

# Capitolo I

## Introduzione

### Nota per l'utilizzo:

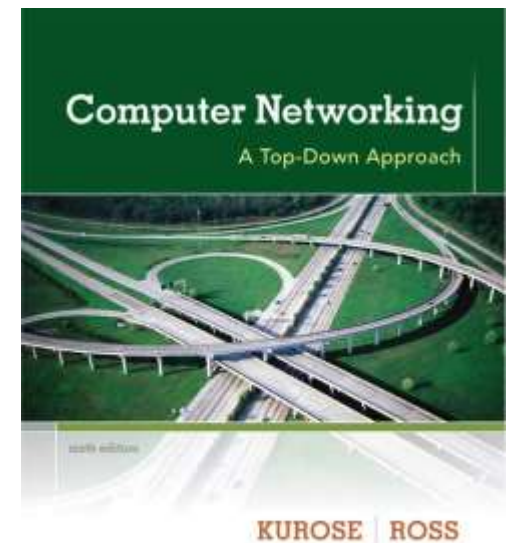
Abbiamo preparato queste slide con l'intenzione di renderle disponibili a tutti (professori, studenti, lettori). Sono in formato PowerPoint in modo che voi possiate aggiungere e cancellare slide (compresa questa) o modificarne il contenuto in base alle vostre esigenze.

Come potete facilmente immaginare, da parte nostra abbiamo fatto *un sacco* di lavoro. In cambio, vi chiediamo solo di rispettare le seguenti condizioni:

- se utilizzate queste slide (ad esempio, in aula) in una forma sostanzialmente inalterata, fate riferimento alla fonte (dopo tutto, ci piacerebbe che la gente usasse il nostro libro!)
- se rendete disponibili queste slide in una forma sostanzialmente inalterata su un sito web, indicate che si tratta di un adattamento (o di una copia) delle nostre slide, e inserite la nota relativa al copyright.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

©All material copyright 1996-2012  
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



**Computer  
Networking: A Top  
Down Approach**  
6<sup>th</sup> edition  
Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley  
March 2012

# Capitolo 1: Introduzione

## *Obiettivi:*

- ❖ Introdurre la terminologia e i concetti di base
- ❖ approccio:
  - usare Internet come fonte di esempi

## *Panoramica:*

- ❖ cos'è Internet?
- ❖ cos'è un protocollo?
- ❖ ai confini della rete
- ❖ il nucleo della rete
- ❖ prestazioni; ritardi, perdite, throughput
- ❖ sicurezza
- ❖ livelli di protocollo, modelli di servizi
- ❖ cenni storici

# Capitolo I: roadmap

## I.1 Cos'è Internet?

## I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

## I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

## I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

## I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

## I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

## I.7 Cenni storici

# Che cos'è Internet?

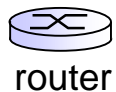
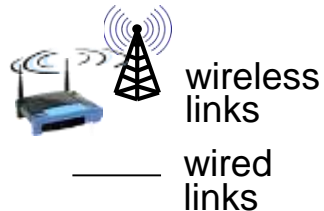


❖ milioni di dispositivi collegati:

- *hosts = sistemi terminali*
- *applicazioni di rete*

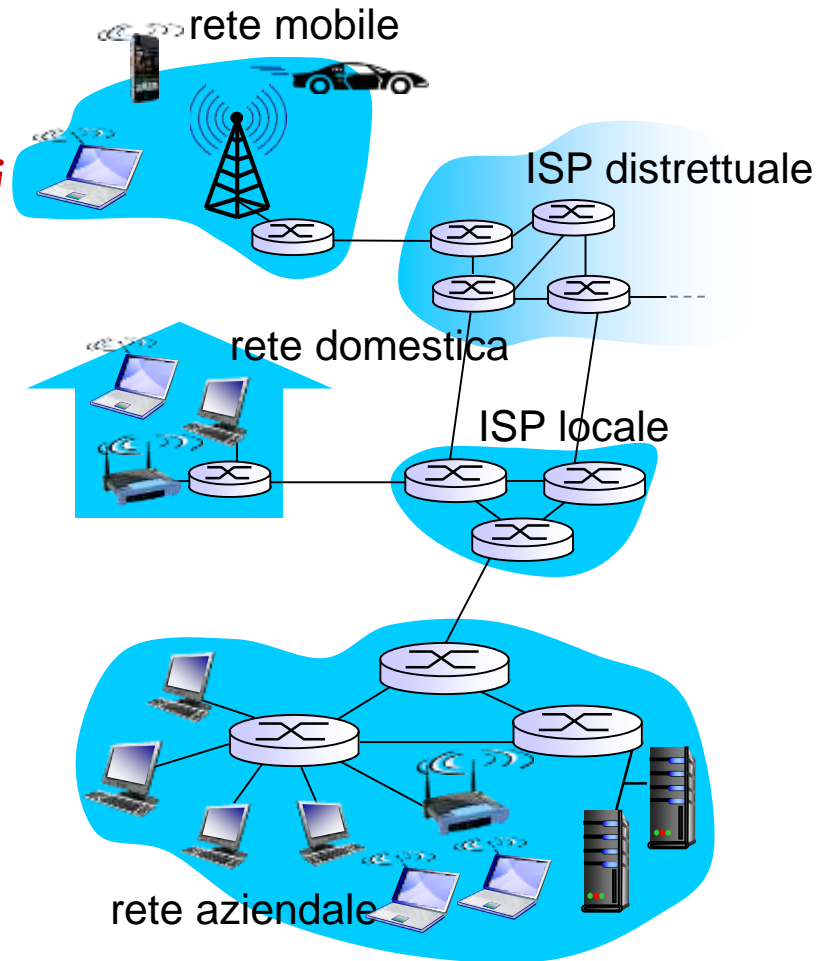
❖ *collegamenti*

- rame, fibra ottica, onde radio, satellite
- frequenza di trasmissione:  
*ampiezza di banda*



❖ *Inoltro dei pacchetti:*

- *router e switch*



# Oggi Internet è anche...



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



Tostapane Web +  
previsioni del tempo



Tweet-a-watt:  
monitoraggio consumi



Frigorifero Internet



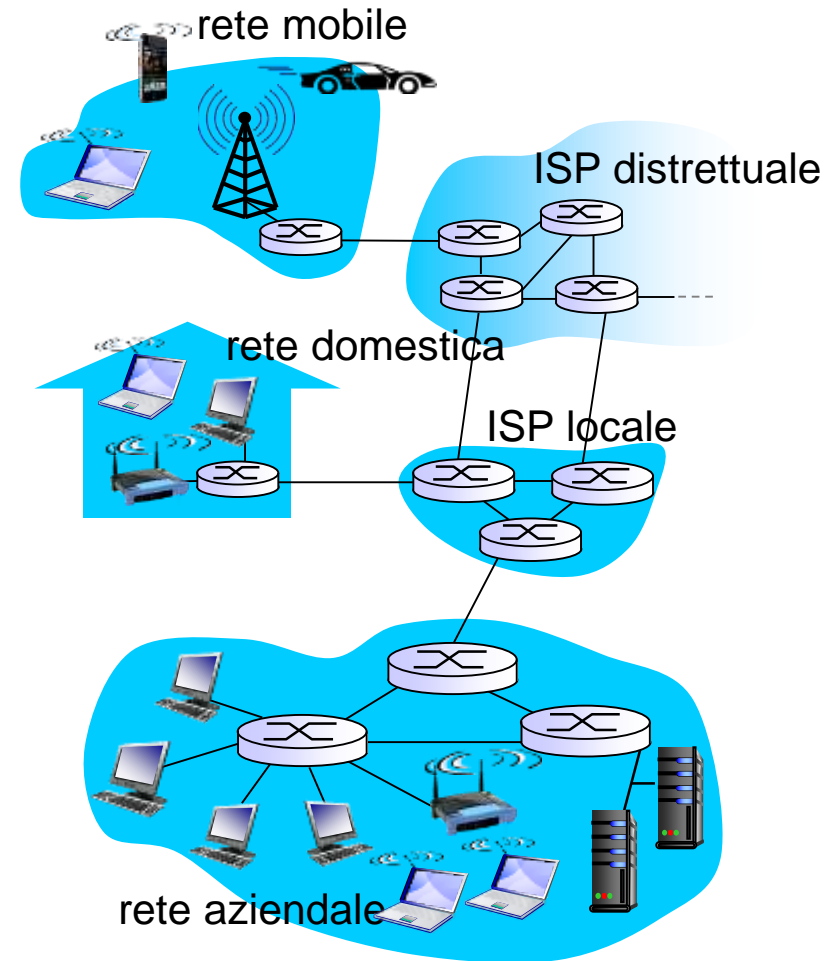
Slingbox: guarda,  
controlla da remoto  
la TV via cavo



Telefonia internet

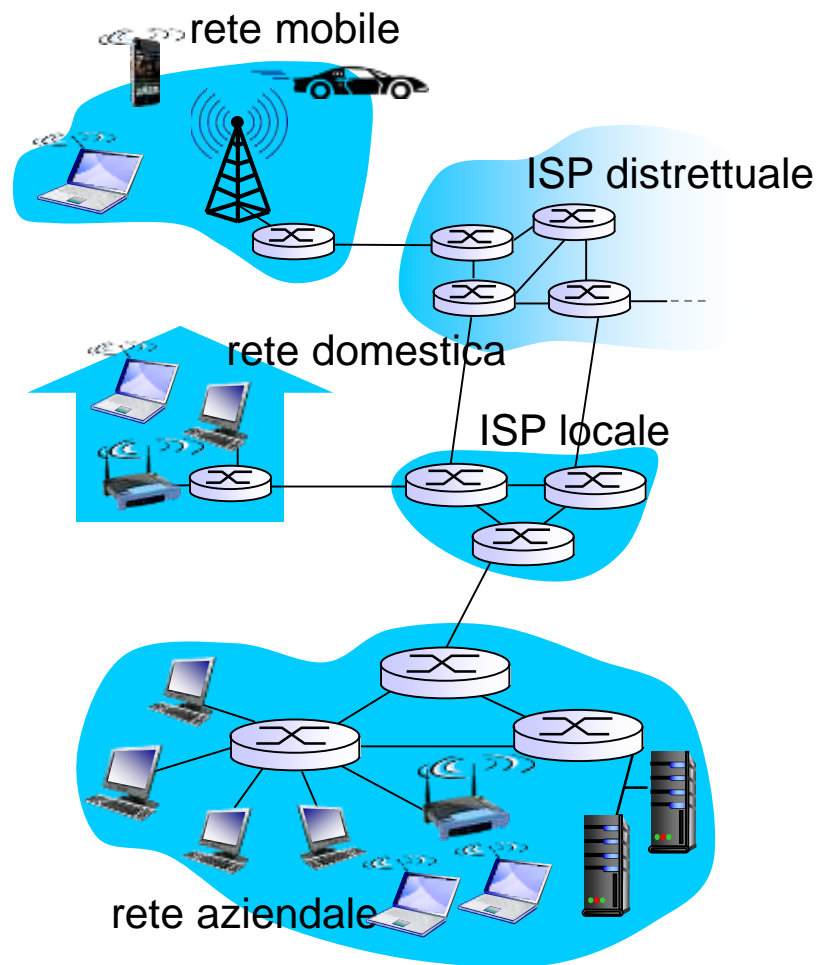
# Che cos'è Internet

- ❖ *Internet: “rete delle reti”*
  - ISP interconnessi
- ❖ *I protocolli* controllano l'invio e la ricezione dei messaggi
  - e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❖ *Standard Internet*
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



# Cos'è Internet: dal punto di vista dei servizi

- ❖ *infrastruttura che fornisce servizi alle applicazioni:*
  - Web, VoIP, email, giochi, e-commerce, social nets, ...
- ❖ *fornisce Application Programming Interface (API)*
  - consentono ai programmi di connettersi a Internet
  - forniscono opzioni ai servizi, come il servizio postale



# Cos'è un protocollo?

## *protocolli umani:*

- ❖ “Che ore sono?”
- ❖ “Ho una domanda”
- ❖ Presentazioni

... invio di messaggi specifici

... azioni specifiche intraprese quando viene ricevuto un messaggio, o si verificano altri eventi

## *protocolli di rete:*

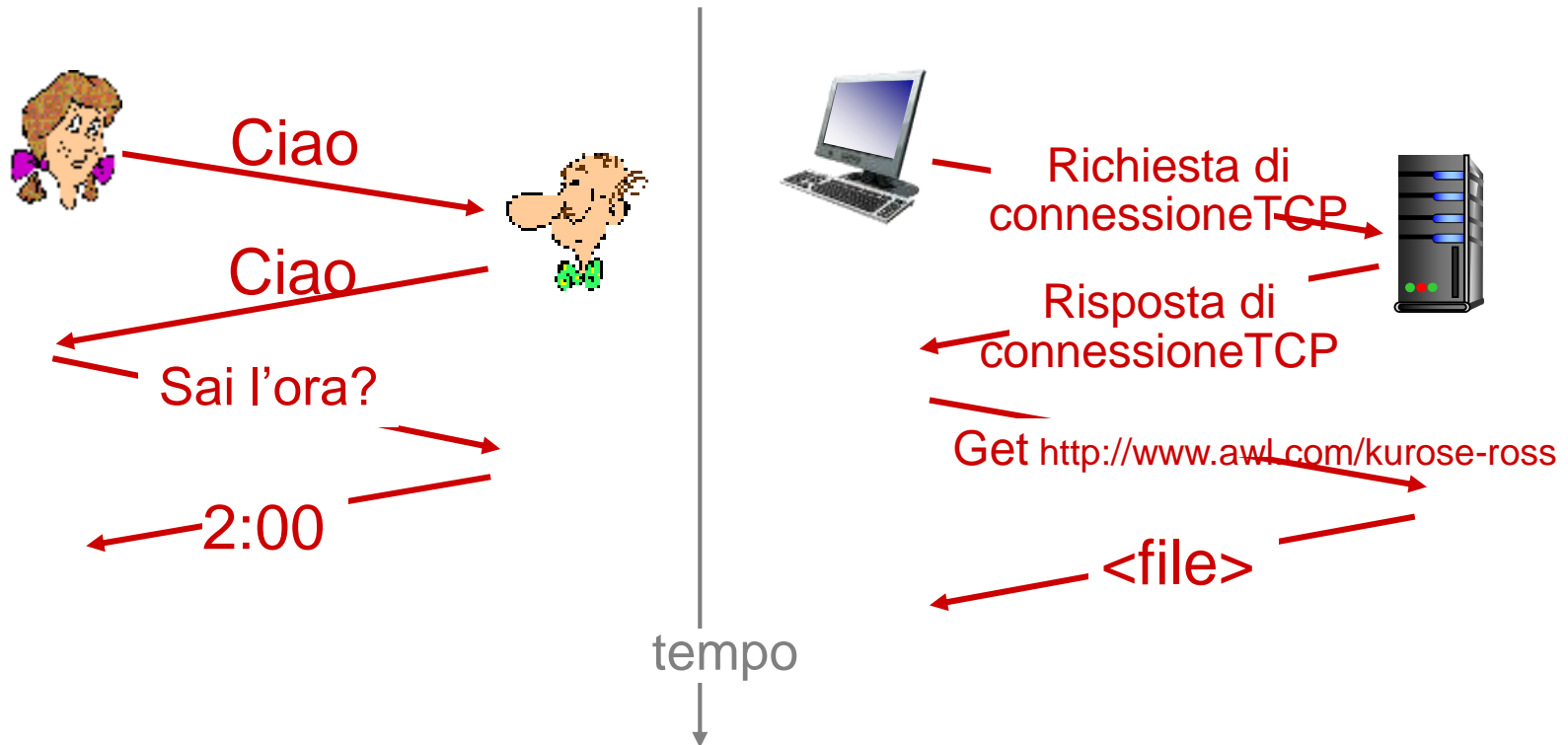
- ❖ dispositivi hardware e software, non umani
- ❖ Tutta l'attività di comunicazione in Internet è governata dai protocolli

