

***Corsi di reti  
per laurea triennale  
Lezioni 3 e 4  
LAN , WAN, Router***

Claudio Covelli

Trento, 18 ottobre 2006

---

---

# Agenda

## 1) LAN e WAN

- LAN/MAN/WAN
- Topologia delle LAN (anello, bus, stella, albero)
- Hub e Switch
- Mezzi trasmissivi (rame e fibra ottica)
- Principali tipi di WAN (PPP, X25, FrameRelay, ATM)
- Laboratorio: verifica funzionamento hub e switch
- Arp Poisoning
- Modalità di funzionamento di Ethernet (CSMA/CD)

# Agenda

## 2) Domini di collisione e broadcasting e dispositivi di livello 3 (router)

- Dominio di collisione e broadcasting
- Router
- Analisi di esempi di tabelle di routing
- Natting
- **Laboratorio:** Analisi pacchetti protocolli Arp ed Icmp con Ethereal

# LAN e WAN

## LAN (Local Area Network):

- Rete **privata** di computer “**fisicamente vicini**” (fino a qualche km) connessi mediante schede di rete ed opportuno cablaggio

## MAN (Metropolitan Area Network)

- Rete di città (fino a qualche decina di km)

## WAN (Wide Area Network)

- Rete fra computer, generalmente molto distanti fra di loro, e connessi tipicamente mediante linee gestite da **telecommunication provider** (X25, FrameRelay, ATM, MPLS, PPP)

# LAN e WAN

## Caratteristiche principali di una LAN/MAN

- Alta velocità (10-1000 Mbps)
- Ambito di estensione **locale**, non soggetto ad alcun vincolo di legge (rete **privata**)
- Limitata a piano, singolo edificio, campus, città (MAN)
- Costo di investimento iniziale per cablaggio ed apparati
- Costo di gestione ridotto

# LAN e WAN

## Caratteristiche principali di una WAN

- Generalmente l'utente finale percepisce velocità **limitata** (alcuni Mbps) in quanto la rete è condivisa da più utenti
- Gestite da **enti autorizzati** (telecom provider)
- Ambito di estensione **nazionale/internazionale**
- Per utente finale: costi di attivazione e gestione

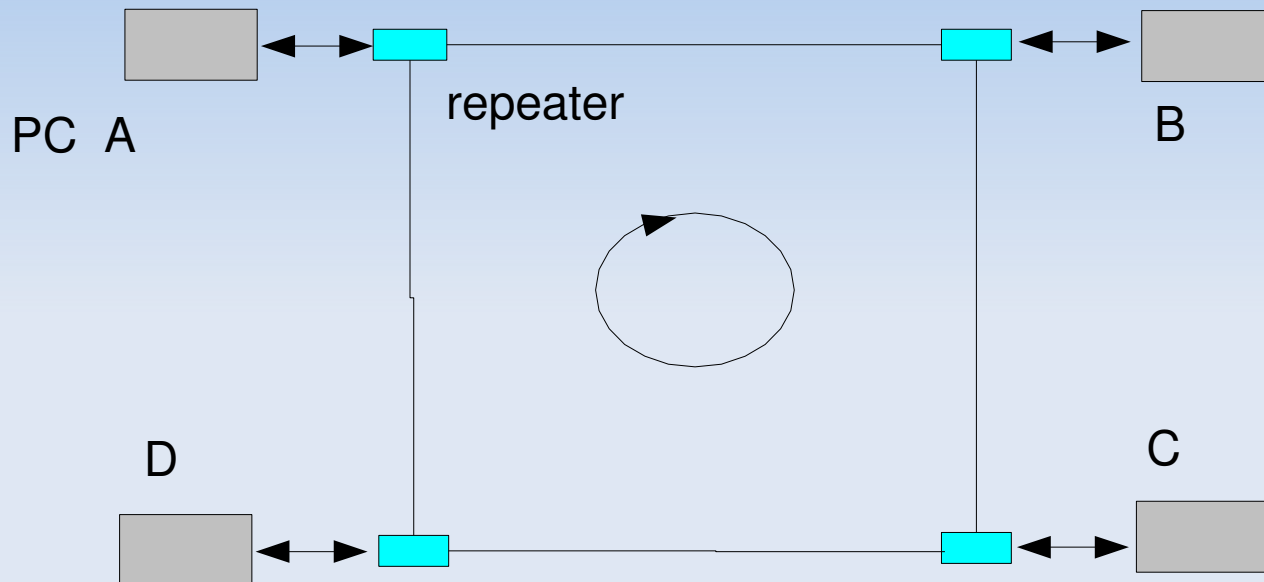
# LAN e WAN

## Classificazione topologica di una LAN

- Anello, Bus, Stella,Albero
- Dalla topologia dipendono le politiche di accesso al bus condiviso, le performance, la fault tolerance, il tipo di apparati e le interfacce di rete

