



Università di Palermo

Palazzo Steri - Piazza Marina, 61 • 90133 Palermo

Internet e le reti a commutazione di pacchetto

Ilenia Tinnirello

Ilenia.tinnirello@unipa.it

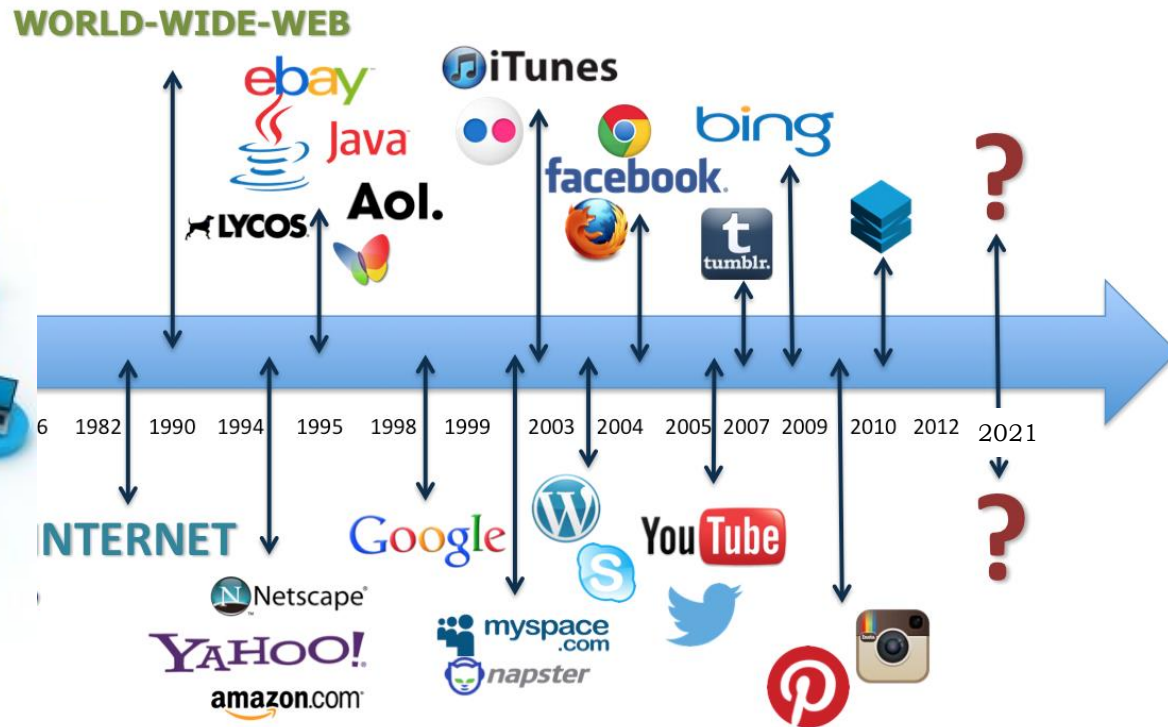
[J. Kurose, G. Bianchi]

Ilenia Tinnirello

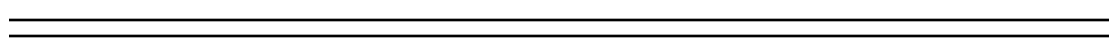
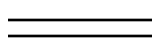
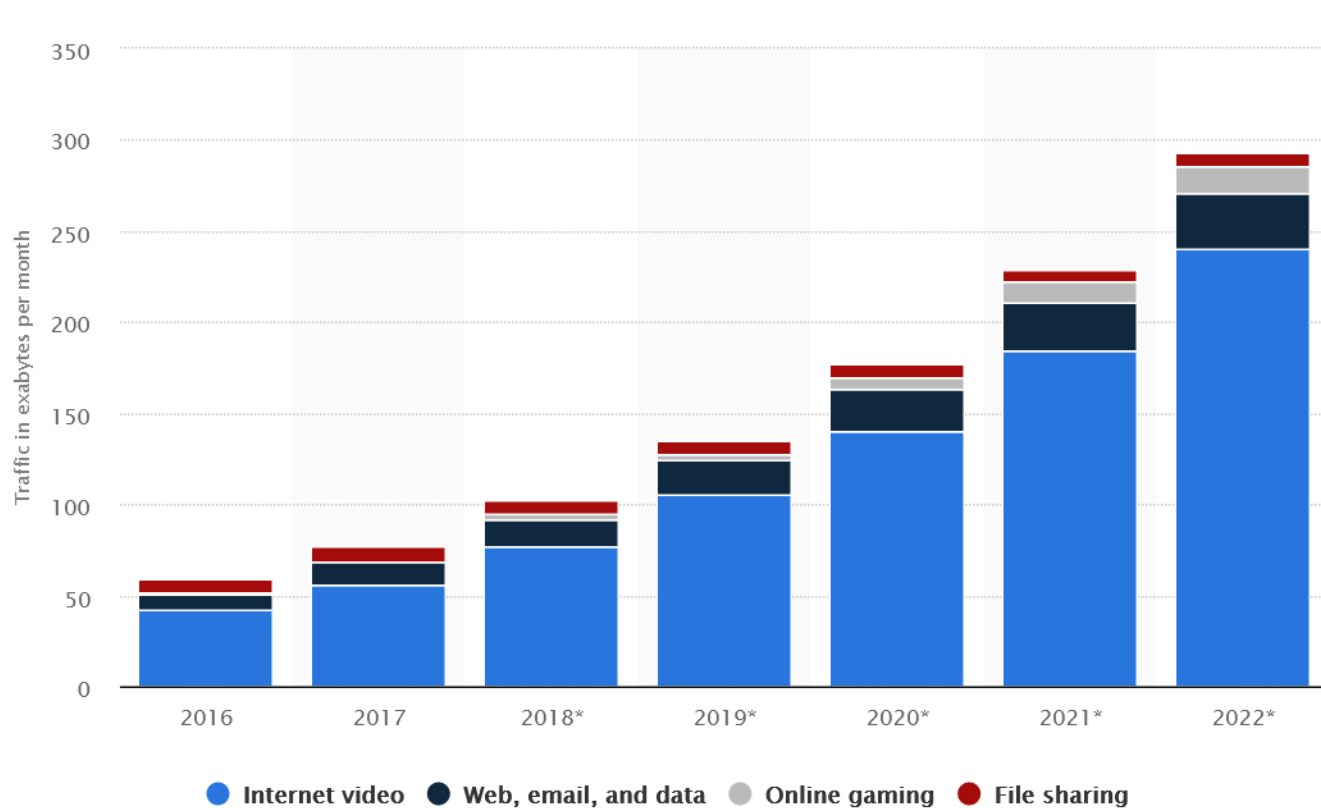
L'Internet che conosciamo

*Person*e che interagiscono con dei **server** e con altre persone per accedere e fornire **contenuti** digitali

