

## RETI: Architettura della connessione

Misurata dal costo, velocità ed affidabilità di invio dei messaggi da dove provengono a dove devono andare

### Parametri:

- **latenza**
- **banda**
- connettività
- costo hw
- reliability
- funzionalità  
(e.g. combinazione messaggi, frammentazione)

### Obiettivo

#### MIGLIORE USO RISORSE E PERFORMANCE

Anche modelli complessi per tenere conto del tutto

**LOGP** considera anche i contributi di overhead dei diversi nodi intermedi ed estremi

**teoria delle code**

## SCELTE

### Topologia

statica e dinamica

### Modi di operazione della architettura

sincrono ed asincrono

### Switching

packet switching, circuit switching,  
virtual cut-through (wormhole)

### Strategia di Controllo

centralizzato o distribuito

## Latenza vs banda

I due fattori o indicatori costituiscono la metrica fondamentale per considerare un buon uso delle risorse

### Banda di trasmissione (**throughput**)

*quantità di dati trasmessi con successo (per secondo) su un link o una connessione*

Ethernet 10Mbps (numero puro su intervallo)

10 Mbit al secondo -> 1 bit 10µs

### Tempo di latenza di trasmissione

*tempo impiegato per trasmettere una unità di informazione (bit)*

*tempo di andata/ritorno (**Round Trip Time** o **RTT**)*

rete locale 25µs

Linea intercontinentale 25ms

$$T_L = T_{prop} + T_{tx} + T_q$$

$T_{prop}$  dipende dalla **velocità** della luce nel mezzo  
 $T_{prop} = \text{Spazio} / \text{Velocità}$

$T_{tx}$  dipende dal **messaggio** e dalla **banda**  
 $T_{tx} = \text{Dimensione} / \text{Banda}$

$T_q$  dipende dai **ritardi** dovuti all'accodamento in diversi punti della connessione  
(*endpoint o intermedi*)

## Problemi e ottimizzazioni

crescita infinita Banda e limite a Latenza

identificazione dei **colli di bottiglia** ossia di quale fattore domina

se invio/ricezione di 1 byte  
dominante la latenza

**RTT** banda non importante

se invio/ricezione di molti MegaByte 30MB  
dominante la banda

**throughput** latenza non importante

## IMPEGNO RISORSE

Prodotto **Latenza x Banda** risorsa canale dati



latenza 40ms e banda 10Mbps

prodotto 50 KBps (400 Kbps)

è necessario che il mittente invii **50KB** prima che il primo bit sia arrivato al destinatario  
e prima di una risposta 100KB

## BUFFERING

**La infrastruttura potrebbe mantenere le pipe piene per con proprie risorse i tempi di risposta**

## Nel caso di ETHERNET

ci sono limiti alla dimensione del **frame**

**almeno 64b (512 bit)**

**meno di 1500b**

Se il frame fosse di **dimensione non limitata**  
un nodo potrebbe tenere occupato il mezzo per sempre  
(nessuna garanzia di **fairness**)

Se il frame fosse **troppo corto**, il messaggio non avrebbe tempo di propagarsi fino al punto più lontano (max 2500m) e il mittente potrebbe non identificare la collisione  
Il mittente deve mandare almeno bit da saturare il mezzo

propagazione 12.5 $\mu$ s (considerando 2500m e ritardi)

**25 $\mu$ s** poi stando larghi **51,2 $\mu$ s** e

banda **10Mbps**

prodotto **512 bit**

ossia 64 byte, di cui

14 header frame MAC +

40 header TX e IP +

**6** almeno applicazione +

4 footer MAC

In caso di mezzo occupato, si trasmette appena si libera  
(**1-persistente**) senza aspettare

Se ancora collisione, attesa di un tempo con raddoppio intervallo (**backoff esponenziale**)

Primo tempo attesa tra 0 e 51,2  $\mu$ s

Secondo tempo attesa tra 51,2 e 102,8  $\mu$ s

...

Fino a 16 tentativi, poi eccezione

## International Telecommunication Union Comunicazione ITU

ITU definisce i modelli di comunicazione per servizi telefonici

modelli di **comunicazione** per il settore telefonico

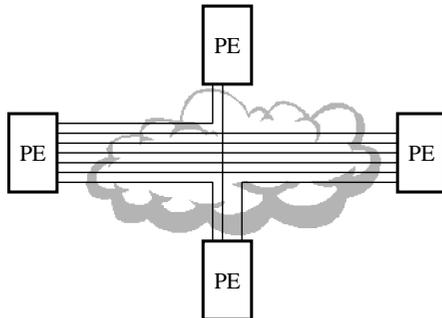
- DTE: interfaccia cliente  
(data terminal equipment)
- DCE: interfaccia di rete  
(data circuit terminating equipment)

modelli a **connessione**

- livelli L/N/T della pila OSI  
con messaggi di setup e negoziazione

problemi di **controllo**

- scambio informazioni di monitor/controllo



ITU definisce tutti i protocolli tra DTE e DCE  
V.24, X.21, X.25

## Switching

impegno condiviso delle risorse per consentire di passare i dati in caso di nodi non in visibilità

La comunicazione impegna:

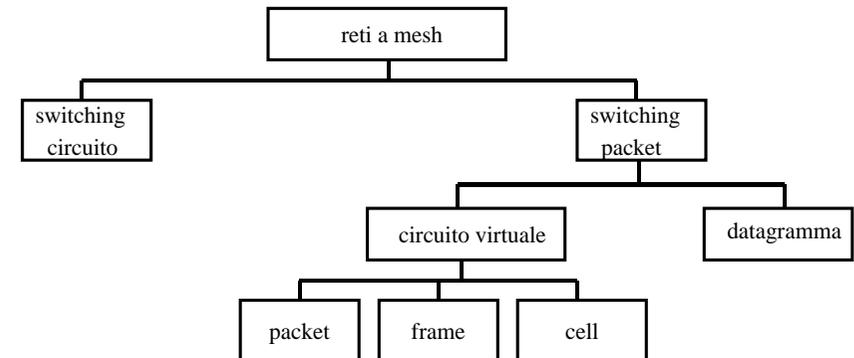
- o collegamenti statici dedicati
- o collegamenti switch da stabilire e controllare  
**Permanent / Switched Virtual Circuit**
- o usa risorse esistenti (ottimista)

**Circuito** impegno risorse intermedie

**Messaggi singoli**

con tecniche di **invio/spezzettamento/routing**

**stream di byte/bit o pacchetti**



Scambio di informazioni diverse di dimensioni determinate

- cella** insieme di 53 byte
- frame** unità del livello data link
- pacchetto** messaggio a livello network con dimensione da 100 a 1000 byte
- datagramma** associato alla comunicazione senza connessione
- messaggio** a livello applicativo