# LAN e WAN

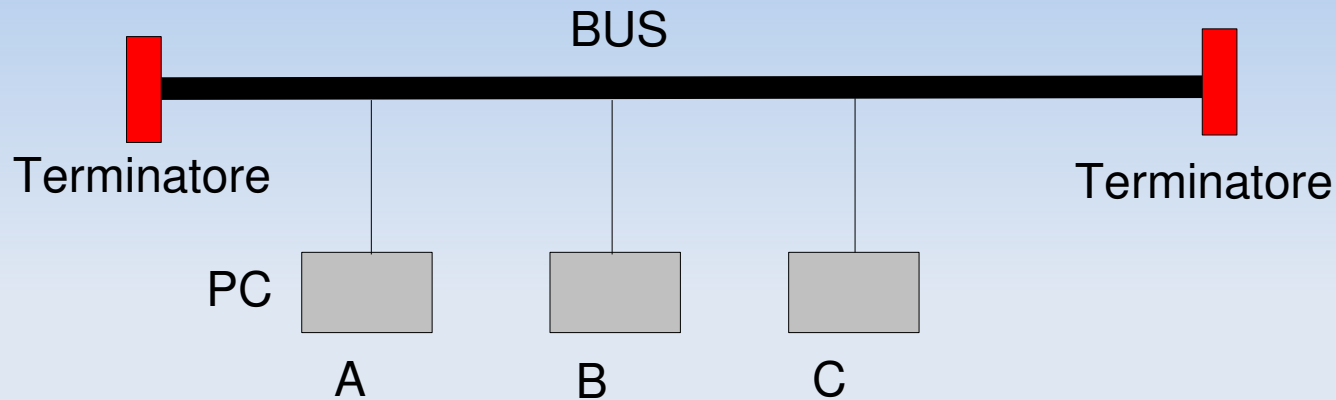
## Topologia ad anello (es. TokenRing)



- Repeater collegati punto a punto che ricevono e spediscono pacchetti dati in un'unica direzione
- Contesa gestita tramite token (frame di 3 byte)
- Acknowledgement di ogni frame (PDU)
- Eliminazione del frame da parte della stazione mittente
- Nessuna collisione

# LAN e WAN

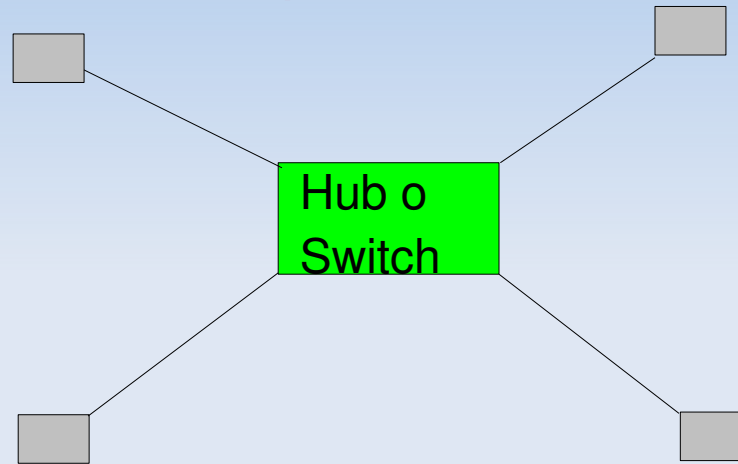
## Topologia a bus (Ethernet)



- Comunicazione su linea condivisa (bus)
- Il pacchetto da ogni PC è trasmesso a tutti gli altri sullo stesso bus (**broadcasting**)
- Possibilità di collisioni; occorre protocollo per gestirle (CSMA/CD)
- Minor sensibilità agli errori

