

## Introduzione

- ❑ Terminologia e concetti fondamentali
- ❑ La struttura di Internet (hardware e software):
  - Accesso alla rete: end-systems, applicazioni, mezzi trasmissivi
  - Nucleo: commutazione, struttura della rete, interconnessione
- ❑ Prestazioni: ritardi e perdite nelle reti
- ❑ Pila protocollare e modelli di servizio

1

## Informazione, rete, connettività

- ❑ Rete: interconnessione di dispositivi in grado di scambiarsi informazione
- ❑ Informazione:
  - Qualsiasi cosa rappresentabile in bits
  - I dispositivi possono “manipolare” l’informazione
  - Le reti consentono “accesso” all’informazione
- ❑ Reti: forniscono “connettività”, accesso diretto o indiretto tra dispositivi (nodi) nella rete
- ❑ Dispositivi: end-systems, commutatori (router, switch)

2

## Connettività diretta e indiretta

- ❑ La connettività diretta non è scalabile
- ❑ **Soluzione:** utilizzare nodi che **connettono indirettamente** => “switch” e “router”
- ❑ **Filtering** (filtraggio): scelta di un sottoinsieme di link/nodi
- ❑ **Forwarding** (inoltro): invio di pacchetti ad un sottoinsieme di link/nodi

3

## Tassonomia delle reti

- ❑ **Scala dimensionale** (estensione fisica della rete)
  - Reti personali (PAN): collegamenti pc con cellulari, nel raggio di pochi metri all'interno di una stanza. Cablate (USB) o wireless (IR o bluetooth).
  - Reti locali o LAN (Local Area Networks)
  - Reti metropolitane (MAN): ( $\approx 10$  km) città
  - Reti geografiche (WAN): continenti
  - **Internet:** è la rete globale, connessione di reti eterogenee, conformi a un insieme di regole di comunicazione (i protocolli di Internet).
- ❑ **Tecnologia trasmissiva:** topologia della rete e caratteristiche del canale di comunicazione
  - Broadcast: unico canale di comunicazione condiviso tra i nodi
  - Punto-punto: canale trasmissivo dedicato tra coppie di nodi

4

## Internet

- ❑ **End systems** interconnessi, che eseguono applicazioni di rete.
- ❑ **Accesso alla rete**
- ❑ **Nucleo della rete (sottorete di comunicazione):** router e switch
- ❑ **Standard di Internet**
- ❑ **Protocolli:** specificano le modalità di invio e ricezione dei pacchetti (TCP, IP, HTTP, FTP ... )

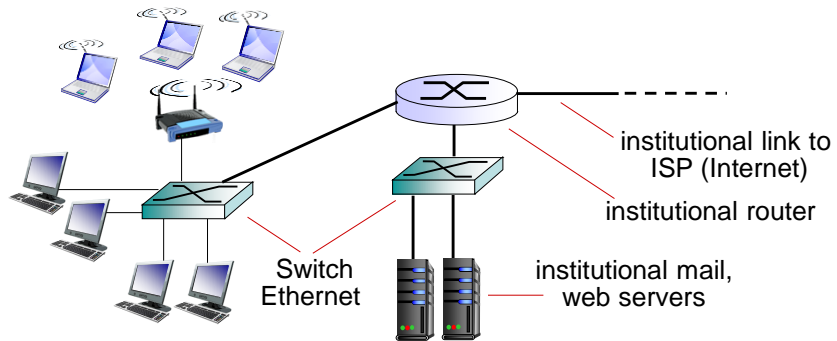
5

## Accesso alla rete

- ❑ **Componenti:**
  - Scheda di rete (interfaccia di collegamento e connettore)
  - Mezzo trasmissivo: fibra, rame, radio
  - Protocolli
- ❑ **ISP forniscono accesso alla rete:**
  - Residenziale (compagnie telefoniche)
  - Istituzionale/aziendale (rete locale cablata o wireless)
  - Wireless e mobile su scala geografica
- ❑ **Connessione degli end-systems al **router di confine****
- ❑ **Caratteristiche:**
  - Frequenza trasmissiva: **bandwidth**  $\equiv$  **capacità**  $\equiv$  **bit/sec**
  - Accesso condiviso o dedicato

6

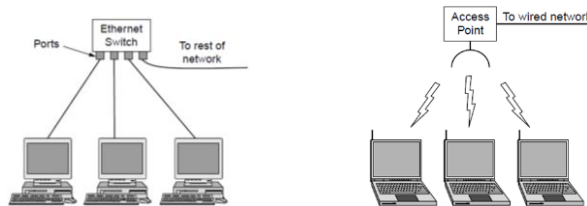
## Accesso istituzionale: rete locale



- ❑ **Local Area Network (LAN)** connettono gli end systems al router di confine. Università e aziende.
- ❑ **Ethernet (IEEE 802.3):**
  - mezzo condiviso o dedicato (*switched Ethernet*)
  - Ethernet a 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps e 10 Gbps