# SWITCHING

come si impegnano le risorse circuito/datagramma

## Switching di circuito (tecnica pessimista)

canale end-to-end per flusso di bit (anche circuiti multipli)

- impegno di risorse anche senza flusso di dati
- multiplexing inverso  
    combina  $N$  canali fisici per uno logico utente

schema molto statico e proattivo

Esempio: ISDN

## Circuiti virtuali

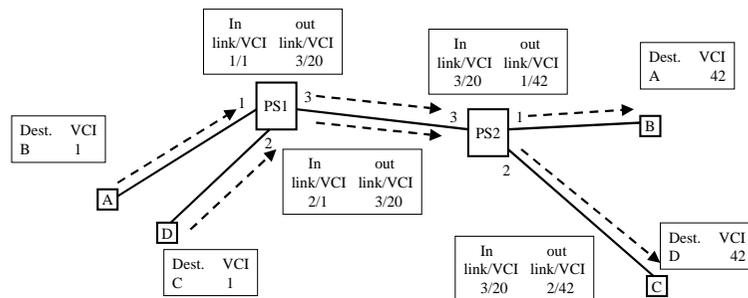
(condivisione ottimista)

connessioni end-to-end

trasmissione dati a pacchetti  
anche con connessioni multiple

con virtual circuit identifier (VCI)

identificatori locali unici negli intermedi con eventuale  
condivisione



# SWITCHING OTTIMISTA (CONDIVISIONE)

## Switching a datagrammi (tecnica ottimista)

nessun connessione end-to-end

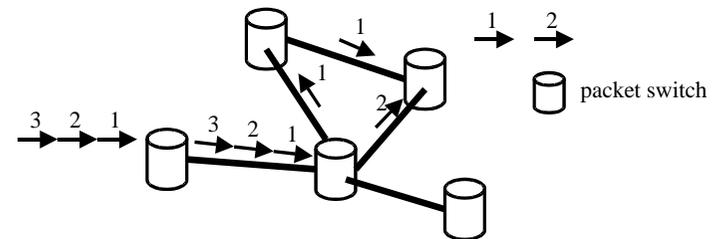
*nessun controllo flusso, congestione, errore*

*nessuna garanzia di servizio*

(no ordine, no QoS)

ogni pacchetto porta indirizzo

effetti di ritardo e jitter



usando datagrammi perdiamo le garanzie offerte dai canali

Si distingue

**circuit switching**  
**packet switching**

impegno risorse  
ad ogni nodo si attende il messaggio, lo si memorizza (store) e lo si reinvia (forward) -> **store-and-forward**

**virtual cut-through**

**si impegna memoria ad ogni nodo**  
si manda il messaggio ma lo si muove solo di **successo completo** (non si impegna memoria intermedia) o in caso di **interferenze** (uso memoria)

**wormhole**

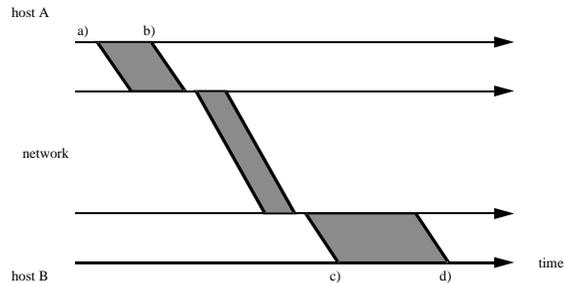
si manda **un solo pezzetto** del messaggio (flit) che attende la soluzione di eventuali conflitti ed interferenze

## Pacchetto (tecnica ottimista)

### pacchetto di dimensione fissa

con condivisione delle risorse e multiplexing del traffico  
bande diverse e velocità diverse

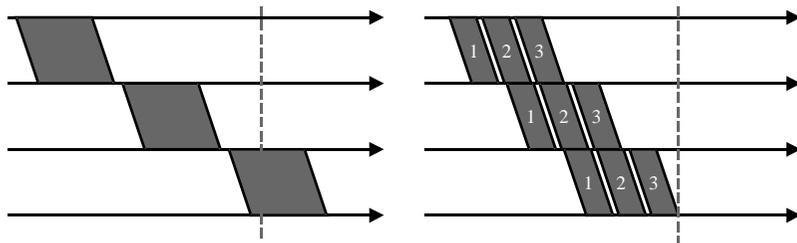
**invio di un pacchetto alla volta**



## Messaggi (tecnica ottimista)

### con messaggi di lunghezza diversa

Un solo messaggio può comportare molti pacchetti  
usato a livello di applicazioni (es. e-mail)



Per ogni nodo **store-and-forward**

ritardo introdotto ad ogni switch

**messaggi lunghi ritardano quelli corti**

## Tecniche di ottimizzazione

### Switching a Frame (frame relay)

circuito virtuale di Network costruito sulla base di  
un circuito virtuale a pacchetti

controllo errore e flusso ripetuto ai livelli 2 e 3

solo livello 2 link end-to-end

Eliminazione di overhead di garanzia QoS

- **Frame relay**

nessun controllo errore o flusso a livello 2

controlli lasciati a livello applicativo

### Switching a Cella

#### pacchetti piccoli e fissati celle (ATM)

reattivo: si adatta al traffico

switch veloci e pacchetti fissi

non indirizzi globali ma **VCI**

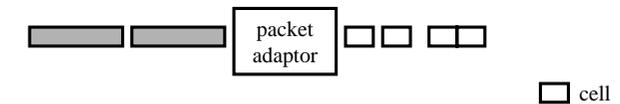
nessun controllo errore e flusso

celle di dimensioni fissate

multiplexing granulare dei servizi

- **adattamento**

pacchetti celle e bit-stream celle



null adaptation



## Signalling controllo dell'operazione

### Necessità di

- stabilire/chiudere una connessione
- requisiti QoS della connessione
- gestire le risorse da usare in connessione

### Signalling (o Controllo)

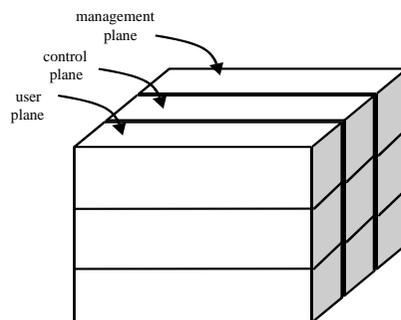
- **in-band:**  
usando gli stessi cammini dei dati
- **out-of-band:** cammini separati controllo