# LAN e WAN

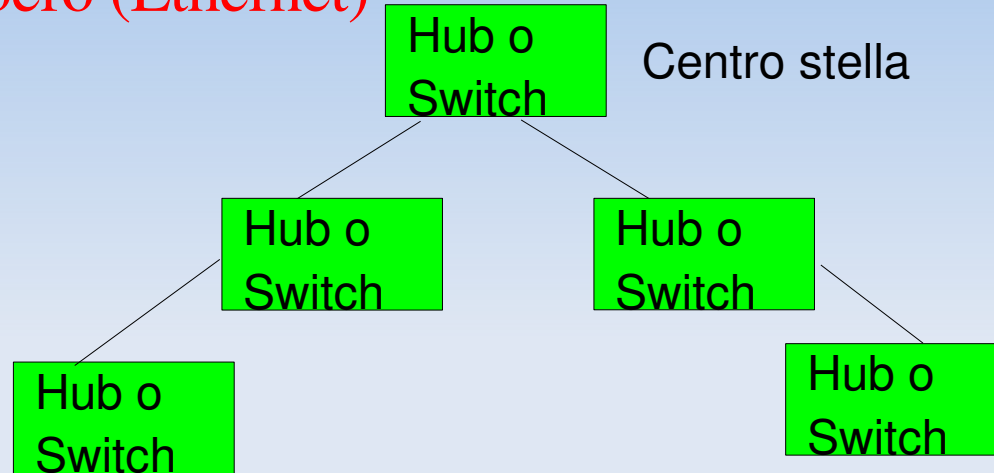
## Topologia a stella (Ethernet)



- Dal punto di vista fisico è **analogo alla topologia bus** (è come se il bus fosse collassato in un unico punto); per gli switch viene adottata una tecnica che consente una riduzione delle collisioni (tanti canali di comunicazione univoci quanti sono i percorsi di collegamento fra porta e porta)
- Semplicità di gestione e di espansione con possibilità di modifica a caldo

# LAN e WAN

## Topologia ad albero (Ethernet)

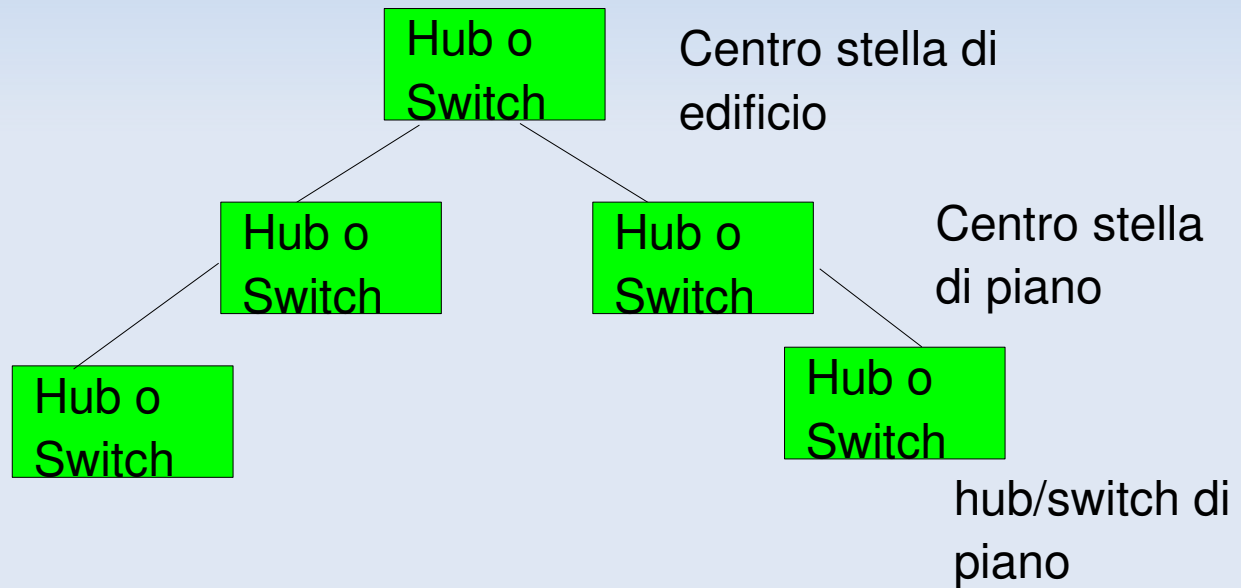


- Apparati di rete (hub, switch) in cascata (cablaggio strutturato)
- Il centro stella è il punto di unione di tutti gli hub/switch
- Ad esempio, nell'ipotesi di una LAN in un edificio, il centro stella unisce i vari switch di secondo livello, posti in ogni piano dell'edificio. A loro volta questi ultimi possono costituire punto di raccolta per ulteriori hub/switch di piano

