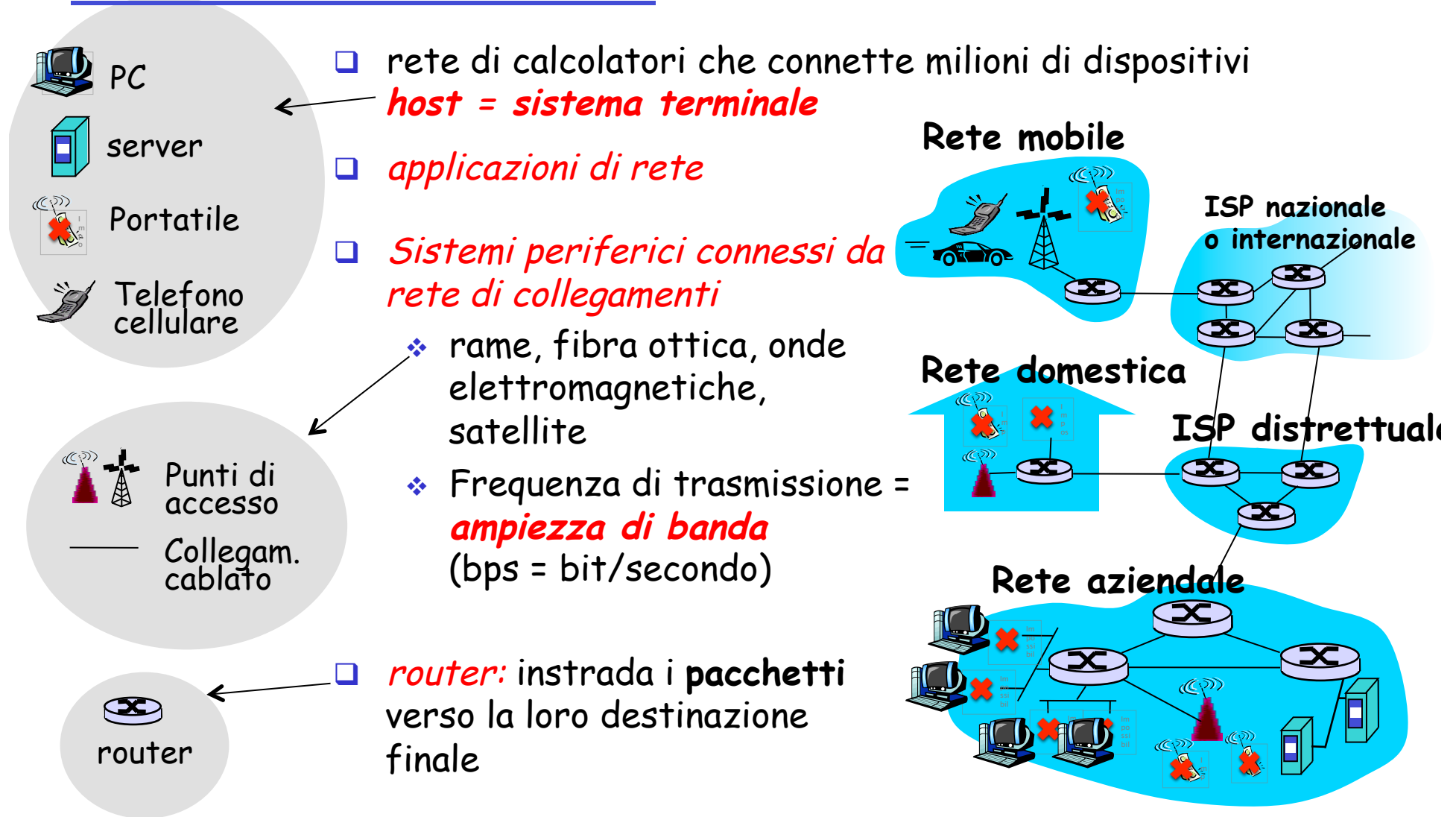
Obiettivi:

- ❑ introdurre la terminologia e i concetti di base
- ❑ gli approfondimenti arriveranno nei capitoli successivi

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

Che cos'è Internet?



Che cos'è Internet

❑ *Internet: "rete delle reti"*

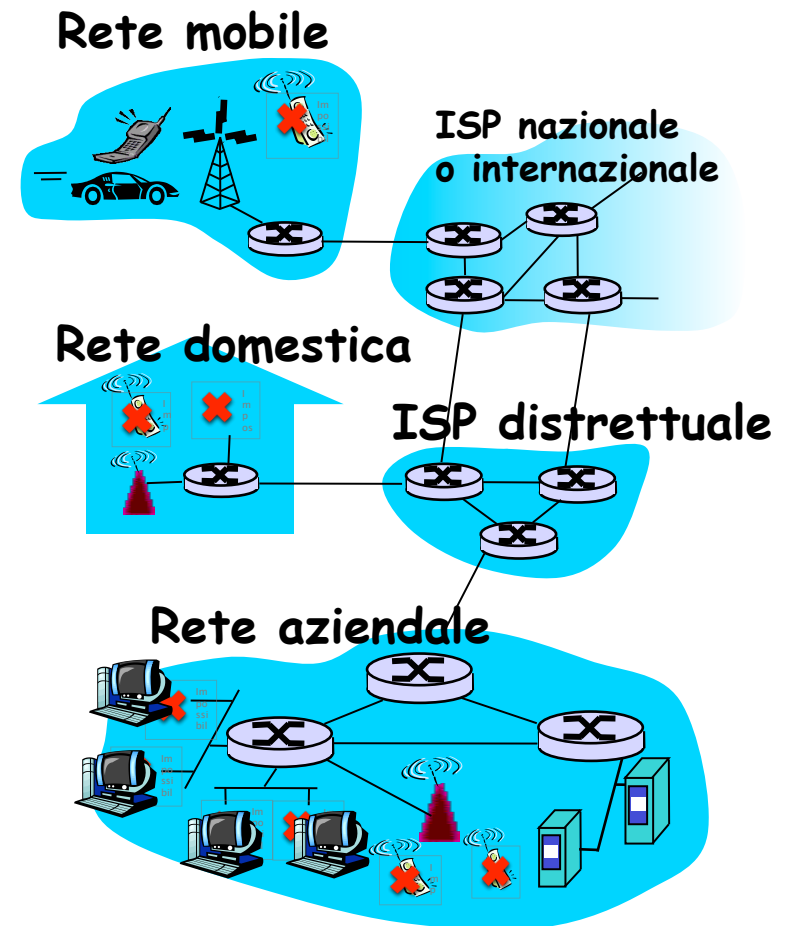
- ❖ struttura gerarchica
- ❖ Internet pubblica e intranet private

❑ Un *protocollo* definisce il formato e l'ordine dei messaggi scambiati fra due o più entità in comunicazione

- ❖ es.: TCP, IP, HTTP, Ethernet

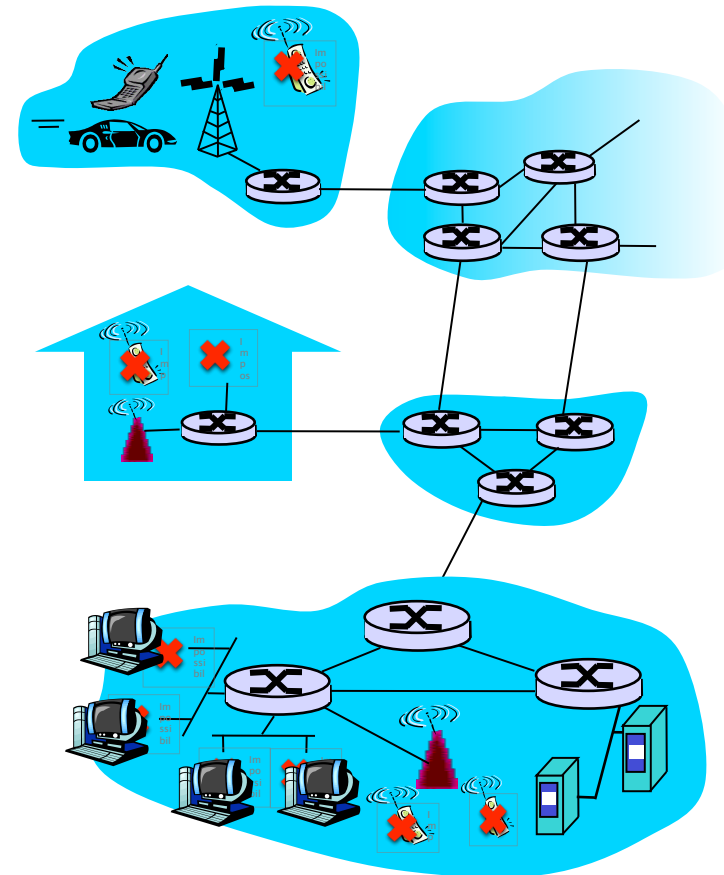
❑ **Standard Internet**

- ❖ 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
 - ❖ Eseguite sui sistemi terminali e non sui router del nucleo della rete
- ❑ **API** nei sistemi periferici per l'accesso ai servizi per recapitare dati
- ❑ **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*

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

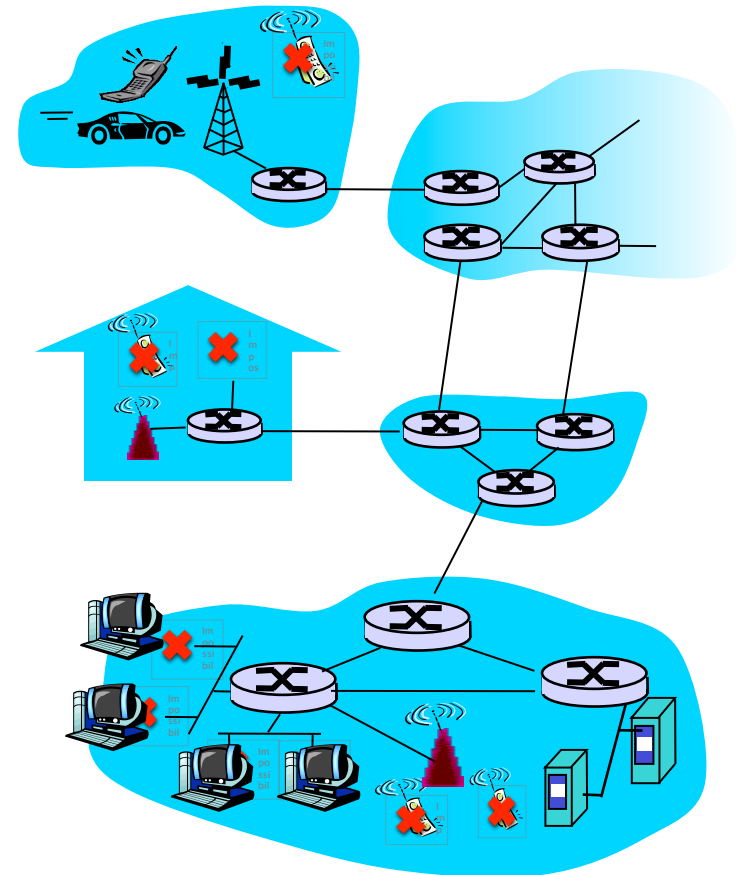
1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

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):

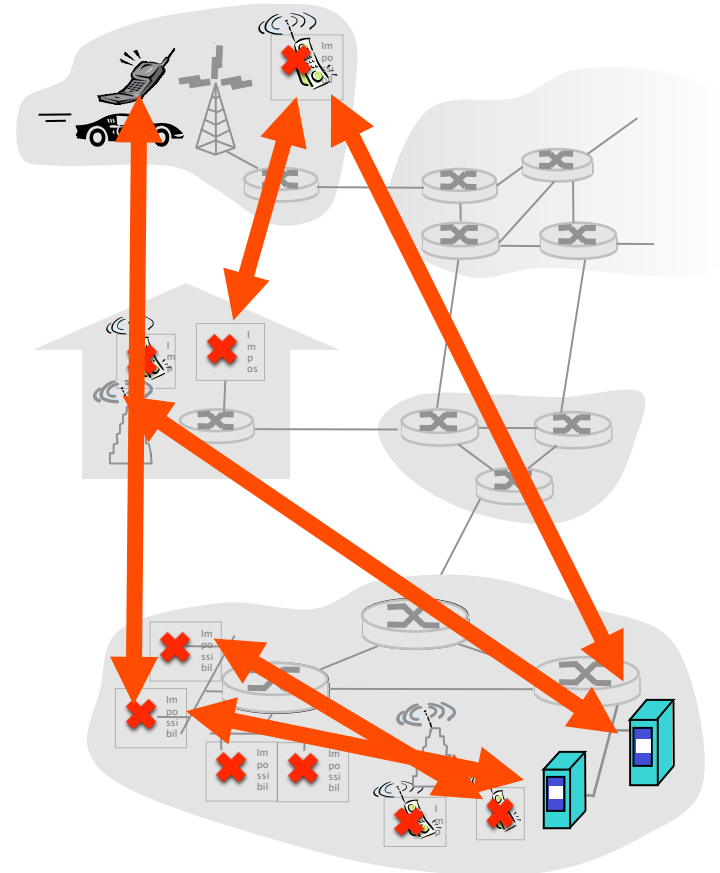
- ❖ fanno girare programmi applicativi
- ❖ es.: Web, e-mail
- ❖ situati all'estremità di Internet

❑ 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

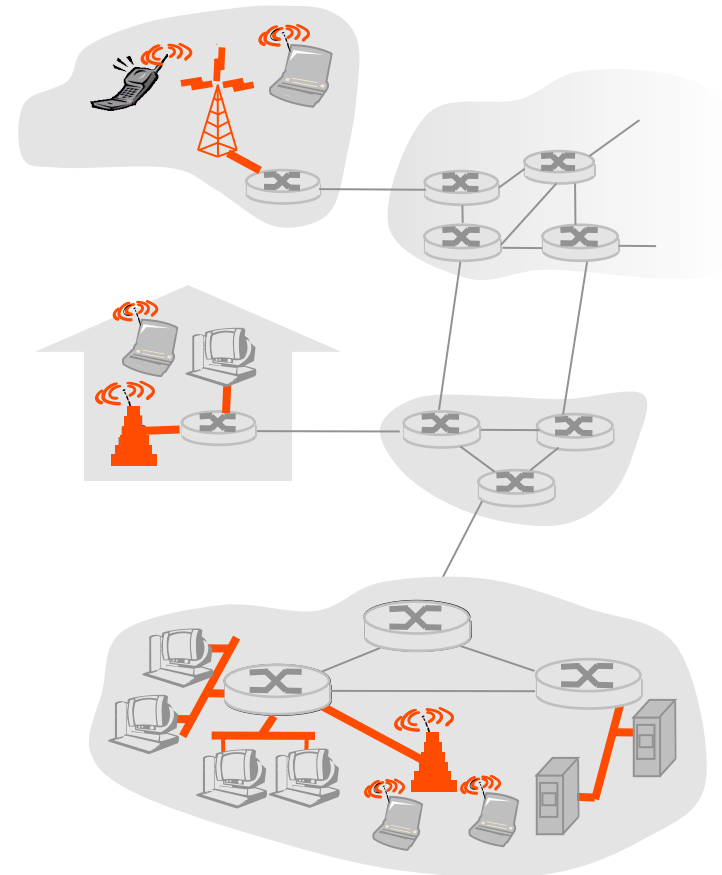
- ❖ uso limitato (o inesistente) di server dedicati
- ❖ es.: Skype, Bit Torrent



Reti d'accesso e mezzi fisici

D: Come collegare sistemi terminali e router esterni?