### Common Channel Signalling (CCS)

segnalazione out-of-band per tutti i canali

### Signalling in piani di specifica

- **Piano User**  
protocolli utente
- **Piano di Controllo**  
controllo operazioni di connessione  
user-to-network e network-to-network signalling
- **Piano di Management**
  - network management and monitoring
  - fault identification



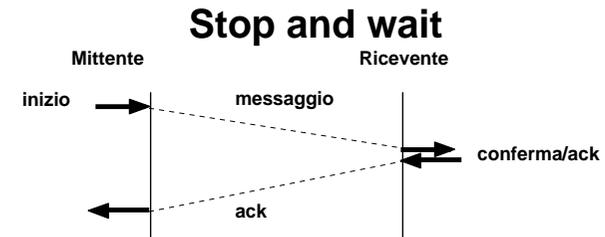
## Modi di comunicazione

dobbiamo considerare due dimensioni

- affidabilità**
- asincronismo**

per svincolare il servizio e  
consentire asincronismi

## Automatic Repeat reQuest (ARQ)



casi di **ritrasmissione con time-out**

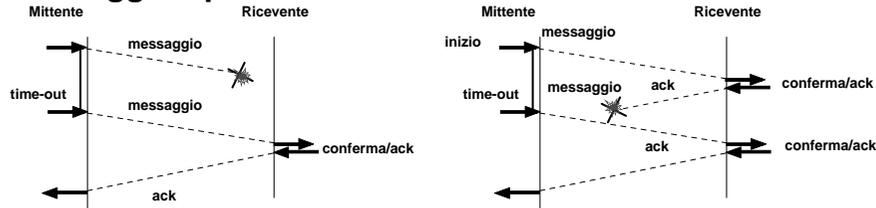
Naturalmente dobbiamo considerare la possibilità di avere anche **errori**:

- sia **perdite di messaggi**
- sia **messaggi compromessi**

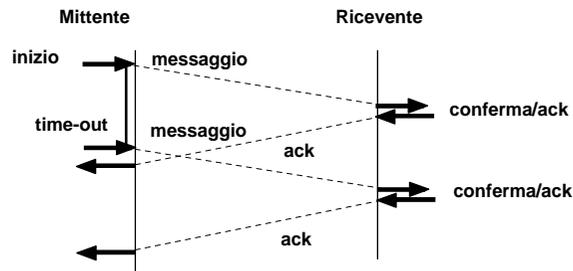
Si intende ottenere il massimo  
della **asincronicità** e della **autonomia** di decisione  
tra i pari che devono comunicare

## diversi casi

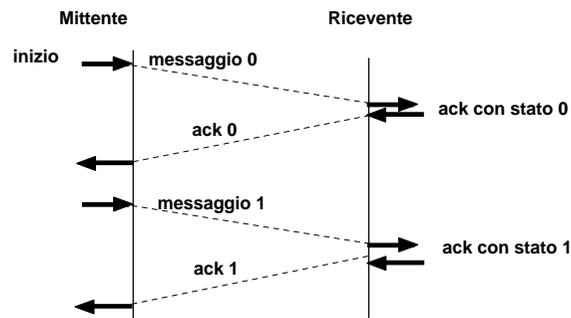
### messaggio ripetuto



### ack ripetuti per lo stesso messaggio



### Uso di identificazione del messaggio



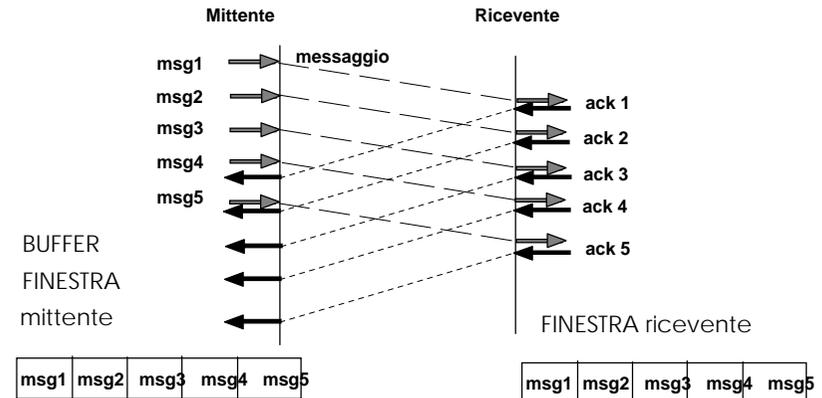
## Continuous Request

Si mandano messaggi che sono bufferizzati fino a saturare la risorsa memoria (**finestra buffer**) disponibile

Il mittente scorre la finestra solo all'**acknowledgement**

Attesa del mittente solo a **finestra piena**

La dimensione della finestra **imposta da chi ?**



In caso di full-duplex, gli ack sono mandati in **piggybacking** sul traffico in quel senso

Cosa succede in caso di errore o di messaggio non arrivato mentre altri messaggi inviati dopo sono arrivati?

due modi:

### GO-BACK-N

attesa del messaggio (timeout al mittente) e scarto degli altri successivi non in sequenza

### SELECTIVE RETRANSMISSION

attesa del messaggio tenendo conto dei successivi non in sequenza cui si da ack (timeout al ricevente)

*go-back confonde messaggi non in ordine con perdite*

(HDLC usa go-back-N e selective retx)

(TCP usa go-back-N e ack cumulativi)

## Finestra scorrevole (sliding window)

Usata da TCP per ogni direzione

per un verso di trasmissione

il Mittente (TX)

numera ogni messaggio con **NumSeq**

decide una dimensione della finestra **TXWinSize**

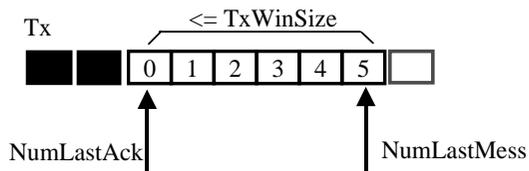
mantiene il valore dell'ultimo messaggio inviato

**NumLastMess**

mantiene il valore dell'ultimo ack ricevuto **NumLastAck**

Obiettivo è mantenere

$$\text{NumLastMess} - \text{NumLastAck} + 1 \leq \text{TXWinSize}$$



il Ricevente (RX) tiene

una dimensione della finestra **RXWinSize**

il numero del prossimo messaggio atteso

**NumWaitedMess**

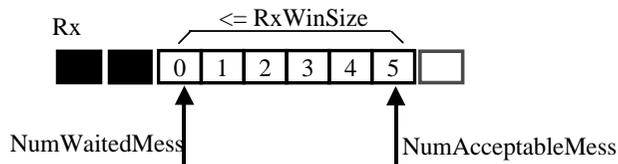
il numero dell'ultimo messaggio confermabile