# LAN e WAN

Topologia ad albero (Ethernet)

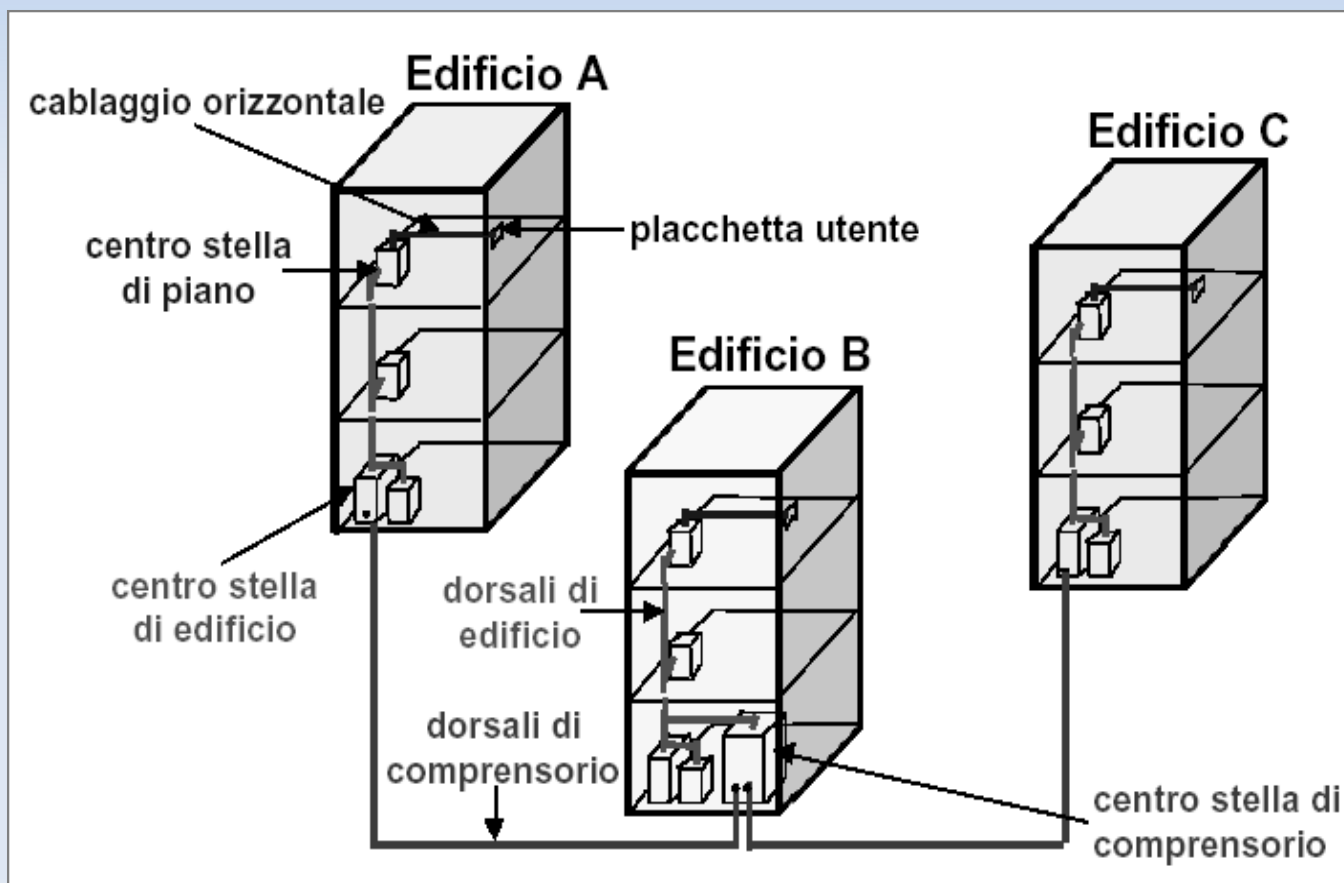
Esempio di cablaggio strutturato di un edificio



# LAN e WAN

Topologia ad albero (Ethernet)