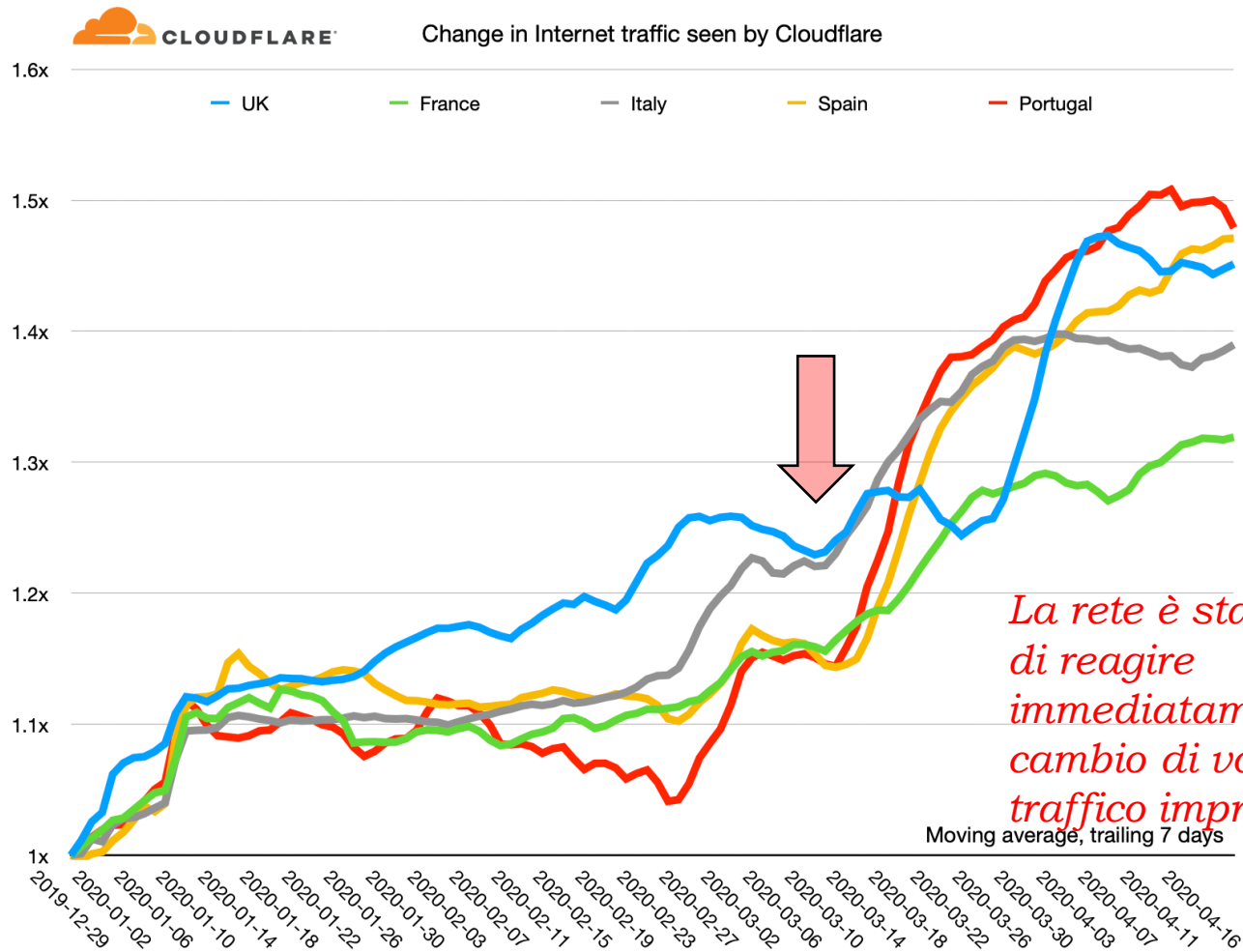
Una o più **identità digitali** (account facebook, gmail, etc.) in un mondo virtuale



Quanti dati per le nostre applicazioni?



La flessibilità di Internet al tempo del covid-19



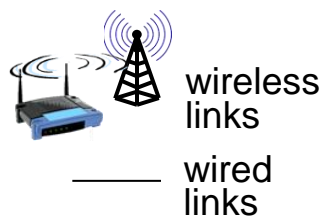
Architettura di internet

Come funziona?



→ **Miliardi di dispositivi intelligenti connessi chiamati *end systems***

⇒ Che eseguono le *applicazioni di rete*



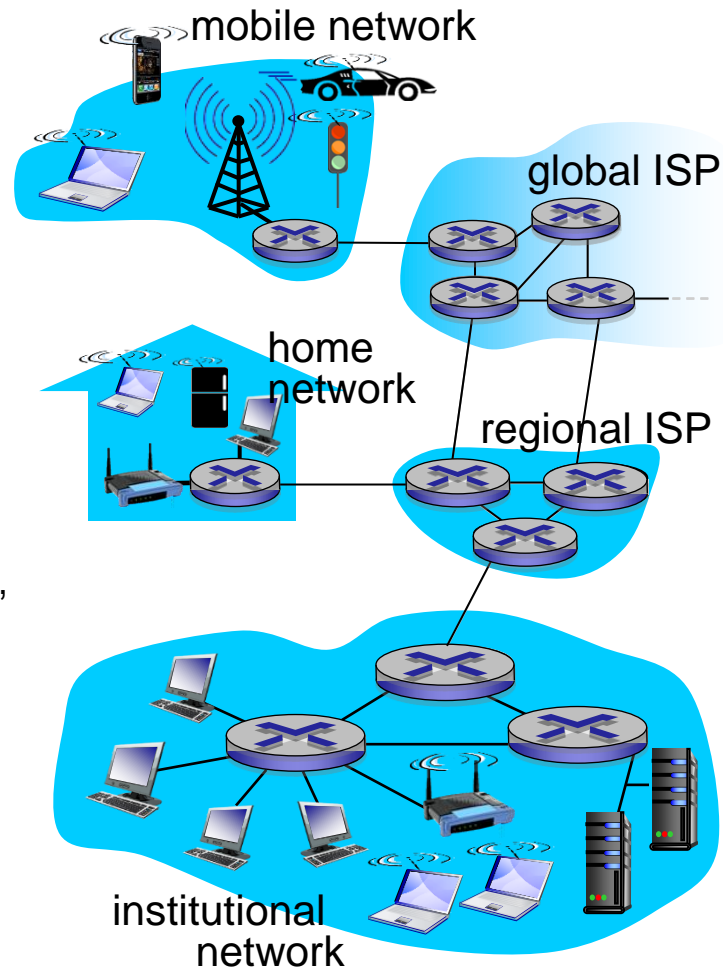
→ ***Collegamenti per lo scambio dati***

⇒ Varie tecnologie: fibra, rame, radio, satellite



→ ***Elementi di commutazione***

⇒ Router e switch

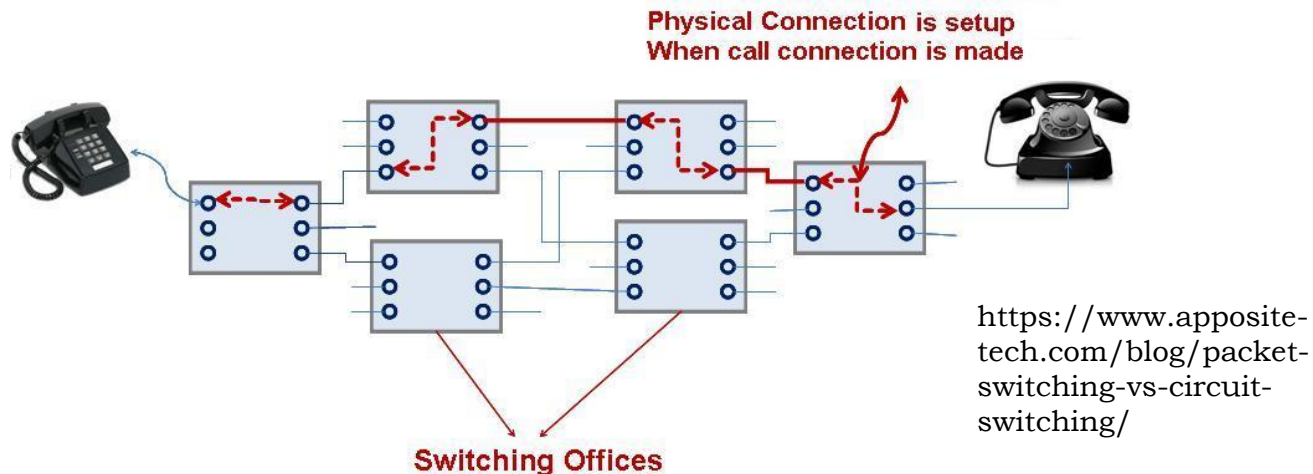


Rete di reti! Edge e Core

Dal 'circuito' al 'pacchetto'