7

## LAN

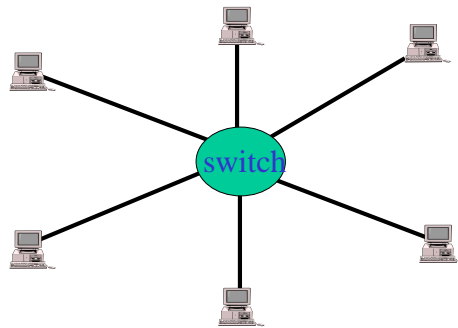


- ❑ Cablate (doppino telefonico, cavo coassiale o fibra ottica) o wireless.
- ❑ Topologie:
  - switched Ethernet
  - broadcast (obsoleto)

8

## Switched Ethernet

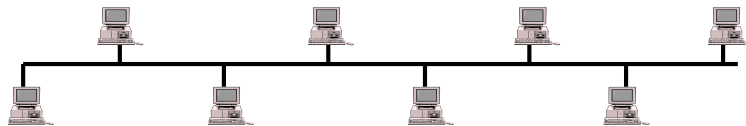
- Ogni nodo è connesso ad un elemento centrale detto *switch*, che ritrasmette il segnale in arrivo da un nodo al nodo destinazione



9

## LAN: broadcast

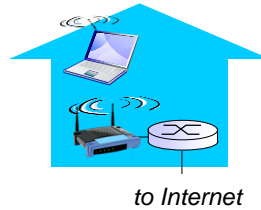
I nodi comunicano utilizzando lo stesso mezzo trasmissivo (obsoleto)



10

## Reti wireless

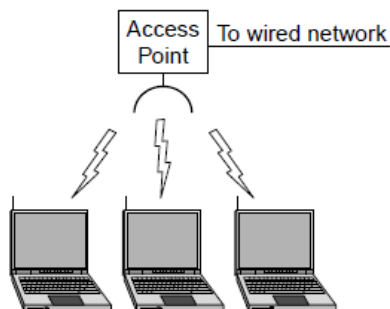
- ❑ Rete d'accesso condivisa  
connette end systems al router,  
tramite stazione base (access point)
- ❑ LAN wireless:
  - 802.11b/g (WiFi): da 11 Mbps
- ❑ reti geografiche (WAN) wireless:
  - Gestite da operatore di telecomunicazione
  - da 1 a 10 Mbps



11

## LAN wireless

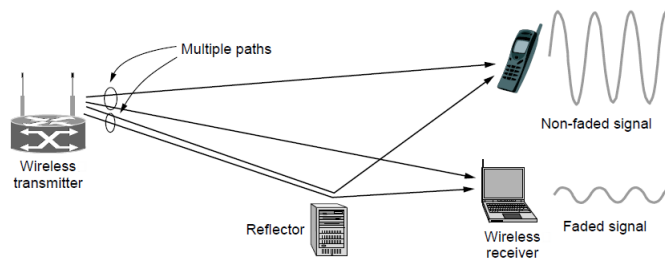
I nodi comunicano tramite AP (Access Point) connesso tramite rete cablata al resto della rete (IEEE 802.11).



12

## LAN wireless

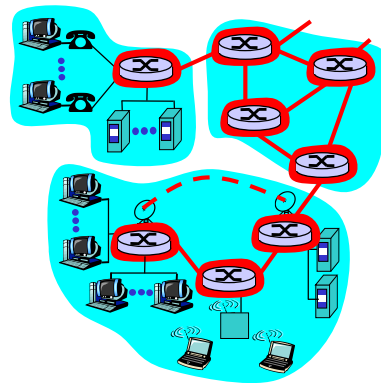
- ❑ I segnali cambiano in potenza a causa di effetti, quali multipath fading causato da riflessione → schemi di trasmissione complessi
- ❑ Le onde radio possono interferire e sovrapporsi → CSMA (Carrier Sense Multiple Access)



13

## Il nucleo della rete

- ❑ Maglia di router interconnessi
- ❑ I dati vengono trasferiti nella rete con **commutazione di pacchetto (*packet switching*)**
- ❑ I router introducono un ritardo store-and-forward



14

## Standardizzazione

- Gli standard definiscono la base per l'interoperabilità
- RFC (Request For Comment): pubblicazioni degli standard

Ente	Area	Esempi
ITU	Telecommunications	G.992, ADSL H.264
IEEE	Electrical engineering and computing	802.3, Ethernet 802.11, WiFi
IETF	Internet	RFC 2616, HTTP/1.1 RFC 1034/1035, DNS
W3C	Web	HTML standard CSS standard

15

## Unità di misura

Prefisso	Freq.	Dati
K	$10^3$	$2^{10}$
M	$10^6$	$2^{20}$
G	$10^9$	$2^{30}$
m	$10^{-3}$	
$\mu$	$10^{-6}$	
n	$10^{-9}$	

- Usiamo potenze di 10 per frequenze trasmissive, potenze di 2 per dati.
- "B" indica bytes, "b" indica bits
  - E.g., 1 Mbps = 1,000,000 bps, 1 KB = 1024 bytes

16



# Protocollo

## Protocolli umani:

- ❑ inviati messaggi specifici
- ❑ azioni specifiche al ricevimento dei messaggi, o di altri eventi