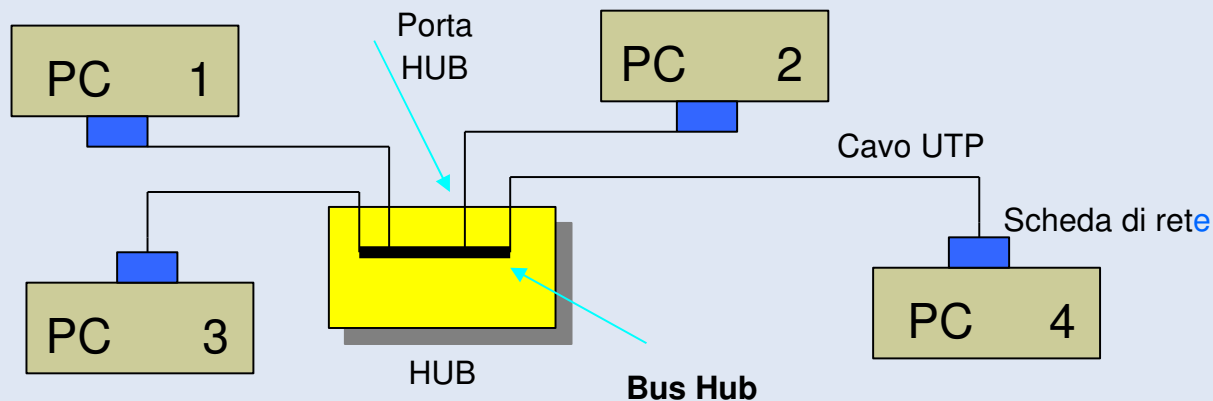
Esempio di cablaggio strutturato di più edifici



# LAN e WAN

## HUB

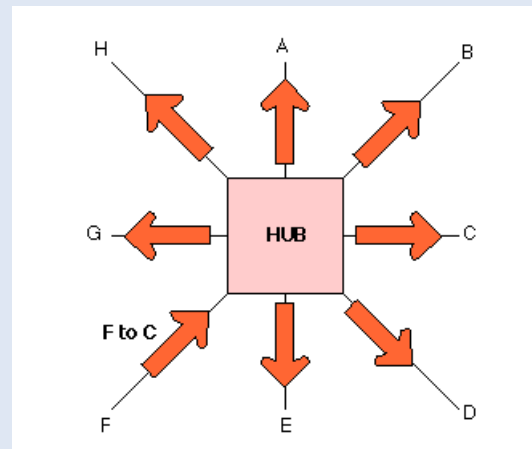
- Corrisponde al bus condiviso, di precedente generazione, con la differenza che il bus è compattato all'interno del dispositivo
- Può amplificare il segnale elettrico (dispositivo di livello 1)
- Semplifica e standardizza la connessione ed il cablaggio (porte RJ45 e cavi UTP 5)



# LAN e WAN

## HUB

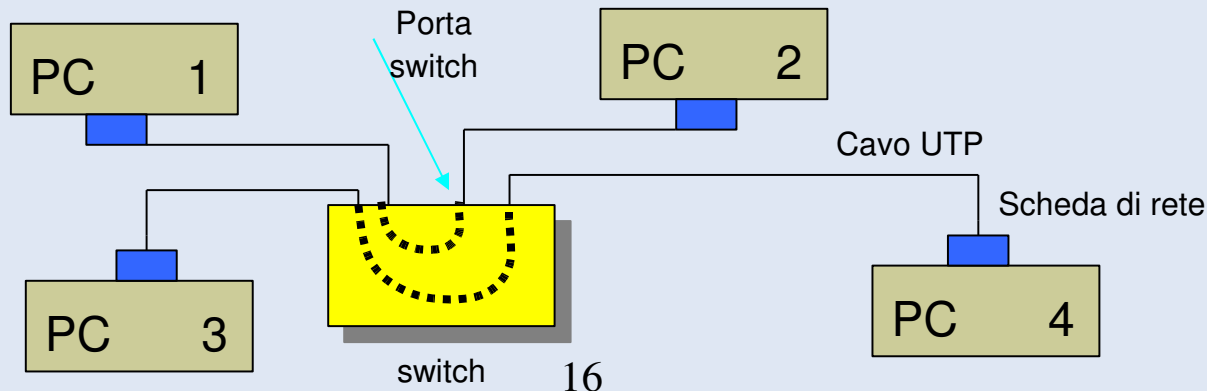
- Il frame Ethernet è trasmesso dalla porta del PC mittente a tutte le rimanenti porte dei PC collegati all'hub