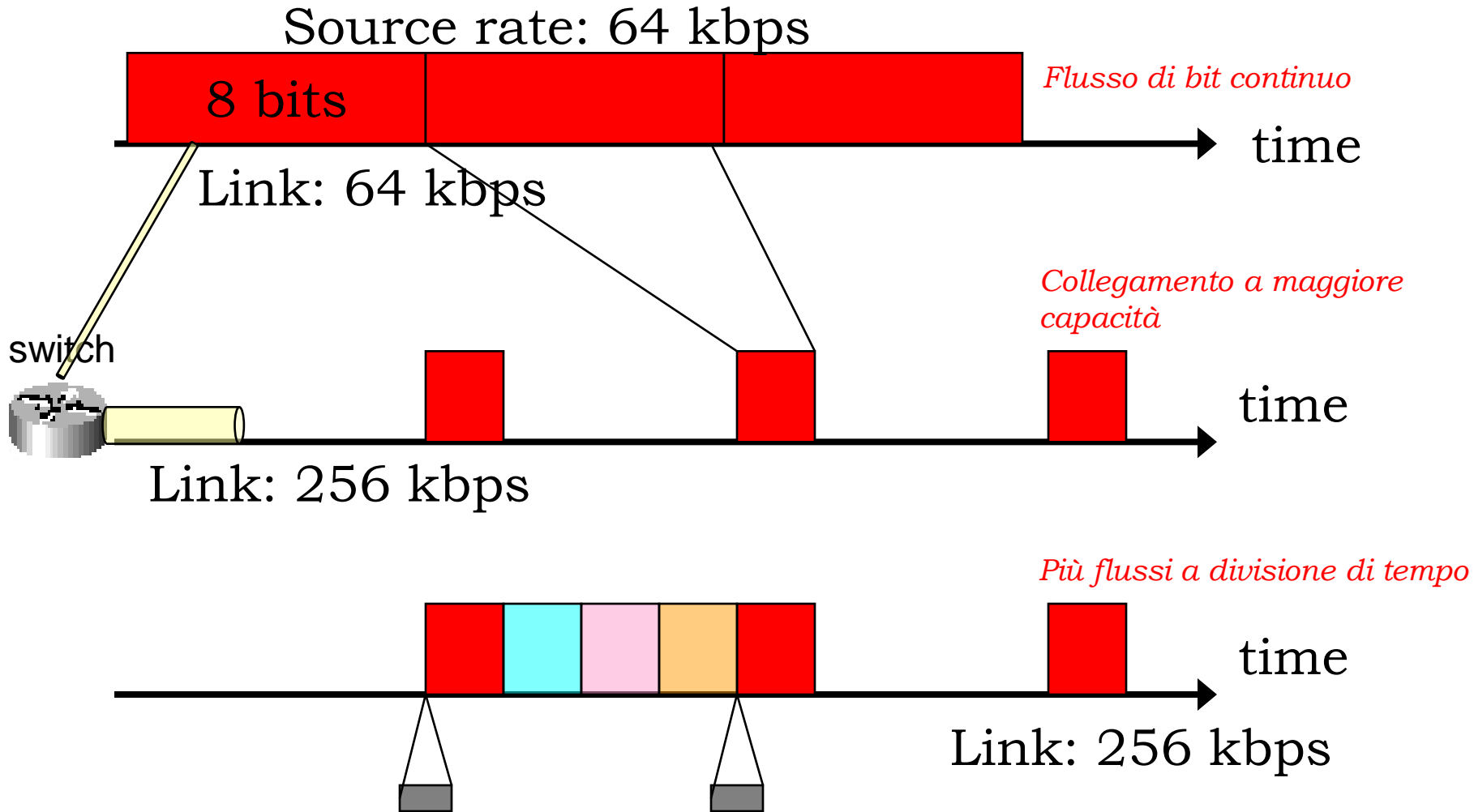
→ Nelle reti telefoniche tradizionali:

- ⇒ Segnalazione iniziale per raggiungere il destinatario
- ⇒ Risorse impegnate tutto il tempo della conversazione fino alla chiusura
 - Possibili inefficienze
- ⇒ Se un collegamento cade o non è disponibile, non è possibile comunicare



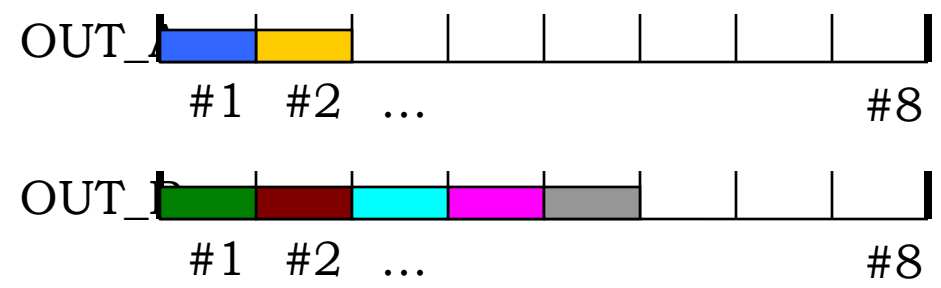
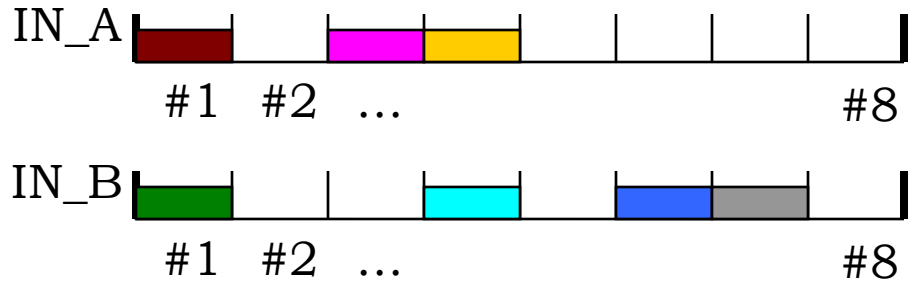
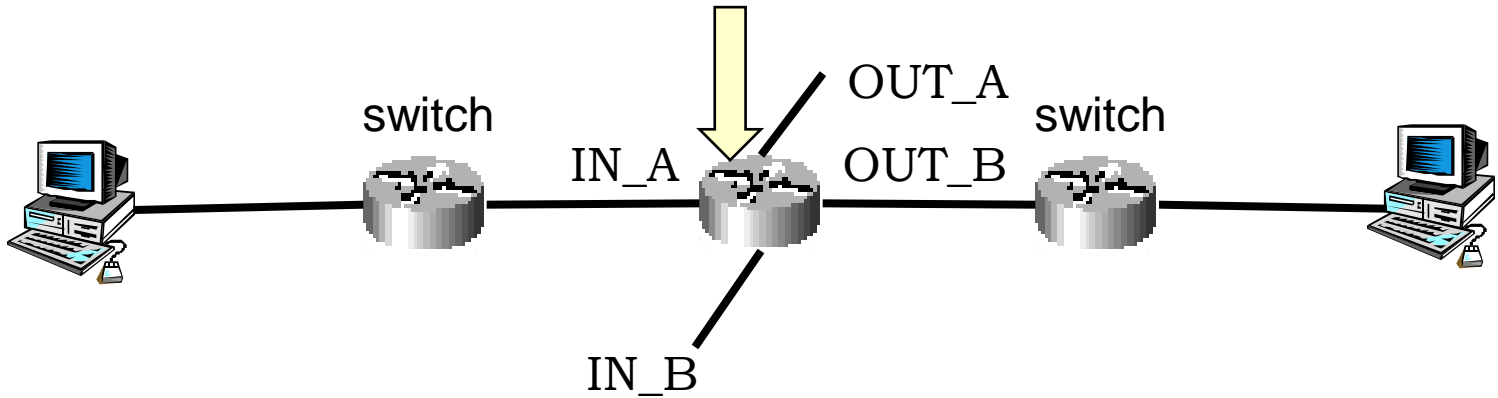
→ In Internet: messaggi scambiati tra nodi (come messaggi postali), con destinatario e mittente

I collegamenti possono essere condivisi!



Control information inserted for framing – result: $4 \times 64 > 256$!

Configurazione dei commutatori



SWITCHING
TABLE

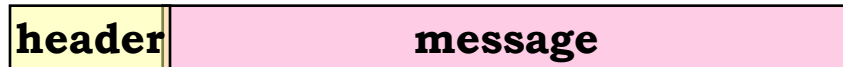
IN	OUT
A,1	B,2
A,3	B,4
A,4	A,2
B,1	B,1
B,4	B,3
B,6	A,1
B,7	B,5

Table setup: upon signalling

Dai messaggi ai pacchetti

→ Le applicazioni (es. la mail) generano dei messaggi chiamati datagrammi

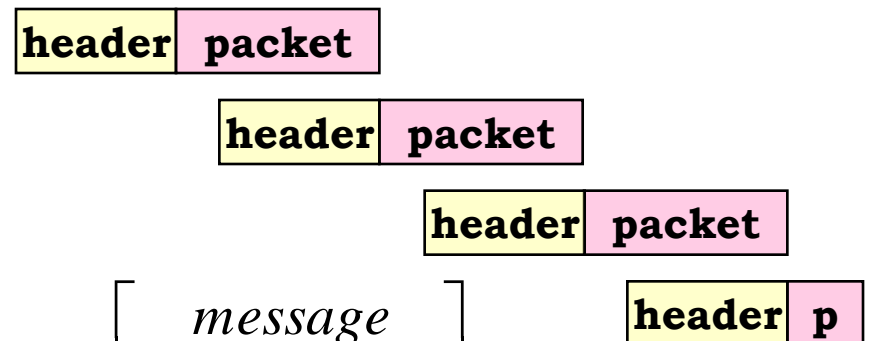
⇒ Possiamo trasmettere l'intero messaggio come un flusso continuo di bit + intestazione



$$\text{overhead} = \frac{\text{header}}{\text{header} + \text{message}}$$

→ I messaggi possono essere frammentati in pacchetti più piccoli

⇒ Ciascun pacchetto, deve avere la sua intestazione!



