

Appunti di Giuseppe Ferrara del corso di Reti di Calcolatori 1 tenuto dal Prof. A. Pescapè. Le slide sono a cura del professore e sono inserite al solo scopo di illustrare meglio i concetti. Questi appunti non sostituiscono il libro di testo o il corso ma vogliono essere solo un'integrazione.

25 set. 18

## L'evoluzione



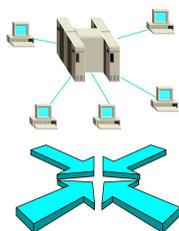
3

Inizialmente il mondo dell'informatica era orientato verso mainframe e super computer sempre più grandi e potenti.

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



- Sistemi fortemente centralizzati
- Grandi capacità di calcolo
- Rete complessa ma... *omogenea*
- Ambiente periferico: terminali e stampanti



4

### L'evoluzione: ...al "computing distribuito"



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



5

Con l'avvento dei personal computer si inventò un modo per poter permettere agli elaboratori di comunicare, nascono le prime reti di calcolatori.

Attorno agli anni 2003-4 si inizia a scoprire la condivisione dell'informazione, condivisione delle risorse, quindi la possibilità di condividere tramite la rete le risorse hardware, software e dati.

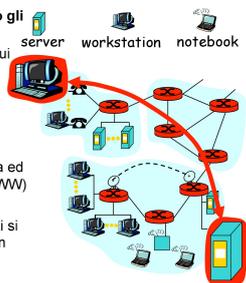
Questo ha consentito alle compagnie di risparmiare sull'hardware che veniva condiviso (una stampante ad ufficio anziché una per ogni scrivania) oltre alla possibilità di velocizzare i tempi di trasmissione e di elaborazione condividendo informazioni e potenza di calcolo.

Un altro motivo per cui tutto è diventato distribuito è che l'affidabilità è migliore nei sistemi distribuiti rispetto ai sistemi centralizzati, infatti il fallimento di un singolo elemento della rete non compromette l'intero sistema, ma al più lo rallenta, cosa diversa rispetto al fallimento di una parte di un supercomputer.

Anche l'approccio distribuito ha i suoi problemi e per questo alcuni sistemi sono ancora sviluppati con un approccio centralizzato (pochi e specifici).

### Elementi costitutivi delle reti di calcolatori (1)

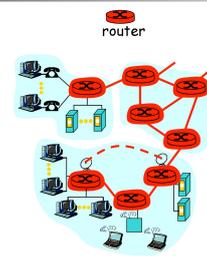
- Alle estremità della rete si trovano gli **end-system o host**
  - sono calcolatori di vario tipo su cui girano i programmi applicativi
  - i programmi applicativi possono essere progettati secondo due modelli:
    - **Client-Server**
      - Il client invia una richiesta ed il server risponde (es. 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**
    - doppini in rame
    - cavi coassiali
    - fibre ottiche
    - collegamenti radio punto-punto
    - collegamenti satellitari
    - ...



8

Gli elementi alle estremità della rete si chiamano end-system o host, e sono i dispositivi su cui girano programmi applicativi di vario tipo come pc, laptop, smartphone,...

L'architettura dei programmi deve essere o di tipo Client-Server o di tipo P2P.

L'architettura Client-Server prevede due tipi di elementi, il client che richiede servizi e il server che li fornisce. Non accade mai che un server invii delle informazioni di sua spontanea volontà, tutto ciò che invia deve essere necessariamente richiesto.

L'architettura P2P invece è formata da dispositivi detti peer. I peer si scambiano dati tra loro. Un esempio di sistema P2P è il torrent. Quando voglio scaricare un film da torrent scarico un file da un motore di ricerca che contiene gli identificativi di chi è già in possesso del film. Poiché a me serve il film tramite il software il mio pc richiede il film ad un server che contiene gli indirizzi corrispondenti agli identificativi che hanno il film e gli dice di inviarmelo, quindi non sono io a richiederlo, altrimenti sarebbe client-server.

I nodi intermedi di una rete sono gli apparati che sono dispositivi tra di loro interconnessi e possono essere modem, router, access point, hub, ...

Gli archi di una rete (collegamenti) definiscono i supporti trasmissivi che realizzano le interconnessioni. Questi supporti possono essere doppini in rame, fibre ottiche, collegamenti satellitari, ...

