

**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



**Corso di Reti di Calcolatori  
(a.a. 2011/12)**

**Roberto Canonico ([roberto.canonico@unina.it](mailto:roberto.canonico@unina.it))**

**Giorgio Ventre ([giorgio.ventre@unina.it](mailto:giorgio.ventre@unina.it))**

**Introduzione alle Reti di Calcolatori  
Concetti fondamentali sulla commutazione di pacchetto**

26 settembre 2011

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico  
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

**Nota di copyright per le slide COMICS**



## Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

**Autori:**

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,  
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

## L'evoluzione

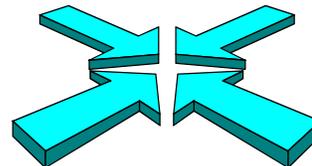
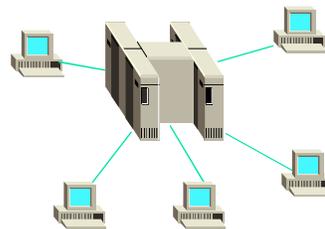


3

## L'evoluzione: dal "computing centralizzato"...



- Sistemi fortemente centralizzati
- Non reti in senso stretto ma collegamenti tra periferiche e CPU

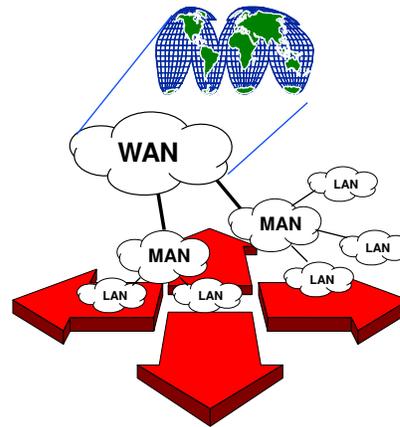


4

## L'evoluzione: ...al “computing distribuito”



- Avvento del PC
- Paradigma client-server
- Nascita e boom delle reti locali
- Evoluzione verso sistemi *aperti*
- Periferia eterogenea ed intelligente
- Nascita degli standard per:
  - Cablaggi strutturati
  - Protocolli di Comunicazione



5

## Le reti di calcolatori: scopi



- **Condivisione dell'informazione**
- **Condivisione delle risorse**
- **Accesso a risorse remote**
- **Accesso a servizi**

6

## Elementi costitutivi delle reti di calcolatori (1)



- **Alle estremità della rete si trovano gli *end-system o host***

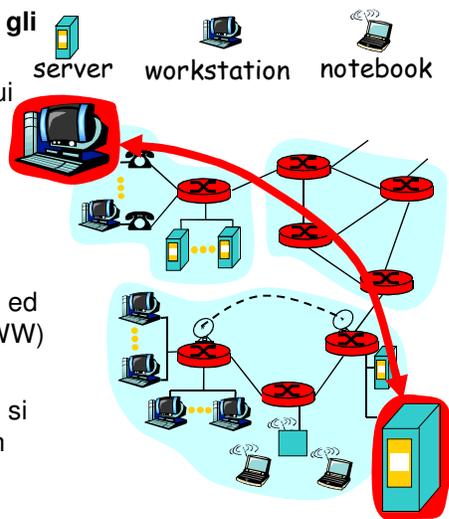
- sono calcolatori di vario tipo su cui girano i programmi applicativi
- i programmi applicativi possono essere progettati secondo due modelli:

- **Client-Server**

- Il client invia una richiesta ed il server risponde (es. WWW)

- **Peer-to-peer**

- Le due entità comunicanti si scambiano informazioni in modo paritetico (es. eMule, Skype)



7

## Elementi costitutivi delle reti di calcolatori (2)



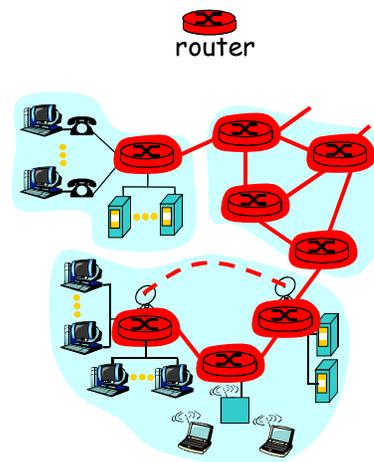
- **L'infrastruttura della rete è fatta di:**

- **apparati** tra loro interconnessi

- hub, switch, bridge
- modem
- access point
- router
- ...