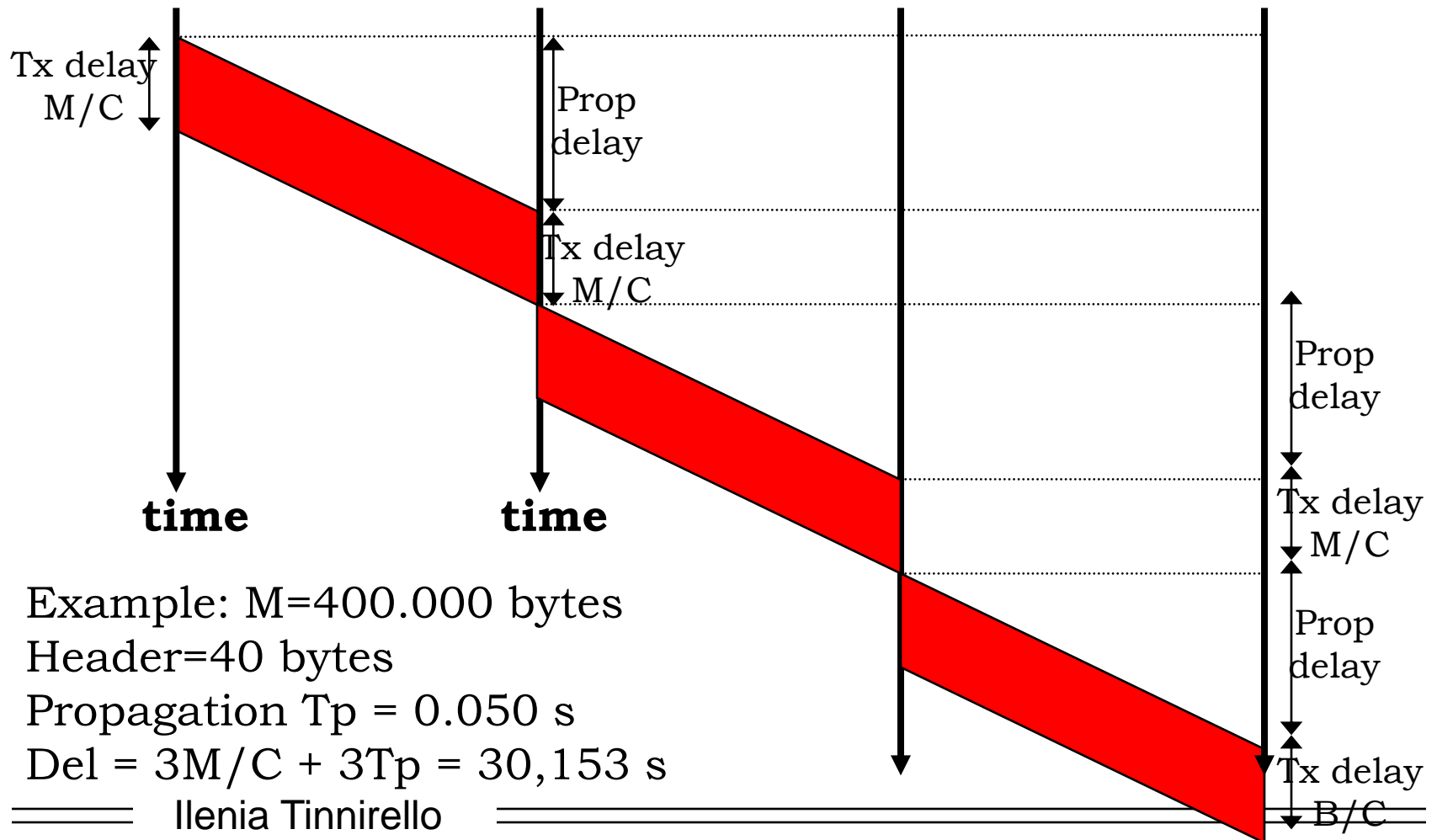
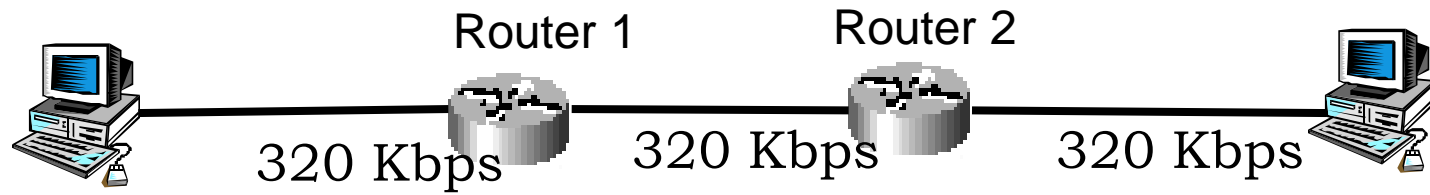
$$n = \left\lceil \frac{\text{message}}{\text{packet_size}} \right\rceil$$

$$\text{overhead} = \frac{n \cdot \text{header}}{n \cdot \text{header} + \text{message}}$$

*Ogni pacchetto viaggia indipendentemente dagli altri;
I pacchetti possono perdersi e arrivare fuori ordine*

Ma allora..perchè frammentare?