**NumAcceptableMess**

Il Ricevente deve mantenere

$$\text{NumAcceptableMess} - \text{NumWaitedMess} + 1 \leq$$

**RXWinSize**



Molte politiche e decisioni differenti

## INTERCONNESSIONE

**Statica** (reti dirette)

**Dinamica** (reti indirette)

### INTERCONNESSIONE GLOBALE

**Libera e non Vincolata**

interconnessione completa

unico crossbar

interconnessioni irregolari replicate

### INTERCONNESSIONE RISTRETTA

**Vincolata**

bus unico

**reti dirette statiche**

anelli - ring

interconnessione nel piano - mesh

alberi (binari, ternari, etc.) - tree

ipercubi

cube connected cycles (CCC)

**reti a stage dinamiche**

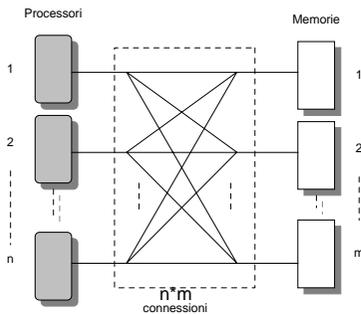
omega network

banyan network

Benes network

# INTERCONNESSIONE

## Connessione completa

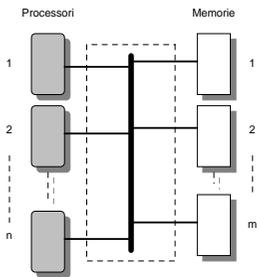


Ogni processore collegato con tutti i banchi di memoria

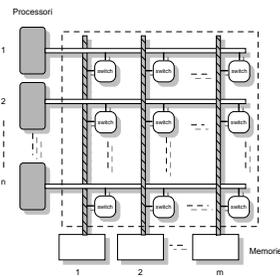
**n\*m connessioni**

In un sistema ideale è realizzato attraverso  
**un bus** o **con switch**

Numero modesto di processori (ordine della decina)



**Sistema shared bus**



**Sistema crossbar switch**

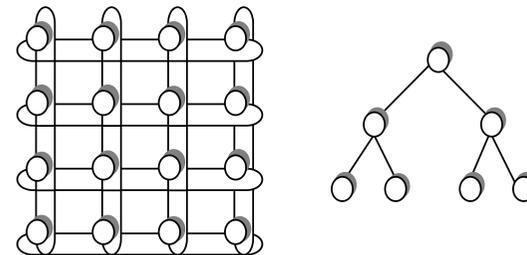
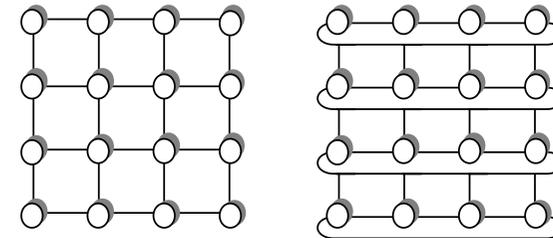
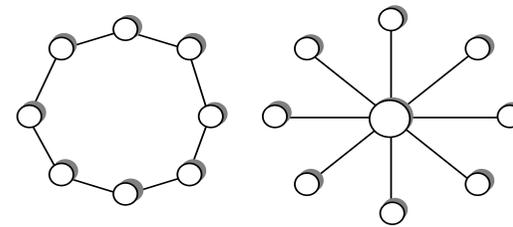
### Problemi di scalabilità risolti con ipotesi di località

limiti sul numero dei partecipanti

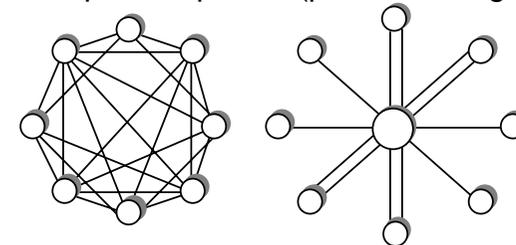
Eventuale aggiunta di interconnessioni ulteriori

*connessioni multiple replicate*

## RETI dirette



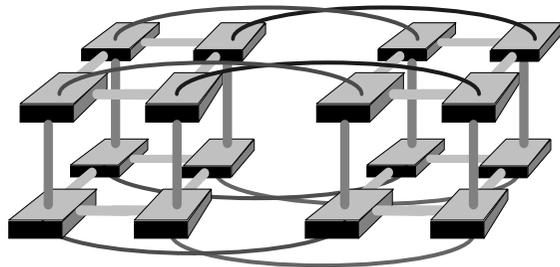
Fino a strutture più complesse (per tollerare guasti)



anche con ridondanze parziali

Possibile imposizione del verso sui link

## Ipercubi



ipercubo di dimensione 4 (due nodi per dimensione)

**ring** => con due nodi

**mesh** => con due nodi per dimensione

In genere, nodi totali  $2^n$  di un ipercubo

**un ipercubo ha due nodi per ogni dimensione**

Si estende a numeri superiori di nodi sulla stessa dimensione => se  $K$   $k$  per ogni dimensione

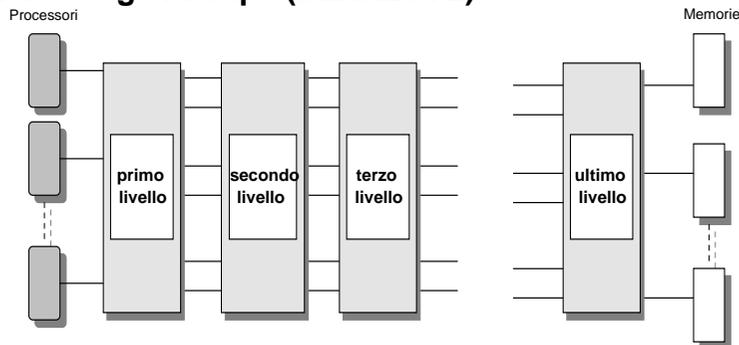
**K-ary n-cube** nodi totali  $k^n$

un ipercubo di dimensione  $n$  con un numero di nodi  
Grado di interconnessione **non scalabile**

## Reti Dinamiche

Ogni stage può connettere all'input una di diverse uscite

**RETI a stage multipli (INDIRETTE)**



Conflitti e ritardi di **setting** e **attraversamento**

## Reti statiche

$p$  numero totale nodi della topologia  
**diminuire i tempi di attraversamento**