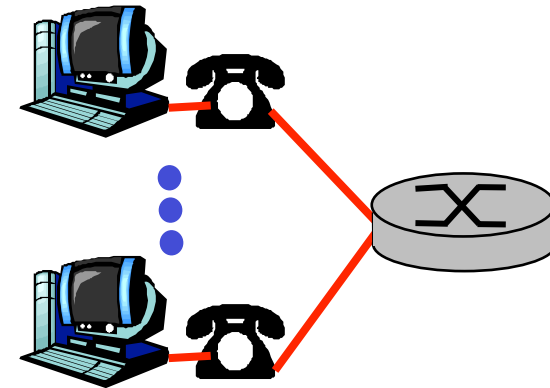
- ❑ reti di accesso residenziale
- ❑ reti di accesso aziendale (università, istituzioni, aziende)...
- ❑ reti di accesso mobile



Accesso residenziale: punto-punto

❑ Modem dial-up

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

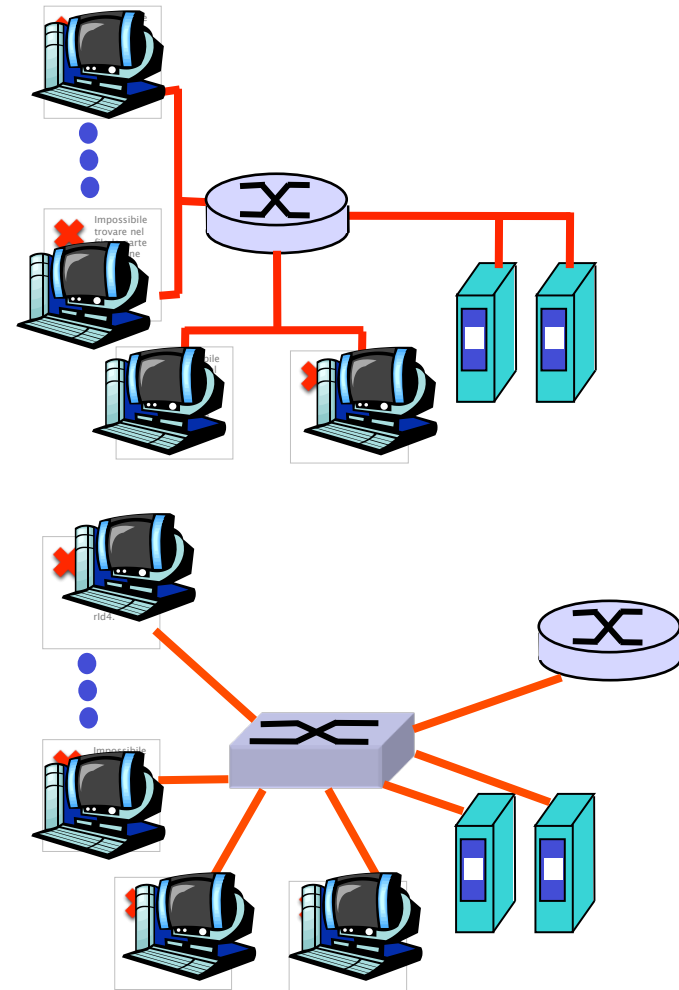


❑ DSL: digital subscriber line

- ❖ installazione: in genere da una società telefonica
- ❖ fino a 2,5 Mbps in upstream
- ❖ fino a 24 Mbps in downstream
- ❖ linea telefonica dedicata

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

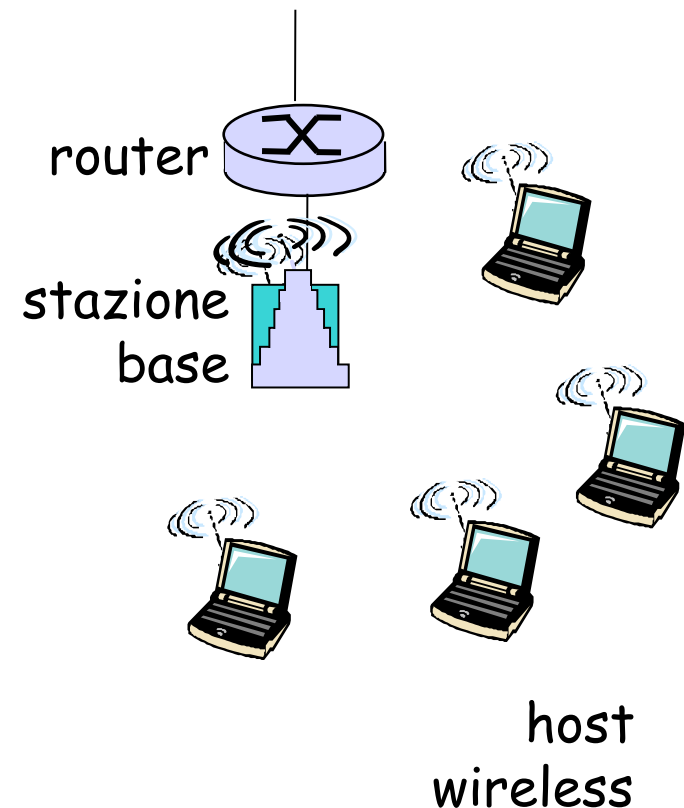
- ❖ attraverso la stazione base, detta anche "access point"

- LAN wireless:

- ❖ 802.11b/g (WiFi): 11 o 54Mbps
- ❖ distanza di pochi metri

- rete d'accesso wireless geografica

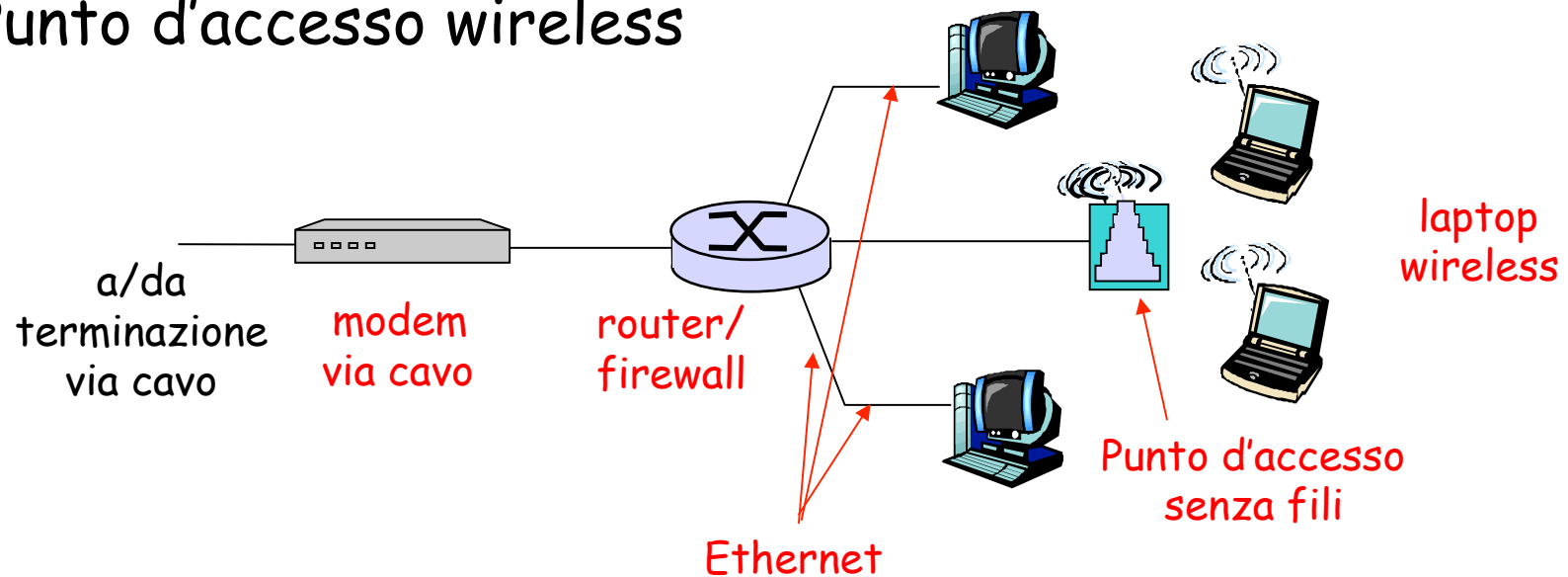
- ❖ gestita da un provider di telecomunicazioni
- ❖ distanza di decine di Km
- ❖ ~ 1 Mbps per i sistemi cellulari (3G)
- ❖ WiMax (802.16) per aree più grandi => 5-10 Mbps



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 vincolati:**
 - ❖ i segnali si propagano in un mezzo fisico: fibra ottica, filo di rame o cavo coassiale
- ❑ **Mezzi non vincolati (a onda libera):**
 - ❖ i segnali si propagano nell'atmosfera e nello spazio esterno

Doppino intrecciato (TP)

- ❑ due fili di rame distinti
 - ❖ tradizionale cavo telefonico, 10 Mbps Ethernet
 - ❖ Velocità fino a 10 Gbps



Mezzi trasmissivi: cavo coassiale e fibra ottica

Cavo coassiale:

- ❑ due conduttori in rame concentrici
- ❑ Bidirezionale
- ❑ Comune nei sistemi televisivi
- ❑ Velocità fino a 10 Mbps



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
- ❑ Alto costo



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:

- ❑ **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

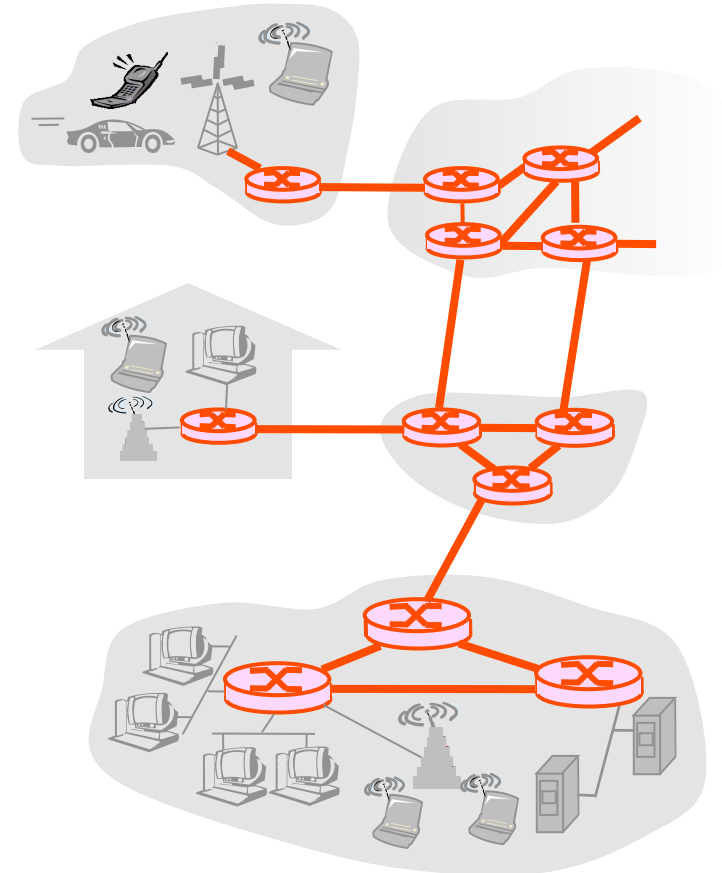
1.5 Livelli di protocollo e loro modelli di servizio

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 pacchetto:** i messaggi di una sessione utilizzano le risorse su richiesta, e di conseguenza potrebbero dover attendere per accedere a un collegamento
 - ❖ **commutazione di circuito:** circuito dedicato per l'intera durata della sessione (rete telefonica)



Il nucleo della rete: commutazione di pacchetto

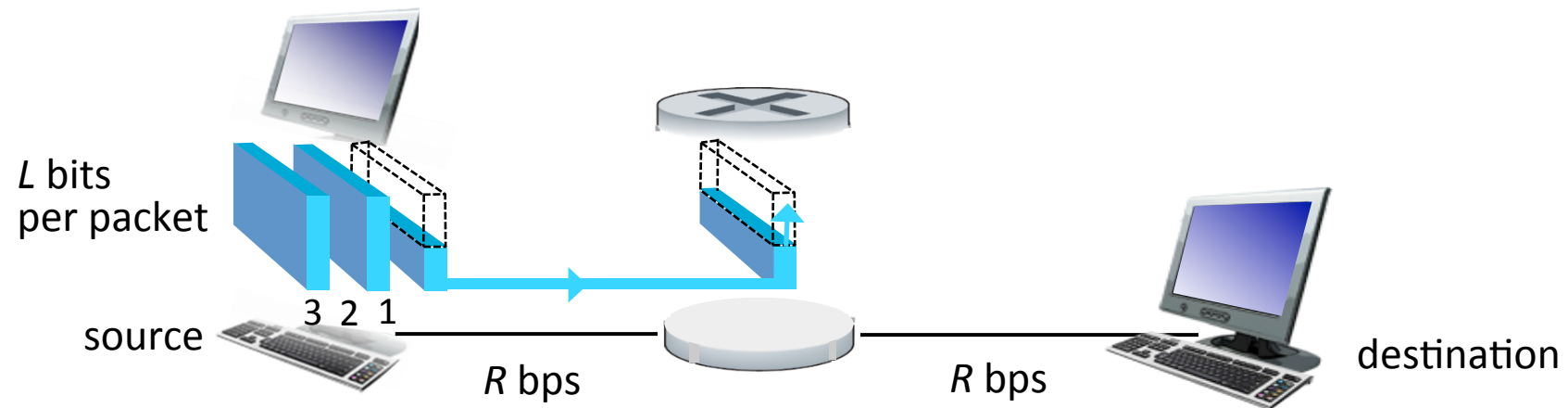
Il flusso di dati punto-punto viene suddiviso in *pacchetti*