Store&forward



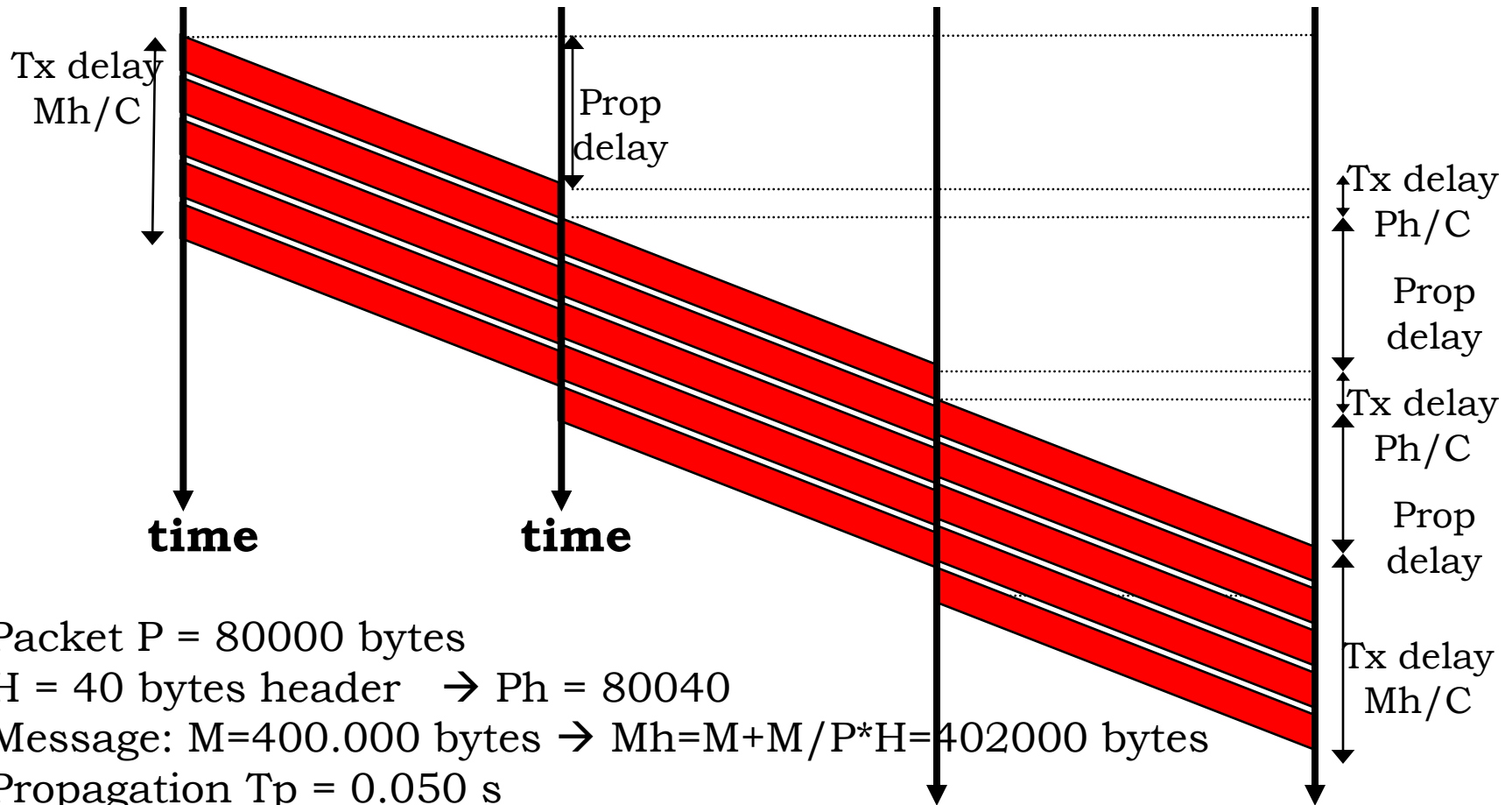
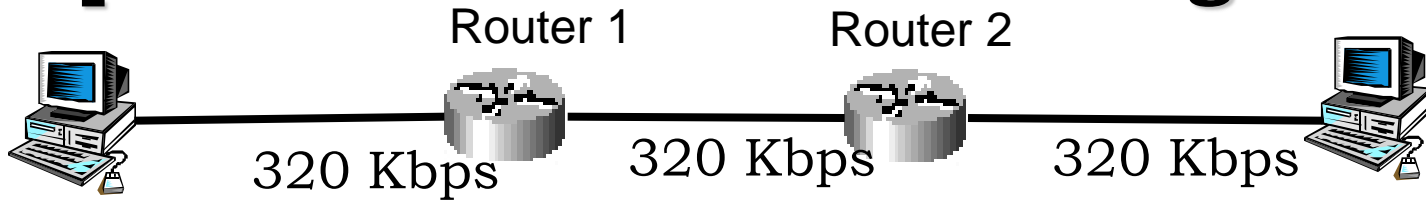
Example: $M=400.000$ bytes

Header=40 bytes

Propagation $T_p = 0.050$ s

$Del = 3M/C + 3T_p = 30,153$ s

I pacchetti e i ritardi di consegna!



Packet $P = 80000$ bytes

$H = 40$ bytes header $\rightarrow Ph = 80040$

Message: $M = 400.000$ bytes $\rightarrow Mh = M + M/P * H = 402000$ bytes

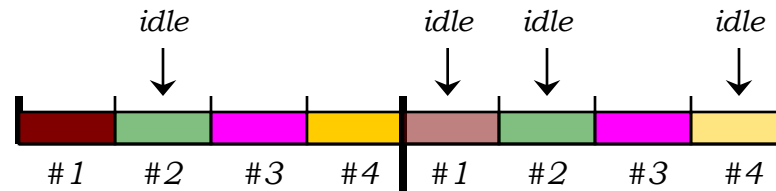
Propagation $T_p = 0.050$ s

$Del = Mh/C + 3P + 2Ph/C = 14,157$ s

I vantaggi della moltiplicazione statistica

Circuit switching:

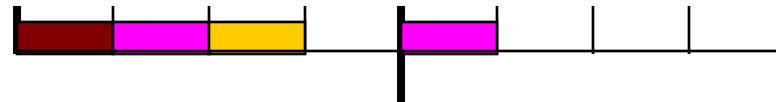
Ciascuno slot può essere assegnato unicamente a un flusso



Anche se tutti gli slot sono assegnati, alcuni possono essere inutilizzati nel tempo; 4 slot -> 4 utenti

Packet switching:

Ciascun pacchetto prende il primo slot disponibile

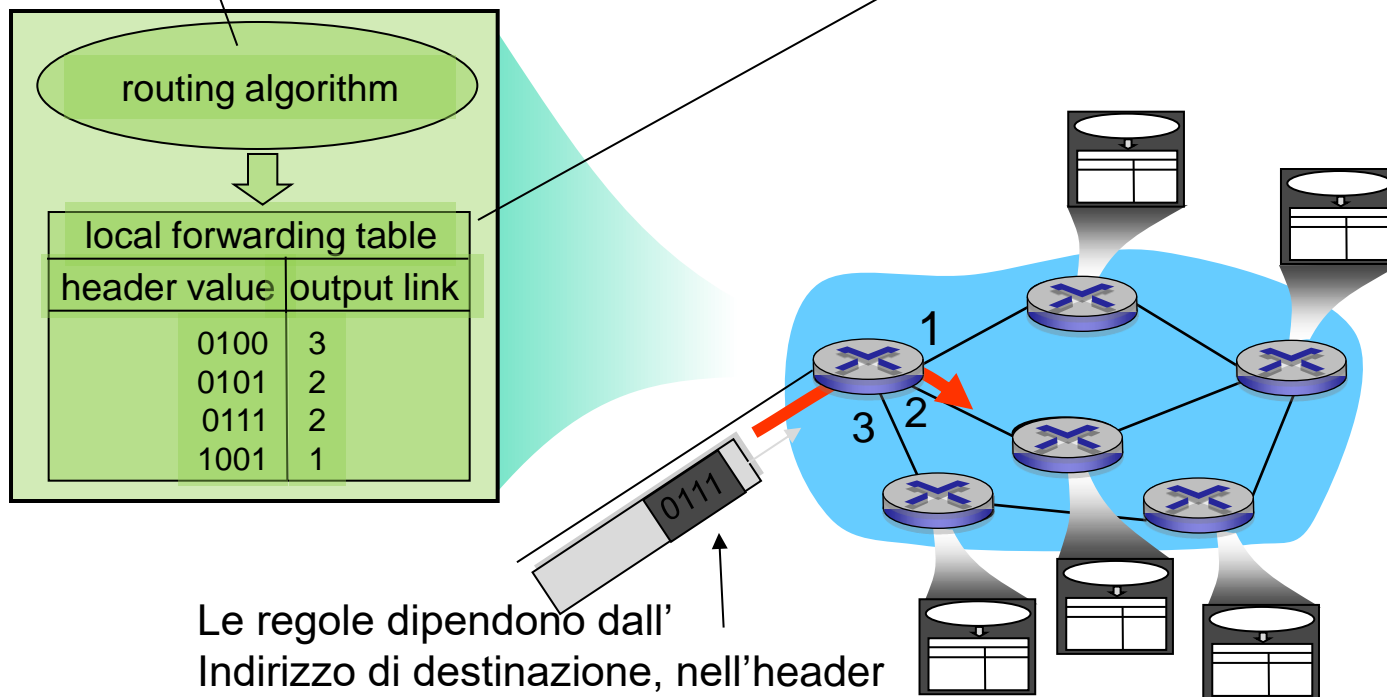


Possono essere ammessi più flussi della capacità nominale!

Cosa fanno i 'router'?