### Diametro

massima distanza tra due nodi qualsiasi  
della topologia

ring =>  $p/2$

mesh =>  $2(p^{1/2} - 1)$

ipercubo =>  $\log p$

tree =>  $2 \log p$

### Connettività

molteplicità dei cammini tra nodi

*numero minimo di archi che devono essere tolti per spezzare la topologia in due parti*

ring => 2

mesh => 2

toro => 4

ipercubo =>  $n$  (se  $n$  dimensioni:  $n = \log p$ )

completa connessione =>  $p - 1$

### Bisection width

*numero minimo di archi che devono essere tolti per partizionare la rete in parti uguali*

ring => 2

mesh =>  $p^{1/2}$

toro =>  $2 p^{1/2}$

ipercubo =>  $p/2$  completa connessione =>  $p^2/4$

## Altri parametri

**Costo della interconnessione**

**Fattibilità**

## Confronto reti statiche

Tipo di rete	Latenza	Max Banda per nodo	grado di interconn.	costo cablaggio	Esempi
completamente connessa	<b>cost.</b>	<b>cost.</b>	<b>tutti con tutti</b>	<b>P<sup>2</sup></b>	
ipercubo	<b>log P</b>	<b>cost.</b>	<b>log P vicini</b>	<b>P log P</b>	<b>Connection Machine</b>
albero binario	<b>log P</b>	<b>cost.</b>	<b>3 vicini</b>	<b>P</b>	<b>Cellular</b>
mesh 2D	<b>radice(P)</b>	<b>cost.</b>	<b>4 vicini</b>	<b>P</b>	<b>Illiack MPP Transputer</b>

## Confronto reti dinamiche

Tipo di rete	Latenza	Max Banda per nodo	grado di interconn.	costo cablaggio	costo Switch	Esempi
Crosbar	<b>cost.</b>	<b>cost.</b>	<b>tutti con tutti</b>	<b>P</b>	<b>P<sup>2</sup></b>	
bus	<b>cost.</b>	<b>1/P</b>	<b>tutti con tutti</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>Sistemi a bus</b>
multistage	<b>log P</b>	<b>cost.</b>	<b>tutti con tutti</b>	<b>P log P</b>	<b>P log P</b>	<b>Butterfly, CM-5, CS-2</b>

Reti e Interconnessione 21

### Reti locali

si possono analizzare

- **topologie**
- **controllo di accesso**
- **mezzo trasmissivo**
- **applicazioni**
- **standard**

In rete locale =>

- facilità di broadcast**
- bassa probabilità di errori**
- alta velocità ed ampia banda di trasmissione**

Notate che il grosso interesse degli ultimi anni non è tanto per la singola rete, quanto per la **interconnessione di reti**

A livello di industria e finanza pubblica

Interconnessione di reti

- LAN** (Local Area Network)
- MAN** (Metropolitan Area Network)
- WAN** (Wide Area Network)

## topologie usate per LAN

In reti generiche (Wide Area Network) molte e diverse  
**mesh** Public Switch Telephone Network (PSTN)

In LAN topologie semplici

### stella

Private Automatic Branch Exchange (PABX)

Private Digital Exchange (PDX)

**bus** anche un insieme di bus interconnessi

### ring

### hub

un **bus** inglobato in una unica unità centrale di  
connessione ==> simile ad una stella

realizzazione poco costosa a unico ring interno

evoluzione verso sistemi con connessioni  
dinamiche ad alte prestazioni

## mezzi trasmissivi

doppino schermato o non schermato e cavo coassiale

	10BaseT	100BaseT	1000BaseX
banda	10Mb/s	100Mb/s	1000Mb/s
CAT5 UTP	100m+	100m	100m(?)
STP/coax	500m	100m	25m
fibra multi-mode	2Km	412m (hd) 2Km (fd)	500m
fibra single-mode	25Km	20Km	3Km (5Km?)

## Controllo di accesso

Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection  
(**CSMA/CD**) (Ethernet)

token (**control token**)

anello a slot (**slotted ring**)

### CSMA/CD          accesso ottimistico

sistema dinamico di impegno del mezzo

collisioni ==>

recovery con ritrasmissione ad intervallo random

### control token      accesso pessimistico

sistema statico:

un solo possessore del diritto di trasmettere (token)

passaggio del token da un vicino ad un altro

### slotted ring        accesso pessimistico

controllo statico di accesso ad un anello:

anello come insieme di contenitori di messaggi  
circolanti (slot)

## Standard IEEE 802

CSMA/CD (802.3)

token ring (802.5) token bus (802.4)

Diffusione di Ethernet

sistema **reattivo** e non **proattivo**

## Performance

Fino ad occupazione media del mezzo (50%)  
prestazioni equivalenti  
con throughput più alto per messaggi più lunghi  
Ad alto traffico, qualche differenza

## Interconnessione reti

### necessità di nuove tecnologie o mezzi trasmissivi

con una possibilità di trasmettere informazioni  
**velocemente in modo dinamico**  
Occupando risorse solo in **caso di utilizzo**  
garantendo determinati **livelli di servizio o QoS**  
(Quality Of Service)

**Ethernet** (10Mbps) su coassiale thick o thin  
cavo giallo **10base5** (lunghezza segmento 500m)  
cavo sottile **10base2** (lunghezza segmento 200m)  
twisted pair **10baseT** (lunghezza segmento 100m)  
fibra **10baseF** (lunghezza segmento 1500m)

**Fast Ethernet** (100Mbps) su doppino **100baseT**  
CAT5 UTP Unshielded Twisted Pair

Non solo reti ad alta velocità  
Nuove tecnologie: **FDDI, ATM**

## FDDI

### fibre distributed data interface

Standardizzazione ANSI compatibile IEEE 802  
**banda 100Mb/s ma indirizzi MAC a 48 bit**

- FDDI-1: packet switching
- FDDI-2: circuit switching

si definiscono il numero massimo di stazioni, massima lunghezza tratta, massima lunghezza frame, etc.

**Due anelli**, gestiti in verso opposto  
uno con funzioni di **back-up**

Si agganciano le stazioni ad entrambi o ad uno solo

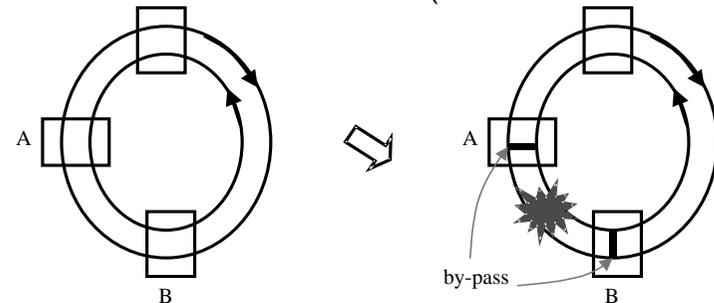
### Elevato costo di installazione

uso come dorsale di interconnessione con concentratori

### Due tipi di traffico **sincrono ed asincrono**

**uno in real-time, l'altro con minore qualità**

Uso di token che ruota tra i nodi (**Token Rotation Time**)