## 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"

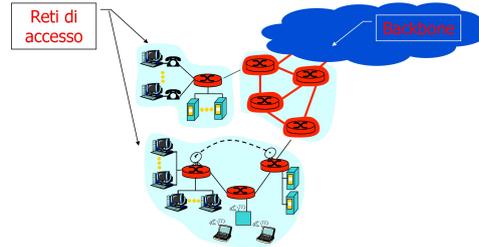
Tecnologie "Wireless"

### • 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

L'infrastruttura di una rete può essere divisa in due grosse categorie:

1. Reti di accesso
2. Reti di backbone

Le (1) si dividono in due altre categorie, a seconda della natura fisica

1. Tecnologie wired (cablate)
2. Tecnologie wireless (senza fili)

Esse sono la parte finale della rete, che è collegata con i dispositivi host.

Le (2) sono le dorsali vere e proprie della rete, si collegano alle reti di accesso e sono strutturate in sottoreti tra di loro interconnesse. Sono la parte centrale della rete, sono costituite solo da collegamenti tra apparati.

27 set. 18

È possibile arrivare da una rete di accesso ad un'altra mediante i backbone.

Esistono due tipi di reti, a commutazione di pacchetto e a commutazione di circuito.

Nella comunicazione a commutazione di circuito si chiede il setup della rete, quindi viene instaurato il circuito e si procede allo scambio dei dati.

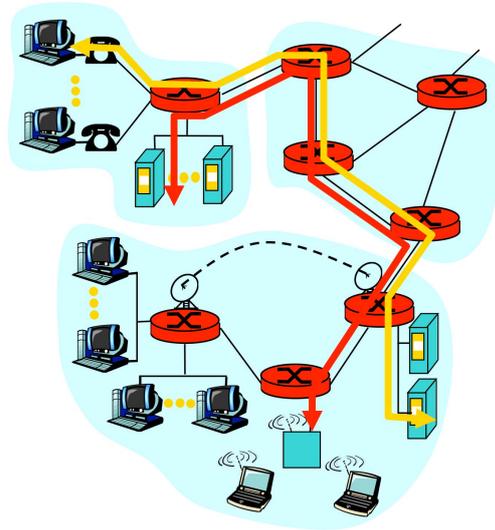
In questo paradigma, che è il modello con il quale funziona la telefonia via cavo, si instaura un vero e proprio collegamento diretto mediante lo spostamento fisico di ponti che chiudono il circuito, in

effetti quello che si ottiene è il lavoro automatizzato dei centralini di una volta.



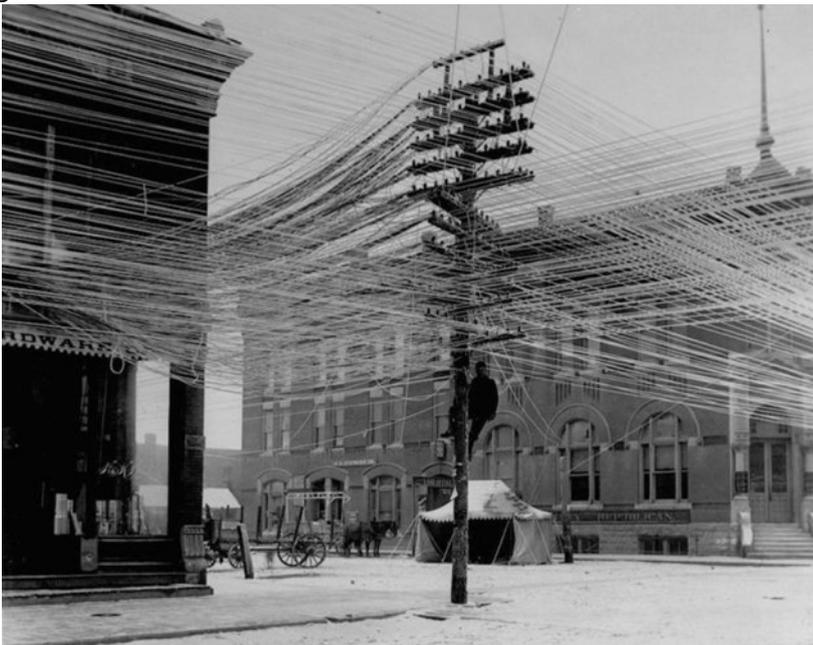
## Commutazione di circuito (1)