1) routing: esaminano le tabelle con delle regole: in base alle intestazioni dei pacchetti, identificano il collegamento di inoltro

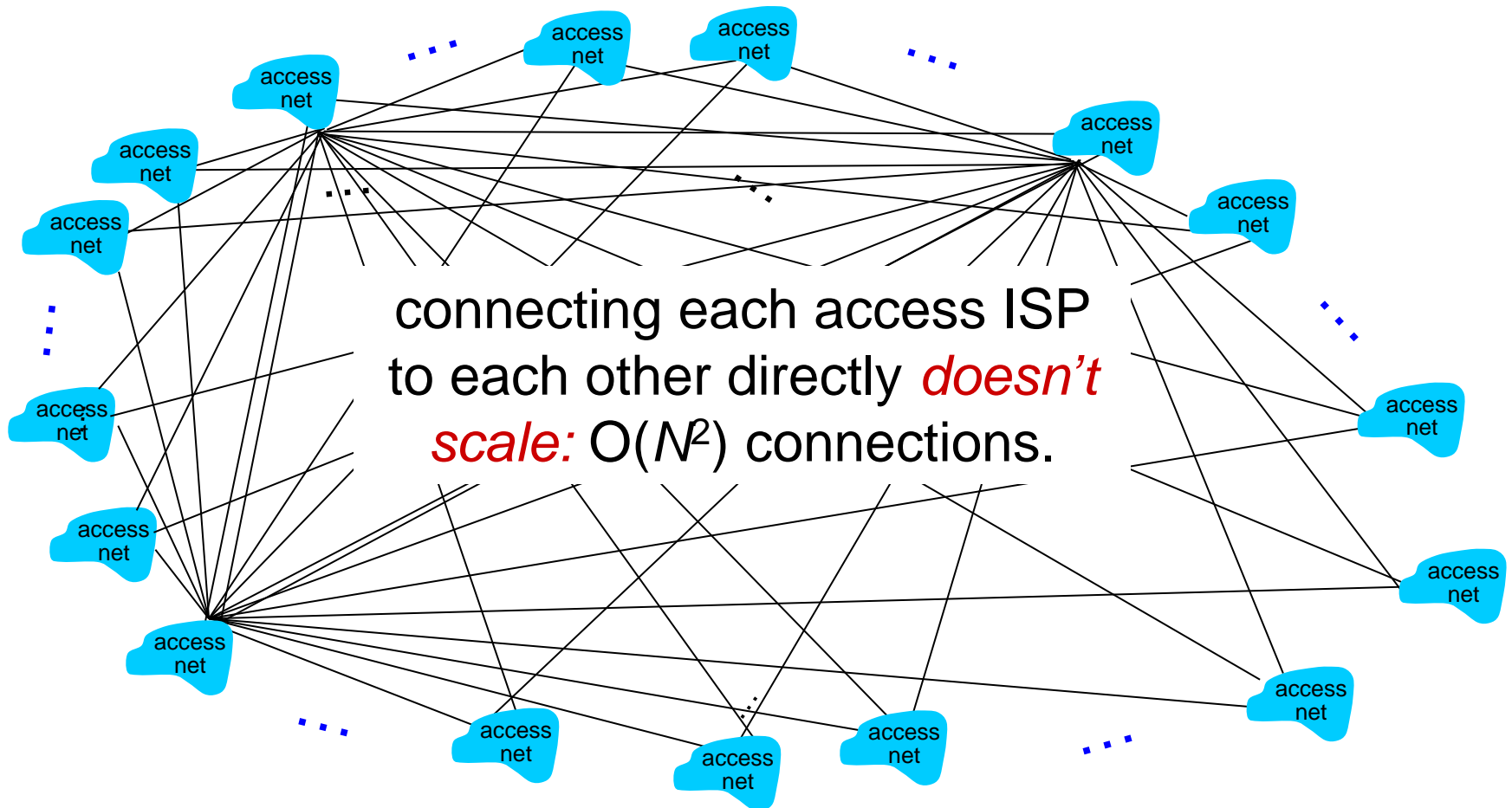
2) forwarding: memorizzano i pacchetti ricevuti e li ritrasmettono nel collegamento di uscita



Le regole dipendono dall' Indirizzo di destinazione, nell'header

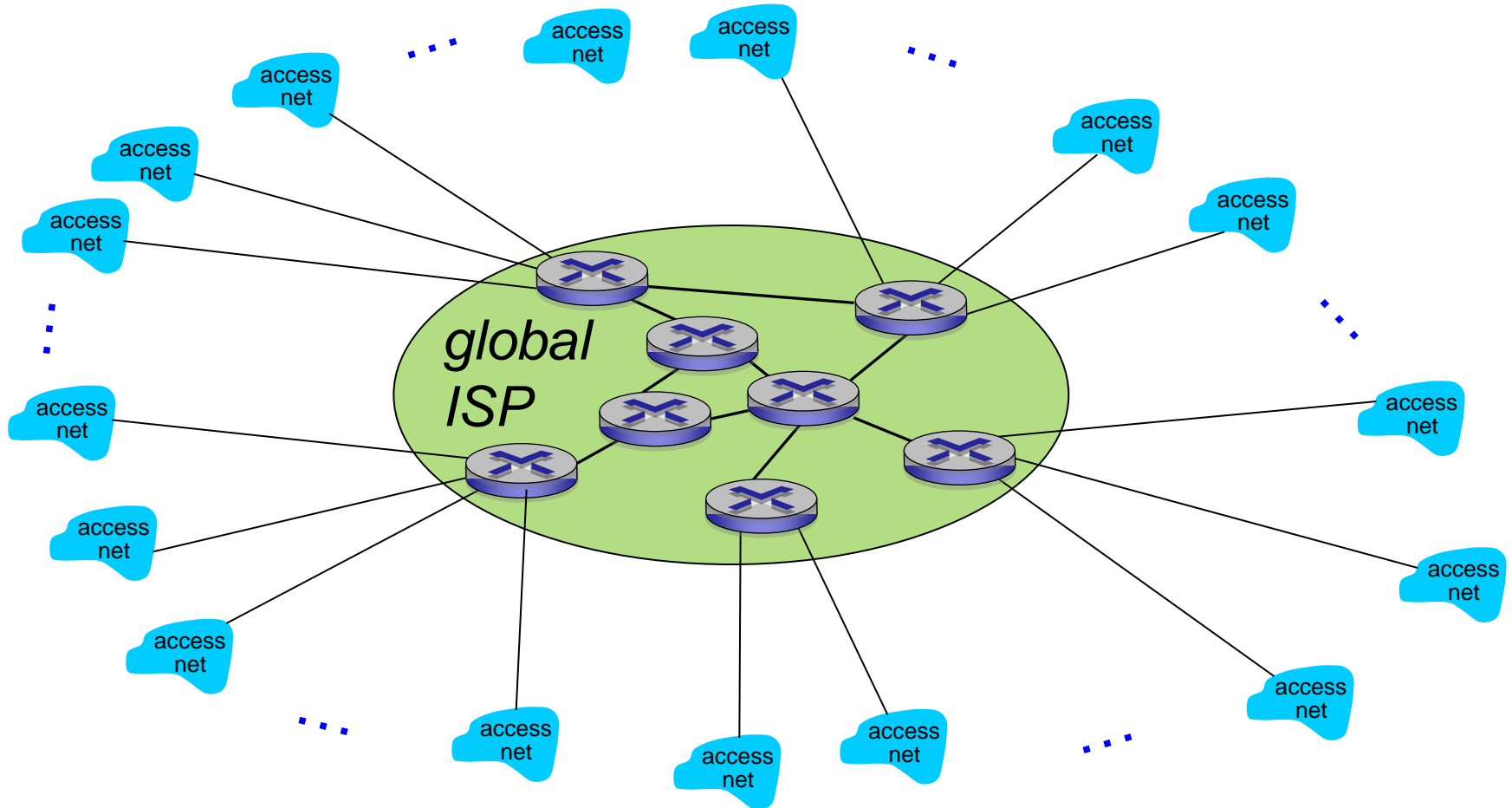
Ma quante regole in un router??

Un router per ogni rete di accesso collegato a tutti gli altri?