*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

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

I.7 Cenni storici

# Uno sguardo da vicino alla struttura:

## ❖ *ai confini della rete:*

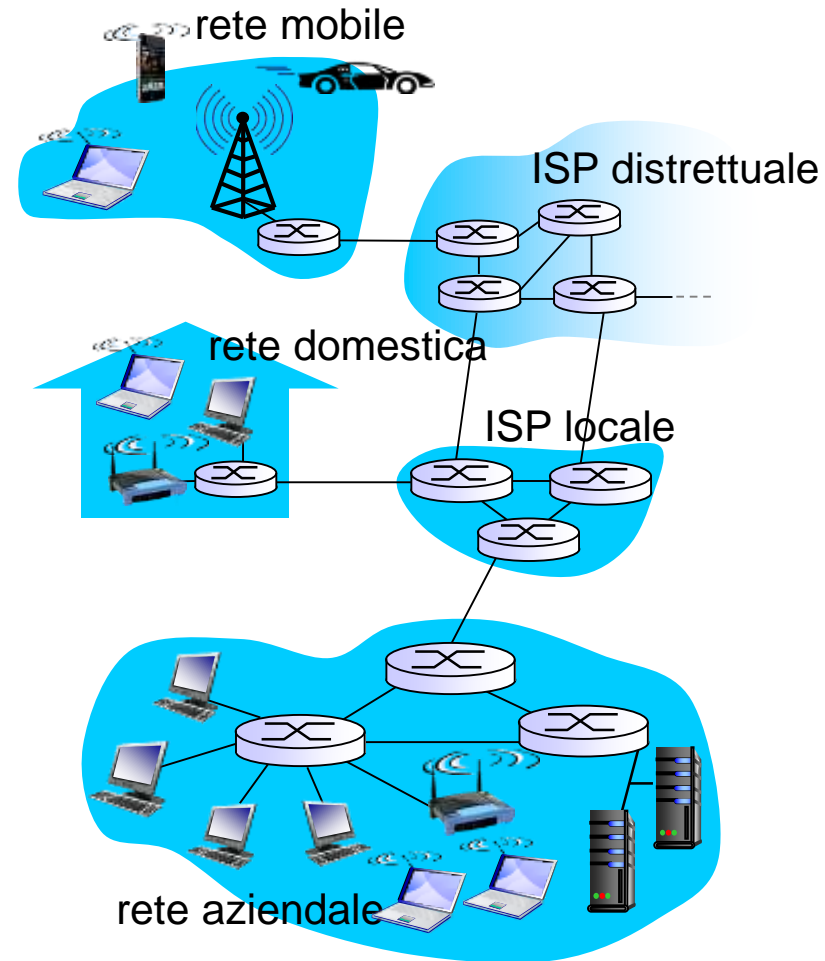
- host: client e server
- server spesso in data center

## ❖ *reti, dispositivi fisici:*

- collegamenti wired e wireless

## ❖ *il nucleo della rete:*

- router interconnessi
- la rete delle reti



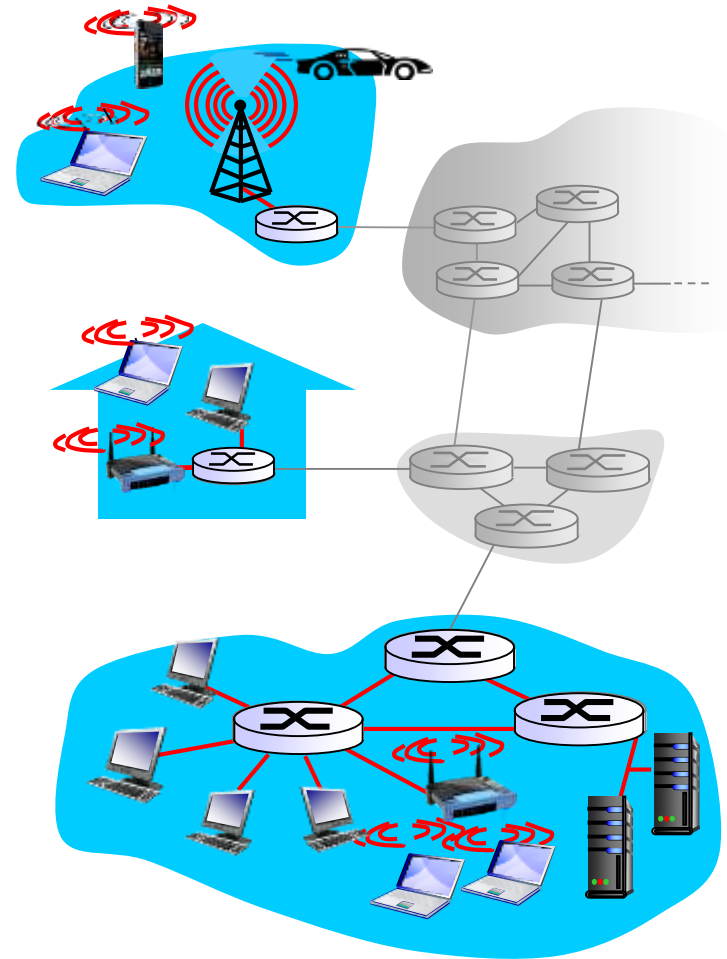
# Reti di accesso e mezzi fisici

*D: Come connettere gli end system ai router di confine?*

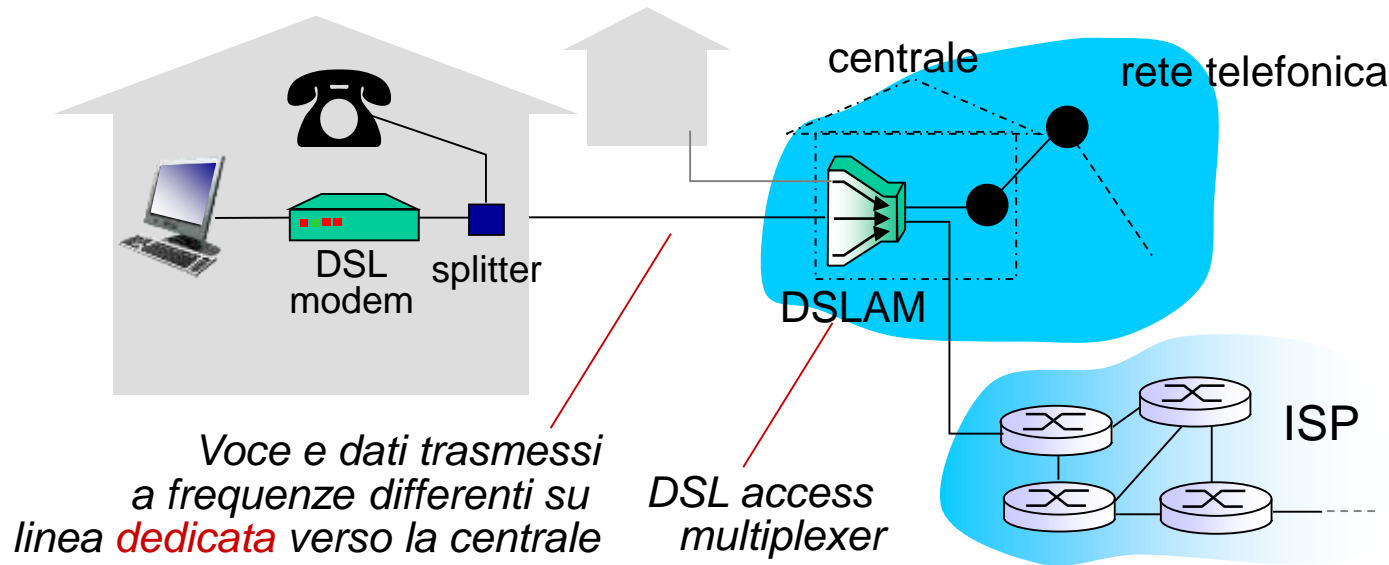
- ❖ reti di accesso residenziali
- ❖ reti di accesso istituzionali (università, aziende)
- ❖ reti di accesso wireless

*da tenere presente:*

- ❖ bandwidth (bits per second) della rete di accesso?
- ❖ condivisa o dedicata?

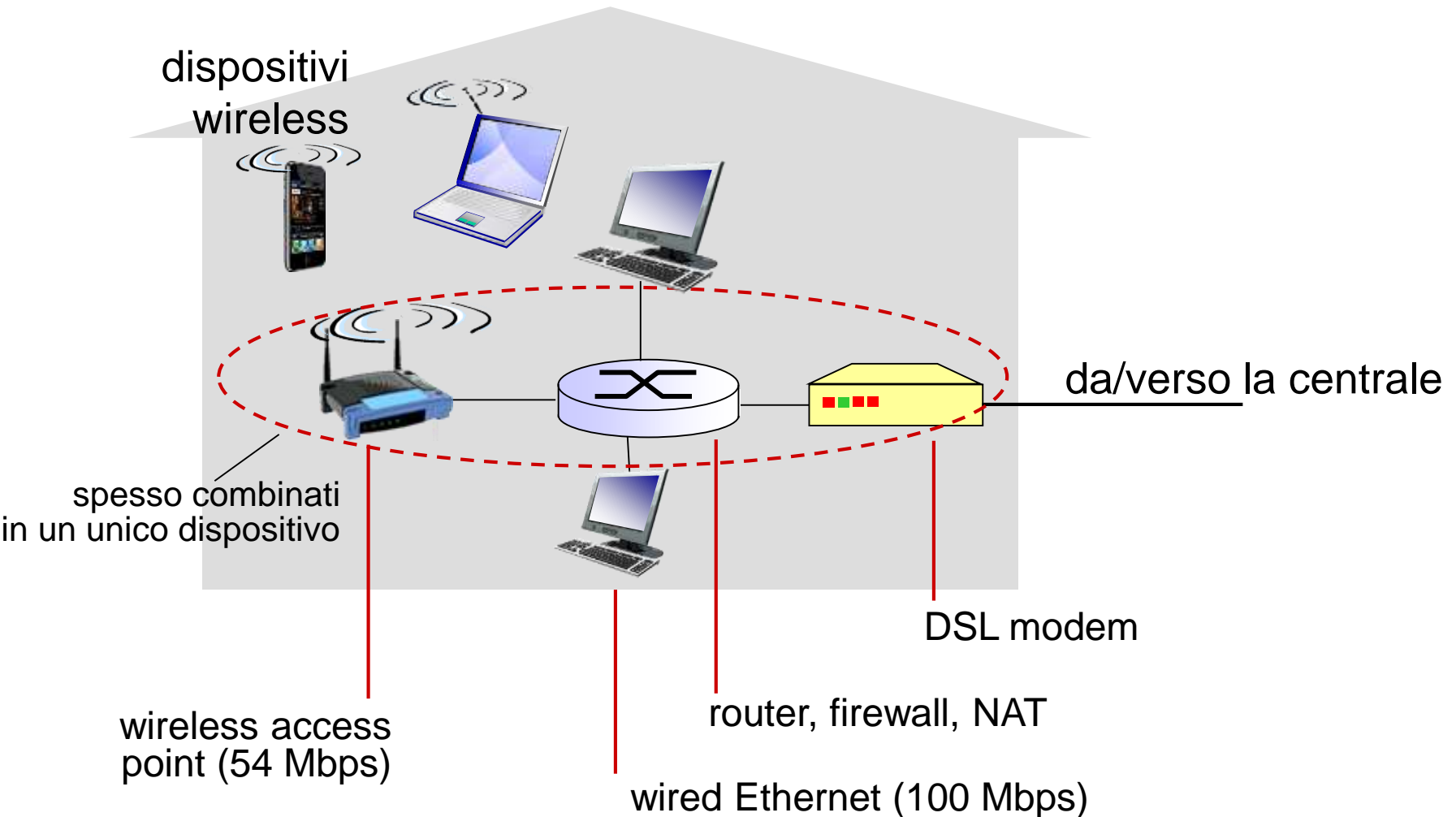


# Rete di accesso: digital subscriber line (DSL)

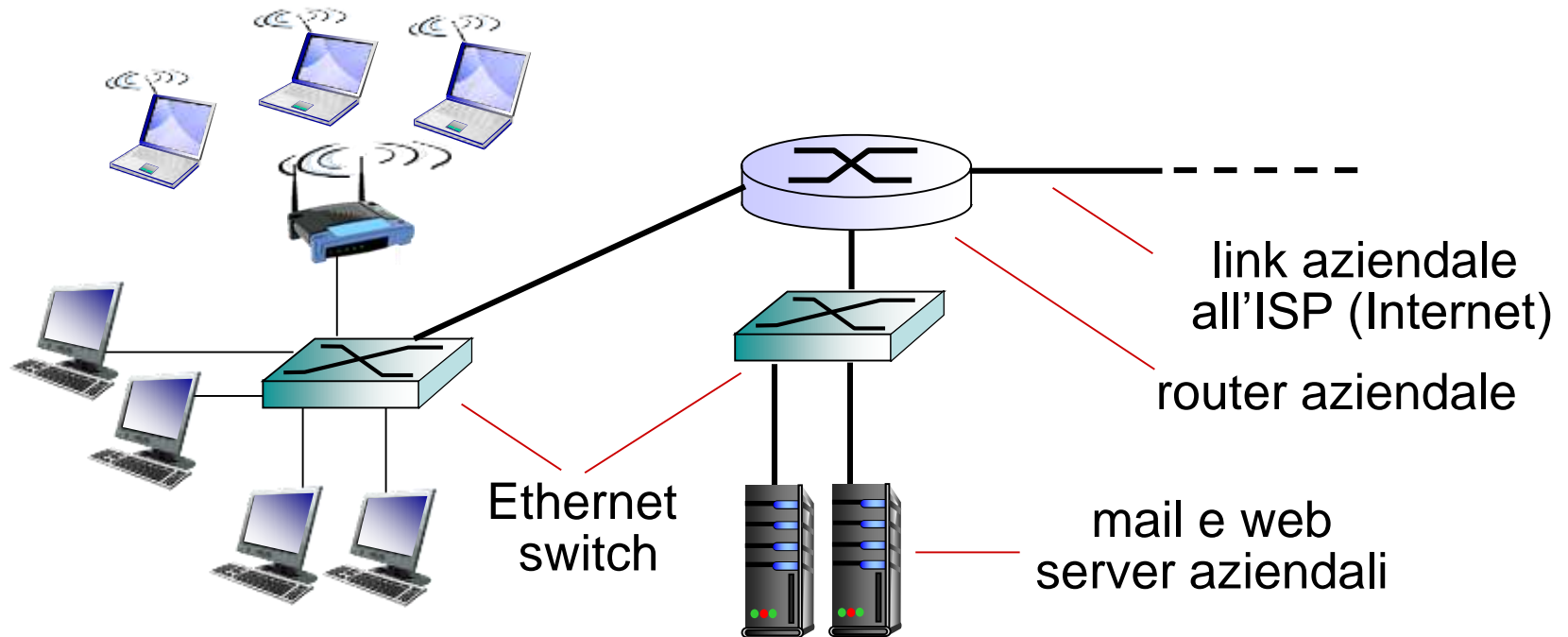


- ❖ usano line telefoniche *esistenti* verso la centrale DSLAM
  - i dati sulla linea DSL vanno in Internet
  - la voce sulla linea DSL vanno sulla rete telefonica
- ❖ < 2.5 Mbps upstream transmission rate (tipicamente < 1 Mbps)
- ❖ < 24 Mbps downstream transmission rate (tipicamente < 10 Mbps)

# Reti di accesso: rete domestica



# Reti di accesso aziendali (Ethernet)



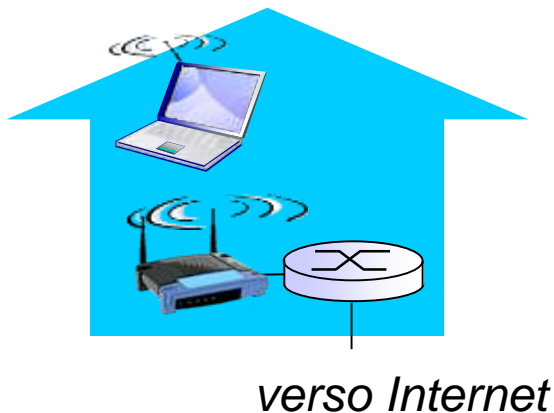
- ❖ usati in aziende, università, etc
- ❖ 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps transmission rate
- ❖ oggi, gli end system si connettono tipicamente tramite switch Ethernet

# Reti di accesso wireless

- ❖ le reti di accesso *wireless* connettono gli end system ai router
  - tramite base station aka “access point”

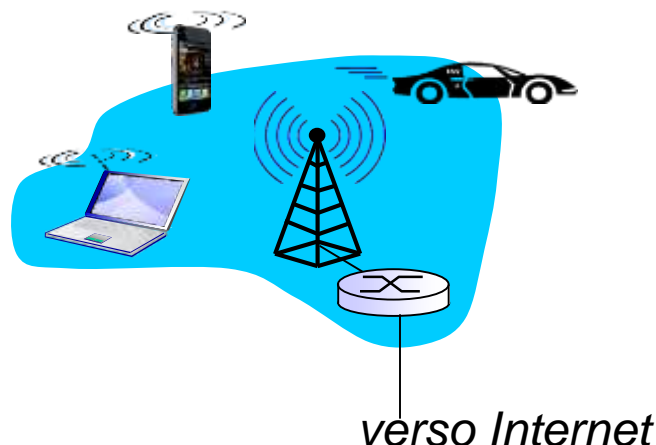
## *wireless LANs:*

- dentro un palazzo (100 mt)
- 802.11b/g (WiFi): 11,54 Mbps transmission rate



## *wide-area wireless access*

- Fornito dagli operatori telefonici 10' s km
- tra 1 e 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE

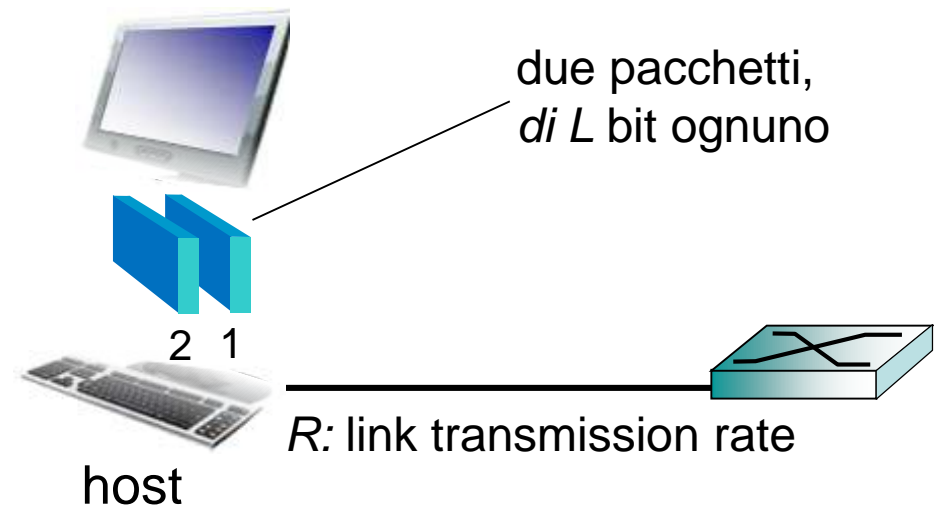




# Host: invia *pacchetti* di dati

azioni dell'host:

- ❖ prende il messaggio dell'applicazione
- ❖ lo spezza in porzioni più piccole, chiamate *pacchetti*, di lunghezza  $L$  bit
- ❖ trasmette i pacchetti tramite la rete di accesso con *transmission rate*  $R$ 
  - transmission rate del link, aka *capacità* del link, aka *bandwidth* del link



ritardo nella  
trasmissione  
del pacchetto

tempo necessario a  
trasmettere un  
pacchetto di  $L$ -bit nel link

$$= \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

# Mezzi trasmissivi

- ❖ **bit:** si propaga attraverso coppie trasmettente/ricevente
- ❖ **collegamento fisico:** ciò che sta tra il trasmettente 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, es. radio

*doppino intrecciato  
twisted pair (TP)*

- ❖ due fili di rame isolati
  - Category 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Category 6: 10Gbps



# Mezzi trasmissivi: cavo coassiale e fibra ottica

## *cavo coassiale:*

- ❖ due conduttori concentrici in rame
- ❖ bidirezionale
- ❖ banda larga:
  - più canali sul cavo
  - HFC



## *fibra ottica:*

- ❖ fibra di vetro che trasporta impulsi luminosi (ogni impulso rappresenta un bit)
- ❖ operazioni ad alta velocità:
  - elevata velocità di trasmissione punto-punto (10' s-100' s Gpbs transmission rate)
- ❖ Basso tasso di errore:
  - immune al rumore elettromagnetico



# Mezzi trasmissivi: canali radio

- ❖ i segnali sono trasportati nello spettro elettromagnetico
- ❖ non richiedono “fili”
- ❖ 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., cellular)
  - 3G cellular: ~ qualche Mbps
- ❖ **satellitari**
  - canali fino a 45Mbps (o sottomultipli)
  - ritardo punto-punto di 270 msec
  - geostazionari/ a bassa quota

# Capitolo 1: roadmap

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

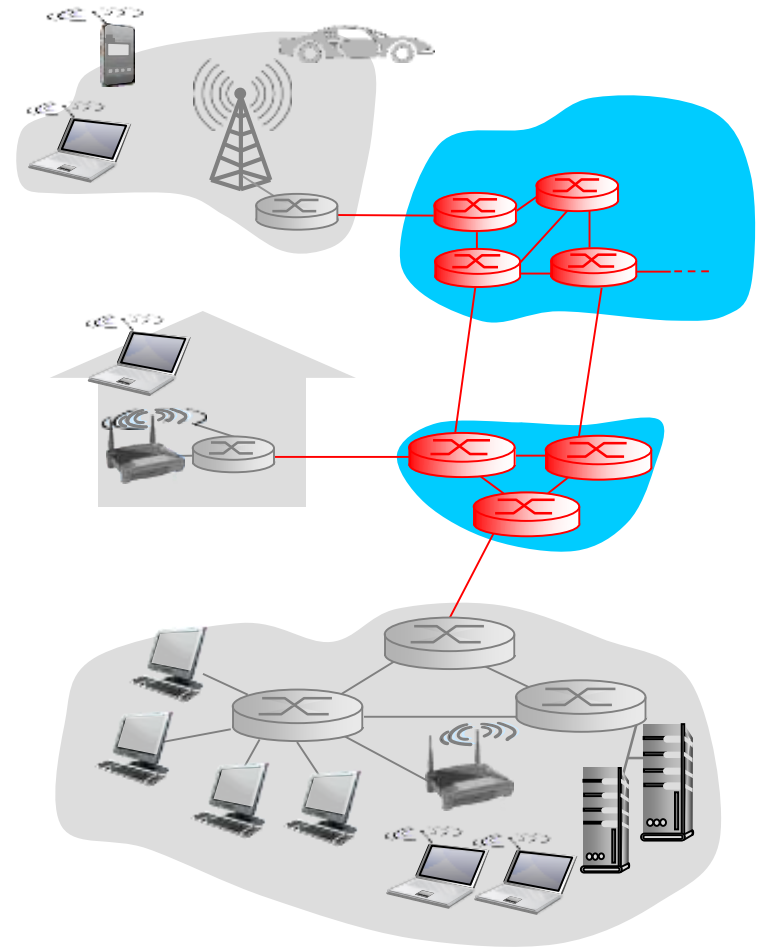
I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

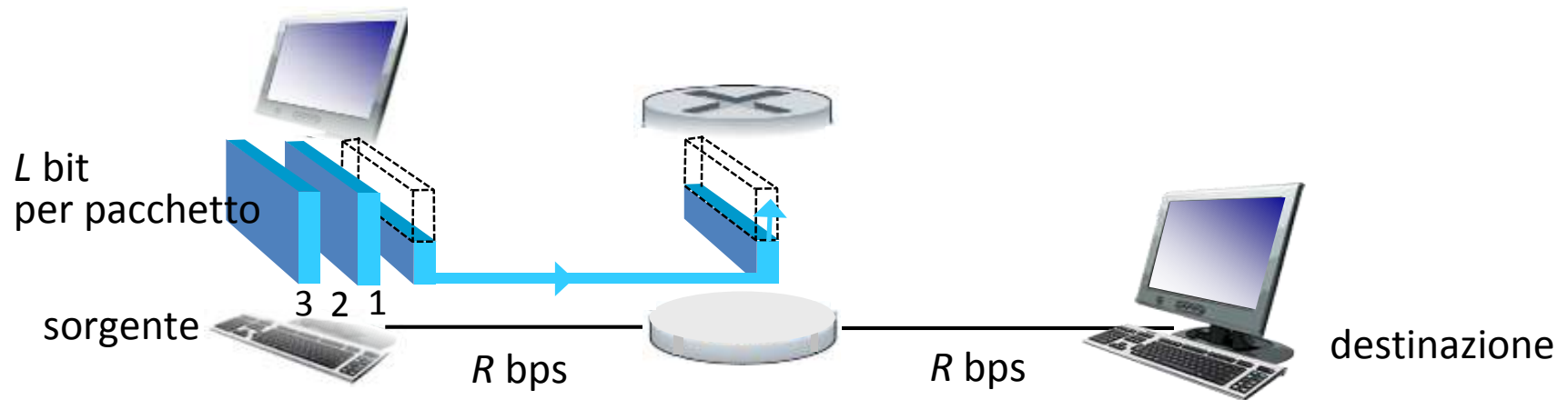
I.7 Cenni storici

# Il nucleo della rete

- ❖ rete magliata di router interconnessi
- ❖ **commutazione di pacchetto: gli host dividono i messaggi necessary alle applicazioni in *pacchetti***
  - L'inoltro dei pacchetti avviene da un router al successivo, attraverso collegamenti lungo un cammino dalla sorgente alla destinazione
  - Ogni pacchetto è trasmesso sfruttando a pieno la capacità dei link



# Packet-switching: store-and-forward



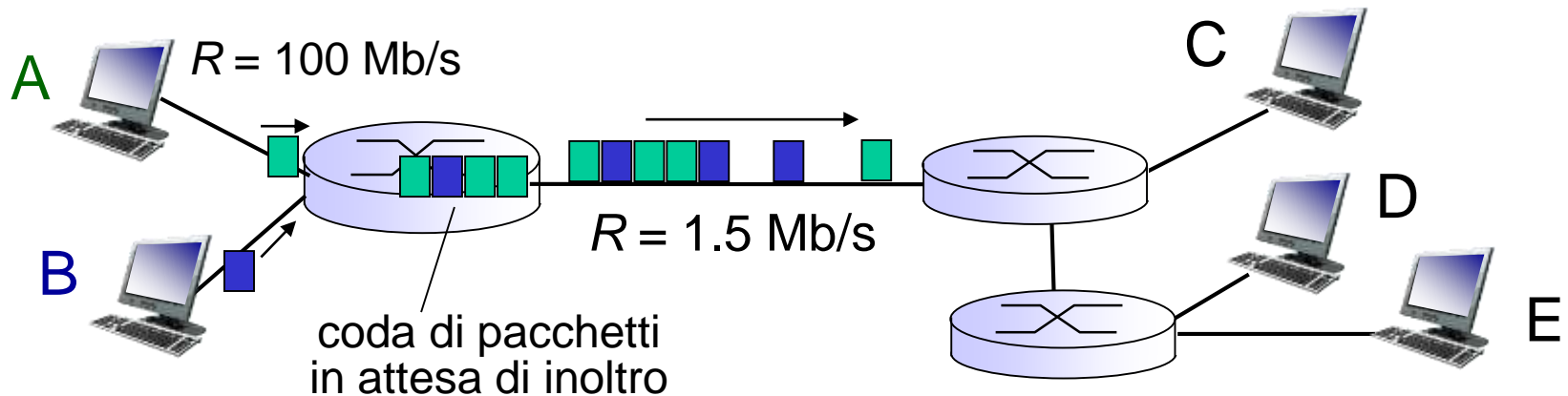
- ❖ occorrono  $L/R$  secondi per trasmettere (push out) pacchetti di  $L$ -bit su un link a  $R$  bps
- ❖ **store and forward**: l'intero pacchetto deve arrivare al router prima di venire ritrasmesso sul collegamento successivo
- ❖ ritardo end to end =  $2L/R$  (assumendo un ritardo di propagazione nullo)

*esempio numerico su un hop:*

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- ritardo = 5 sec

} approfondiremo tra breve il ritardo...

# Ritardo di accodamento e perdite



## accodamento e perdite:

- ❖ se il rapporto dei dati in arrivo (in bit) eccede il transmission rate del link per un certo periodo di tempo:
  - i pacchetti vengono accodati, in attesa di essere trasmessi
  - i pacchetti possono essere scartati (persi) se la memoria (il buffer) si riempie

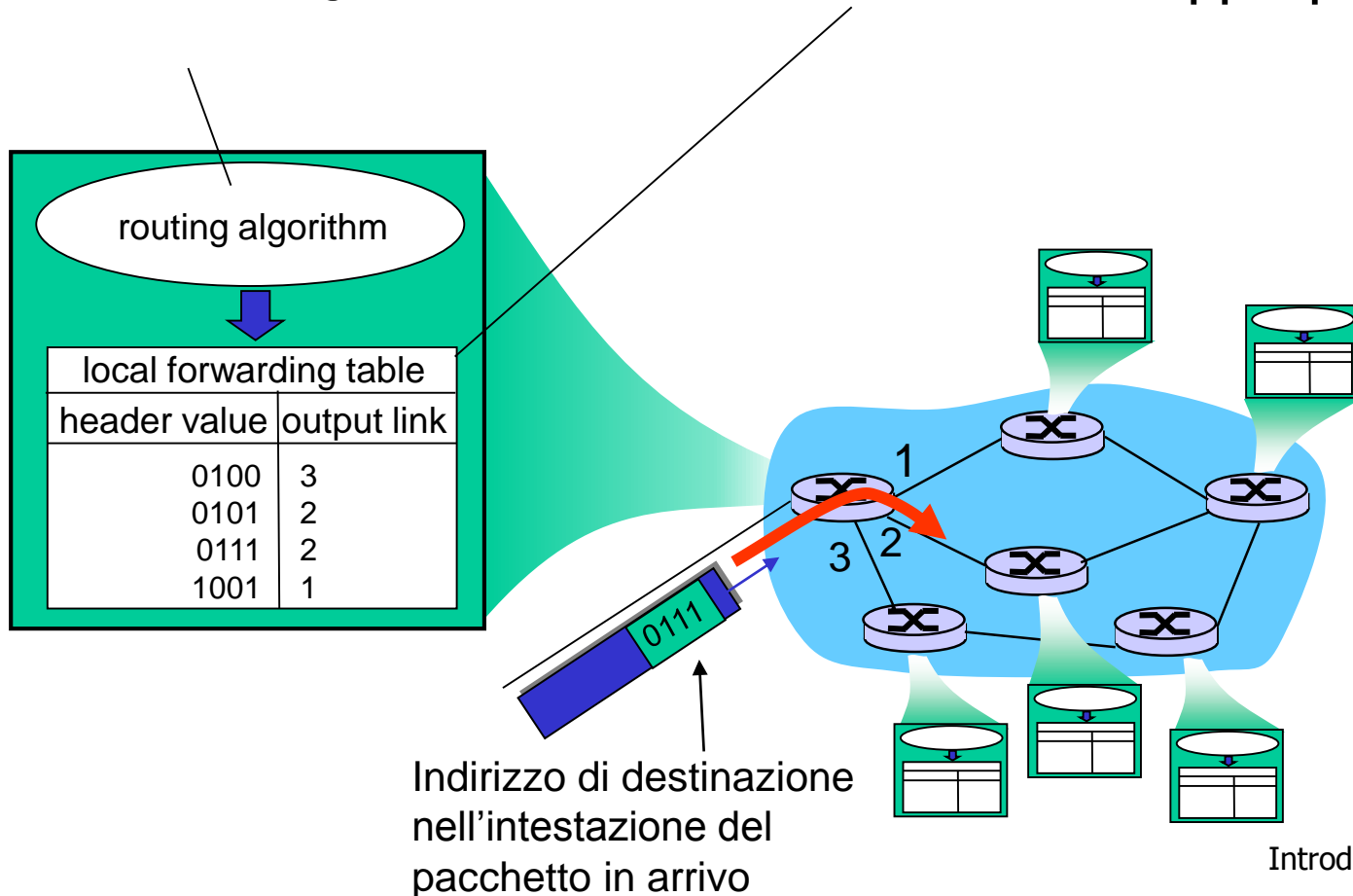


# Le due funzioni chiave del core

**routing:** determina il cammino sorgente-destinazione dei pacchetti

- *algoritmi di routing*

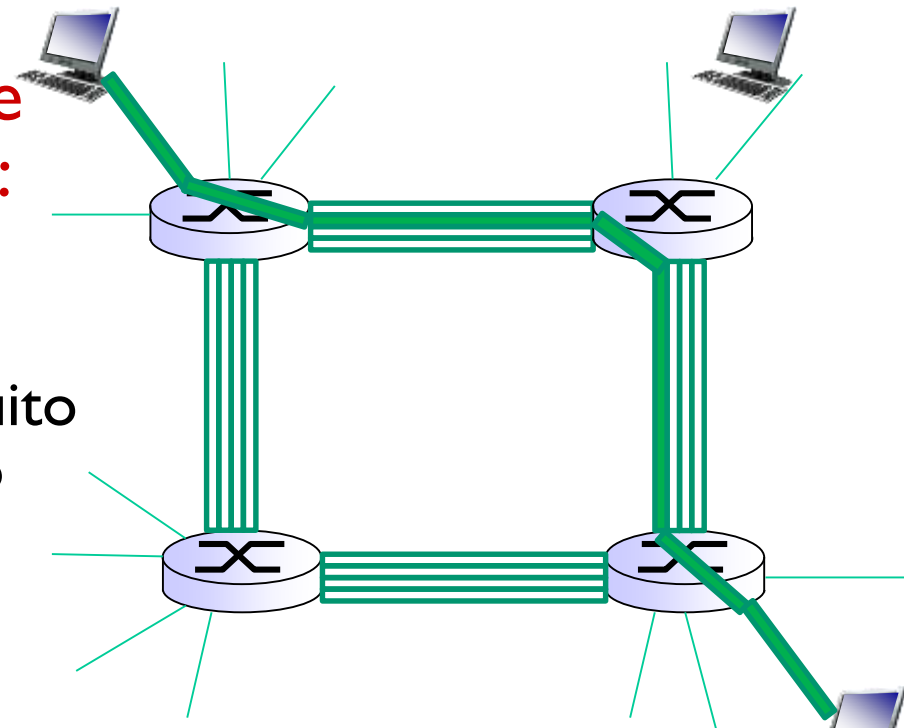
**forwarding:** muove i pacchetti in ingresso al router verso l'uscita del router appropriata



# Alternativa: commutazione di circuito

risorse di rete allocate e riservate alla comunicazione tra sorgente e destinazione:

- ❖ nel diagramma, ogni link ha quattro circuiti.
  - la chiamata prende il 2° circuito del link in alto e il 1° circuito nel link a destra.
- ❖ risorse dedicate: nessuna condivisione
- ❖ il circuito è inattivo se non c'è scambio di dati (*no sharing*)
- ❖ usato nelle reti telefoniche tradizionali

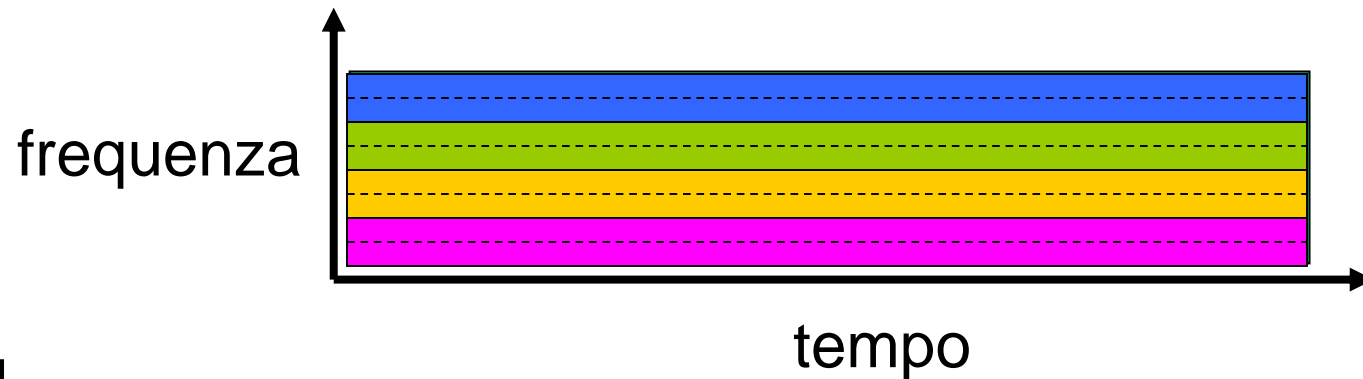


# Circuit switching: FDM versus TDM

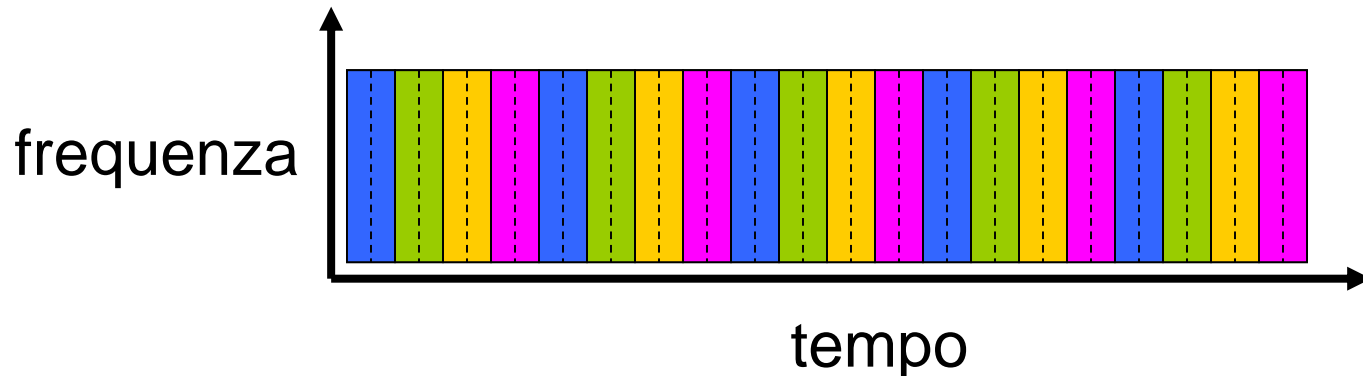
FDM

Esempio:

4 utenti



TDM



# Confronto packet switching - circuit switching

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

esempio:

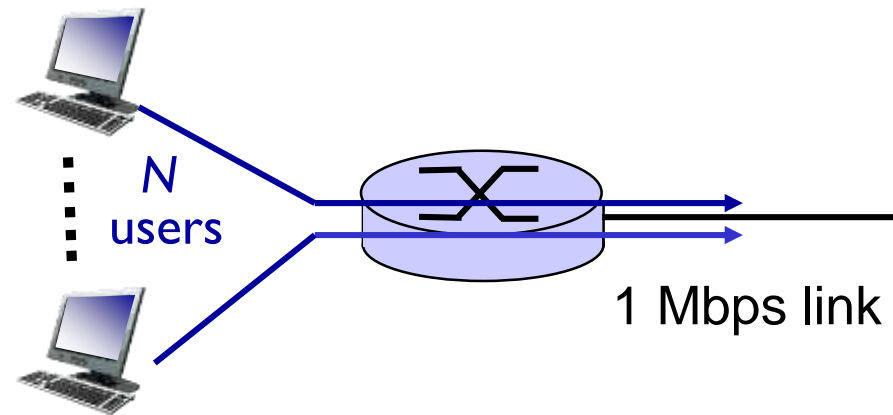
- 1 collegamento da 1 Mb/s
- ciascun utente:
  - 100 kb/s quando è “attivo”
  - attivo per il 10% del tempo

❖ *circuit-switching:*

- 10 utenti

❖ *packet switching:*

- con 35 utenti, la probabilità che 10 o più siano attivi allo stesso tempo è inferiore a .0004 \*



**D:** come è stato ottenuto il valore 0.0004?

**D:** che succede se  $> 35$  utenti ?

# Confronto packet switching - circuit switching

E' il packet switching la “scelta vincente?”

- ❖ ottima per dati a raffica
  - condivisione delle risorse
  - semplice, non necessita l'impostazione della chiamata
- ❖ **eccessiva congestione possibile:** 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 garantire una certa bandwidth necessaria ad applicazioni audio/video
  - è ancora un problema irrisolto (capitolo 7)

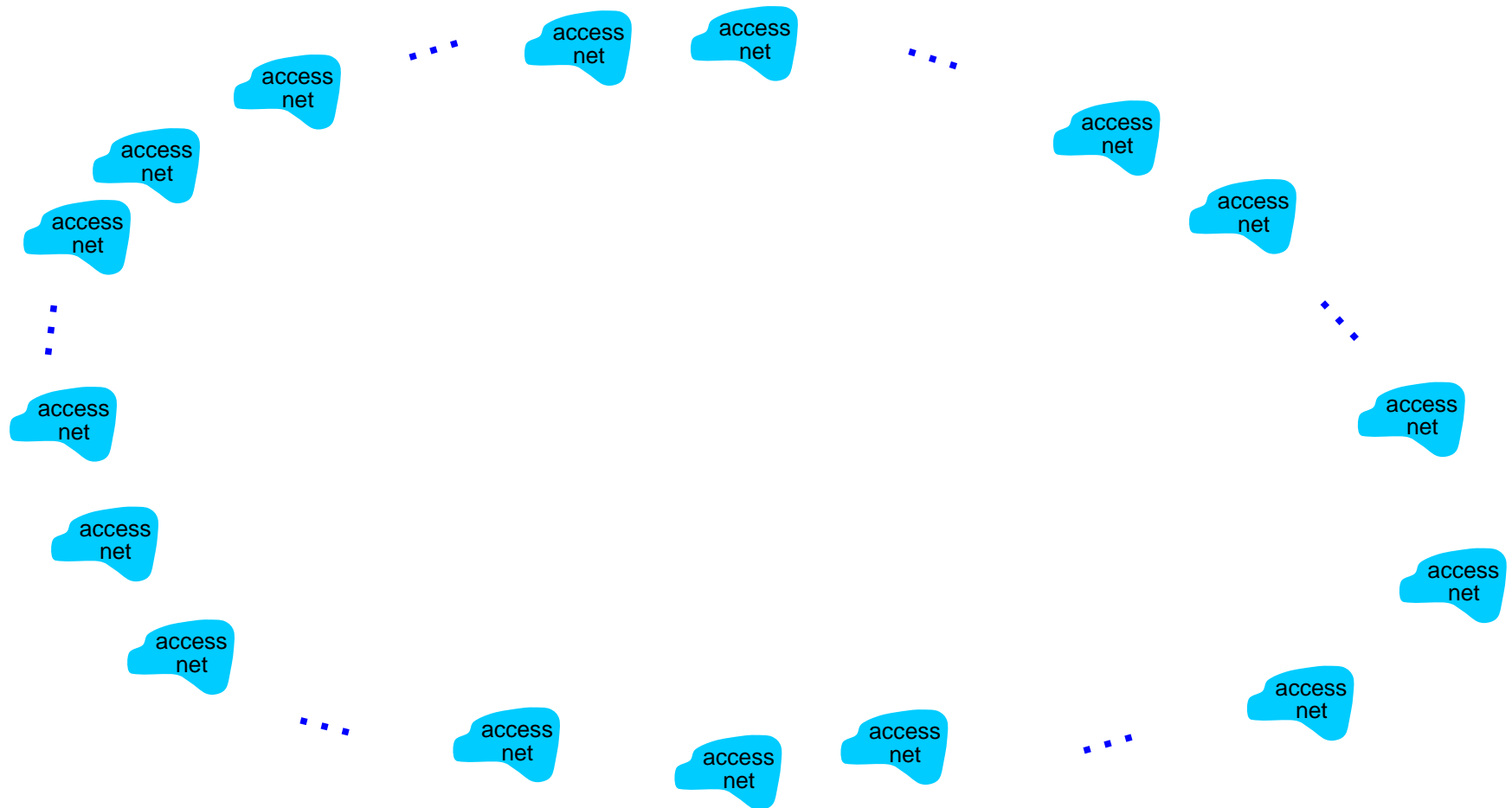
D: Vi vengono in mente analogie umane relative alle “risorse limitate” (commutazione di circuito) confrontate con “l'allocazione su richiesta” (commutazione di pacchetto)?

# Struttura di Internet: la rete delle reti

- ❖ gli end system si connettono a Internet tramite **ISP** (Internet Service Providers) di accesso
- ❖ gli ISP di accesso devono essere interconnessi.
  - ❖ qualsiasi coppia di host deve potersi scambiare dati
- ❖ la risultante rete delle reti è molto complessa
  - ❖ L'evoluzione è stata dettata da ragioni economiche e politiche nazionali

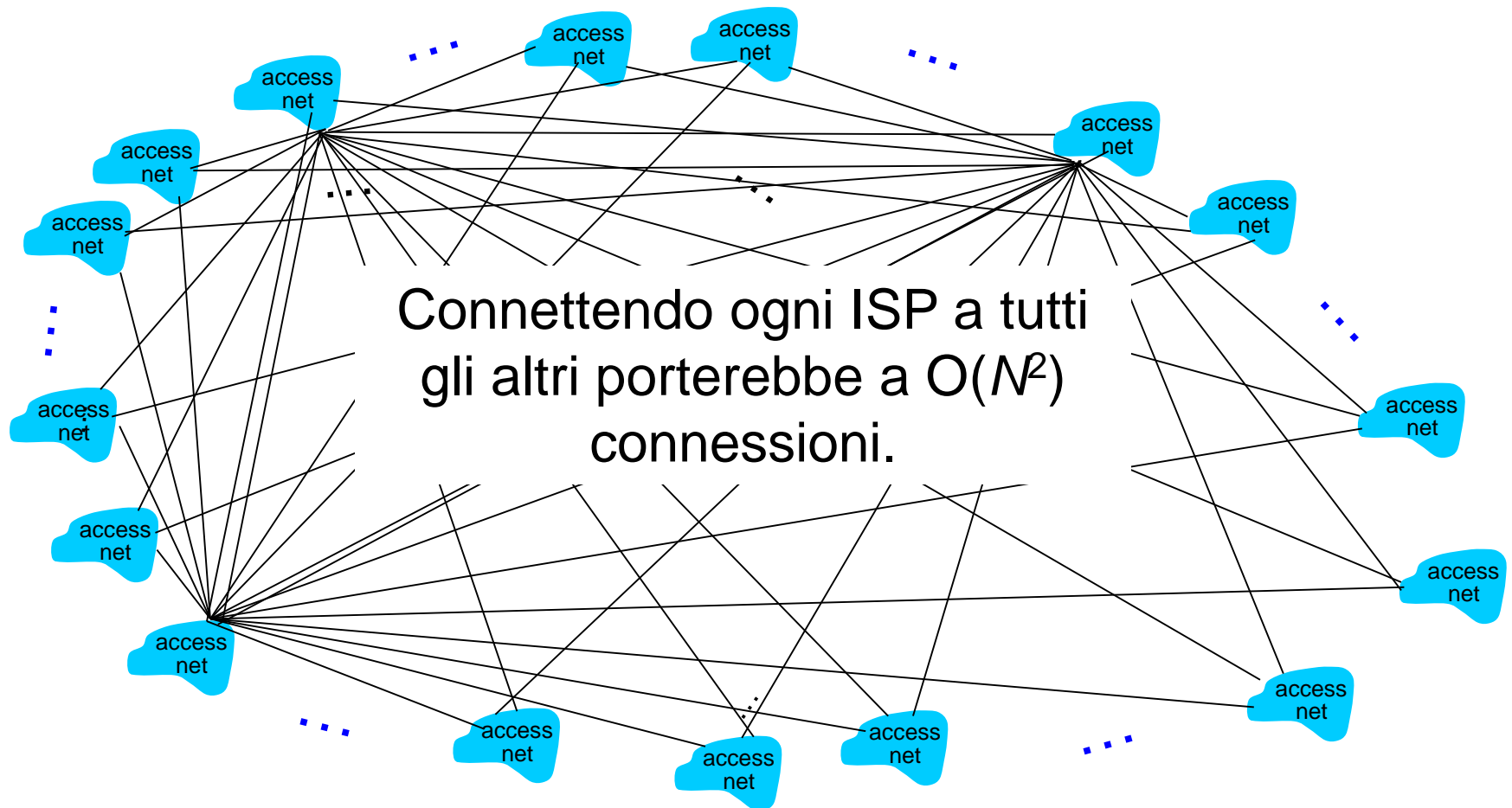
# Struttura di Internet: la rete delle reti

**Domanda:** dati *milioni* di ISP di accesso, come connetterli?



# Struttura di Internet: la rete delle reti

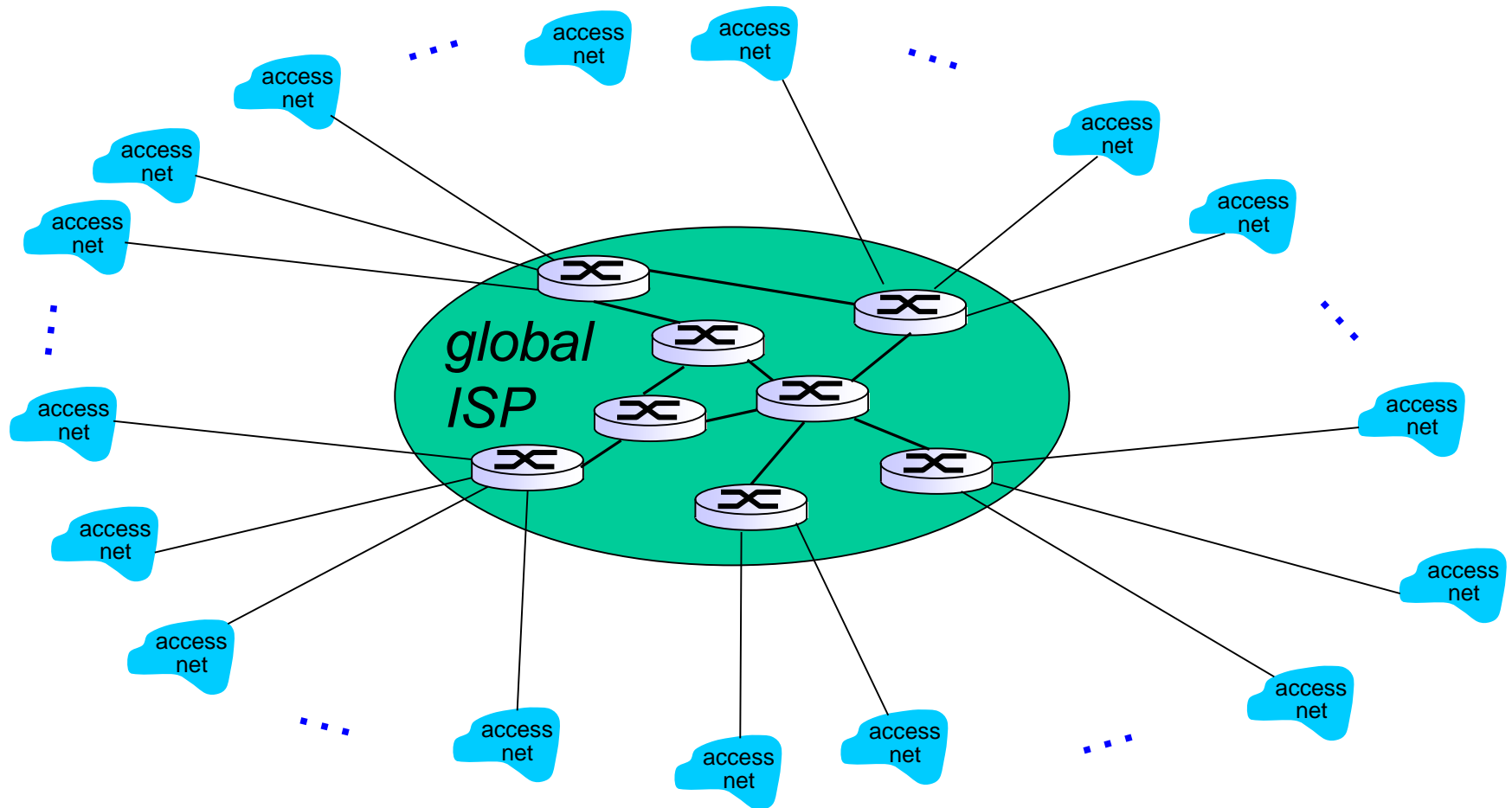
*Opzione: connettere ogni ISP a tutti gli altri ISP?*