# LAN e WAN

## SWITCH (evoluzione del bridge)

- E' un dispositivo in grado di smistare il pacchetto soltanto alla porta a cui è indirizzato e non alle altre; vengono in tal modo a crearsi percorsi univoci fra porta di entrata e di uscita
- E' infatti in grado di leggere i campi contenenti gli indirizzi di destinazione e provenienza (MacAddress) e di associarli alla singola porta
- Lavora al livello 2 dello standard OSI; è, quindi, più evoluto degli Hub



# LAN e WAN

## SWITCH

- Lo switch utilizza una tabella a due entrate chiamata SAT (source address table)
- Nella prima colonna si memorizzano i **MAC Address** (identificativo di 6 byte del dispositivo) e nella seconda la **porta** alla quale il MacAddress è collegato.
- SAT viene aggiornata automaticamente man mano che arrivano i vari pacchetti (autoapprendimento); viene anche reimpostata periodicamente, eliminando i valori presenti da più tempo

Mac Addresses	Porta
AC-DE-48-23-45-67	1
AC-DE-48-23-45-68	2
AC-DE-48-23-45-69	3

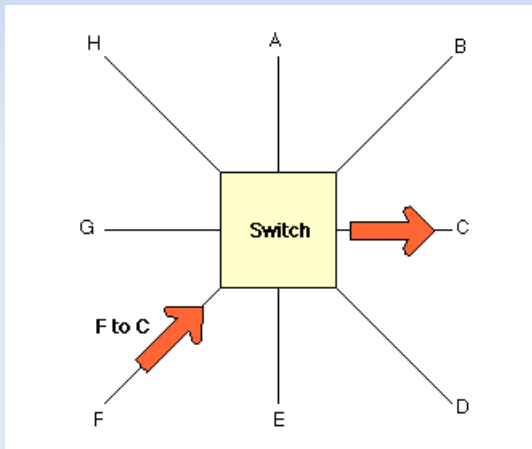
# LAN e WAN

## SWITCH

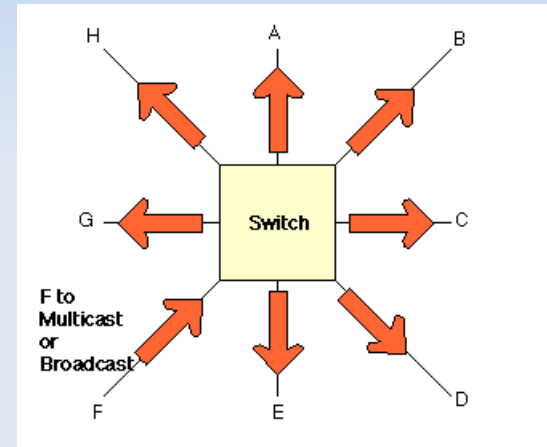
- Quando arriva un pacchetto ad una porta:
  - Si controlla se il MAC Address destinatario è presente in SAT
    - ➔ Se presente e la porta destinataria corrisponde a quella mittente, il pacchetto viene ignorato. **Filtering**
    - ➔ Se presente e la porta del destinatario è diversa da quella del mittente, si invia il pacchetto alla porta associata (e solo a quella). **Forwarding**
    - ➔ Se non presente, si invia il pacchetto a tutte le porte a parte quella del mittente. **Flooding**

# LAN e WAN

## ...SWITCH



Normale



MAC address non presente  
in SAT => broadcast

# LAN e WAN

## I mezzi trasmissivi



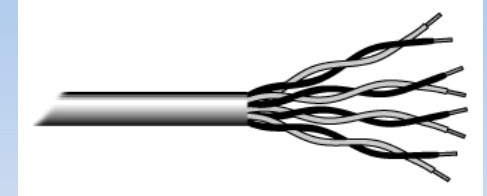
## Cavo coassiale

- Primo mezzo trasmissivo, ormai abbandonato (Thick Ethernet, thin Ethernet)
- Conduttore centrale + calza metallica per schermatura (gabbia di Faraday)
- Connessione a T di tipo BNC (British Navy Connector) per thin Ethernet
- Per thick si usano dispositivi speciali (vampire tap)
- In disuso per problemi di costo e flessibilità
- Rimane solo in particolari ambienti industriali per le sue superiori caratteristiche di schermatura



# LAN e WAN

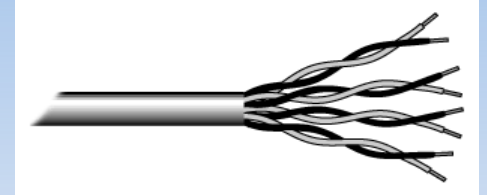
## Doppino telefonico di rame incrociato (Twisted pair)