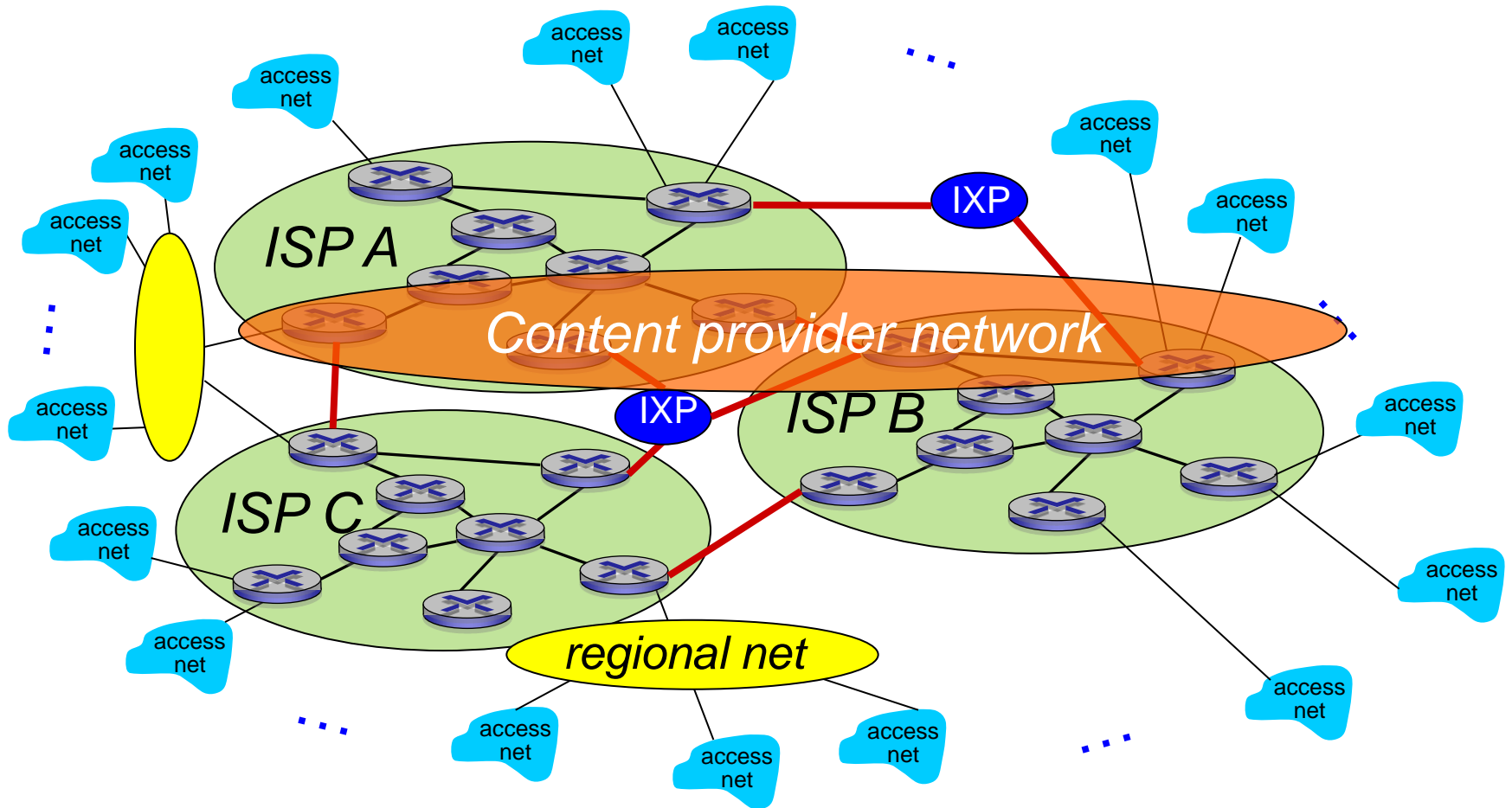


Si puo' utilizzare un ISP globale?

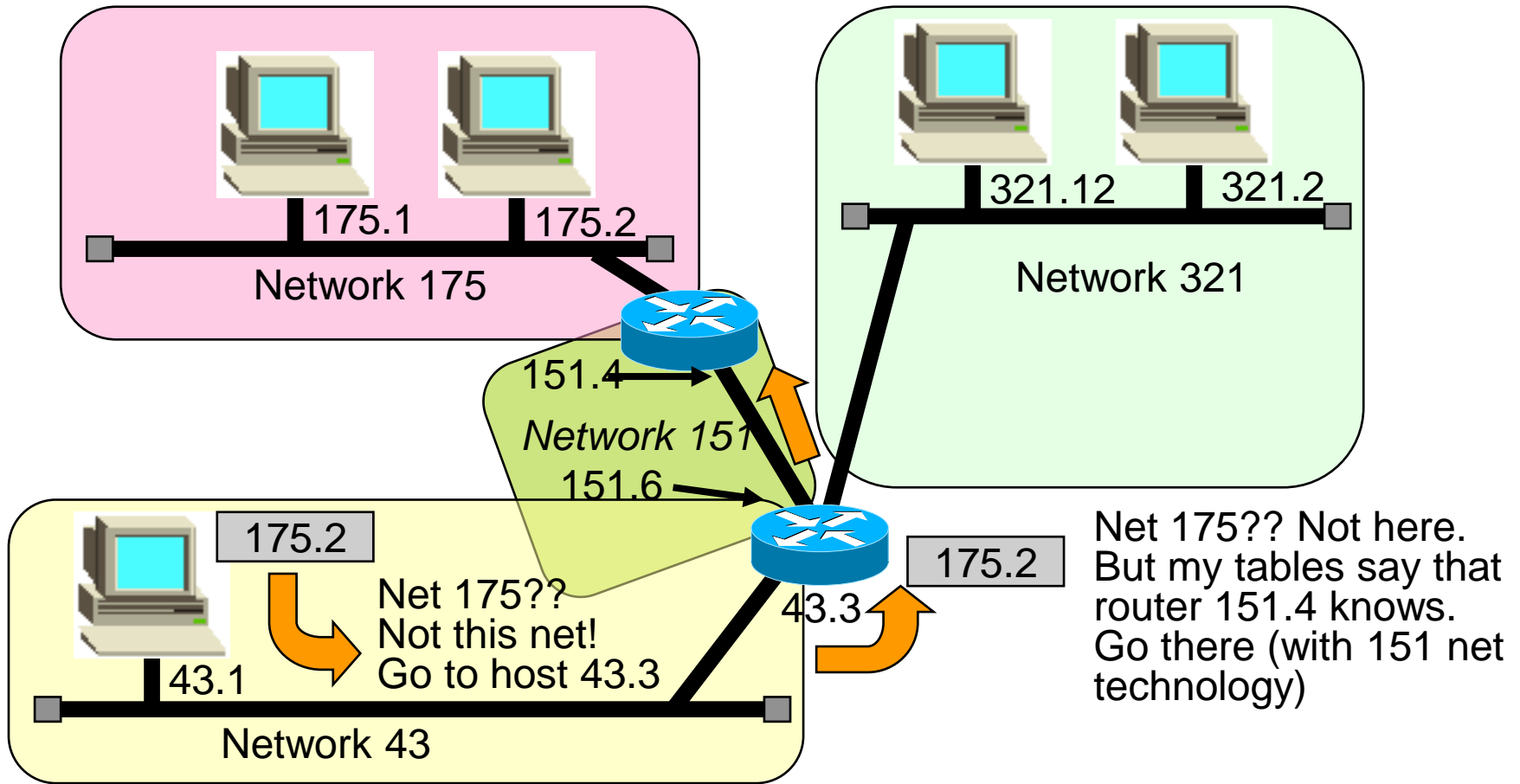
al quale connettere tutti gli ISP locali



La rete di reti



Ancora sulle regole



I Protocolli di Internet

Come funziona un sistema così complesso

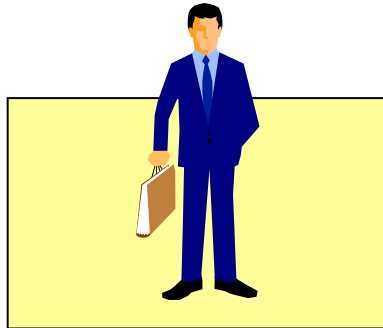
→ Separazione di problemi da risolvere a più livelli:

- ⇒ 1) *fisico*: trasmettere e ricevere dati
- ⇒ 2) *collegamento*: identificare inizio/fine trasmissione, indirizzare il nodo corretto sulla stessa rete locale (Ethernet, WiFi, etc.)
- ⇒ 3) *rete*: indirizzare tutte le reti di Internet e raggiungerle (**protocollo IP**)
- ⇒ 4) *trasporto*: gestire la consegna di datagrammi alle applicazioni (ritrasmissioni pacchetti perduti, controllo velocità trasmissione, etc.) (**protocollo TCP/UDP**)
- ⇒ 5) *applicazione*: inventare servizi interagendo tra più nodi di internet!
Client/server; applicazioni peer-to-peer

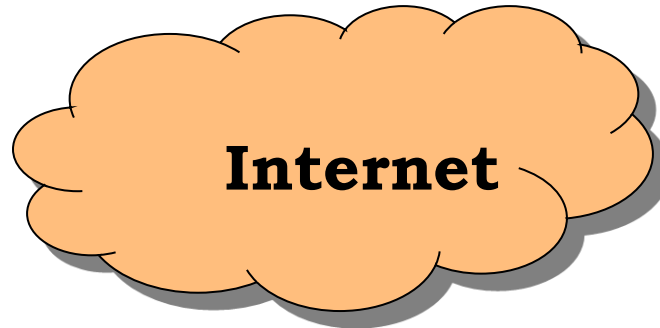
→ Ogni livello nasconde la complessità delle sue funzioni al livello successivo

→ Scrivere applicazioni può essere molto semplice!