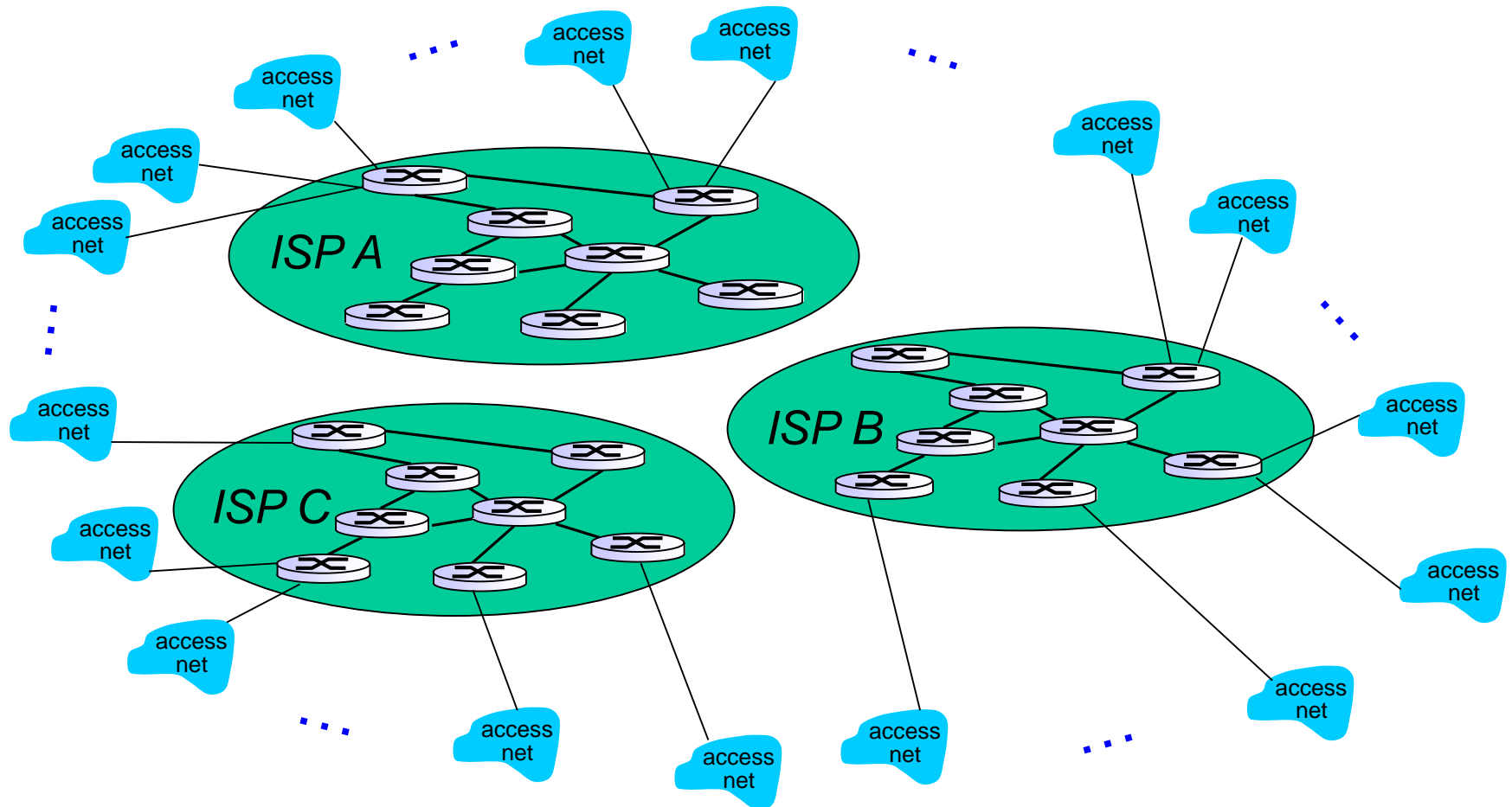
# Struttura di Internet: la rete delle reti

*Opzione: connettere ogni ISP di accesso a un ISP globale di transito?*



# Struttura di Internet: la rete delle reti

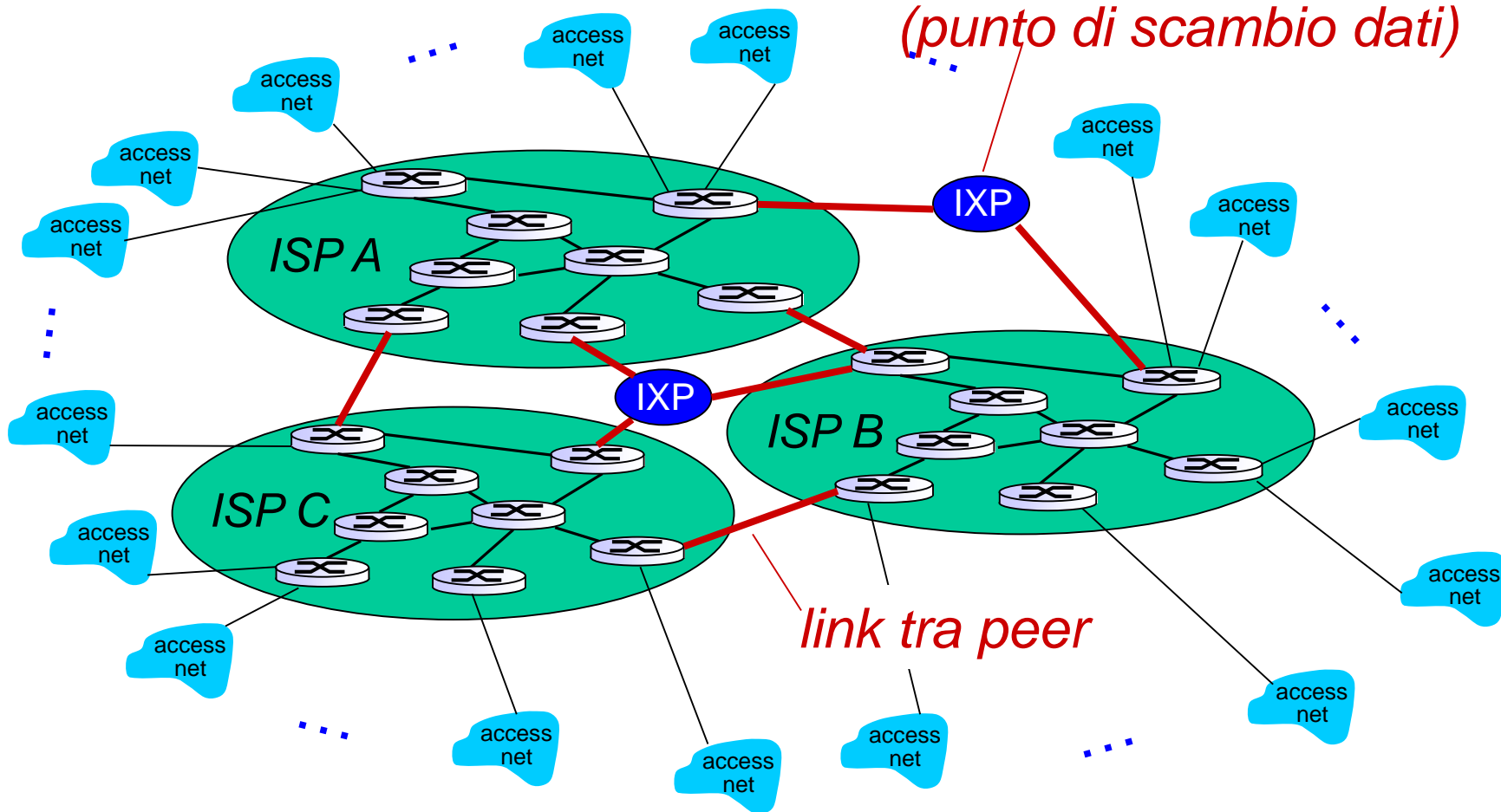
Ma se un ISP globale è un buon affare, ci saranno competitori ....



# Struttura di Internet: la rete delle reti

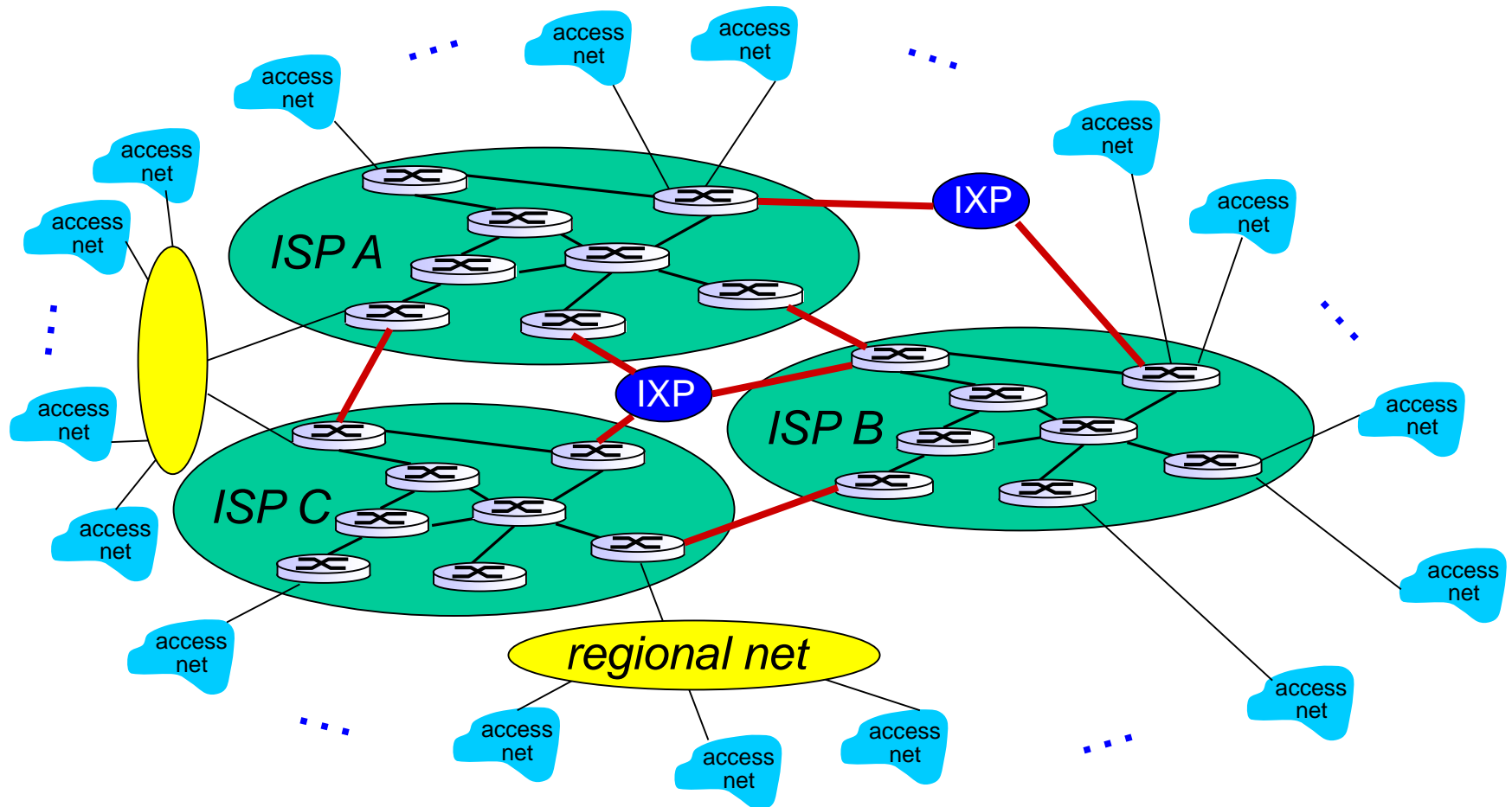
Ma se un ISP globale è un buon affare, ci saranno competitori ....  
che devono essere interconnessi

*Internet exchange point  
(punto di scambio dati)*



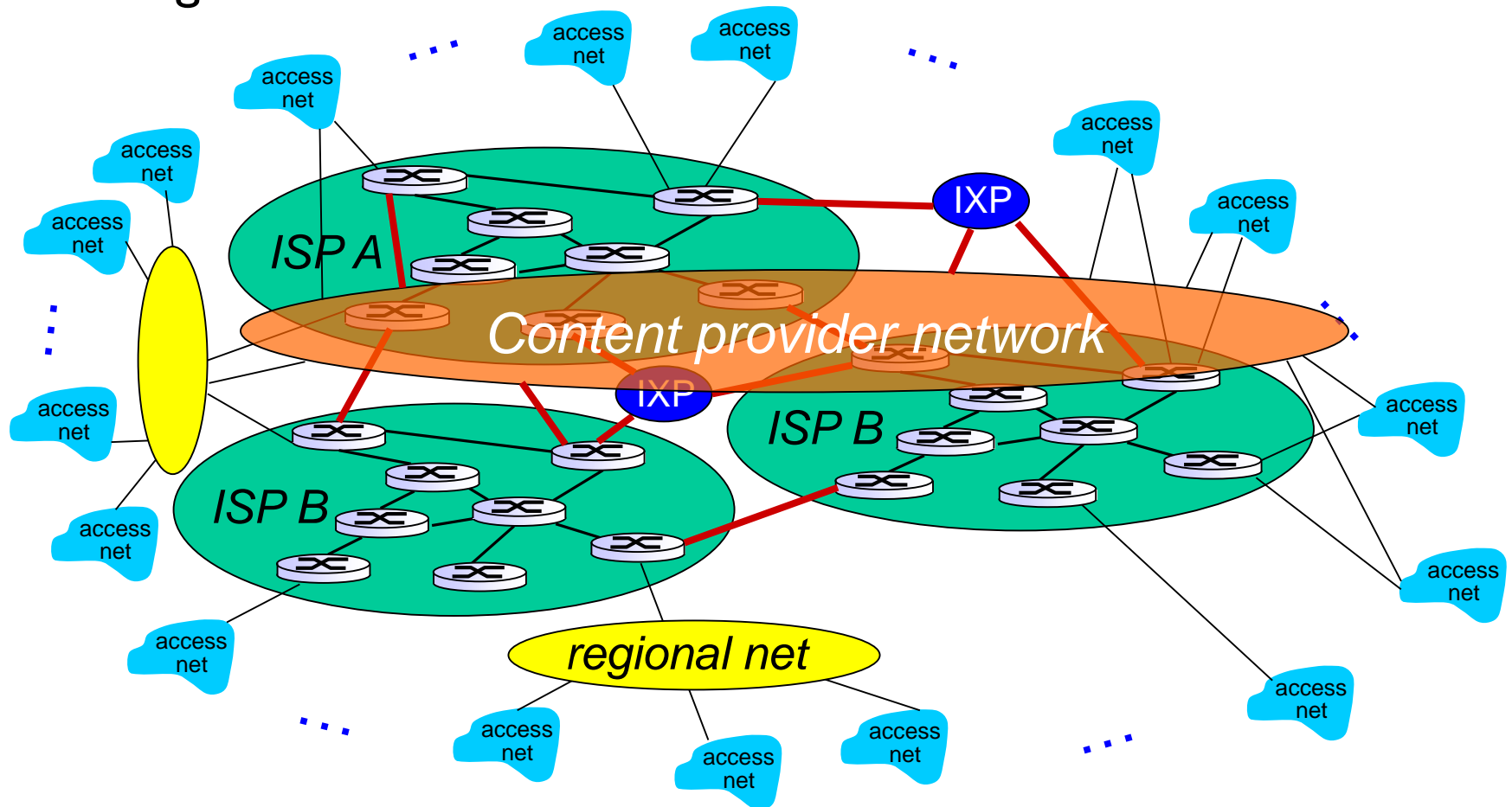
# Struttura di Internet: la rete delle reti