- 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

Il traffico su una rete telefonica è composto da due parti, il traffico di signaling che corrisponde all'atto della composizione del numero di telefono, cioè quando si richiede la composizione del circuito, e il traffico di payload che è il flusso di dati, ovvero la chiamata telefonica. Inizialmente per funzionare la rete telefonica, ogni abitazione dotata di telefono doveva avere un collegamento diretto con il centralino. Con l'aumentare del numero di persone che richiedevano il servizio, per evitare situazioni del genere

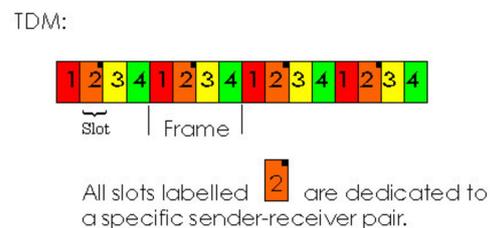
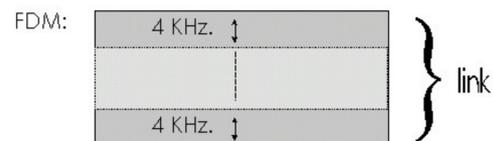


si svilupparono due differenti tecniche che consentissero l'utilizzo contemporaneo di un cavo da parte di più utenti, sfruttando anche il fatto che è raro che un intero quartiere parli contemporaneamente a telefono. Le due tecniche sono la porzione di banda e la porzione di tempo. La prima sostanzialmente divide la banda in slot frequenziali, la seconda assegna dei turni agli utilizzatori.

## Commutazione di circuito (2)



- 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**)



La commutazione a circuito non è efficiente per il modello di internet perché il flusso di dati non è continuo e la commutazione a circuito è pensata per realizzare un flusso di dati continuo. La natura discontinua della trasmissione di dati digitali può essere utilizzata per far sì che flussi differenti possano condividere la stessa connessione. Questo è il principio alla base della commutazione a pacchetto.



## 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

Un pacchetto è una porzione di bit di una dimensione massima prefissata.

Alla parte payload, che contiene i dati effettivi che si vogliono trasmettere, si aggiunge una parte, header, che serve ai fini della identificazione e della gestione dei pacchetti di bit e che contiene tutte le informazioni necessarie alla trasmissione e alla rielaborazione.

Un file infatti viene scomposto in pacchetti e, per essere utilizzato, deve essere riassembleto correttamente. L'header contiene informazioni del tipo

- Indirizzo sorgente
- Indirizzo destinazione
- Numero identificativo di pacchetto (1 di 38 o 4 di 56 ad esempio)
- ...

e altre informazioni che scopriremo più avanti.

L'header rappresenta l'overhead della comunicazione tra i due dispositivi.

Ogni nodo intermedio (apparato) riceve un pacchetto sull'interfaccia e leggendo le informazioni sull'header instrada correttamente il pacchetto lungo la rete per farlo arrivare alla giusta destinazione.

L'algoritmo dell'instradamento dei pacchetti è basato su un modello stateless, ovvero non si sa nulla dello stato, in questo modo non si fanno ne calcoli ne previsioni e la trasmissione è più veloce possibile.

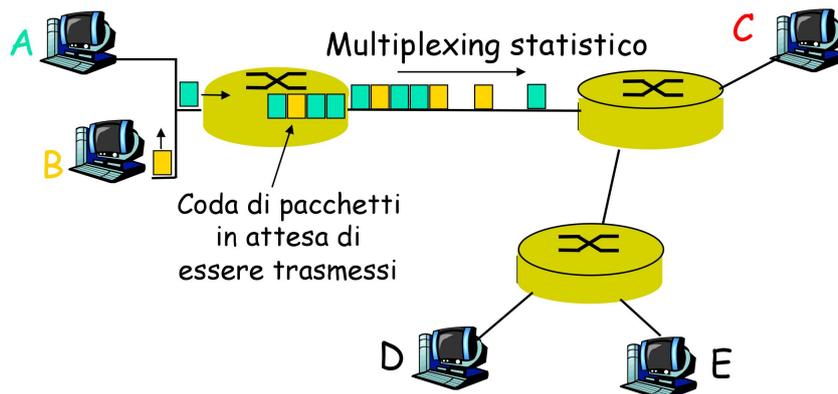
L'instradamento avviene da parte dei router che si limitano a leggere dall'header le informazioni sulla destinazione e instradano il pacchetto sull'interfaccia corretta.