- ❑ 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

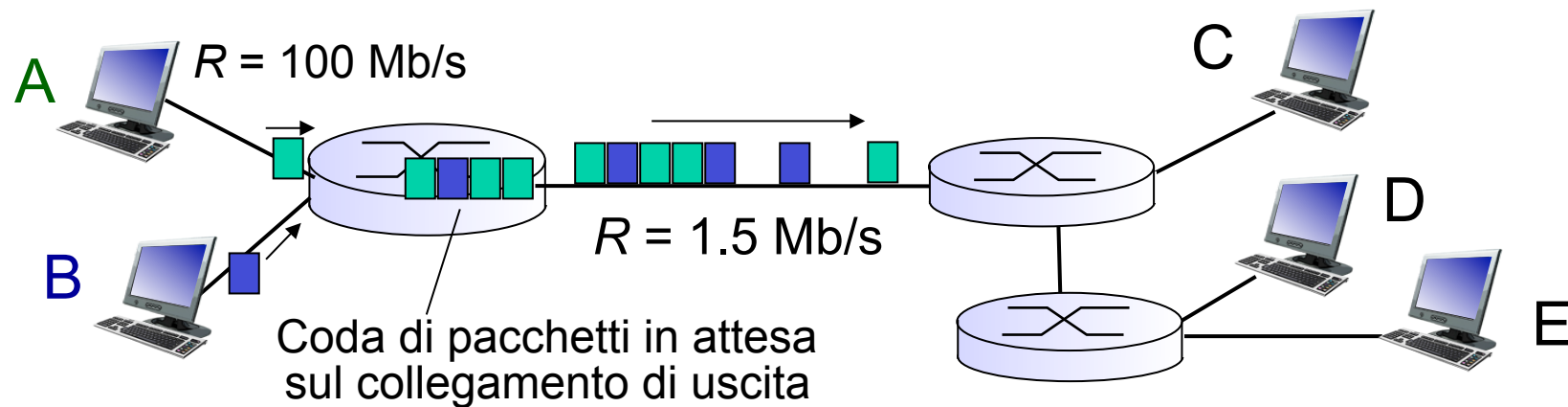
- ❑ La richiesta di risorse può eccedere il quantitativo disponibile
- ❑ **congestione**: accodamento dei pacchetti, attesa per l'utilizzo del collegamento
- ❑ **store and forward**: il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter cominciare a trasmettere sul collegamento in uscita

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
- ❑ Analisi dei ritardi (supponendo che il ritardo di propagazione sia zero)
 - ❖ Tempo necessario a ricevere 1 pacchetto = $2L/R$
 - ❖ Tempo necessario a ricevere 3 pacchetti = $4L/R$

Commutazione di pacchetto



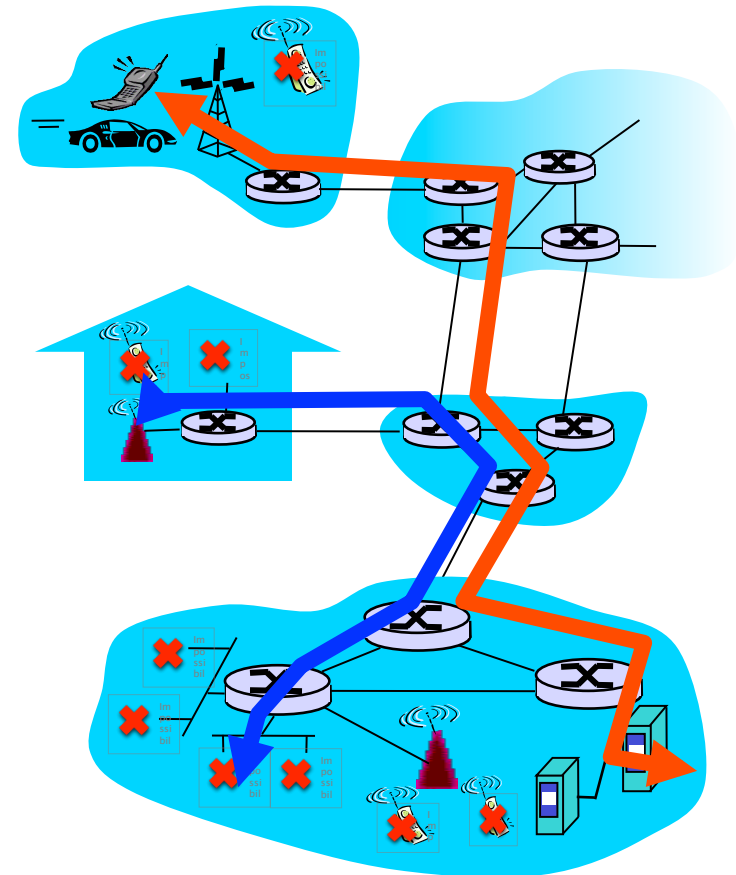
Accodamento e perdita di pacchetto:

- ❖ La frequenza di arrivo dei bit supera il transmission rate del link in uscita per un certo periodo di tempo:
 - I pacchetti vengono accodati e attendono di essere trasmessi sul link
 - I pacchetti possono essere eliminati se la memoria dei buffer si esaurisce

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 garantite
- ❑ necessaria l'impostazione della chiamata
- ❑ Utilizzata nelle reti telefoniche



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*)

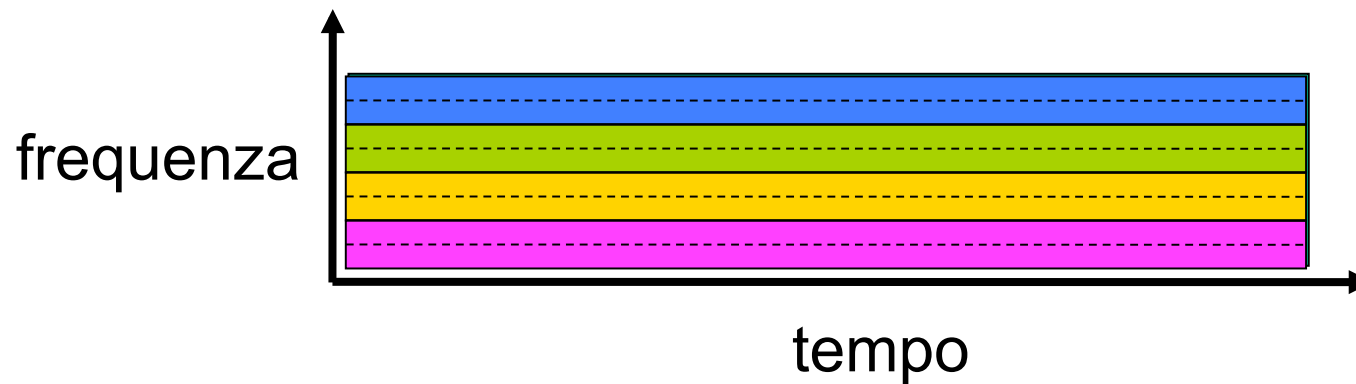
- ❑ suddivisione della banda in "pezzi"
 - ❖ divisione di frequenza
 - ❖ divisione di tempo

Commutazione di circuito: FDM e TDM

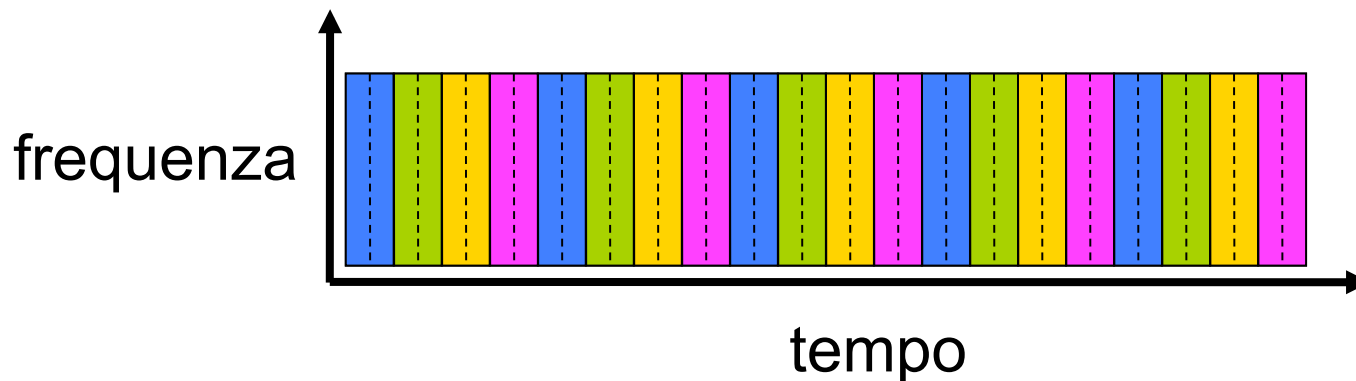
FDM

Esempio:

4 utenti



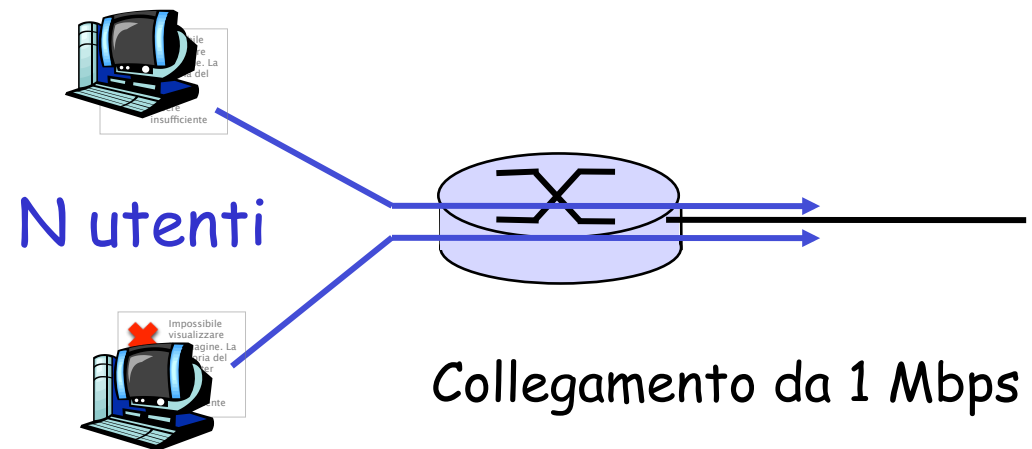
TDM



Confronto tra commutazione di pacchetto e commutazione di circuito

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

- ❑ Esempio:
- ❑ 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



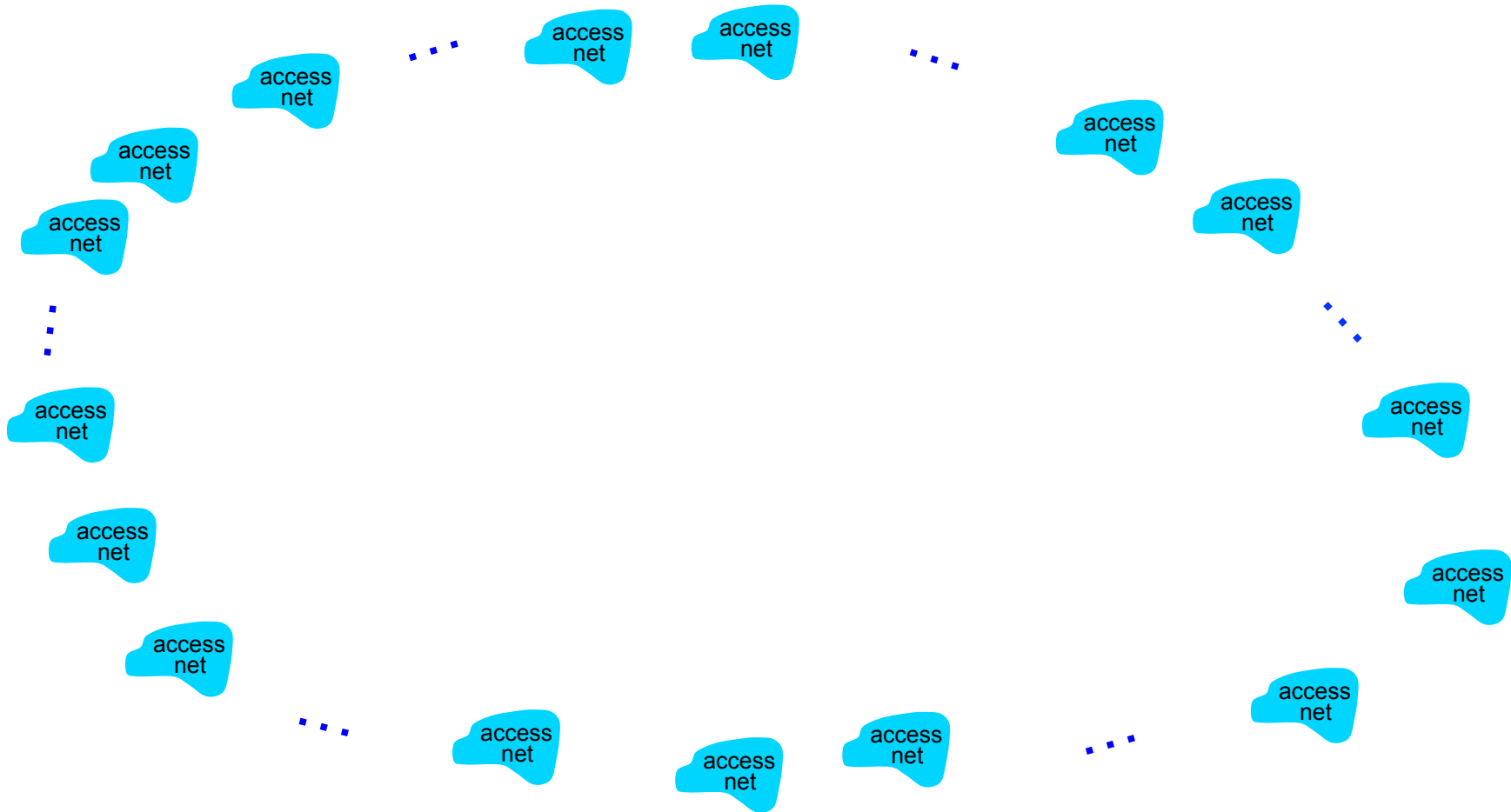
Confronto tra commutazione di pacchetto e commutazione di circuito