- Identico a quello utilizzato per la fonia
- Cavi ritorti (twisted pairs) per eliminare effetto campi magnetici (infatti le correnti vanno in direzione apposta e quindi i campi magnetici prodotti si eliminano a vicenda)
- I cavi usati prevedono 4 coppie ma di fatto sono utilizzate in Ethernet 10/100 solo 2 (verde ed arancione)
- Per i collegamenti si usano connettori RJ-45
- Vantaggi in termini di costo, flessibilità e praticità

# LAN e WAN

## Doppino telefonico di rame incrociato (Twisted pair)



- Ne esistono di tre tipi
  - **UTP** (Unshielded Twisted Pair): non schermato
  - **FTP** (Foiled Twisted Pair): schermatura di alluminio attorno al cavo
  - **STP** (Shielded Twisted Pair): schermatura di ogni coppia e del cavo
- Esistono ulteriori classificazioni (da 1 a 7) per tener conto delle caratteristiche elettriche (es. UTP 4 fino a 20 Mhz, UTP 5 fino a 100 Mhz, UTP 6 fino a 1000 Mhz)

# LAN e WAN

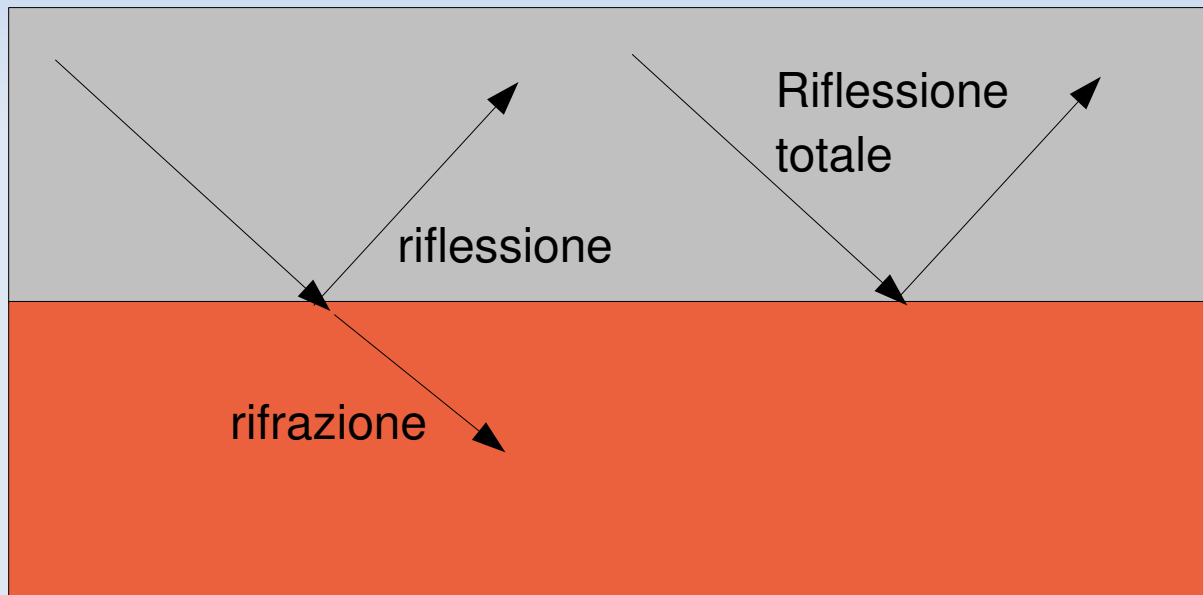
## Fibra ottica



- Si diffonde a partire dagli anni 90
- Filo di materiale vetroso stirato, annegato fra due materiali di **indice di rifrazione** diverso (nucleo e mantello)
- Le fibre ottiche trasmettono raggi luminosi (**fotoni**) anziché elettroni
- Il diverso indice di rifrazione dei due materiali attorno al nucleo consente una riflessione completa del raggio (vedi animazione)
- Sono esenti da disturbi elettromagnetici (i fotoni sono particelle elettricamente neutre)

# LAN e WAN

## Fibra ottica



# LAN e WAN

## Fibra ottica



- Due tipi:
  - **Monomodale** (4-10 micron diametro nucleo)
  - **Multimodale** (50-62.5 micron diametro nucleo)
- I raggi luminosi sono prodotti da **led** (multimodali) o da **laser** (monomodale)
- Le fibre monomodali consentono di raggiungere distanze maggiori ma ovviamente a costi maggiori