- **supporti trasmissivi** che realizzano le interconnessioni

- doppi in rame
- cavi coassiali
- fibre ottiche
- collegamenti radio
- ...



8

## Struttura delle reti di calcolatori (1)



• L'infrastruttura di rete si può dividere grossolanamente in:

• **Reti di accesso**

• Forniscono la connettività agli end-system

• Utilizzano svariate tecnologie:

- Rete telefonica tradizionale
- Ethernet
- ATM
- X.25
- Frame Relay
- WLAN
- Bluetooth
- GPRS
- UMTS

Tecnologie "Wired"

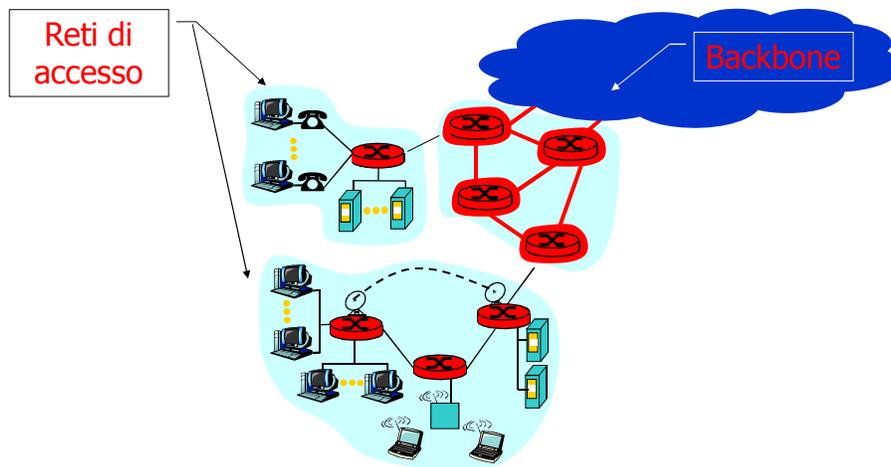
Tecnologie "Wireless"

• **Reti di backbone**

- Costituiscono la dorsale della rete vera e propria
- Sono strutturate in sottoreti tra loro interconnesse
- Si collegano alle reti di accesso

9

## Struttura delle reti di calcolatori (2)

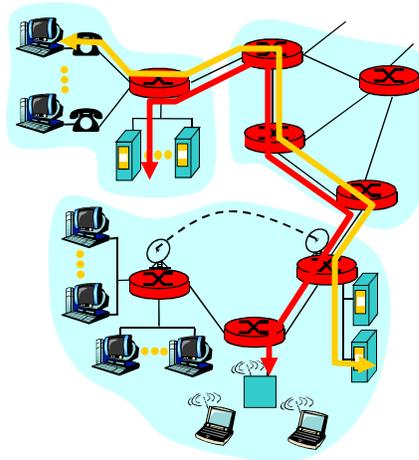


10

## Commutazione di circuito



- Nelle reti a commutazione di circuito, la capacità trasmissiva all'interno della rete è assegnata per ciascuna "chiamata"
  - E' definita una porzione di capacità trasmissiva che è allocata in modo esclusivo per servire ciascuna comunicazione
  - È il modello dell'attuale rete telefonica

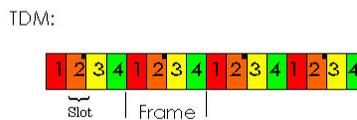
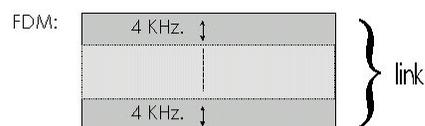


11

## Commutazione di circuito



- Nella telefonia tradizionale, due coppie di conduttori venivano impegnate per ciascuna conversazione
- Successivamente, le coppie "fisiche" sono state sostituite da:
  - **"porzioni di banda"** (moltiplicazione a divisione di frequenza, **FDM**)
  - **"porzioni di tempo"** (moltiplicazione a divisione di tempo, **TDM**)



All slots labelled **2** are dedicated to a specific sender-receiver pair.