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

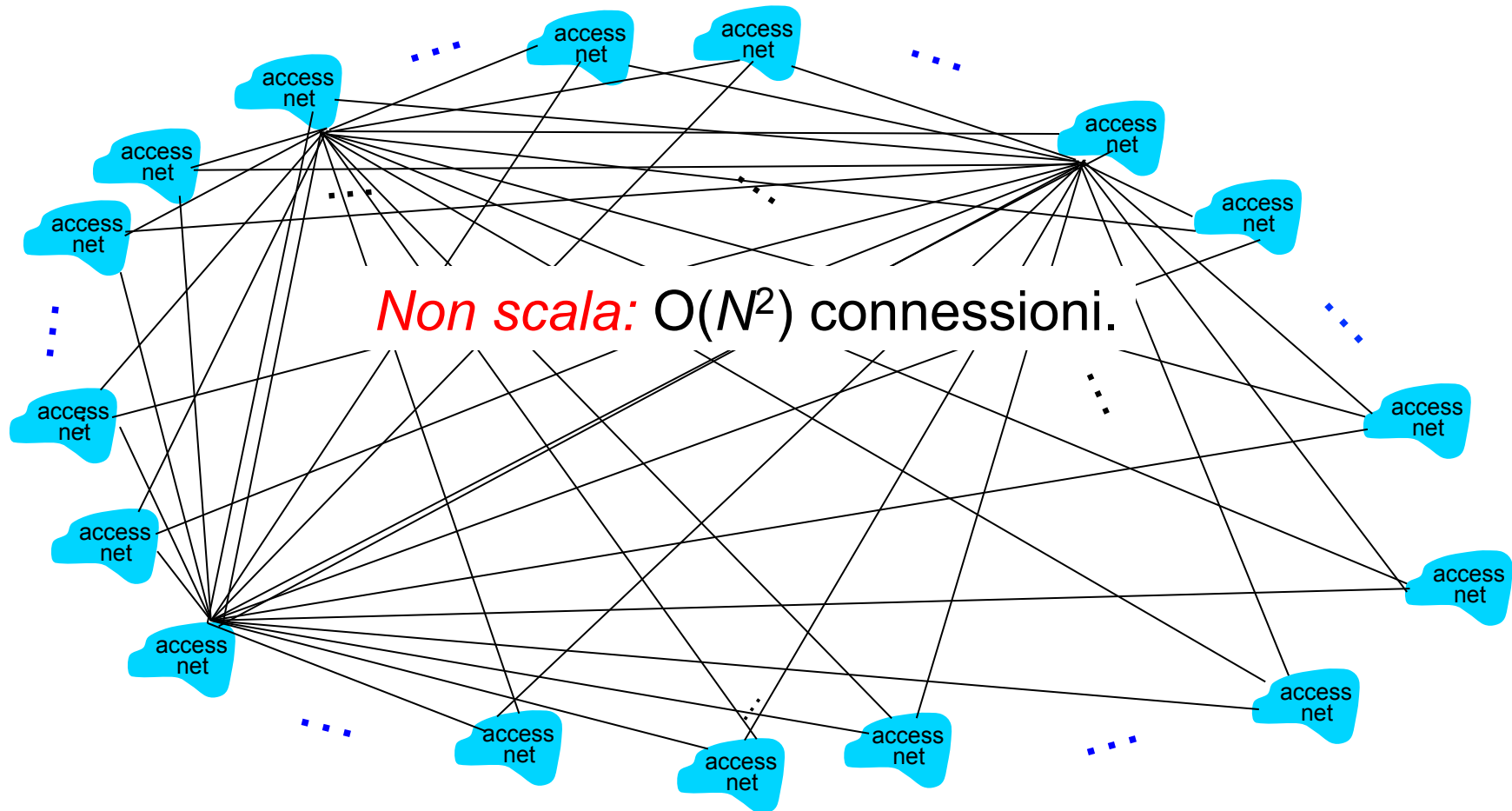
Struttura di internet: una rete di reti

Domanda: dati *millioni* di reti di accesso, come connetterle insieme?



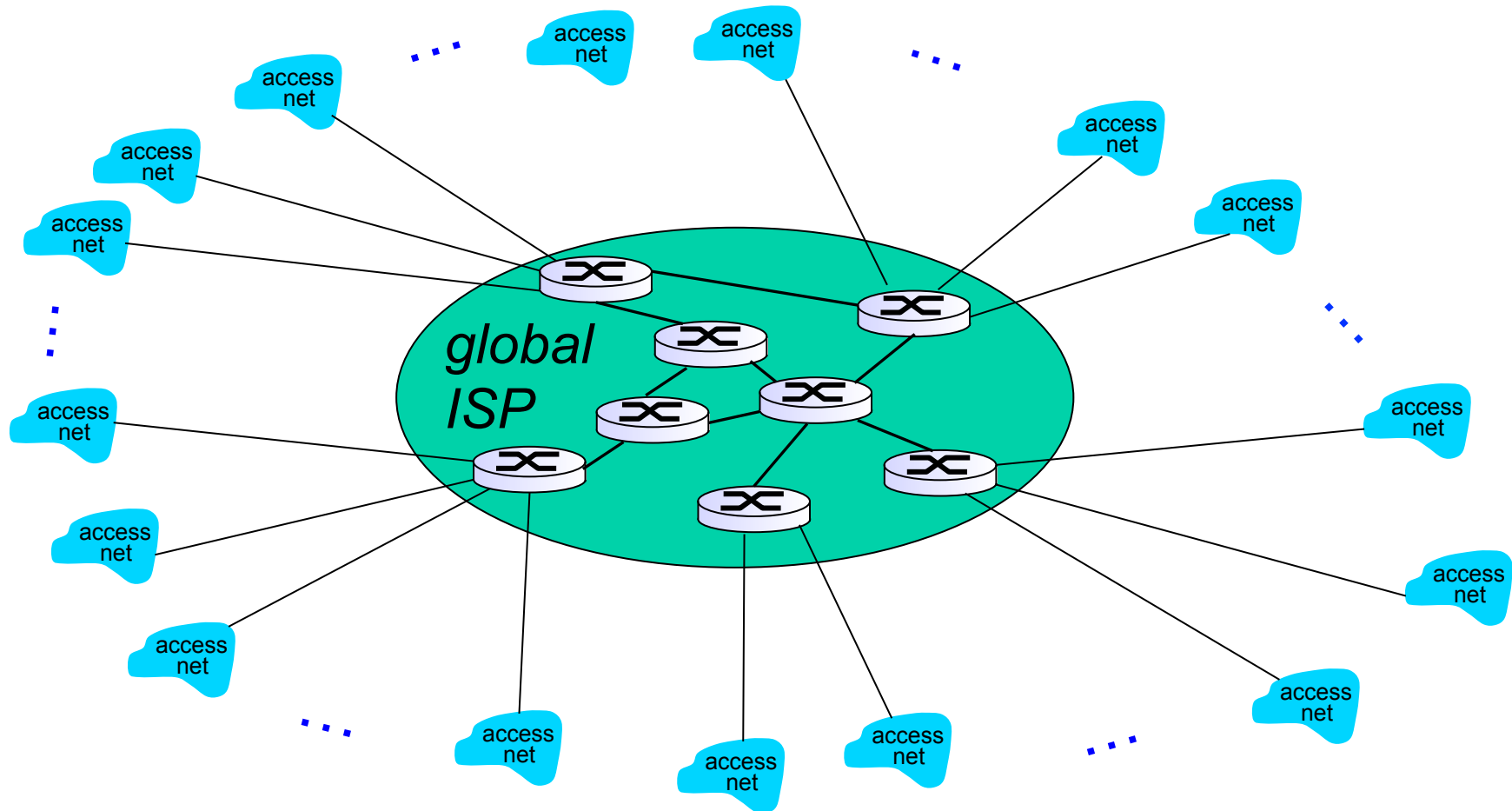
Struttura di internet: una rete di reti

Opzione: connettere ogni ISP con ogni altro ISP?



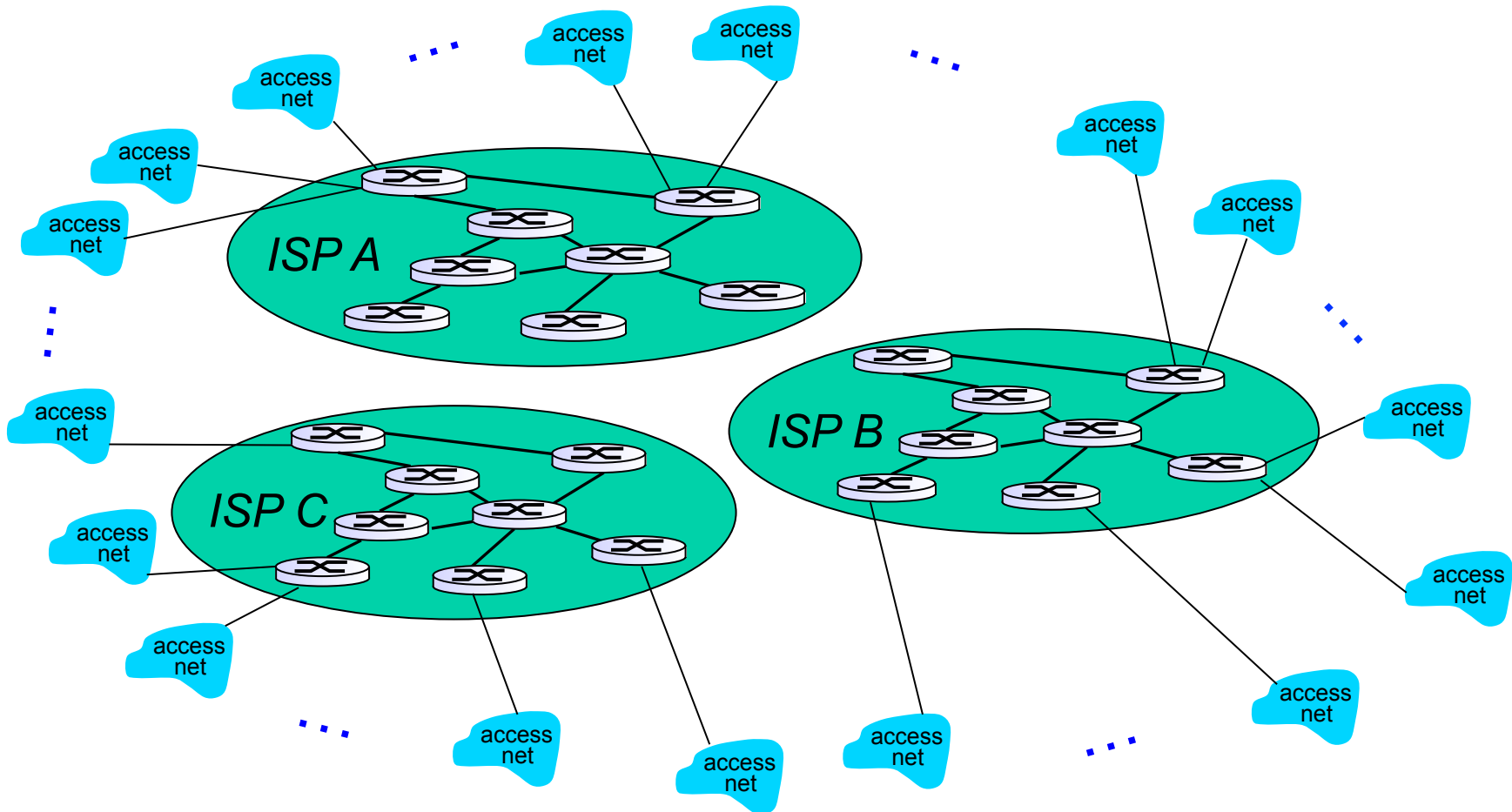
Struttura di internet: una rete di reti

Opzione: connettere ogni ISP di accesso con un ISP globale? *Clienti e provider* devono avere un accordo economico