Esempio di applicazione distribuita



Client
(local PC)

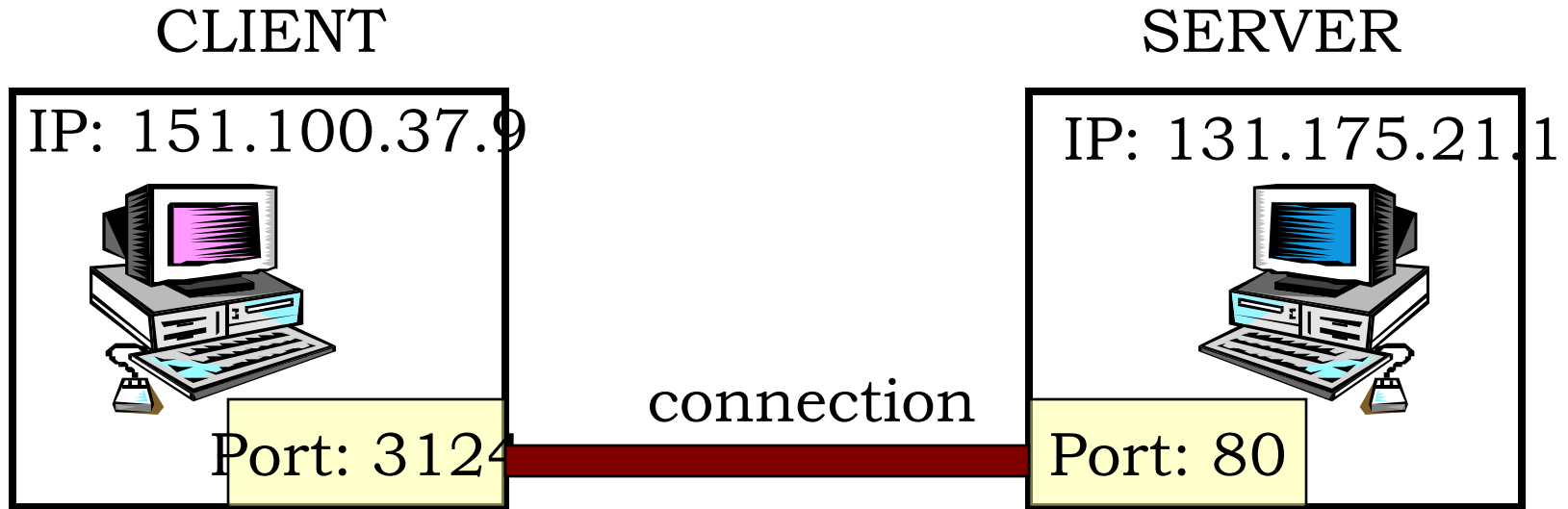


Server
(remote host)

Una applicazione sul computer locale (client) in grado di visualizzare una 'pagina' memorizzata su un computer remoto (server)

Posso usare una 'astrazione' e immaginare di aprire un tubo continuo nel flusso di bit fino alla destinazione

I Protocolli 'Applicativi'



→ **Stabiliscono come comporre i messaggi e interpretarli**

⇒ Il client 'chiede': GET www.unipa.it

⇒ Il server 'risponde': HTTP/1.1 200 ok...

→ riscontrando la richiesta e inviando il documento richiesto.

Alcuni servizi di Internet

→ Web

→ Posta elettronica (protocollo SMTP)

→ Domain Name System

→ P2P

→ Video streaming e Content Delivery Networks

Protocolli aperti e proprietari

Un po' di storia e uno sguardo al futuro

Prima di Internet

- **1957: Guerra fredda, in USA viene creata l' ARPA**
- **Inizio 1960: concetto di packet switching**
 - (Paul Baran? Leonard Kleinrock?)
- **1967: ARPA presenta il progetto ARPANET**
 - ⇒ Computer connessi attraverso "Interface Message Processors"
- **1969: ARPANET diventa operativa**
 - 4 nodi (UCLA Los Angeles, UCSB Santa Barbara, Stanford Research Institute, University Utah)
 - Collegamenti a 50 kbps
 - Network Control Protocol (NCP)
- **1971: 15 nodes**

La Nascita di Internet

- **1972: Vint Cerf, Bob Karn si uniscono al progetto ARPANET**
 - Lancio dell' "Internetting Project"
- **1973: Cerf, Karn: progetto di TCP/IP (unico protocollo monolitico)**
- **1973: primo link satellitare (California-Hawaii)**
- **1973: Ethernet (PhD dissertation, Bob Metcalfe)**
- **1977: Primo esperimento di connessione tra reti eterogenee**
 - ARPANET + Packet Radio Network + Satellite network
- **1977/79: TCP e IP diventano distinti**
- **1979: 100 nodi in ARPANET**
- **1983: i vecchi protocolli di ARPANET abbandonati per TCP/IP**
- **1983: sistema operativo con prima implementazione di TCP/IP: 4.2 BSD Unix**

L'affermazione di Internet

- 1984: 1000 nodes
- 1984: DNS (Internet names)
- 1986: Internet meltdown
 - Jacobson prevede il rischio collasso dovuto alla congestione
- 1988: Nuova versione di TCP 4.3 BSD Tahoe (slow start, congestion avoidance, fast retransmit)
- 1989: 100.000 nodes; Berners Lee: intuizione sui concetti del WWW
- 1992: 1M nodi
- 1993: sviluppo del WWW (mosaic)
- Dal 1990: attacchi di sicurezza
- 1996: 10M nodes
- 1999: 2M web servers
- 2000: 100M nodi
- 2016: ~5 miliardi di dispositivi connessi

Che cosa è l'IoT

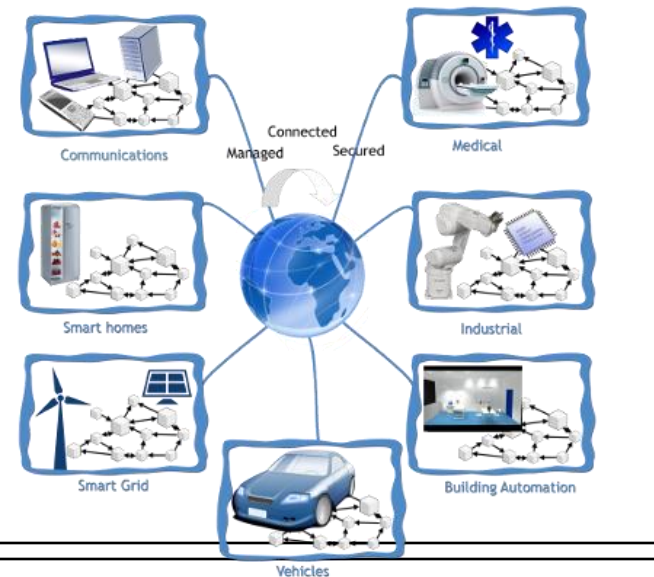
(Internet of Things)

→ **Gli oggetti che si collegano ad internet, con la loro identità digitale**

⇒ nuove sorgenti di informazione

⇒ nuove possibilità di interazione con il mondo reale

→ **Dal mondo puramente digitale al nuovo mondo cyber-fisico -> *infinite applicazioni possibili!!!***



La nuova ragnatela: oggetti intelligenti intorno al mondo



Uno sguardo al futuro

→ Nel 2030 le macchine connesse a internet saranno 60 volte la popolazione mondiale

⇒ Veicoli, robot, dispositivi indossabili, etc.

→ La rete come un grande computer distribuito

⇒ I server alla periferia della rete, *edge computing*

→ La rete con intelligenza propria