... e potrebbero nascere reti regionali che forniscano accesso agli ISP

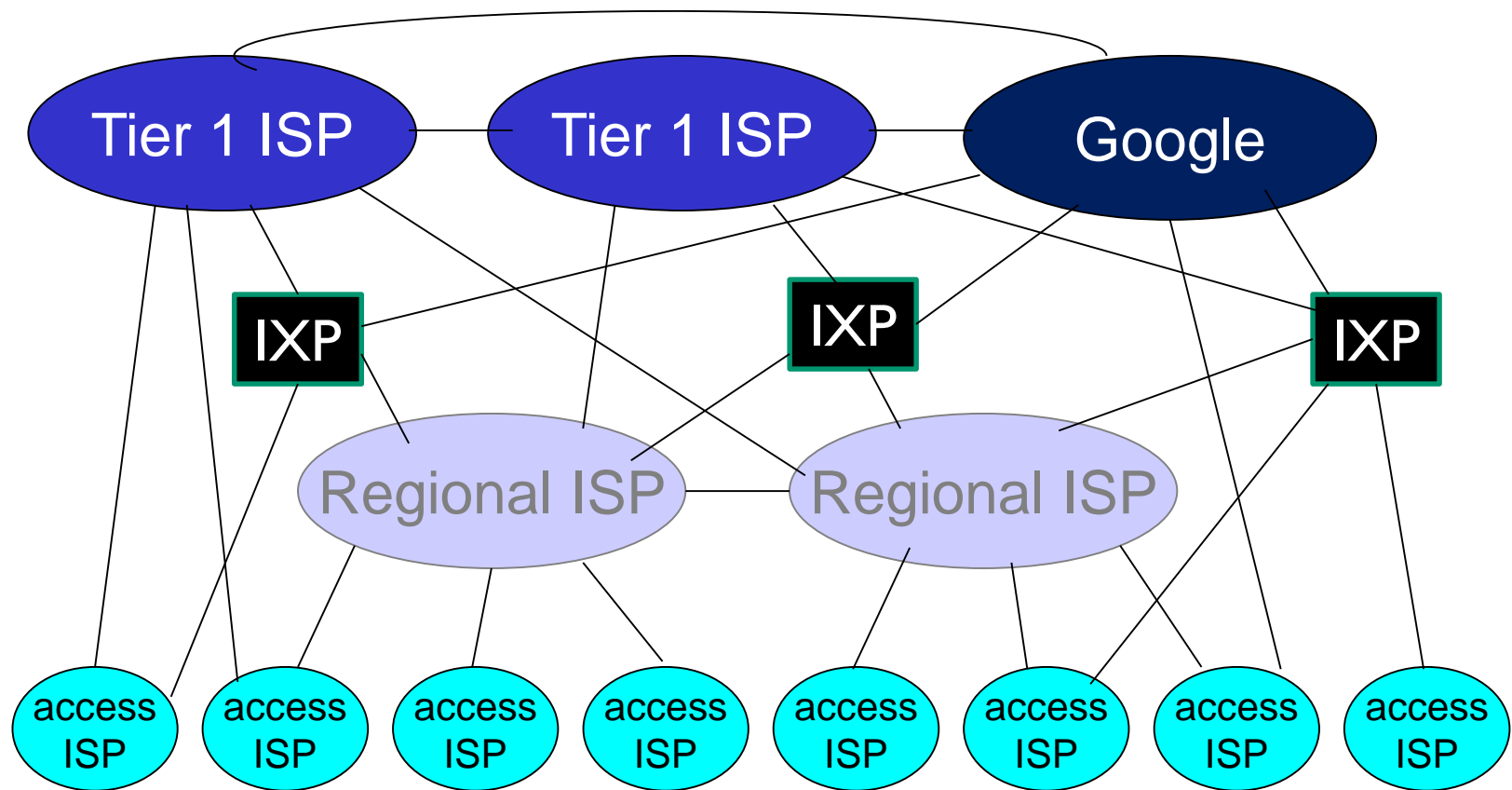


# Struttura di Internet: la rete delle reti

... e reti fornitrici di contenuti (es., Google, Microsoft, Akamai) potrebbero avere le proprie reti, per portare servizi e contenuti vicino agli end user

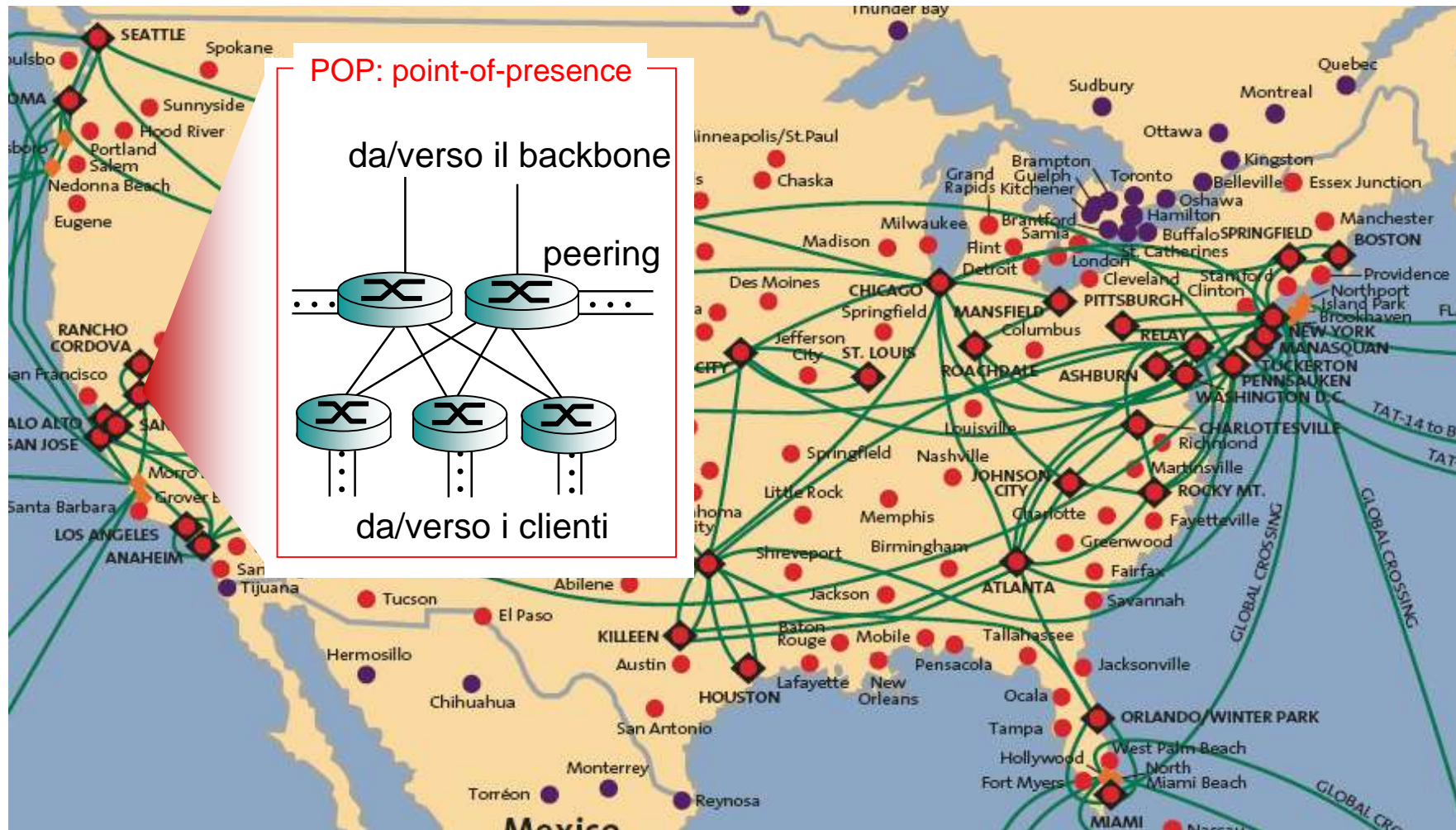


# Struttura di Internet: la rete delle reti



- ❖ al centro: piccolo # di grandi reti well-connected
  - “tier-I” ISP commerciali (es., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), copertura nazionale e internazionale
  - rete di un content provider (es., Google): rete private che connette i suoi data centers a Internet, spesso bypassando tier-I e regional ISP

# Tier-I ISP: es., Sprint





# Capitolo 1: roadmap

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

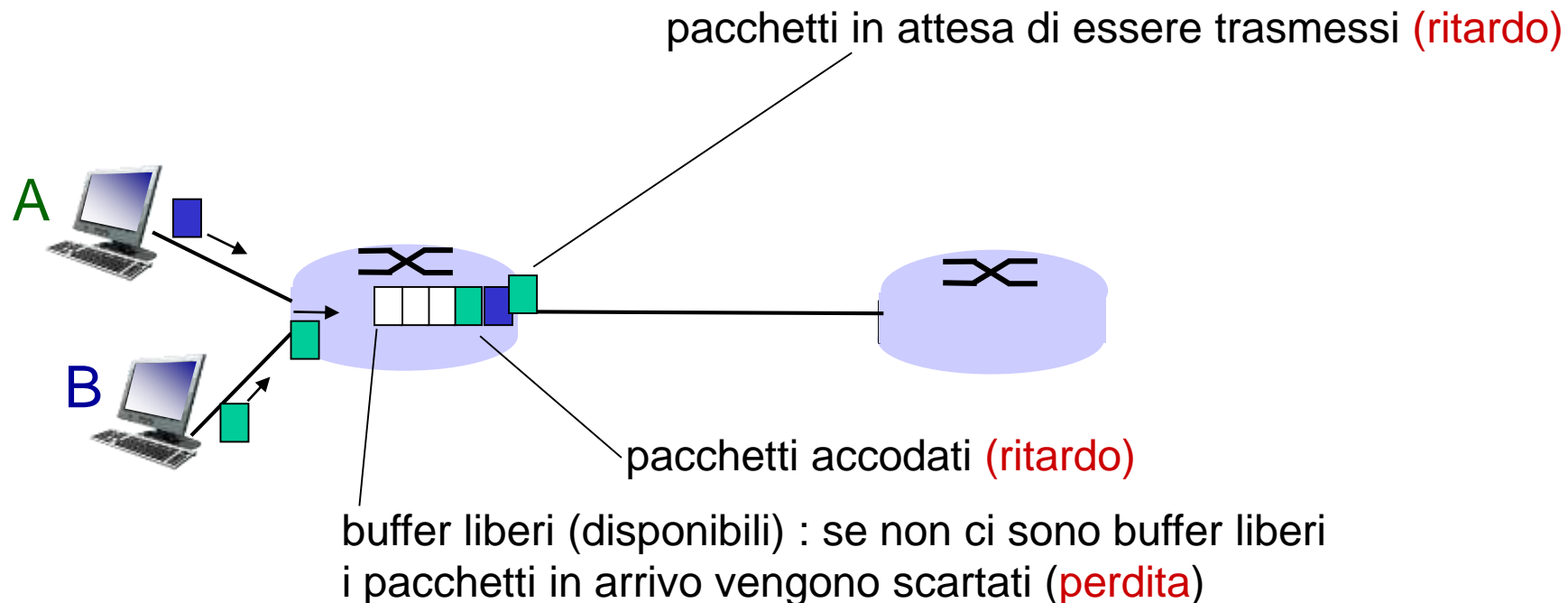
I.7 Cenni storici



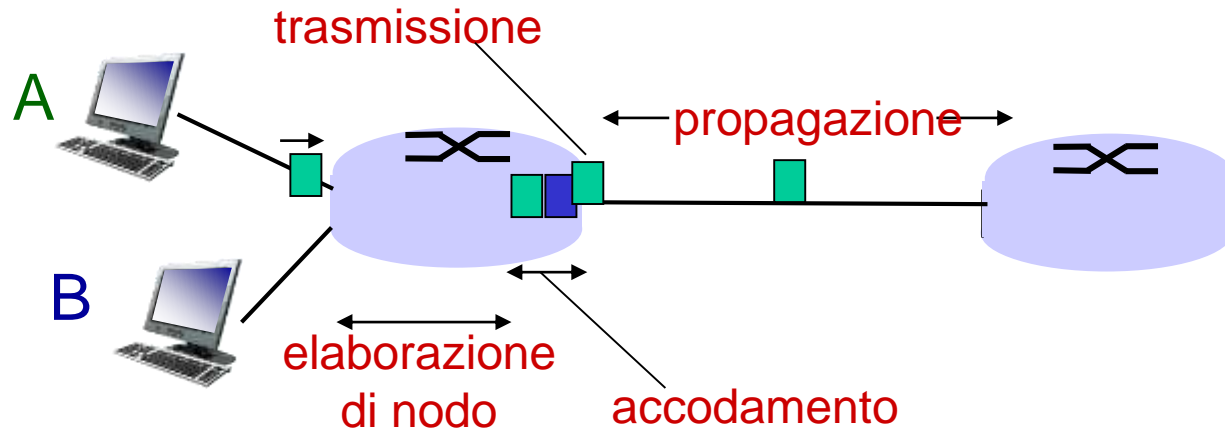
# Come si verificano ritardi e perdite?

i pacchetti *si accodano* nei buffer dei router

- ❖ il tasso di arrivo dei pacchetti sul collegamento eccede (temporaneamente) la capacità del collegamento di evaderli
- ❖ i pacchetti si accodano, in attesa del loro turno



# Quattro cause di ritardo per i pacchetti



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

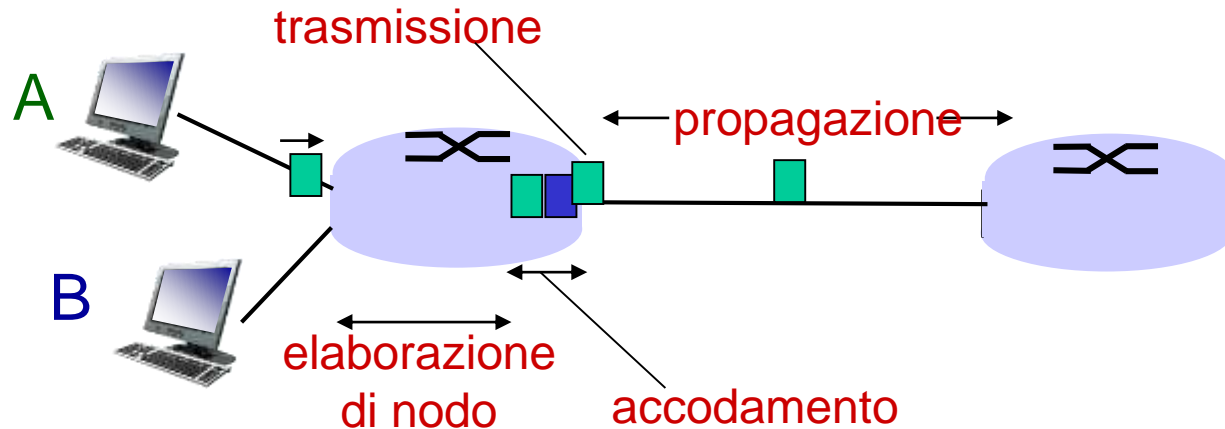
$d_{\text{proc}}$ : elaborazione  
(processing) di nodo

- controllo dei bit di errore
- determinazione del canale di uscita
- tipicamente < msec

$d_{\text{queue}}$ : accodamento  
(queueing)

- attesa per la trasmissione sul collegamento di output
- dipende dal livello di congestione del router

# Quattro cause di ritardo per i pacchetti



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

$d_{\text{trans}}$ : ritardo di trasmissione:

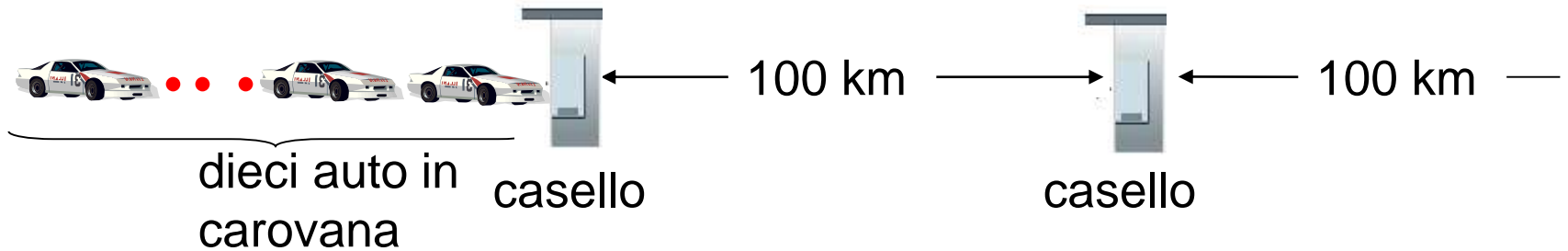
- $L$ : lunghezza del pacchetto (bit)
- $R$ : *bandwidth* del link (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

$d_{\text{prop}}$ : ritardo di propagazione:

- $d$ : lunghezza del collegamento fisico
- $s$ : velocità di propagazione nel mezzo ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

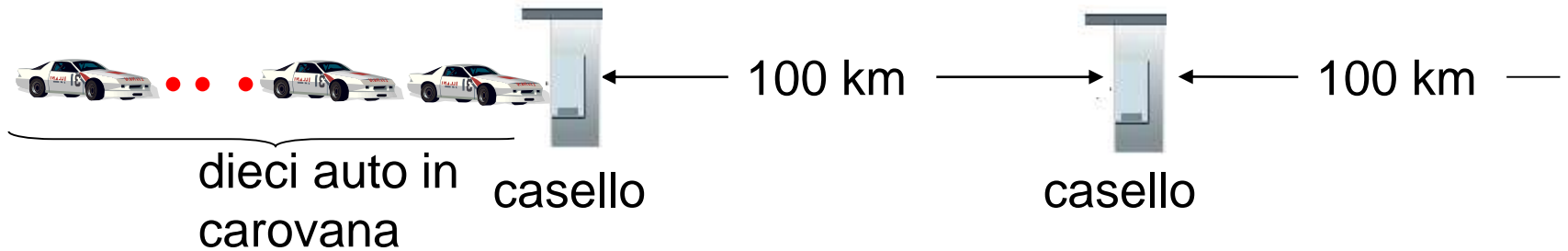
$d_{\text{trans}}$  e  $d_{\text{prop}}$   
sono *molto* differenti

# L'analogia del casello autostradale



- ❖ le automobili viaggiano (si “propagano”) alla velocità di 100 km/hr
  - ❖ il casello serve (“trasmette”) un’auto ogni 12 secondi
  - ❖ auto ~ bit; carovana ~ packet
  - ❖ **D: quanto tempo occorre perché le 10 auto di trovino di fronte al secondo casello?**
- Tempo richiesto al casello per trasmettere l’intera carovana =  $12 \times 10 = 120 \text{ sec}$
  - Tempo richiesto all’ultima auto per viaggiare fino al secondo casello:  $100 \text{ km} / (100 \text{ km/hr}) = 1 \text{ hr}$
  - **R: 62 minuti**

# L'analogia del casello autostradale



- ❖ le auto ora si “propagano” alla velocità di 1000 km/hr
- ❖ e al casello occorre 1 minuto per servire un'auto
- ❖ **D: le prime auto arriveranno al secondo casello prima che le ultime auto lascino il primo?**
  - **R: Sì!** dopo 7 minuti, la prima auto arriva al secondo casello; tre auto saranno ancora in coda al primo casello.