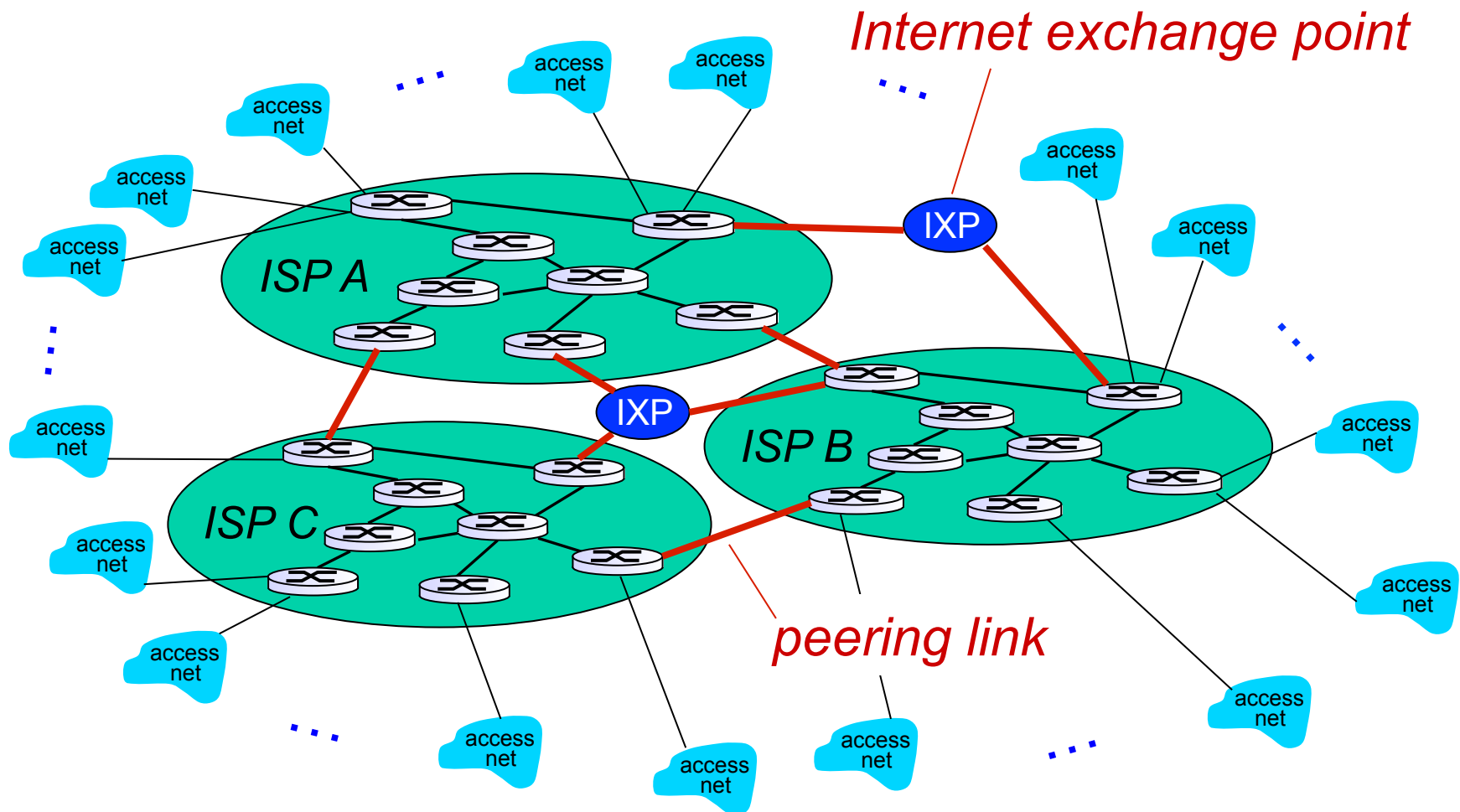
Struttura di internet: una rete di reti

Un unico ISP non è realistico: se è conveniente economicamente, nascono subito degli ISP concorrenti



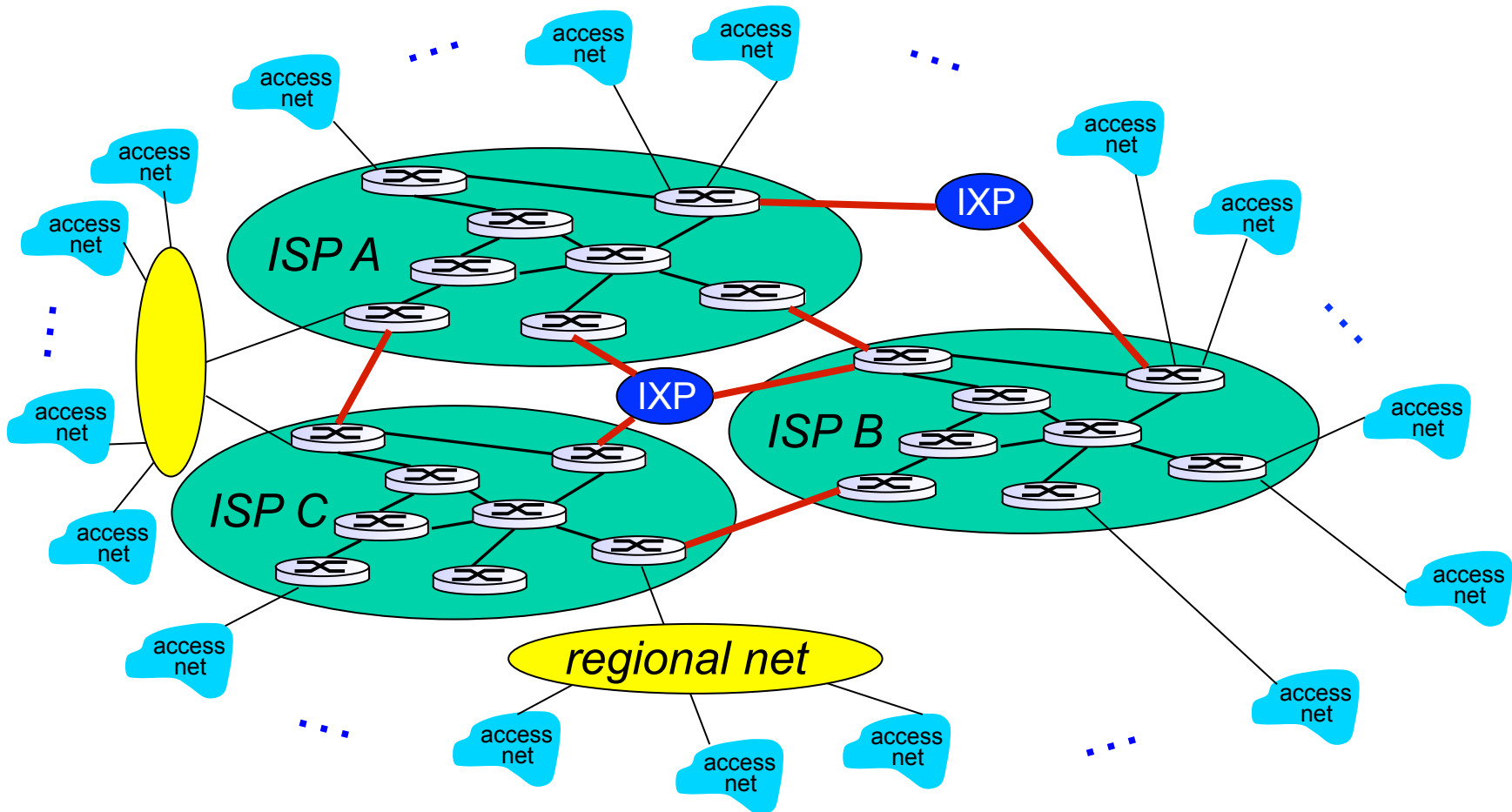
Struttura di internet: una rete di reti

Ma gli ISP concorrenti ... devono essere interconnessi



Struttura di internet: una rete di reti

Gli ISP globali non sono presenti in tutte le città del mondo
=> ISP regionali connettono le reti di accesso agli ISP globali



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

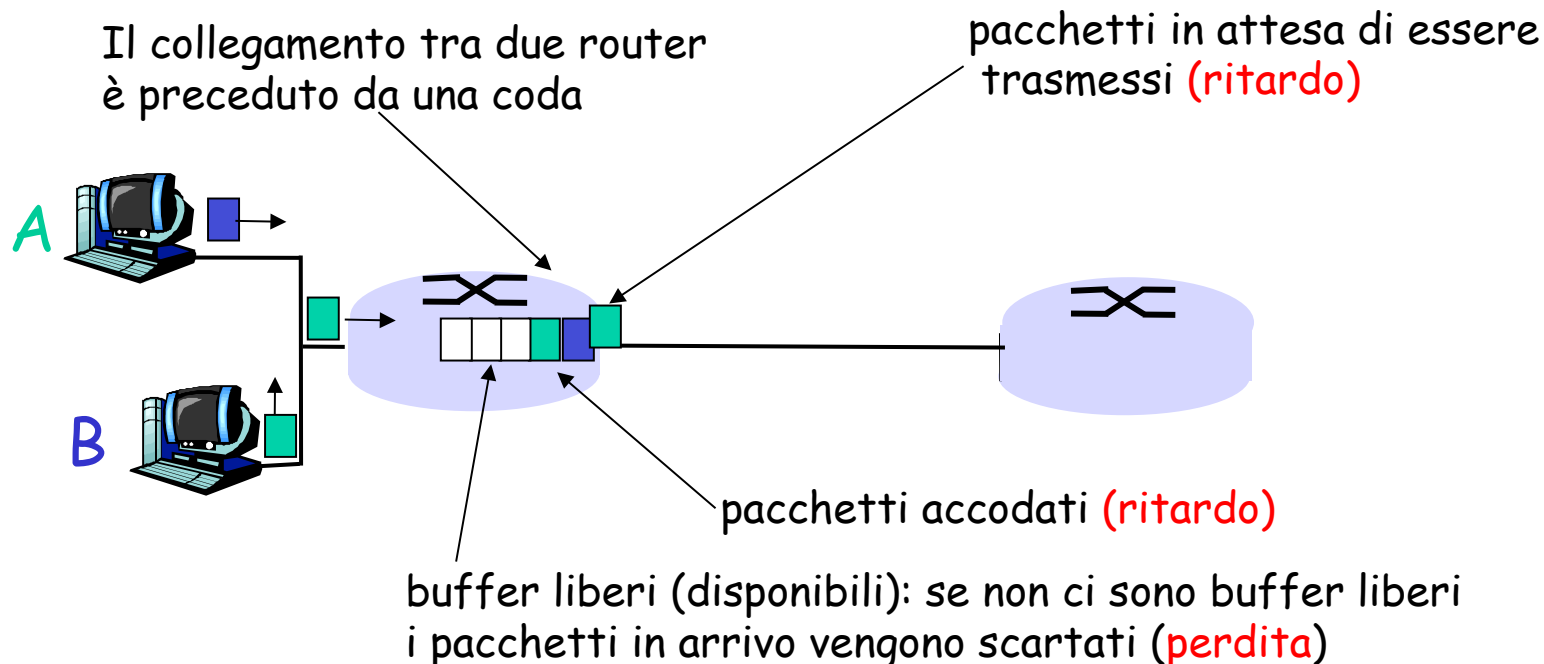
1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

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



Comportamento di un router

- ❑ Riceve un pacchetto dal link di ingresso
- ❑ Esamina l'intestazione e determina il link di uscita
- ❑ Se il link è libero, trasmette il pacchetto
- ❑ Se il link è occupato e c'è spazio nella coda, accoda il pacchetto
- ❑ Se non c'è spazio nella coda, c'è una perdita di pacchetto

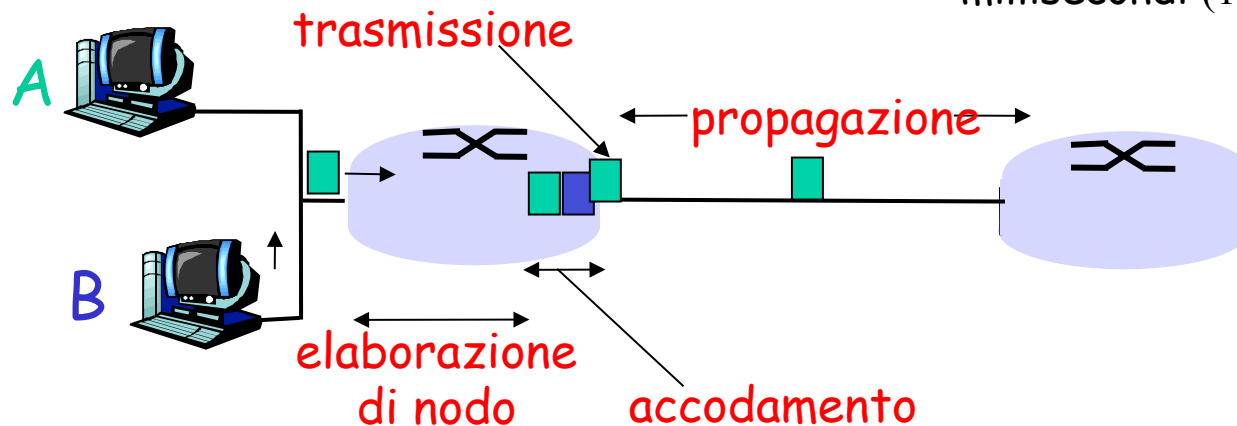
Quattro cause di ritardo per i pacchetti

❑ 1. Ritardo di elaborazione del nodo:

- ❖ controllo errori sui bit
- ❖ determinazione del canale di uscita
- ❖ microsecondi (10^{-6}) o inferiore

❑ 2. Ritardo di accodamento

- ❖ attesa di trasmissione (first-come-first-served)
- ❖ livello di congestione del router
- ❖ è funzione dell'intensità e della natura del traffico in ingresso alla coda
- ❖ microsecondi (10^{-6}) o millisecondi (10^{-3})



Ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto

3. Ritardo di trasmissione (L/R):

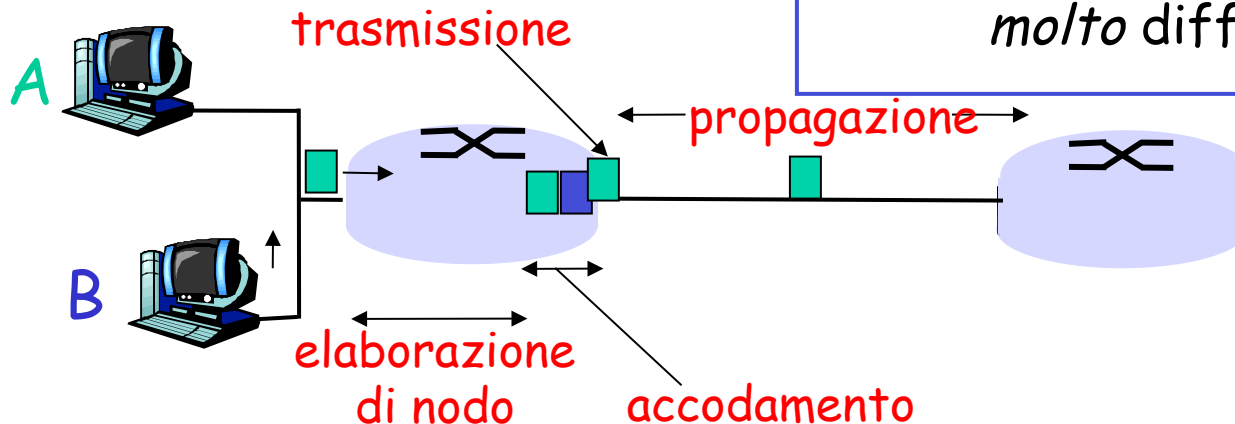
- ❑ R = frequenza di trasmissione del collegamento (in bps)
- ❑ L = lunghezza del pacchetto (in bit)
- ❑ Ritardo di trasmissione = L/R
- ❑ *store-and-forward delay*
- ❑ micro o milli secondi

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
- ❑ millisecondi per le reti più estese

Nota

s e R sono due quantità molto differenti!