## Protocolli di rete:

- ❑ Regolano tutte le attività di comunicazione in Internet
- ❑ Definiti dagli RFC

*un protocollo definisce il formato, l'ordine dei messaggi scambiati tra entità di rete, e le azioni intraprese alla ricezione o trasmissione di un messaggio*

17

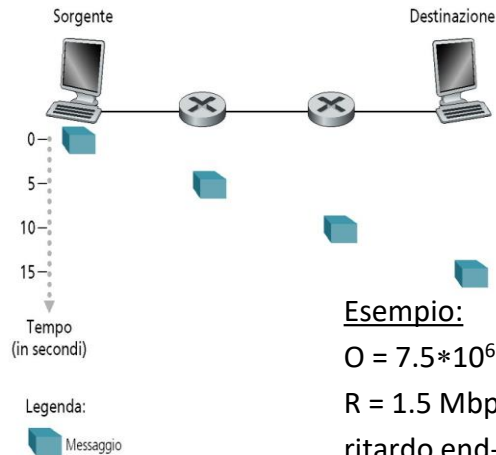
# Ritardo di trasmissione

- ❑ Tempo necessario per trasmettere un oggetto di  $O$  bit su un link di velocità  $R$

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

18

## Commutazione di messaggio



**Esempio:**

$O = 7.5 \cdot 10^6$  bits

$R = 1.5$  Mbps

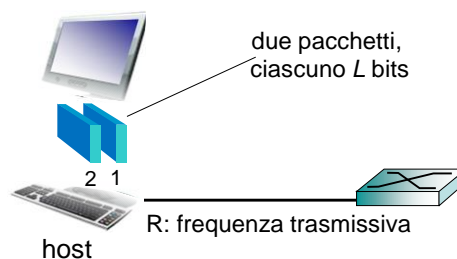
ritardo end-to-end = ?

(da sorgente a destinazione)

19

## Gli host inviano pacchetti di dati

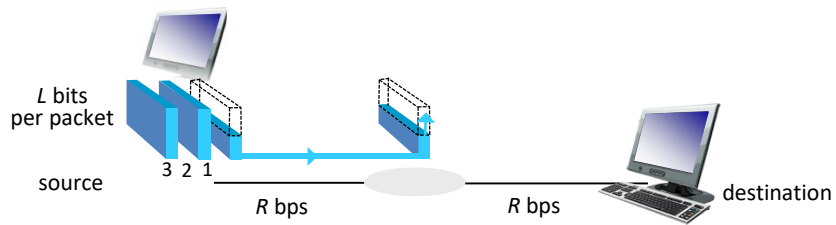
- Il nodo mittente spezza il messaggio applicativo in **pacchetti** (blocchi di dati)
- Il pacchetto: unità minima di informazione trasmessa
- Il nodo trasmette i pacchetti sulla rete d'accesso alla **velocità massima  $R$**



$$\text{Tempo necessario per trasmettere un pacchetto di } L \text{ bit sul link di velocità } R = \text{Ritardo di trasmissione del pacchetto} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

20

## Commutazione di pacchetto: store-and-forward



- sono necessari  $L/R$  secondi per trasmettere un pacchetto di  $L$  bits su un link a  $R$  bps
- *store and forward*: tutto il pacchetto deve arrivare al router prima di essere ritrasmesso
- trasmissione in *pipeline*

21

## Commutazione di pacchetto

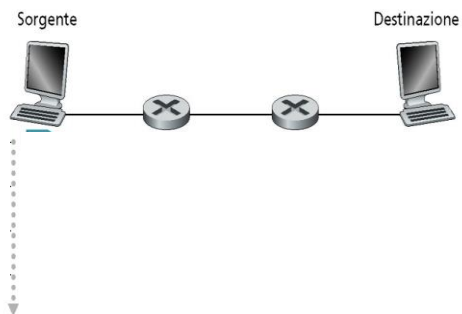
### Esempio:

$$O = 7.5 * 10^6 \text{ bit}$$

$$L = 1500 \text{ bit}$$

$$R = 1.5 \text{ Mbps}$$

ritardo end-to-end = ?



22

## Commutazione di pacchetto

- ❑ il flusso di dati tra end systems è diviso in pacchetti che attraversano link e commutatori
  - ❑ il destinatario riassembla
  - ❑ pacchetti di flussi diversi *condividono* le risorse di rete
  - ❑ ogni pacchetto usa tutta la banda del link
  - ❑ risorse allocate *su richiesta*
  - ❑ NO: divisione di banda, allocazione dedicata, risorse riservate
- contesa per le risorse**
- ❑ la richiesta complessiva per una risorsa può superare la disponibilità
  - ❑ congestione: code di pacchetti, attesa per il link

23

## Commutazione di pacchetto/messaggio

- ❑ Vantaggi:
  - Ritardo store-and forward molto più basso, ritardo end-to-end inferiore rispetto a quello per trasmettere il messaggio non frammentato
  - in caso di errore, perdita del pacchetto e non del messaggio
- ❑ Svantaggio: overhead di informazioni di controllo

24