# Ritardo di accodamento

- ❖  $R$ : bandwidth del link (bps)
- ❖  $L$ : lunghezza del pacchetto (bits)
- ❖  $a$ : tasso medio di arrivo dei pacchetti



- ❖  $\lambda a / R \sim 0$ : ritardo medio piccolo
- ❖  $\lambda a / R \rightarrow 1$ : ritardo medio consistente
- ❖  $\lambda a / R > 1$ : più “lavoro” in arrivo di quanto possa essere svolto, ritardo medio infinito!



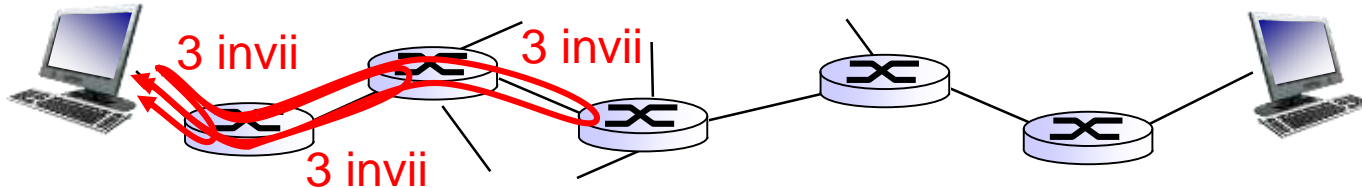
$\lambda a / R \sim 0$



$\lambda a / R \rightarrow 1$

# Ritardi e percorsi in Internet


- ❖ Cosa significano effettivamente ritardi e perdite nell'Internet “reale”?
- ❖ **traceroute**: programma diagnostico che fornisce una misura del ritardo dalla sorgente ai router lungo il percorso verso la destinazione
  - invia tre pacchetti che raggiungeranno l'i-esimo router sul percorso verso la destinazione
  - il router restituirà i pacchetti al mittente
  - il mittente calcola l'intervallo tra trasmissione e risposta



# “Real” Internet delays, routes

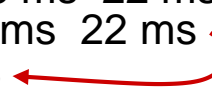
**traceroute:** da gaia.cs.umass.edu verso www.eurecom.fr

3 misure del 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



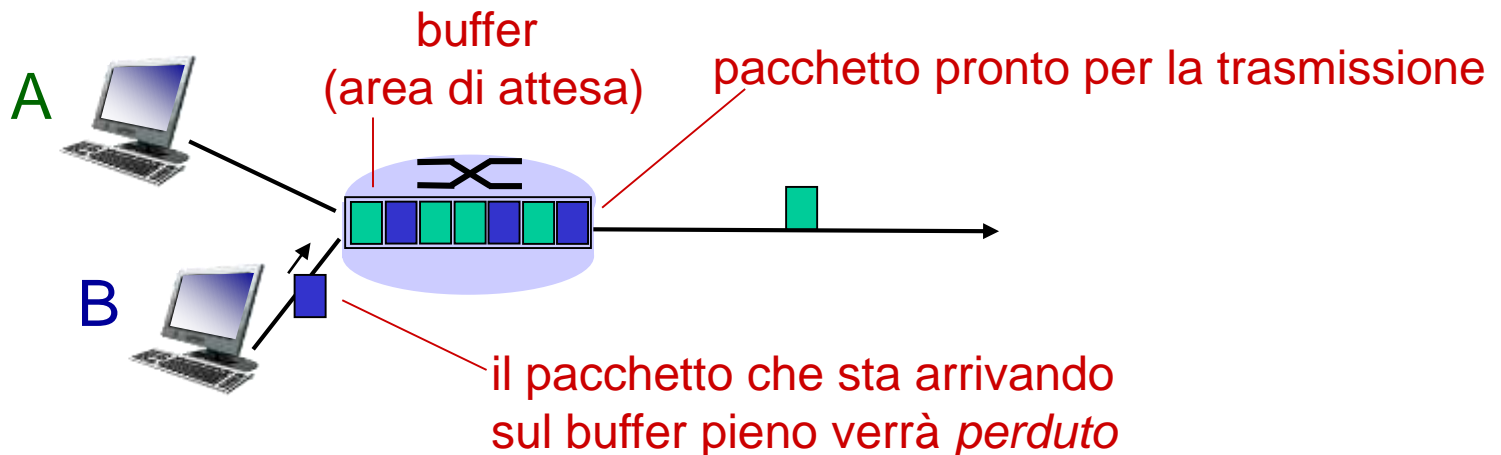
\* significa nessuna risposta (risposta persa, il router non risponde)





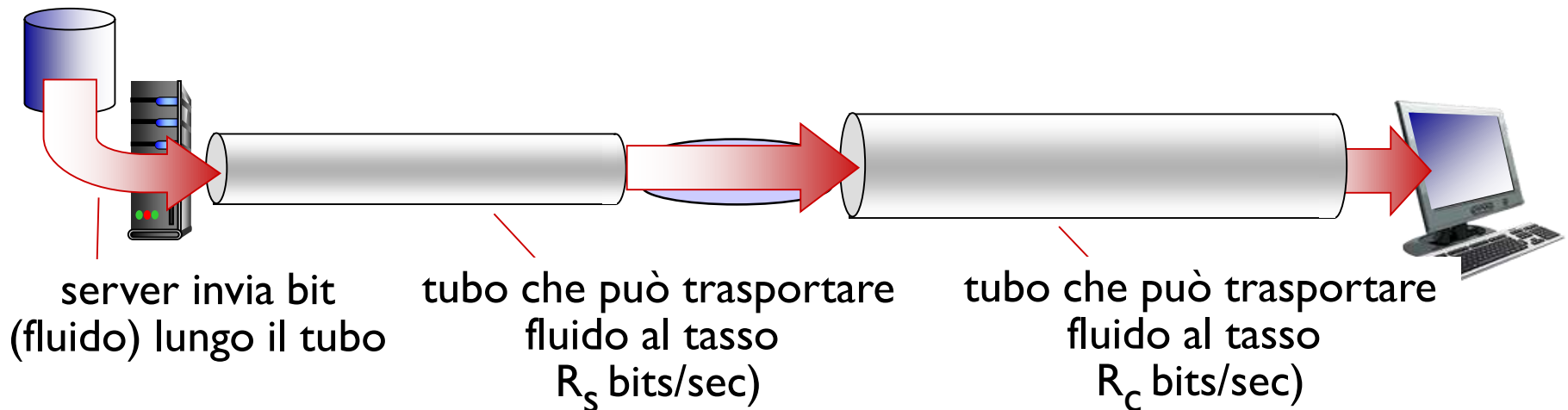
# Perdita di pacchetti

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



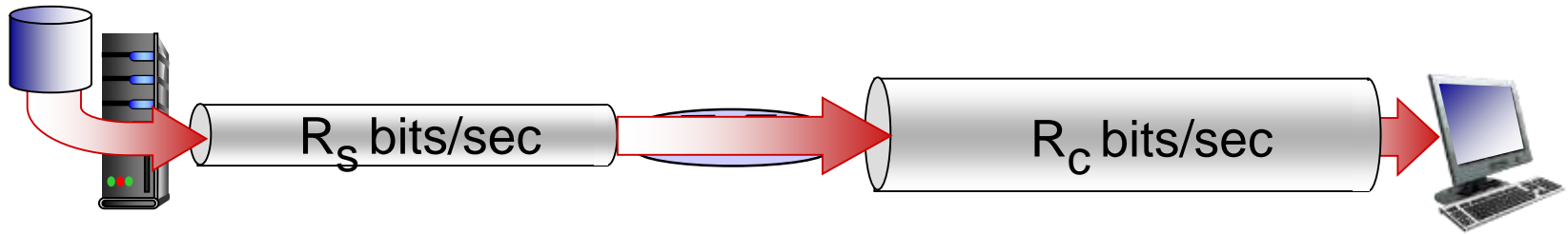
# Throughput

- ❖ *throughput*: tasso (bit/unità di tempo) con il quale i bit vengono trasferiti tra mittente e destinatario
  - *istantaneo*: tasso in un determinato momento
  - *medio*: tasso in un periodo di tempo

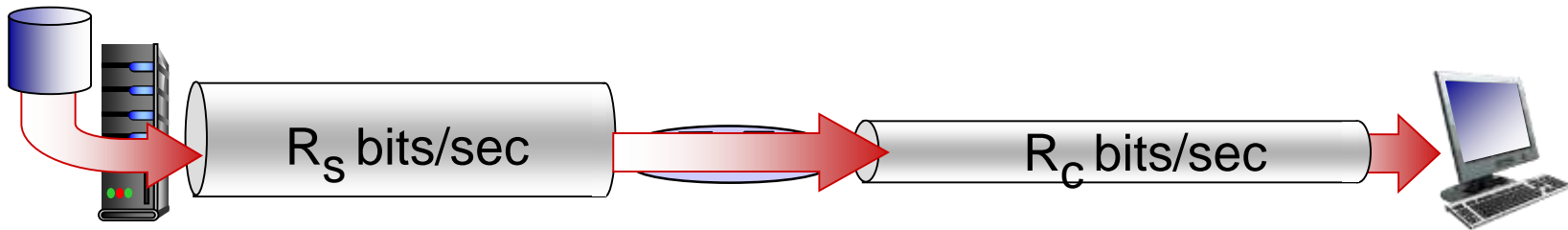


# Throughput (more)

❖  $R_s < R_c$  qual'è il throughput medio end to end?



❖  $R_s > R_c$  qual'è il throughput medio end to end?

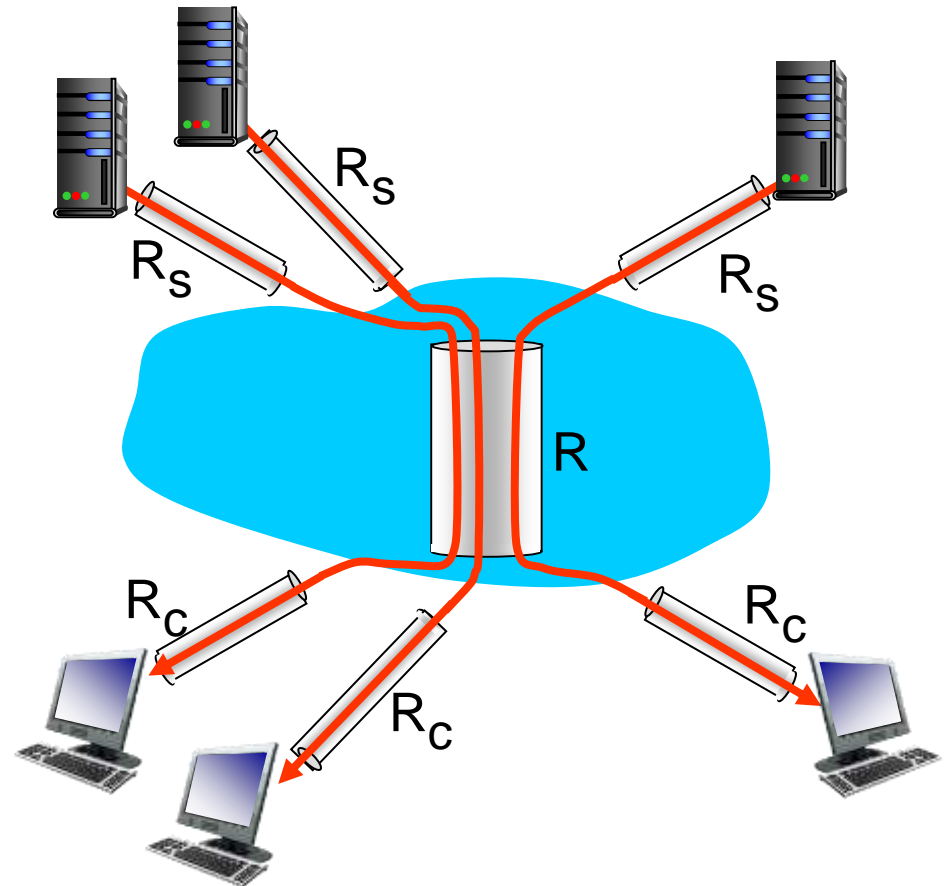


*collegamento “collo di bottiglia” (bottleneck)*

link nel percorso end to end che vincola il throughput

# Throughput: scenario Internet

- ❖ throughput end to end per connessione:  $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❖ in pratica:  $R_c$  o  $R_s$  sono spesso i bottleneck



10 connessioni condividono (lealmente)  
il link backbone  $R$  bits/sec

# Capitolo 1: roadmap

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

I.7 Cenni storici

# Livelli di protocollo

*Le reti sono complesse,  
con molti “pezzi”:*

- host
- router
- svariate tipologie di mezzi trasmissivi
- applicazioni
- protocolli
- hardware, software

*Domanda:*

C'è qualche speranza di  
*organizzare* la struttura  
delle reti?

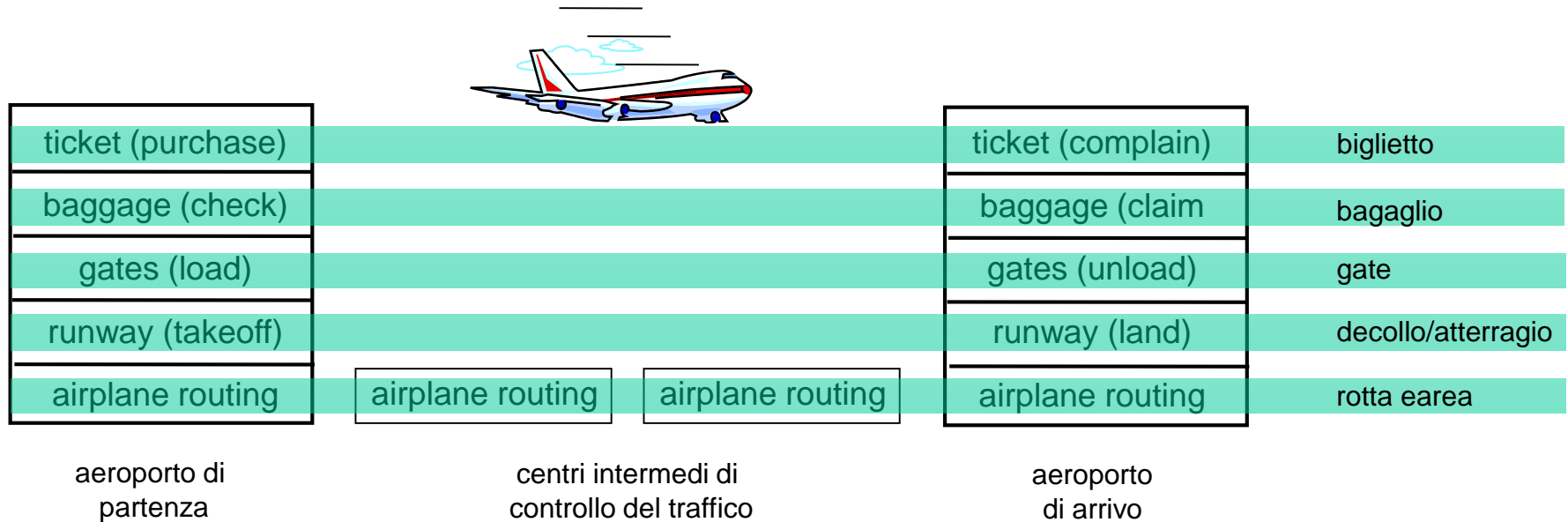
.... o almeno la nostra  
trattazione sulle reti?