12

## Commutazione di Pacchetto



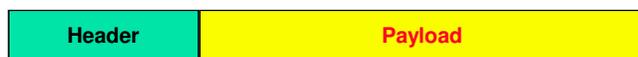
- La natura discontinua della trasmissione di dati digitali può essere sfruttata per far sì che flussi di dati differenti possano condividere la stessa connessione, a patto di poterli distinguere
- Questo principio è alla base della tecnica detta “commutazione di pacchetto” (*packet switching*)

13

## Commutazione di Pacchetto (2)



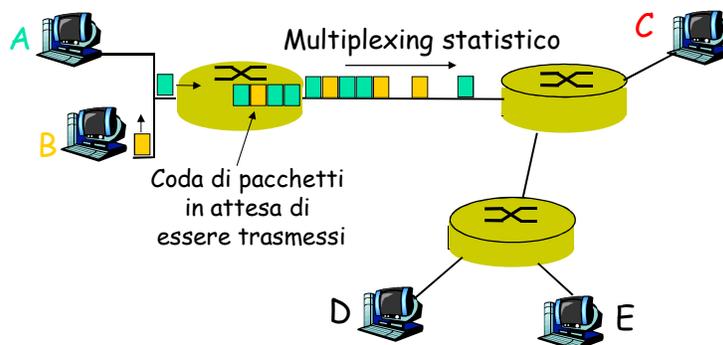
- Nel *Packet Switching* ciascun flusso di dati è diviso in pacchetti, cioè in entità composte da:
  - un'intestazione (*header*), utilizzata ai fini dell'identificazione e gestione,
  - i dati veri e propri (*payload*)



- Una rete a commutazione di pacchetto è composta da:
  - sistemi terminali (*End System o host*): producono o ricevono dati
  - apparati che si occupano dell'instradamento dei pacchetti tra sorgente e destinazione, detti nodi della rete (*Network Nodes*)
- Ogni nodo memorizza i pacchetti in ingresso, per poi instradarli verso il nodo successivo (*store & forward*)
- I collegamenti fisici tra i nodi sono detti *link*

14

## Commutazione di Pacchetto (3)



15

## Commutazione di Pacchetto (4)



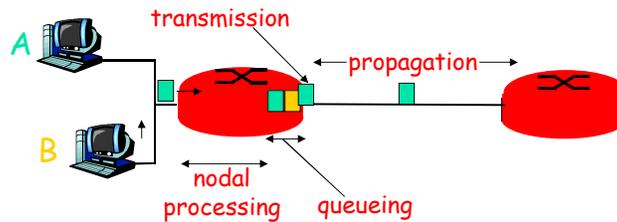
- La Qualità del Servizio di una rete a commutazione di pacchetto è misurata da una molteplicità di “indici di prestazione”
- I più importanti sono:
  - **Ritardo** nella consegna dei pacchetti [s]
  - **Throughput**: quantità di bit al secondo che la rete è in grado di trasferire tra due terminali [b/s]
  - **Loss-Rate**: probabilità che un pacchetto non venga consegnato a destinazione
  - **Jitter**: Variazione temporale del ritardo

16

## Ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto



- Il ritardo nella consegna di un pacchetto alla destinazione è determinato da:
  - **Tempo di elaborazione** nel nodo:
    - controllo di errori, determinazione link di uscita, ...
  - **Tempo di trasmissione** su ciascun link = Lunghezza in bit / velocità in bps
  - **Tempo di attesa nelle code dei router** (variabile)
  - **Tempo di propagazione** sulle linee = lunghezza della linea / velocità del segnale

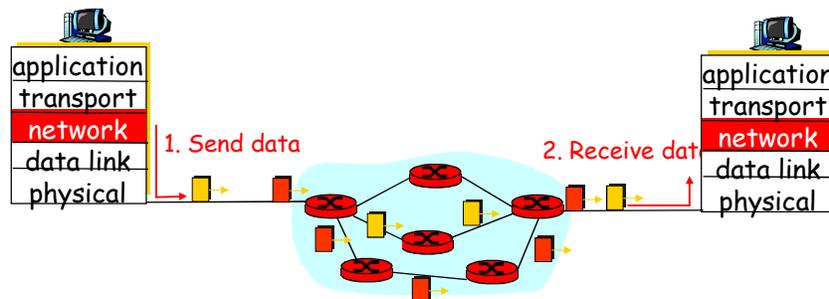


17

## Packet switching: reti a datagrammi



- Ogni nodo che riceve un pacchetto decide in maniera **indipendente** a quale altro nodo inoltrarlo, sulla base dell'indirizzo destinazione contenuto nel pacchetto
  - **Indipendente** rispetto agli altri nodi
  - **Indipendente** rispetto agli altri pacchetti passanti per lo stesso nodo
- Pacchetti tra la stessa coppia sorgente-destinazione possono seguire percorsi differenti