**traffico sincrono da garantire**  
**traffico asincrono se c'è tempo**

Ogni nodo mantiene il token per un periodo **THT**  
(token holding time) per la trasmissione dati sincroni

## Accesso al ring con token temporizzato

### RING gestito in modo reattivo

ogni stazione mantiene un tempo concordato come obiettivo ideale: **target token rotation time TTRT** confrontato con **misura** del **token rotation time TRT**

$$TRT < \text{numeroNodi} \cdot THT + T_{\text{LatenzaRing}}$$

Se il **TRT** misurato supera **TTRT**, si invia il solo traffico **sincrono** per l'intervallo prefissato, e si passa subito il token, altrimenti, lo si trattiene per trasmettere il traffico **asincrono**

### Dettaglio

#### dati sincroni e asincroni

**Meccanismi** per il calcolo della somma **SAT < TTRT**

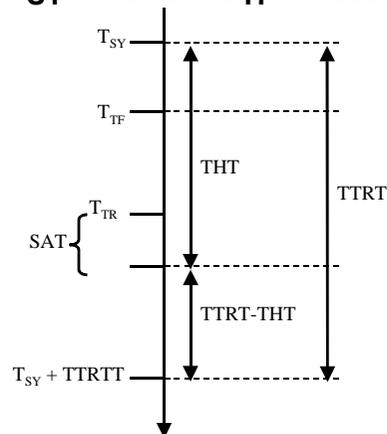
Invii **sincroni** per ogni acquisizione di token per un tempo **TTRT - TRT**

Il tempo per dati asincroni è **TTRT - THT**

considerato il tempo di *token holding time* **THT**

if  $(TTRT - THT) == 0$ , forward token senza inviare dati

$$T_{SY} + TTRT < T_{TF} + TTRT$$



## ISDN Integrated Service Digital Network

circuit switching

adatto per informazioni di tipo multimediale

si forniscono **bit stream end-to-end**

### Narrowband N-ISDN

canale di 64Kbit/s B-channel

canale di 16Kbit/s D-channel

per la segnalazione

**Basic Rate-ISDN** 2B+D

**Primary Rate** 30B+D

gerarchia di interfacce per ottenere lo stabilirsi delle connessioni

La diffusione dei servizi ISDN nasce dalla integrazione dei servizi offerti da un unico fornitore di servizi, per ambiti molto differenziati come:

- telefono
- musica
- audio
- video
- internet

e sfruttando le stesse risorse

## Asynchronous Transfer Mode (ATM)

multiplexing asincrono in tempo

adatto per informazioni di tipo multimediale  
e supportato come **B-ISDN**  
(Broadband Integrated Service Digital Network)

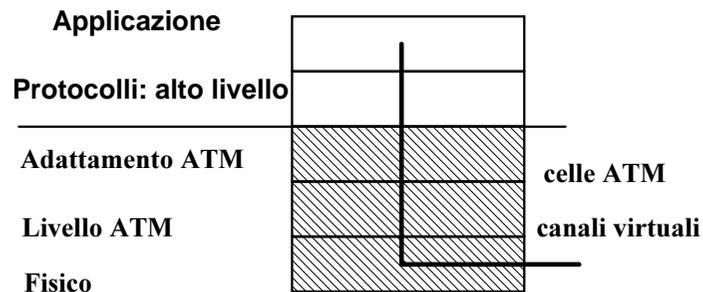
**packet-switching** molto veloce basato su **celle** in grado di scambiare messaggi di dimensione fissa senza imporre controllo di flusso e error check  
ogni cella specifica le informazioni di instradamento solo via **NSAP** (Network Service Access Point)

**connessione virtuale** alimentata da celle diverse che prelevano messaggi di tipo diverso

trasporto di **blocchi** di 53 byte  
5 header e 48 di informazioni utili

header contiene informazioni di routing e priorità

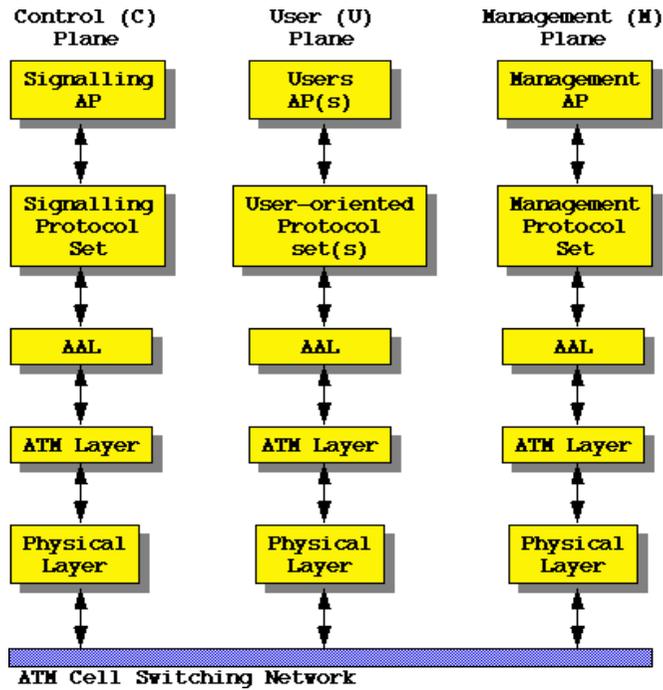
### Struttura a livelli



## ATM

Livello OSI	Livello ATM	Sublayer ATM	Funzionalità
APPLIC.	applicazioni che in genere non utilizzano direttamente le celle ma passano ai livelli sottostanti blocchi di informazioni più grandi		
PROT. ALTO LIV.	protocolli che usano ancora blocchi più grandi delle celle		
3/4	AAL (ATM adaptation layer)	CS sublayer convergence	offre diversi tipi di servizio, con diverse necessità di trattamento informazioni (errori, ecc.)
		SAR segmentation & reassembly	suddivide i pacchetti in celle e viceversa
2/3	ATM		controllo flusso, controllo congestione, multiplexing/demultiplexing, generazione/estrazione header celle, gestione circuito virtuale,
2	Fisico	TC transmission convergence	conversione stream di bit in celle e viceversa (frames, checksum, ecc)
1		PMD phys. medium dependent	Gestione mezzo tramissivo

## piani diversi ATM



Distinzione tra i piani  
di **management**  
di **monitoraggio / controllo**  
di **utente**

Garanzia di qualità di servizio diverse  
classe A con banda costante  
altre classi con banda variabile