Ritardo di trasmissione vs. ritardo di propagazione

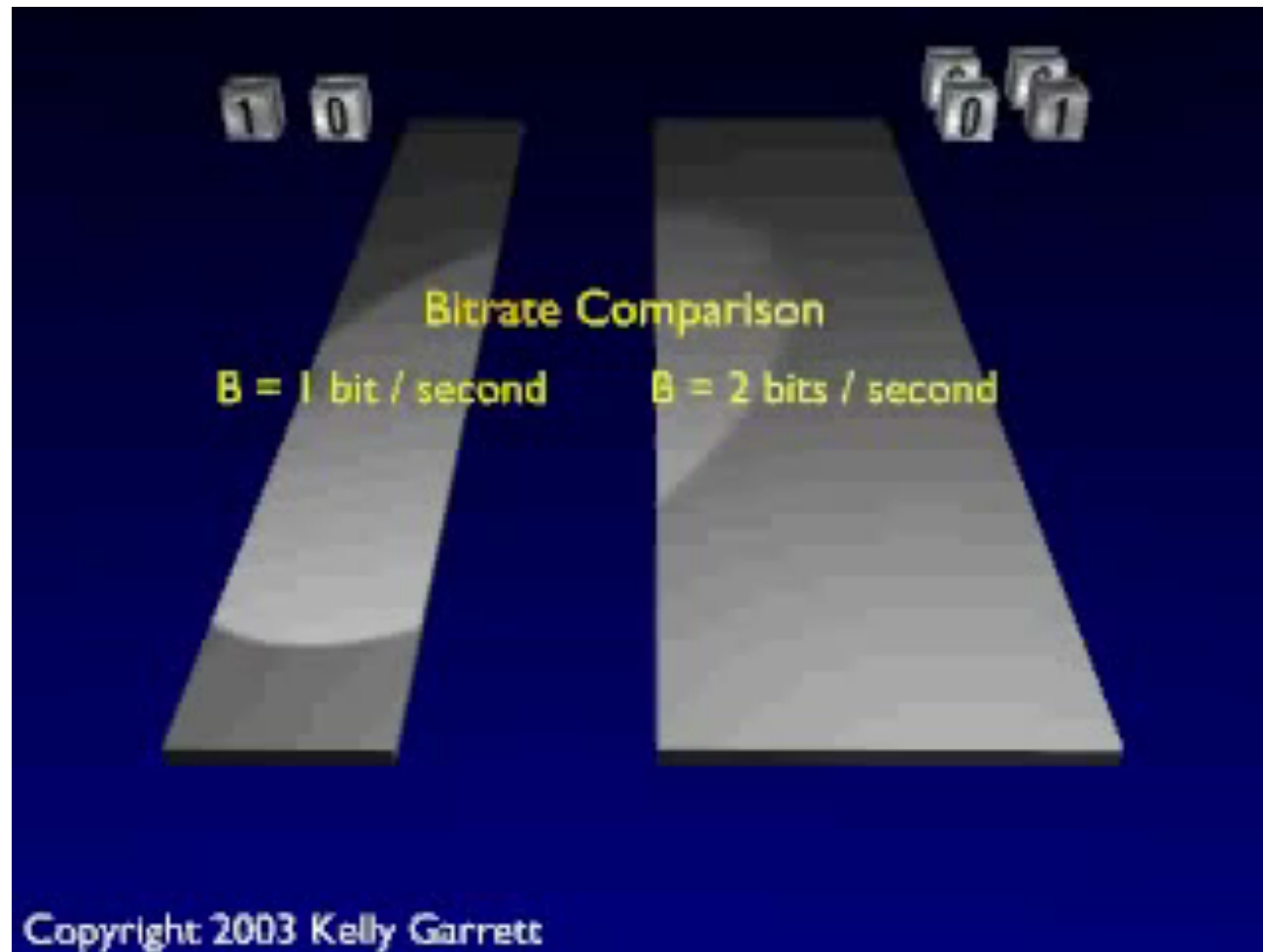
❑ Ritardo di trasmissione

- ❖ Tempo per trasmettere in uscita il pacchetto
- ❖ Dipende dalla lunghezza del pacchetto e dalla frequenza di trasmissione del collegamento
- ❖ Non ha niente a che fare con la distanza

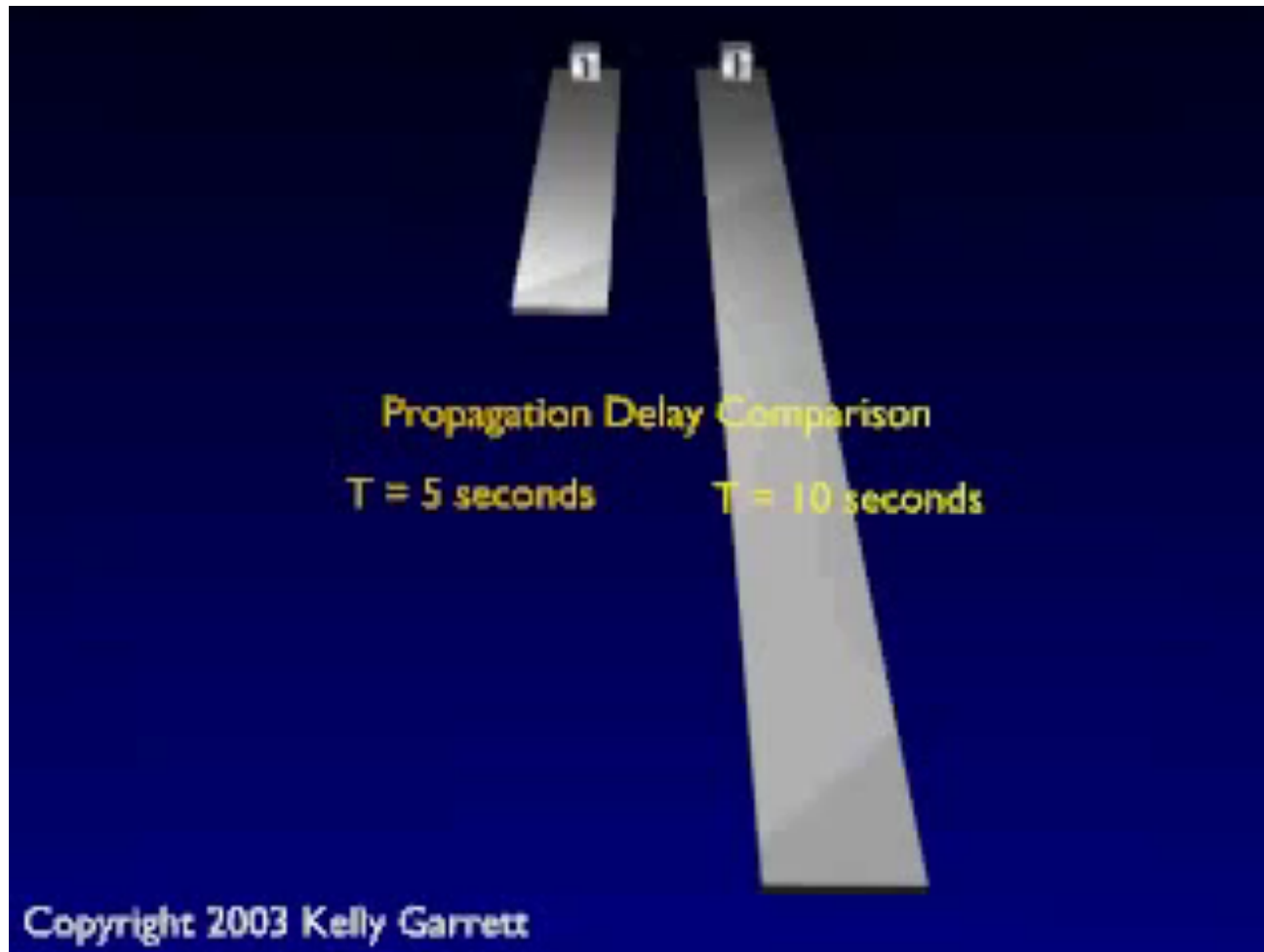
❑ Ritardo di propagazione

- ❖ Tempo per trasmettere un bit da un router all'altro
- ❖ Dipende dalla distanza tra i due router e dalla velocità di propagazione
- ❖ Non dipende dalla capacità del collegamento o dalla dimensione del pacchetto.

Ritardo di Trasmissione



Ritardo di propagazione



Ritardo di nodo

$$d_{\text{noda1}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

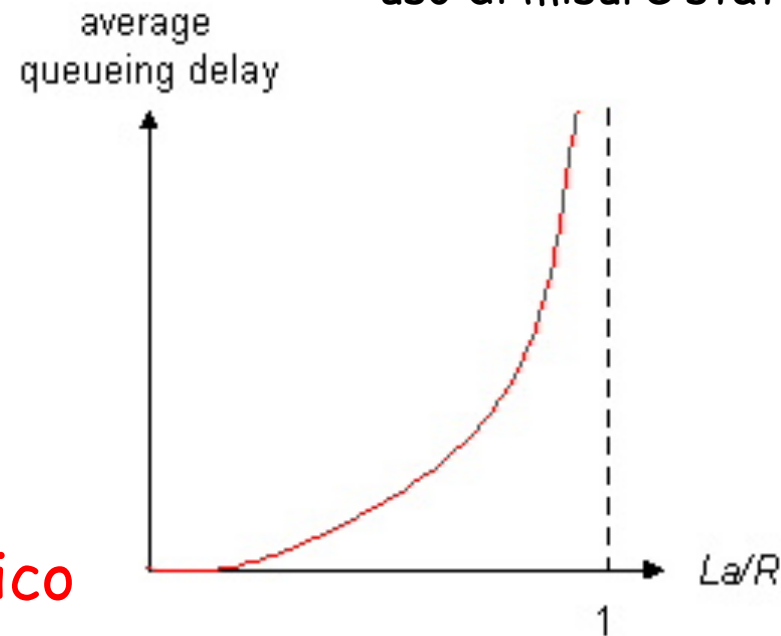
- ❑ d_{proc} = ritardo di elaborazione (*processing delay*)
 - ❖ in genere pochi microsecondi, o anche meno
- ❑ d_{queue} = ritardo di accodamento (*queuing delay*)
 - ❖ dipende dalla congestione
- ❑ d_{trans} = ritardo di trasmissione (*transmission delay*)
 - ❖ $= L/R$, significativo sui collegamenti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

Ritardo di accodamento

Il primo e l'ultimo pkt hanno ritardi molto diversi => uso di misure statistiche

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

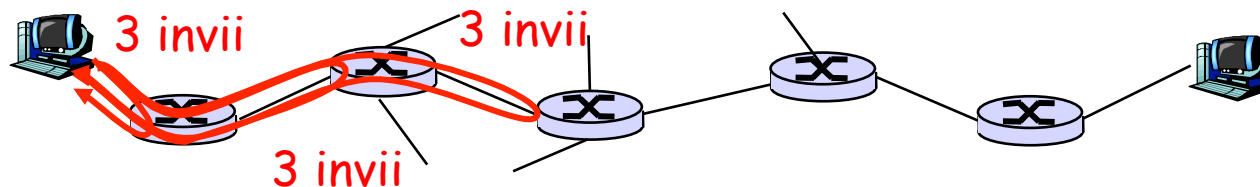
La/R = intensità di traffico



- $La/R \sim 0$: 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! (anche se il buffer ha dimensione infinita)

Ritardi e percorsi in Internet


- ❑ Ma cosa significano effettivamente ritardi e perdite nella "vera" Internet?
- ❑ Ritardo end-to-end
- ❑ **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
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 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

collegamento
transoceanico



* significa nessuna risposta (risposta persa, il router non risponde)



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

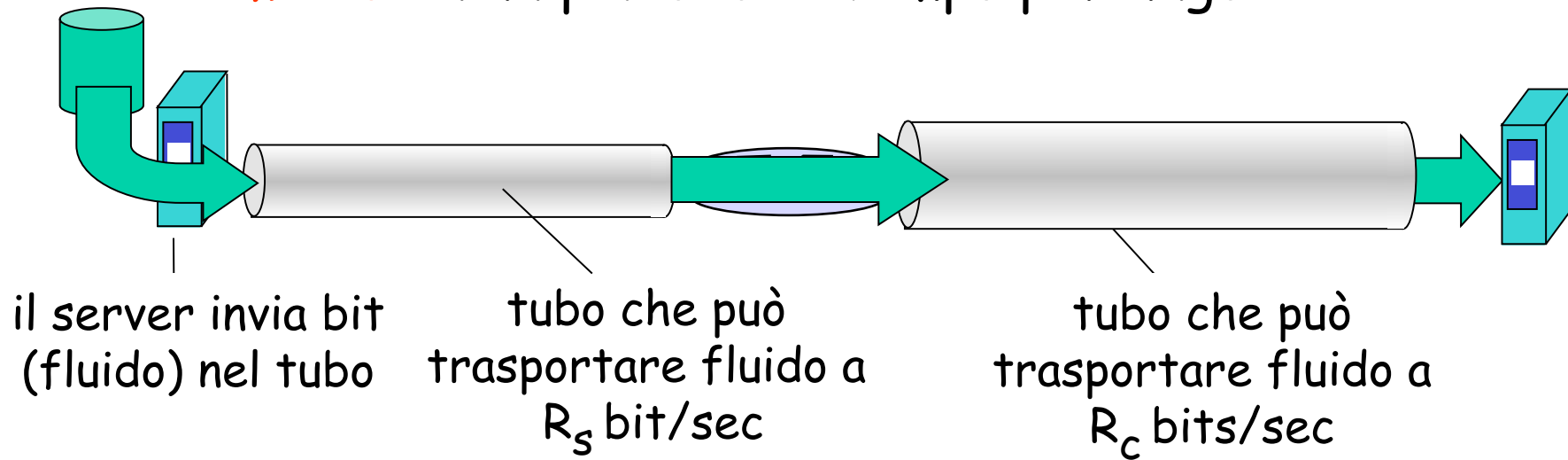
1.7 Storia del computer networking e di Internet