# Organizzazione di un viaggio aereo



❖ una serie di passi successivi

# funzionalità linea aerea: layering



***livelli (layer):*** ogni livello implementa un servizio

- effettuando azioni all'interno del livello stesso
- affidandosi ai servizi forniti dal livello inferiore



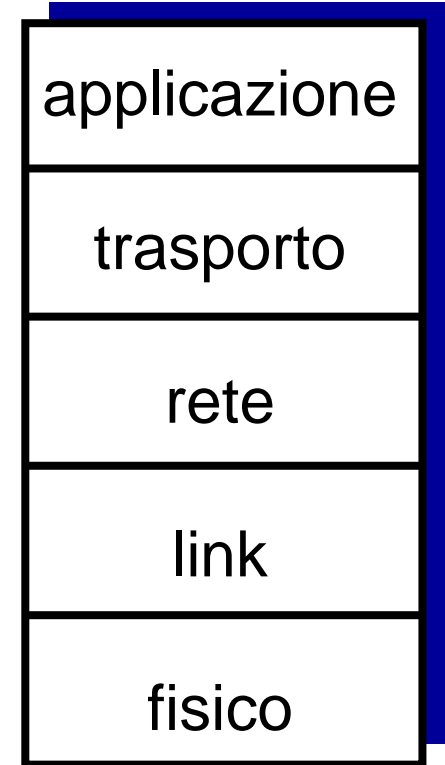
# Perché strutturare a livelli?

quando si ha a che fare con sistemi complessi:

- ❖ una struttura esplicita consente l'identificazione dei vari componenti di un sistema complesso e di come si relazionano
  - analisi del **modello di riferimento a strati**
- ❖ la modularizzazione facilita la manutenzione e l'aggiornamento di un sistema
  - modifiche all'implementazione di un servizio in un livello 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 dati da processo a processo
  - TCP, UDP
- ❖ *rete*: instradamento dei datagrammi dalla sorgente alla destinazione
  - IP, protocolli di routing
- ❖ *link (collegamento)*: trasferimento dei dati tra elementi vicini
  - Ethernet, 802.111 (WiFi), PPP
- ❖ *fisico*: trasferimento dei bit sul mezzo

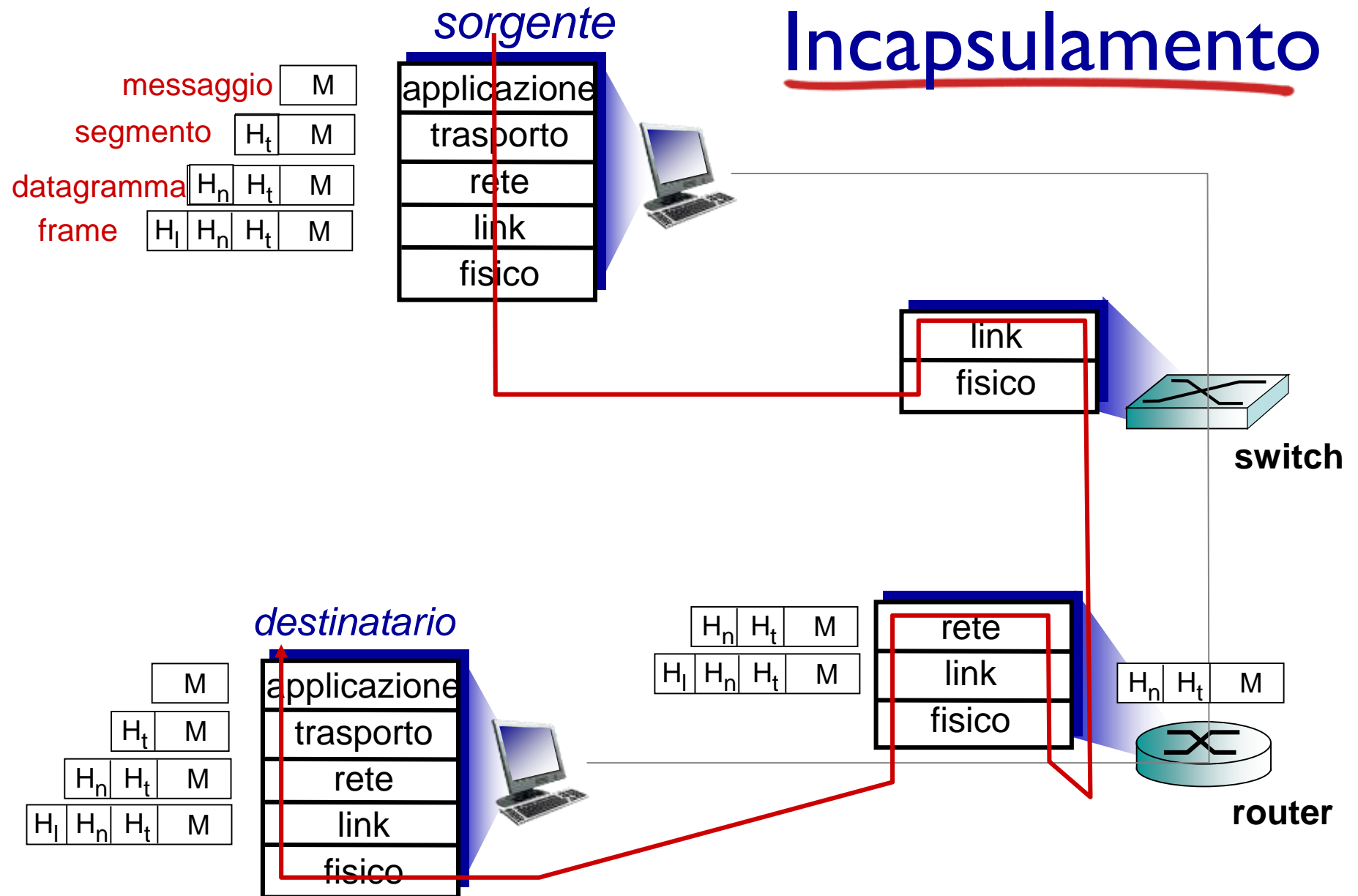


# Modello di riferimento ISO/OSI

- ❖ **presentazione**: premette alle applicazioni di interpretare il significato dei dati, es., crittografia, compressione, convenzioni machine-specific
- ❖ **sessione**: sincronizzazione, checkpointing, recupero di uno scambio di dati
- ❖ in Internet mancano questi layers!
  - questi servizi, se *necessari*, devono essere implementati nell'applicazione
  - sono necessari?



# Incapsulamento



# Capitolo 1: roadmap

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

I.7 Cenni storici

# Sicurezza della rete

## ❖ campi della sicurezza di rete:

- come i malintenzionati possono attaccare le reti
- come ci possiamo difendere dagli attacchi
- come progettare architetture immuni da attacchi

## ❖ Internet non è stata inizialmente progettata tenendo in mente problematiche di sicurezza

- *visione originale* : “un gruppo di utenti che si fidano reciprocamente collegati a una rete trasparente” 😊
- i designer dei protocolli di Internet hanno sempre dovuto “inseguire”
- considerazioni sulla sicurezza vanno fatte in tutti i layers!

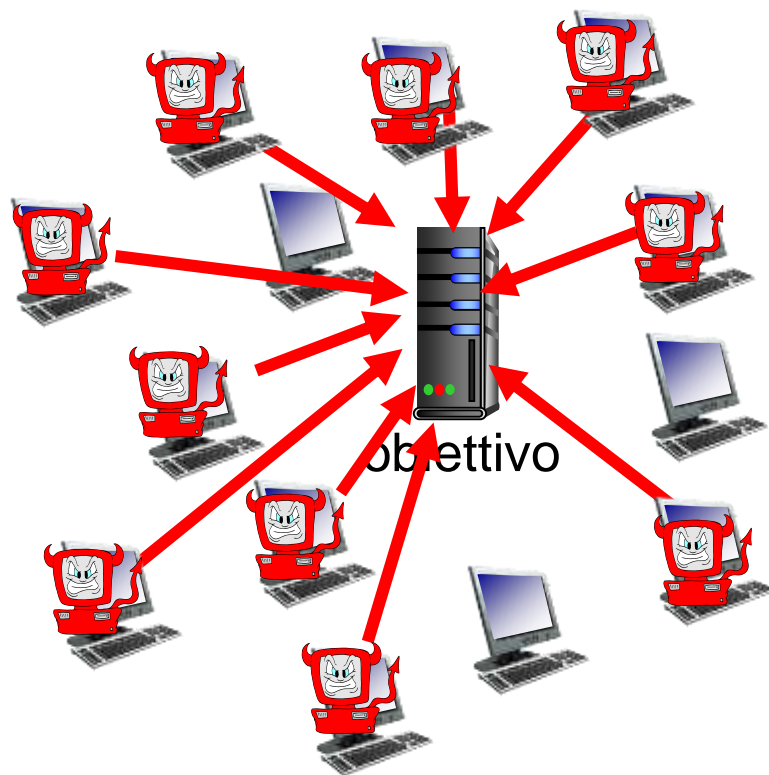
# Inserimento di malware negli host via Internet

- ❖ come un malware può essere preso da un host:
  - *virus*: infezioni auto-replicanti tramite ricezione/esecuzione di oggetti (es., e-mail attachment)
  - *worm*: infezioni auto-replicanti tramite ricezione passiva di oggetti che si auto-eseguono
- ❖ *spyware malware* possono registrare i tasti premuti, i siti web visitati, e inviare tali informazioni a siti di raccolta
- ❖ host infettati possono essere aggiunti a delle *botnet*, usate per lo spam o attacchi DDoS

# Attacco ai server e alle infrastrutture di rete

**Denial of Service (DoS):** gli attaccanti rendono le risorse (server, bandwidth) non disponibili al traffico legittimo sovraccaricando le risorse con traffico inutile

1. selezione dell'obiettivo
2. compromissione di diversi host nella rete (botnet)
3. invio di pacchetti verso l'obiettivo dagli hosts compromessi

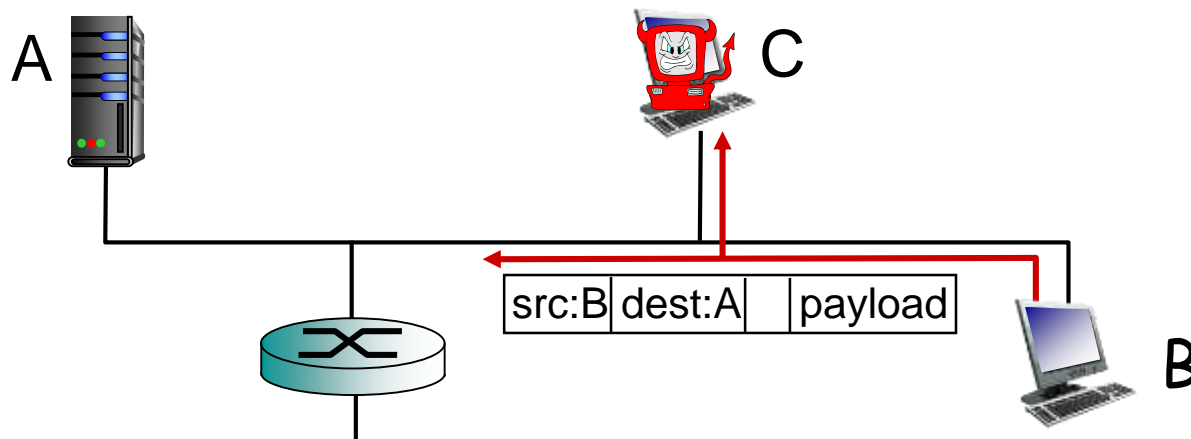




# Lettura (sniff) dei pacchetti

## *packet “sniffing”:*

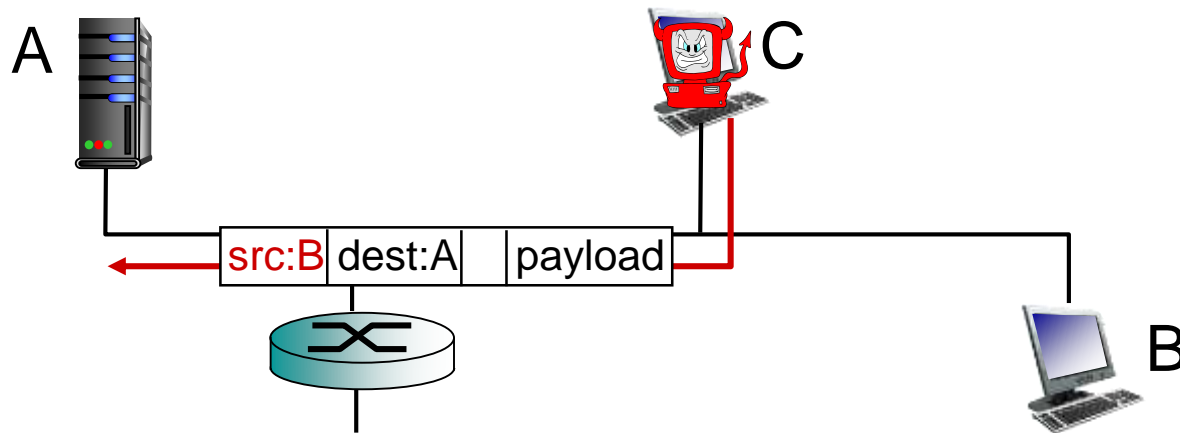
- mezzo su cui c'è broadcast (ethernet condivisa, wireless)
- interfacce di rete promiscue leggono/registrano tutti i pacchetti in transito (es., comprese le passwords!)



- ❖ wireshark, il software che useremo nei laboratori è un packet-sniffer (free)

# Utilizzo di indirizzi fasulli

*IP spoofing*: invio di pacchetti con falso indirizzo sorgente



*... in seguito approfondiremo sulla sicurezza*

# Capitolo 1: roadmap

I.1 Cos'è Internet?

I.2 Ai confini della rete

- sistemi terminali, accesso alla rete, collegamenti

I.3 Il nucleo della rete

- Commutazione di pacchetto, commutazione di circuito, struttura della rete

I.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti

I.5 Livelli di protocollo e modelli di servizi

I.6 Reti sotto attacco: sicurezza

I.7 Cenni storici

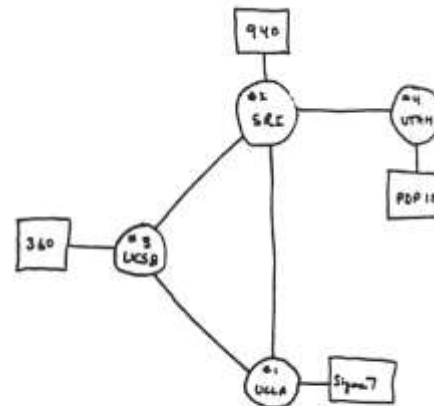
# Storia di Internet

## *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
- ❖ **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 collega le università delle Hawaii
- ❖ **1974:** Cerf and 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 a lunghezza fissa  
(precursore dell'ATM)
- ❖ **1979:** ARPAnet ha 200 nodi

### Principi dell'internetworking di Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia - non devono essere necessari cambiamenti interni per collegare le varie reti
- 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: Cset, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❖ 100,000 host collegati

# Storia di Internet

*1990, 2000 's: commercializzazione, il Web, nuove applicazioni*

- ❖ primi anni '90: ARPAnet viene dismessa
- ❖ 1991: NSF lascia decadere le restrizioni sull'uso commerciale di NSFnet (dismessa nel 1995)
- ❖ primi anni '90 : Web
  - ipertesti [Bush 1945, Nelson 1960' s]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, poi Netscape
  - fine '90: commercializzazione del Web

Fine anni '90 – 2005:

- ❖ Arrivano le “killer application”: instant messaging, condivisione di file P2P
- ❖ sicurezza di rete
- ❖ 50 milioni di host, oltre 100 milioni di utenti
- ❖ velocità nei backbone link nell'ordine dei Gbps

# Storia di Internet

## *2005-presente*

- ❖ ~750 milioni di host
  - Smartphone e tablet
- ❖ Aumento dell'accesso a banda larga per reti domestiche
- ❖ Crescente copertura delle reti wireless ad alta velocità
- ❖ Social networks:
  - Facebook: presto un miliardo di utenti
- ❖ Service provider (Google, Microsoft) creano proprie reti
  - Bypassando Internet, fornendo accesso “istantaneo” a ricerche, mail, etc.
- ❖ E-commerce, università, aziende che sviluppano i propri servizi in “cloud” (es., Amazon EC2)



# Introduzione: riassunto

*abbiamo visto un sacco di argomenti!*

- ❖ panoramica su Internet
- ❖ cos'è un protocollo?
- ❖ nucleo, confine e accesso alle reti
  - packet-switching e circuit-switching
  - struttura di Internet
- ❖ prestazioni: perdite, ritardo, throughput
- ❖ layering, modelli di servizio
- ❖ sicurezza
- ❖ cenni storici

*adesso potete:*

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