## INTERNET TCP/IP

### Modello OSI

7	Applicazione
6	Presentazione
5	Sessione
4	Trasporto
3	Rete
2	Data Link
1	Fisico

Applicazione
Presentazione
Sessione
Trasporto
Rete
Collegamento dati
Fisico

Livello 7 **Applicazione**: esempi di applicazioni sono la posta elettronica e il trasferimento dei file

Livello 6 **Presentazione**: rappresentazione, compressione e crittografia dei dati

Livello 5 **Sessione**: la chiamata di procedura remota è un esempio particolare di sessione

Livello 4 **Trasporto**: comunicazione "end-to-end", virtualizzazione del collegamento di rete fra trasmettente e ricevente

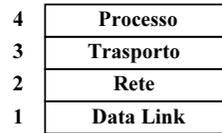
Livello 3 **Rete**: instradamento dei frame, interconnessione di reti locali e geografiche, gestione delle situazioni di congestione

Livello 2 **Collegamento dati ("frame")**: riconoscimento e ritrasmissione di frame affetti da errori, controllo di flusso

Livello 1 **Fisico** (mezzo trasmissivo): modalità di codifica dei dati e di sincronizzazione a basso livello della sincronizzazione

## Dal Modello OSI a 7 livelli

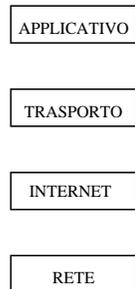
### Modello OSI semplificato



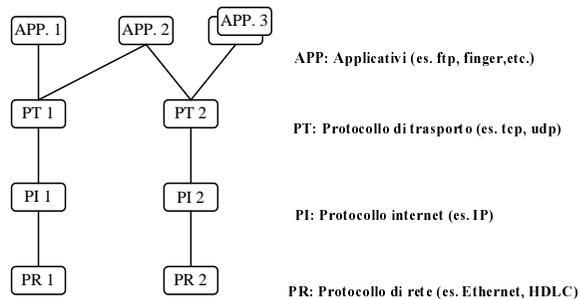
### Livelli della suite TCP/IP



#### STRATI CONCETTUALI



#### ORGANIZZAZIONE DEL SOFTWARE



## INTERNETWORKING

**TCP/IP** Transport Control Protocol/Internet Protocol  
 DARPA con supporto del DoD  
*Defense Advanced Projects Research Agency*

**SNA** System Network Architecture IBM  
**DNA** Digital Network Architecture DEC  
**XNS** Xerox Network System

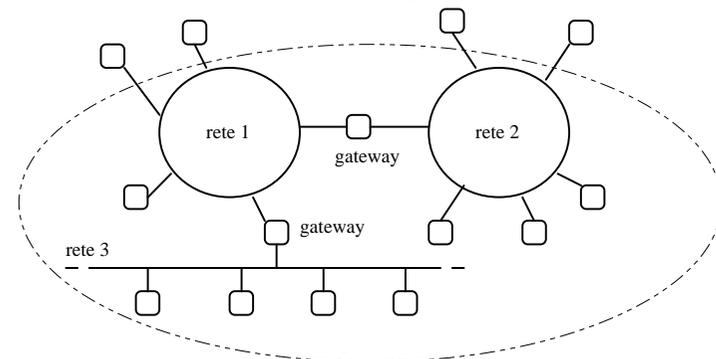
Nel caso delle reti che ci interessano *tipicamente*  
 Livelli fino al DATA LINK

**Uso di qualunque protocollo standard o meno**

### ETHERNET (CSMA/CD bus)

- standard di connessione con **unico bus a 10Mbps**
- connettore a *basso costo*: cavo coassiale  
 cavo coassiale (transceiver) o doppino (in hub)
  - invio/ricezione packet-switching di *messaggi*
  - supporto diretto *broadcast / multicast*

### Interconnessione di reti



*Collegamento di reti diverse attraverso gateway*  
**gateway** connette diversi tipi di rete effettuando le  
 necessarie conversioni di protocollo

## RIUSO

*non si progetta una rete nuova;*

si sfruttano **reti esistenti** (flessibilità, abbattimento dei costi, tempi brevi di installazione)

i pacchetti nel percorso dal sorgente al destinatario, attraversano reti intermedie con collegamenti replicati  
*gli utenti non devono nè essere influenzati, nè venire a conoscenza di un traffico extra sulle loro reti locali*

## Trasparenza e Dinamicità

## INTERNETWORKING

### Problema:

necessità di una interconnessione universale  
requisiti di **eterogeneità**

impossibilità di servire tutti gli utenti con una singola rete (esigenze contrastanti: distanza, velocità)

### Soluzione:

Interconnessione di reti, cooperante, unificata per realizzare un servizio di **comunicazione universale**

### Requisiti:

anche nuove tecnologie (per connessione di reti tecnologicamente diverse)

nuovo software di comunicazione indipendente dalla tecnologia e dai programmi applicativi  
per rete virtuale

**NOTA: ipotesi di servizio al meglio (best-effort)**

## Internet

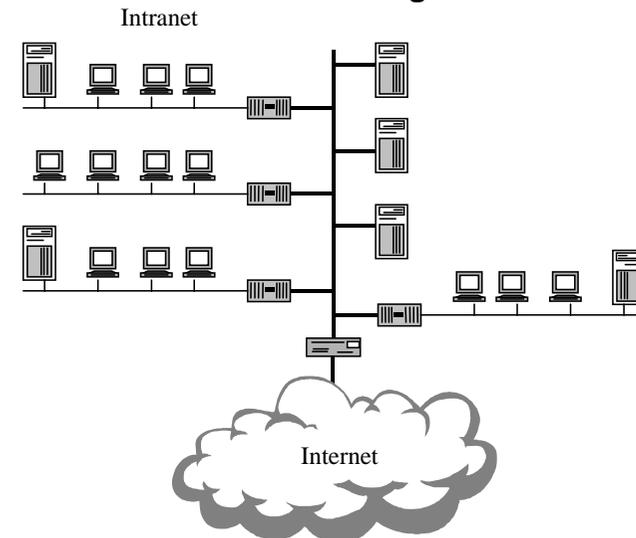
Tutte le reti interconnesse in una unica globalità  
*(il migliore dei mondi possibili)*

## SISTEMA GLOBALE

## Intranet

Una rete o un insieme di reti interconnesse (località) con esigenze di

ottimizzazione per le operazioni **locali**  
comunicazione con il sistema **globale**



come sono collegate le tratte?