Ogni nodo si limita a conoscere solo il next stop del pacchetto, non sa quale itinerario ancora dovrà affrontare. L'instradamento può non essere identico per più pacchetti con la stessa coppia sorgente-destinazione, ma non avviene in modo casuale, i nodi possono decidere sulla base dello stato della rete la strada che il pacchetto dovrà fare.

La commutazione di pacchetto presenta problemi come la possibilità di perdere pacchetti e il ritardo dovuto a eventuali code che si fermano nei buffer dei router.



## Commutazione di Pacchetto (3)



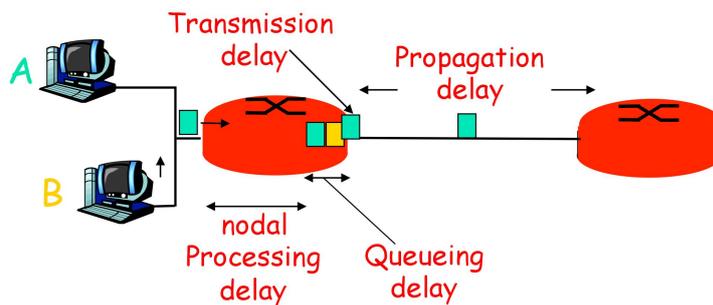
La qualità del servizio di una rete si misura in base a

- Ritardo della consegna dei pacchetti
- Throughput (velocità con cui i dati realmente viaggiano)
- Loss-rate: probabilità che un pacchetto venga consegnato a destinazione
- Jitter: variazione temporale del ritardo

## 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 attesa nelle code dei router** (variabile)
  - **Tempo di trasmissione** su ciascun link = Lunghezza in bit / velocità in bps
  - **Tempo di propagazione** sulle linee = lunghezza della linea / velocità del segnale



Il jitter crea i problemi più grandi soprattutto nelle applicazioni multimediali, è determinato da fattori come

- Tempo di elaborazione nel nodo dovuto a operazioni come controllo errori, determinazione del link di uscita ecc...
- Tempo di attesa nelle code dei router
- Tempo di trasmissione su ciascun link
- Tempo di propagazione sulle linee

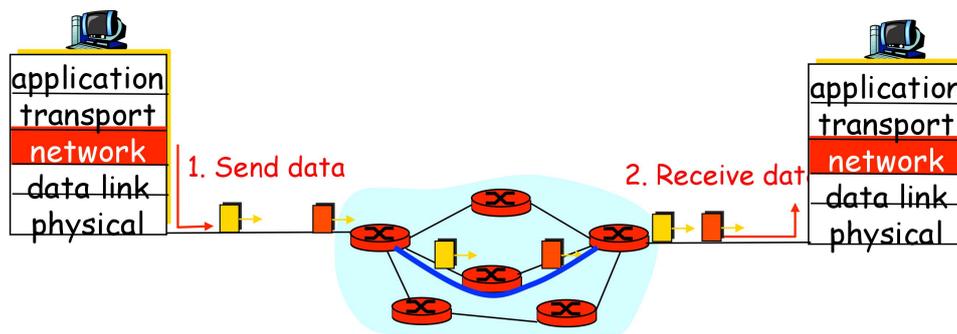
È possibile creare una rete a circuito virtuale su una rete a commutazione a pacchetto, quindi impongono prima la strada che ogni pacchetto prenderà, ma il modello è sempre a commutazione a

pacchetto.



## 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



Le informazioni su eventuali circuiti virtuali che il pacchetto deve attraversare sono contenute nell'header.



## 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

La tipologia di rete varia in base al numero di dispositivi connessi e alla dimensione. Più è grande più ha dispositivi ma la capacità di banda è minore.

Oggi la differenza di velocità di banda non è così evidente tra i diversi tipi di rete.

Tante LAN formano una MAN e tante MAN formano una WAN.

**Internet** è la WAN più grande che esista, la rete di reti più grande.

Per far comunicare due computer si richiedono soluzioni tecniche complesse per una serie di problemi come

- Ricezione e Trasmissione fisica
- Controllo degli errori
- Controllo di flusso
- Conversione dei dati
- Crittografia e sicurezza
- Sincronizzazione

Un approccio logico è quello che ha condotto al modello a strati, ossia di analizzare tali problematiche singolarmente con il processo "Divide et Impera".