Throughput

❑ *throughput*: frequenza (bit/unità di tempo) alla quale i bit sono trasferiti tra mittente e ricevente

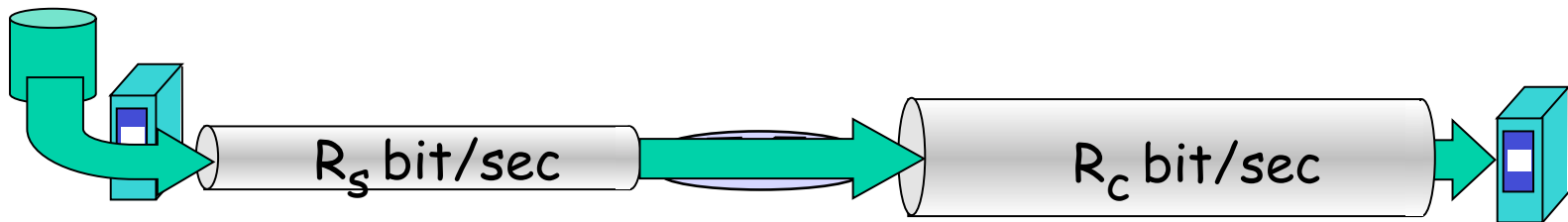
❖ *istantaneo*: in un determinato istante

❖ *medio*: in un periodo di tempo più lungo

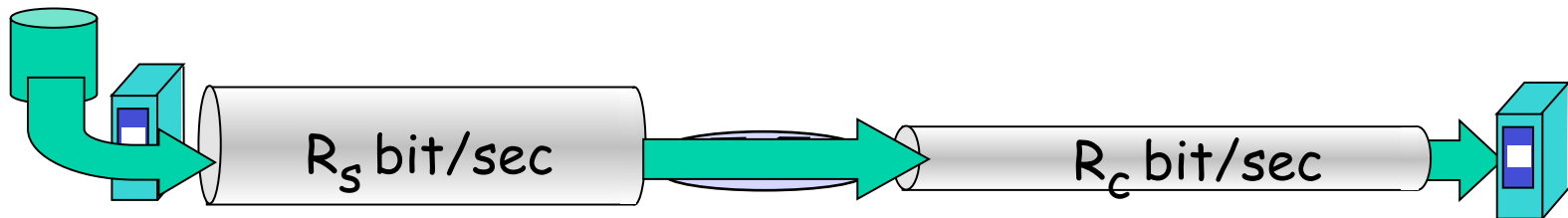


Throughput (segue)

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



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

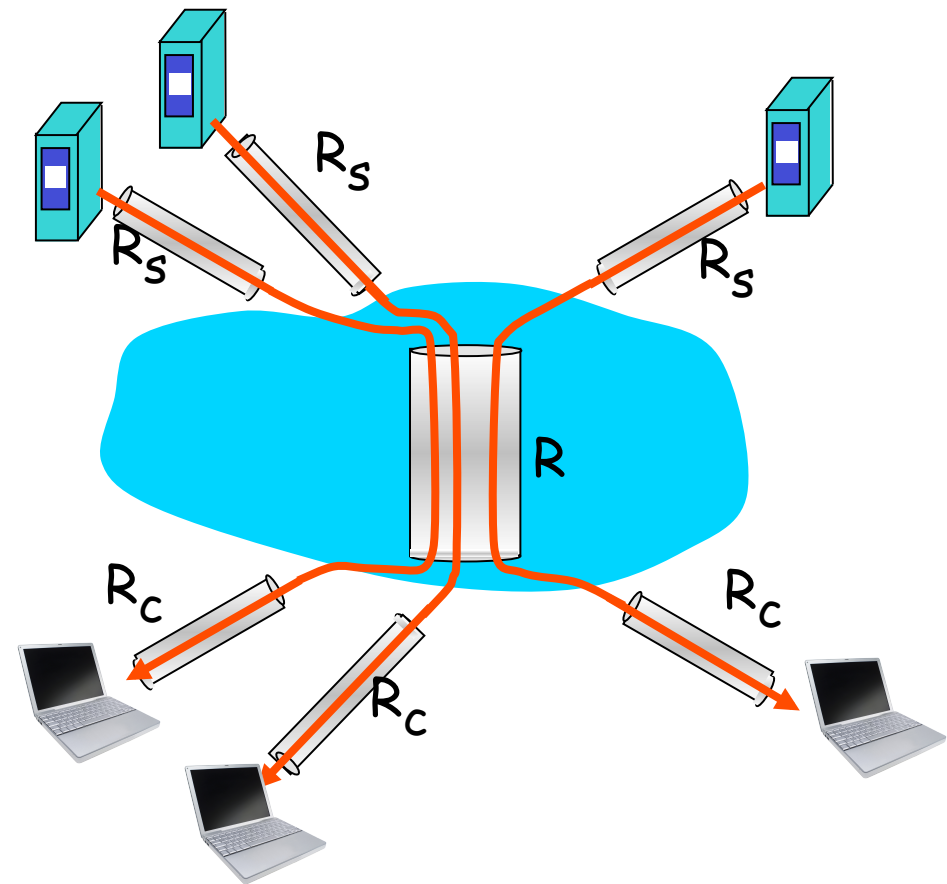


Collo di bottiglia

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 è spesso il 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 protocolli e loro modelli di servizio

1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

1.7 Storia del computer networking e di Internet

Livelli di protocolli

Le reti sono complesse!

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

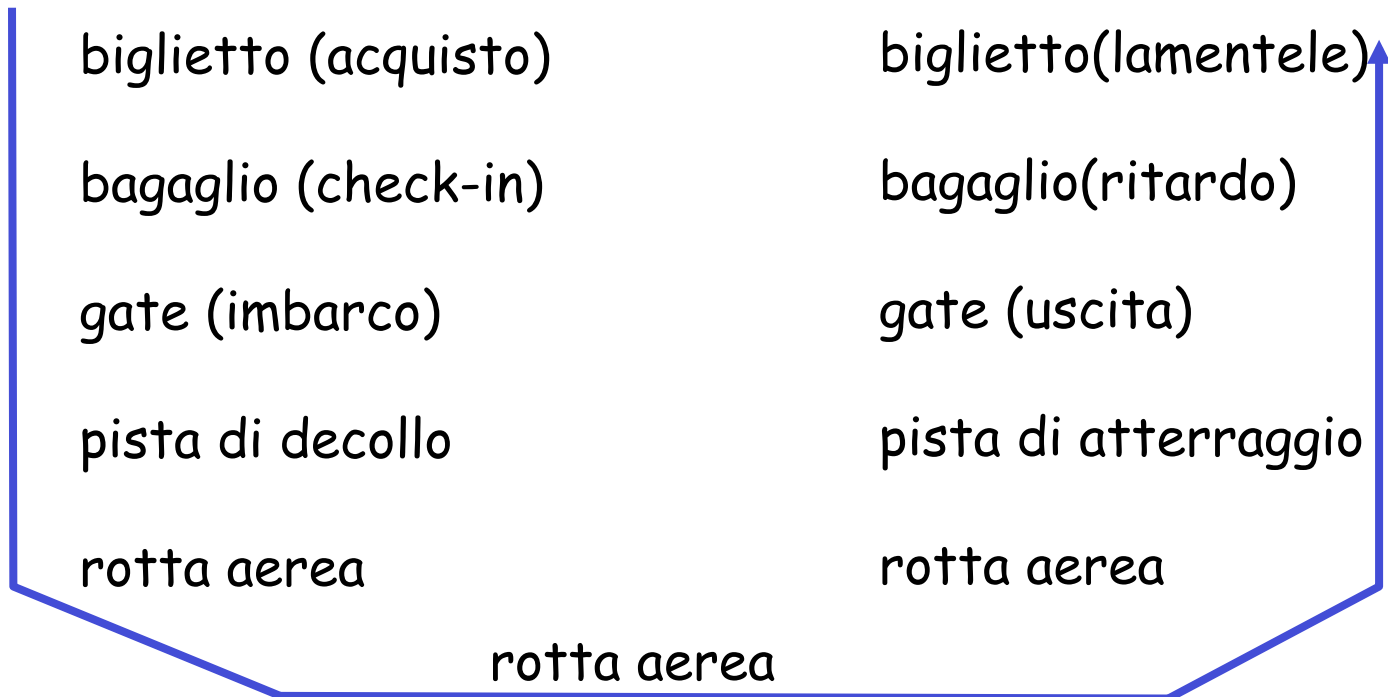
Domanda:

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

=>

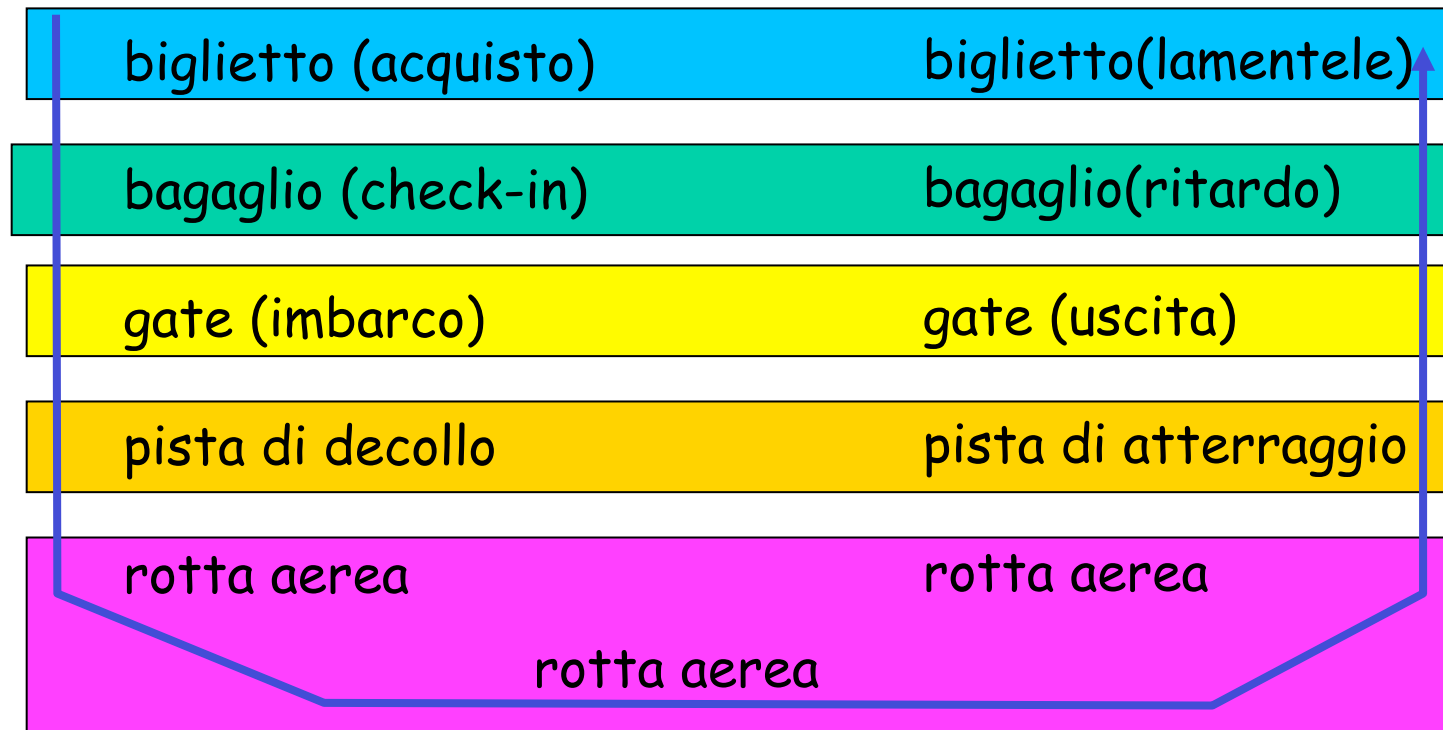
Architettura a Livelli

Organizzazione di un viaggio aereo



□ una serie di passi successivi

Stratificazione delle funzionalità



Livelli: ciascun livello realizza un servizio

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

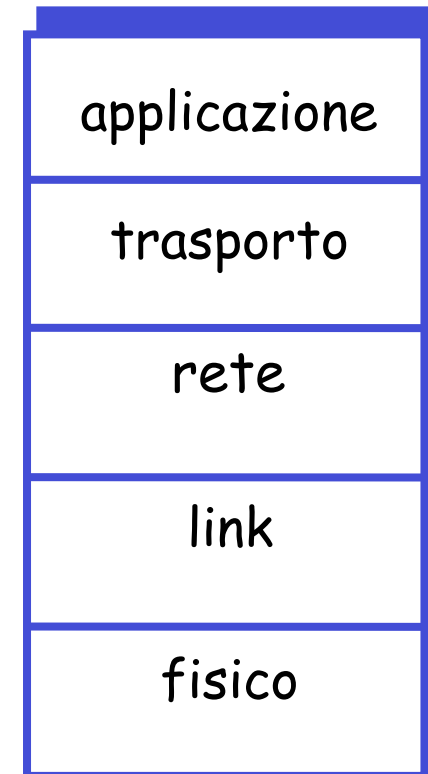
Perché la stratificazione?