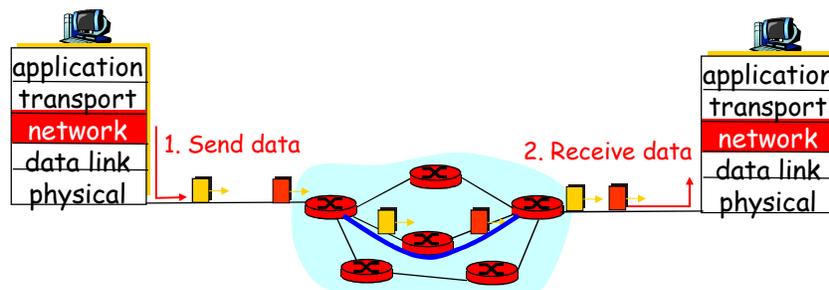


18

## Packet switching: reti a circuiti virtuali



- Ogni pacchetto contiene il numero del circuito virtuale
- Il circuito virtuale è stabilito prima della trasmissione dei dati
- I nodi devono conservare informazioni sui circuiti virtuali che li attraversano



19

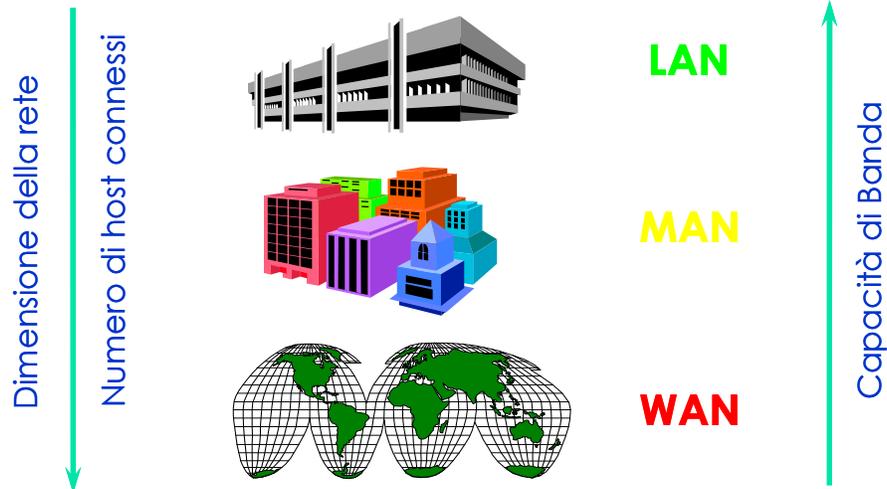
## Datagrammi vs circuiti virtuali



Proprietà	datagrammi	circuiti virtuali
Creazione del circuito	Non richiesta ☺	Richiesta ☹
Indirizzamento	Ogni pacchetto contiene l'intero indirizzo della sorgente e della destinazione ☹	Ogni pacchetto contiene un numero di VC ☺
Informazioni sullo stato	I nodi di rete non mantengono informazioni sullo stato ☺	Ogni VC richiede uno spazio di memoria sui nodi ☹
Instradamento	Ogni pacchetto è instradato indipendentemente ☹	Percorso pre-calcolato: ogni pacchetto segue questo percorso ☺
Effetti di guasti ai nodi	Nessuno (solo i pacchetti persi durante il guasto) ☺	Tutti i VC che attraversano quel nodo sono chiusi ☹
Controllo di congestione	Complicato ☹	Semplice se possiamo allocare spazio sufficiente per ogni VC ☺

20

## Le reti di calcolatori



21

## Caratteristiche LAN



- Non attraversano suolo pubblico
- Velocità trasmissiva "V" molto elevata
- Distanze D ridotte
- Conformità:
  - conformi a standard emessi da ISO/IEEE/ANSI
  - non conformi agli standard CCITT

22

## Caratteristiche MAN



- **Installazioni in ambito urbano**
- **Velocità trasmissiva “V” elevata**
- **Conformità:**
  - **conformi sia standard CCITT sia ISO/IEEE**
- **Mezzo trasmissivo tipico: fibra ottica**

23

## Caratteristiche WAN



- **Installazioni in ambito interurbano**
- **Velocità trasmissiva “V” inferiore a quella delle LAN**
- **Conformità:**
  - **conformi standard CCITT**
- **Mezzi trasmissivi:**
  - **spesso gli stessi usati per la telefonia convenzionale**

24

## Reti eterogenee



- Gli esempi presentati non sono mutuamente esclusivi
- Nella maggior parte dei casi, soluzioni architettureali differenti coesistono in un singolo sistema distribuito complesso
- L'esempio per eccellenza: **Internet**