## Chi paga per i servizi?

servizi da pagare con qualità

**accounting, billing, ...**

in base a conoscenza dell'utente

## Terminologia in interconnessione

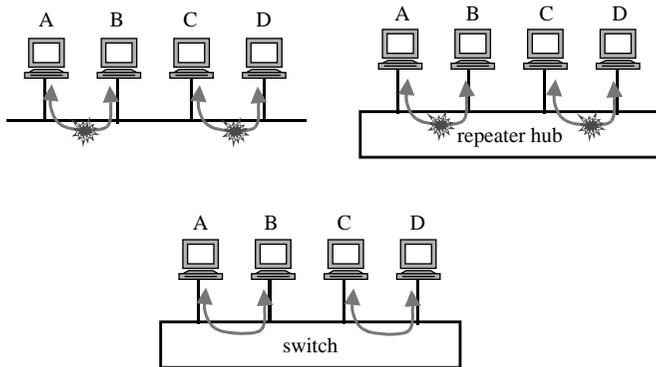
**ripetitori** rigenerano un segnale a livello fisico  
oltre un definito livello di attenuazione ==> ripetitore

Problemi di **carico del sistema**

*il ripetitore non effettua separazione delle tratte*

gli **hub** forniscono una soluzione tipo ripetitori a basso costo

Gli **switch** sono in grado di gestire connessioni dinamiche su necessità



Gli **switch** evolvono nel senso della intelligenza  
costo  
performance

## BRIDGE

**bridge** collegano una rete ad un'altra con capacità di **separazione** e maggiore **intelligenza**

**livello di data link**

due reti omogenee sono controllate da un **bridge** che bufferizza e passa i frame dall'una all'altra, solo se necessario, e al controllo di errore

separazione effettiva delle reti

bufferizzazione dei frame (caso di overflow)

capacità di gestire controlli di accesso diversi

monitoring della rete

performance ed affidabilità

*ritardo di bufferizzazione*

*bufferizzazione non infinita*

*trasformazione dei frame (con controllo)*

**bridge multiporta**

**con più segmenti di rete connessi**

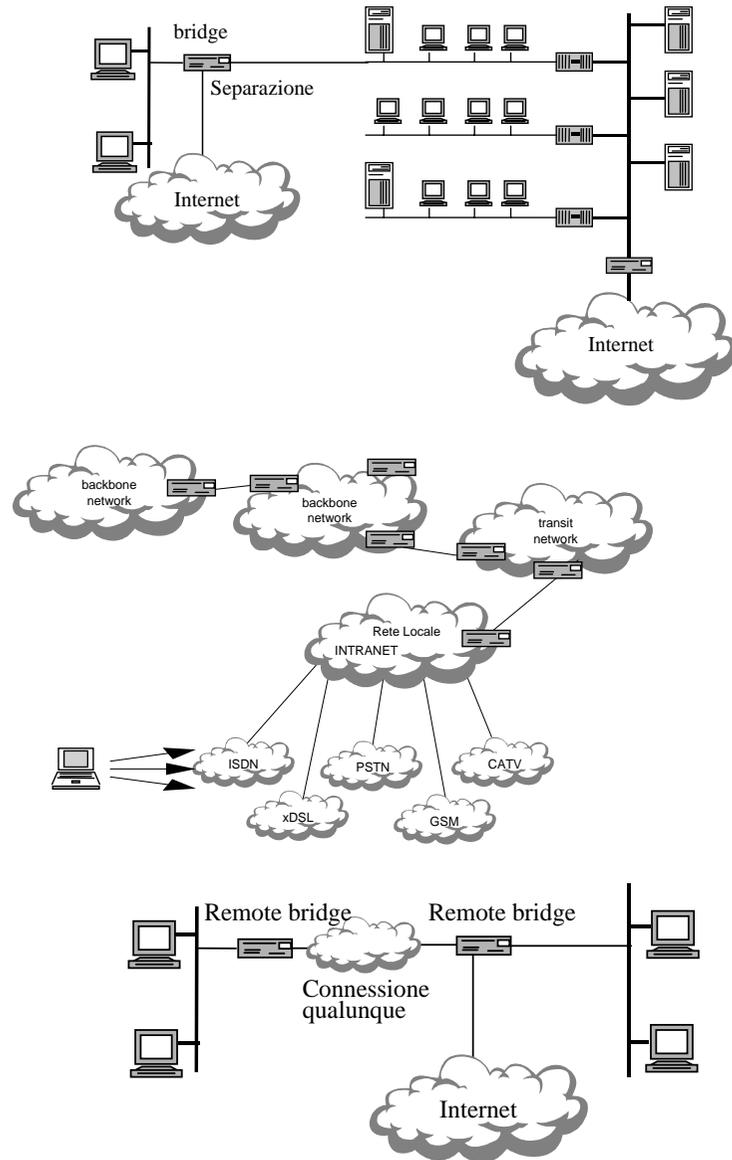
Un bridge connette almeno due reti, ma può anche connetterne diverse

**stabilendo connessioni e**

**riservando bande**

**su richiesta o meno**

## Reti Interconnesse



## Bridge trasparenti

sono invisibili all'utilizzatore  
**si realizza un routing isolato**  
con database di forwarding  
o in PROM  
o con capacità di **apprendimento**

### Interconnessione usate per l'intero sistema

Il bridge impara la allocazione delle stazioni vedendo il traffico della rete e dai vicini

*la fase di orientamento avviene inizialmente o per ogni variazione*

### FASE di LEARNING iniziale

Alla **inizializzazione** (inserimento)

un bridge comincia a vedere che sta facendo routing nel sistema e si adegua

Possibilità di conflitti

### Algoritmo **spanning tree**

i **bridge** scambiano messaggi per trovare i costi più bassi di collegamento e costruire un **albero** sul *grafo globale di interconnessioni*

Si sceglie un **bridge radice** e ognuno trova il cammino minimo (passi e velocità)

La connessione ideale creata tra i **bridge** è l'albero che percorre tutto la topologia (con una sola radice)

**I Bridge si scambiano informazioni (Bridge Protocol Data Unit) secondo le loro esigenze**

## **source routing bridge**

Il routing viene fatto in modo non trasparente con costo elevato ma flessibilità (vedi IP source routing)

## **bridge remoti**

collegamento dedicato tra punti geograficamente lontani  
attraverso reti pubbliche packet-switching o linee dedicate

## **Backbone**

collegamento veloce tra sottoreti diverse  
uso di interconnessioni ad alta velocità (FDDI)

## **router (o gateway)**

sistema per il passaggio da una rete ad un'altra con obiettivo di routing (livello network)

## **protocol converter**

sistemi che collegano reti diverse a più alto livello con protocolli diversi di interconnessione

Il problema della **separazione** tra reti è diventato dominante vista la crescita esponenziale delle reti interconnesse

### **Router vs. bridge**

maggior separazione e decisioni diverse per cammini  
gestione database separati per le reti  
identificazione e gestione errori