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

Pila di protocolli Internet

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



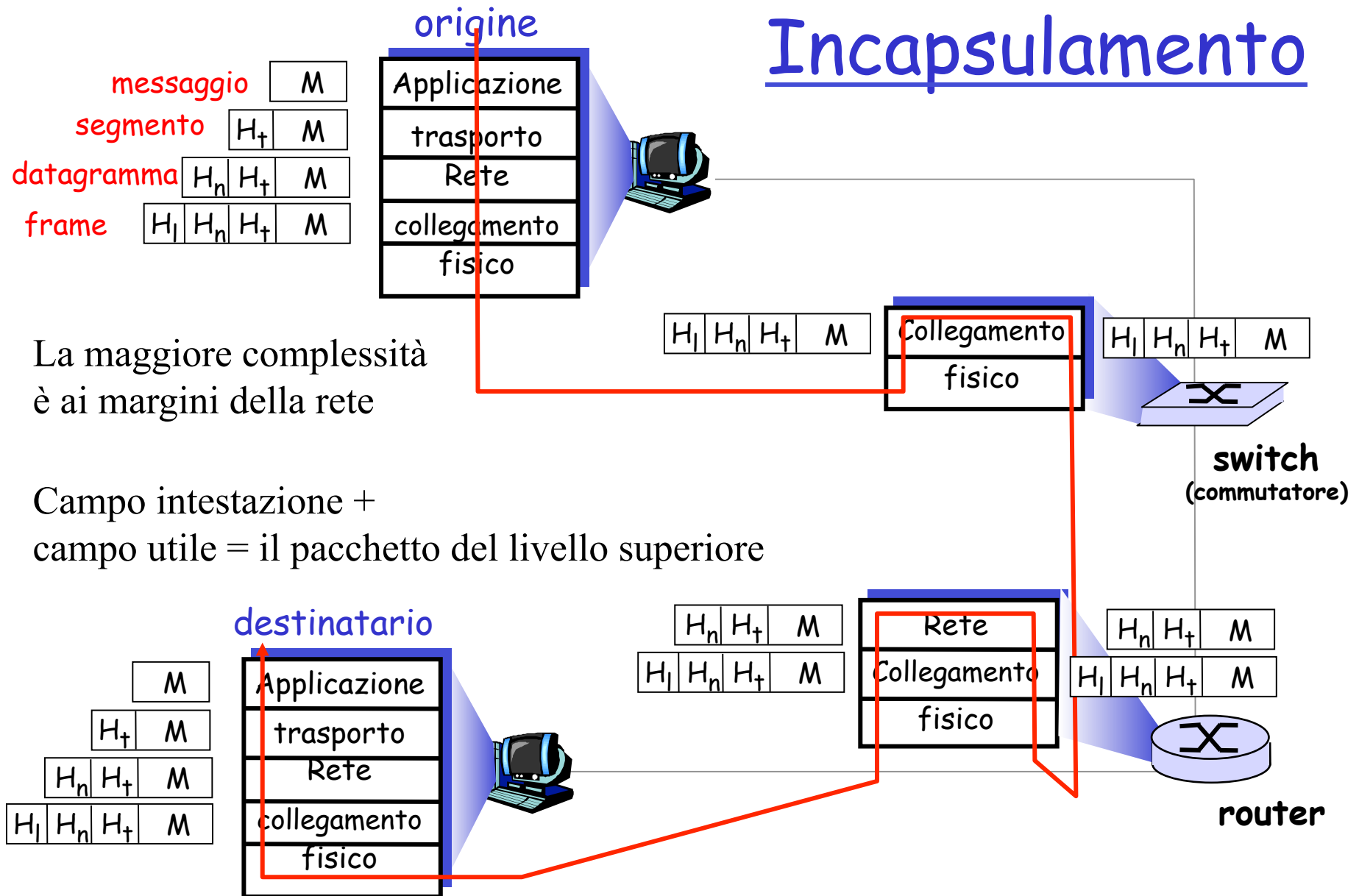
Modello di riferimento ISO/OSI

(anni ' 70)

- ❑ **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



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)...

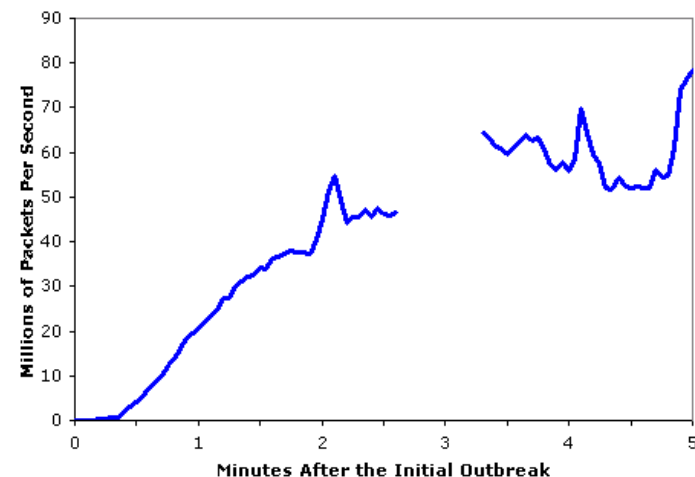
❑ Virus

- ❖ 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

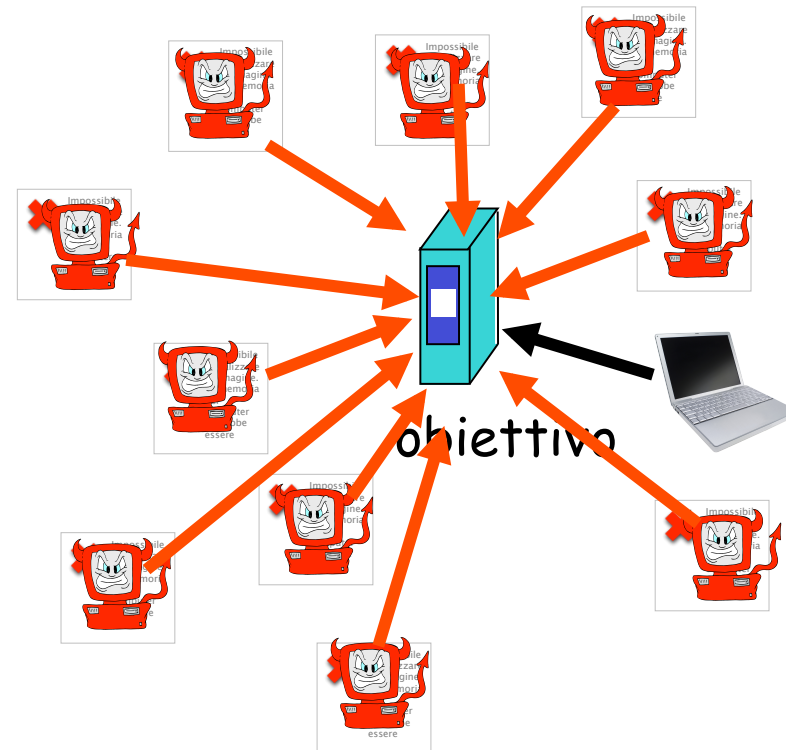
Worm Sapphire : scans/sec aggregati nei primi 5 minuti di diffusione (CAIDA, UWisc data)



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

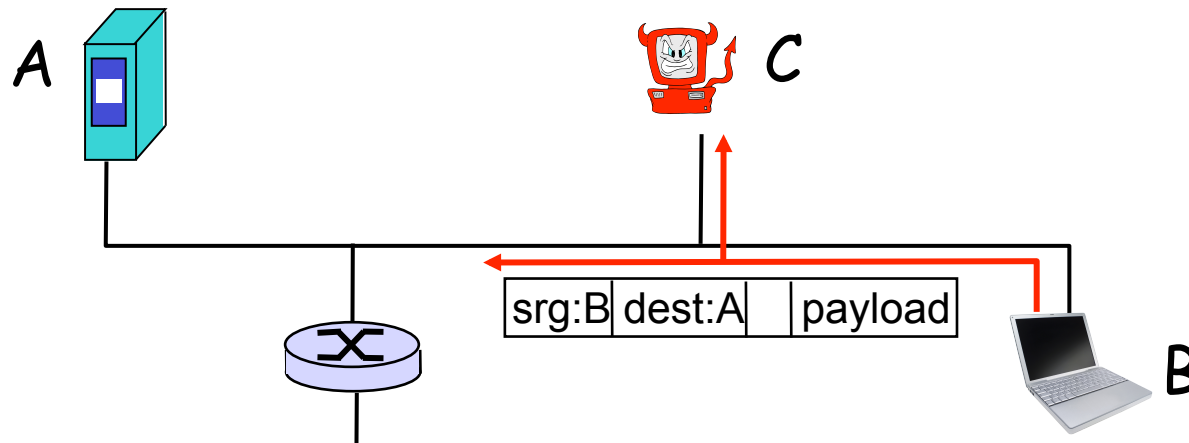
1. Selezione dell'obiettivo
1. Irruzione negli host attraverso la rete
1. Invio di pacchetti verso un obiettivo da parte degli host compromessi



I malintenzionati analizzano i pacchetti

Analisi dei pacchetti (*packet sniffing*):

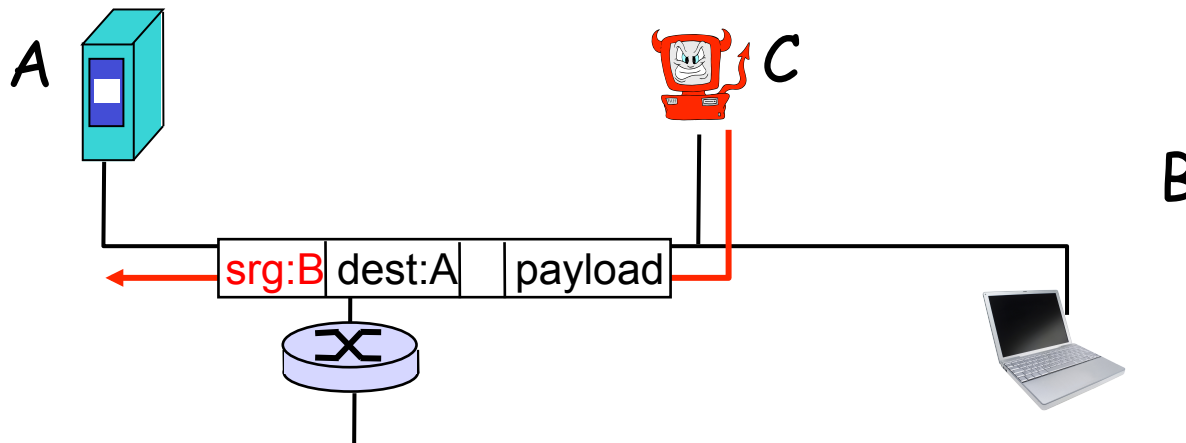
- ❖ media broadcast (Ethernet condivisa, wireless)
- ❖ un'interfaccia di rete legge/registra tutti i pacchetti (password comprese!) che l'attraversano



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

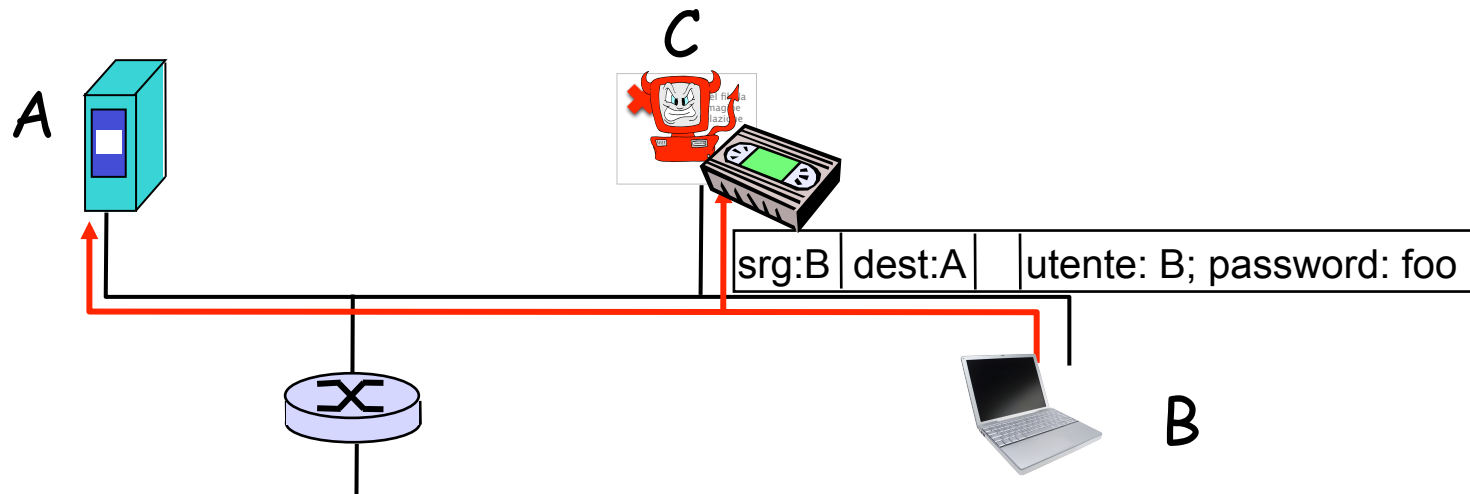
I malintenzionati usano indirizzi sorgente falsi

- ❑ *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



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

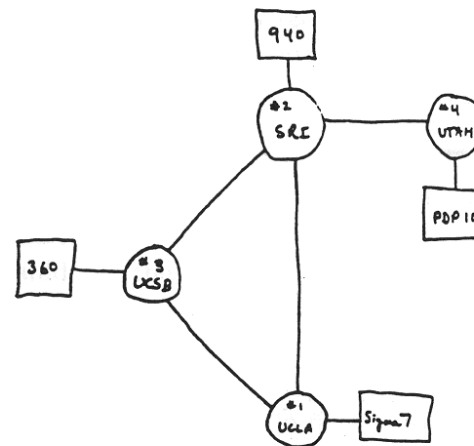
1.6 Reti sotto attacco: la sicurezza

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 (*internetworking*)
- ❑ 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: Csnet, 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

Argomenti trattati

- ❑ 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

Capacità acquisite:

- ❑ contestualizzare, fornire una panoramica sulle reti, avere un'idea precisa di che cosa si intende per "networking"