# LAN e WAN

## Fibra ottica



- Dimensione e peso ridotti, buona flessibilità ed elasticità
- Bassa attenuazione (0,1 dB/Km)
- Banda elevata grazie all'utilizzo di frequenze all'infrarosso (190-400 Thz)
- Prodotto Capacità x Passo (Gbps \* Km) ossia quantità di bit trasmissibili nell'unità di tempo e per Km molto alto (alcuni Gbps \* Km)

# LAN e WAN

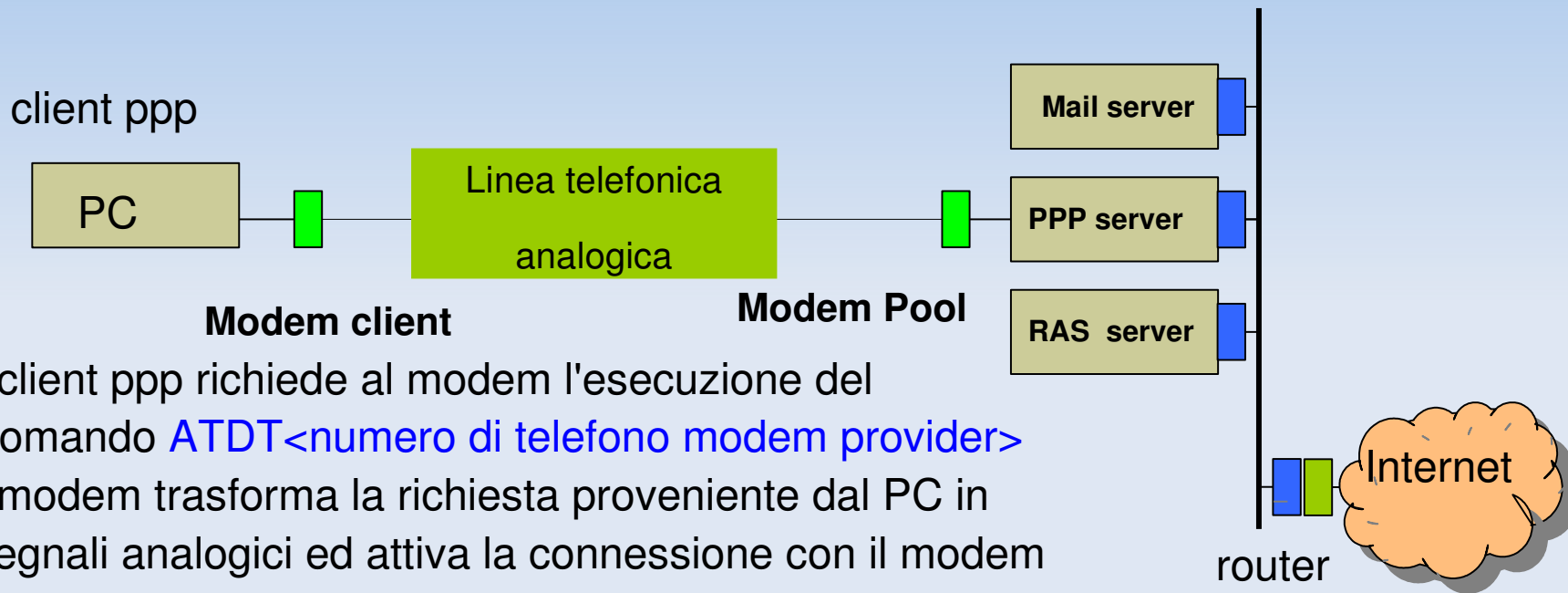
## WAN (Wide Area Network):

- Rete di computer connessi mediante **linee** (es. più computer connessi mediante modem) gestite da operatori telefonici (ISP)
- I computer possono in tal modo essere fra loro distanti anche molti chilometri
- Un esempio (cfr. slide seguente) è la classica rete che si usa per connettersi ad Internet da casa con il **modem analogico** (protocollo SLIP e PPP)
- In tal caso i pacchetti, inviati dal PC mittente, vengono trasformati in segnali analogici (FM, AM, PM) trasmessi sulle linee telefoniche al modem destinatario, che ritrasforma i segnali ricevuti in digitale

# LAN e WAN

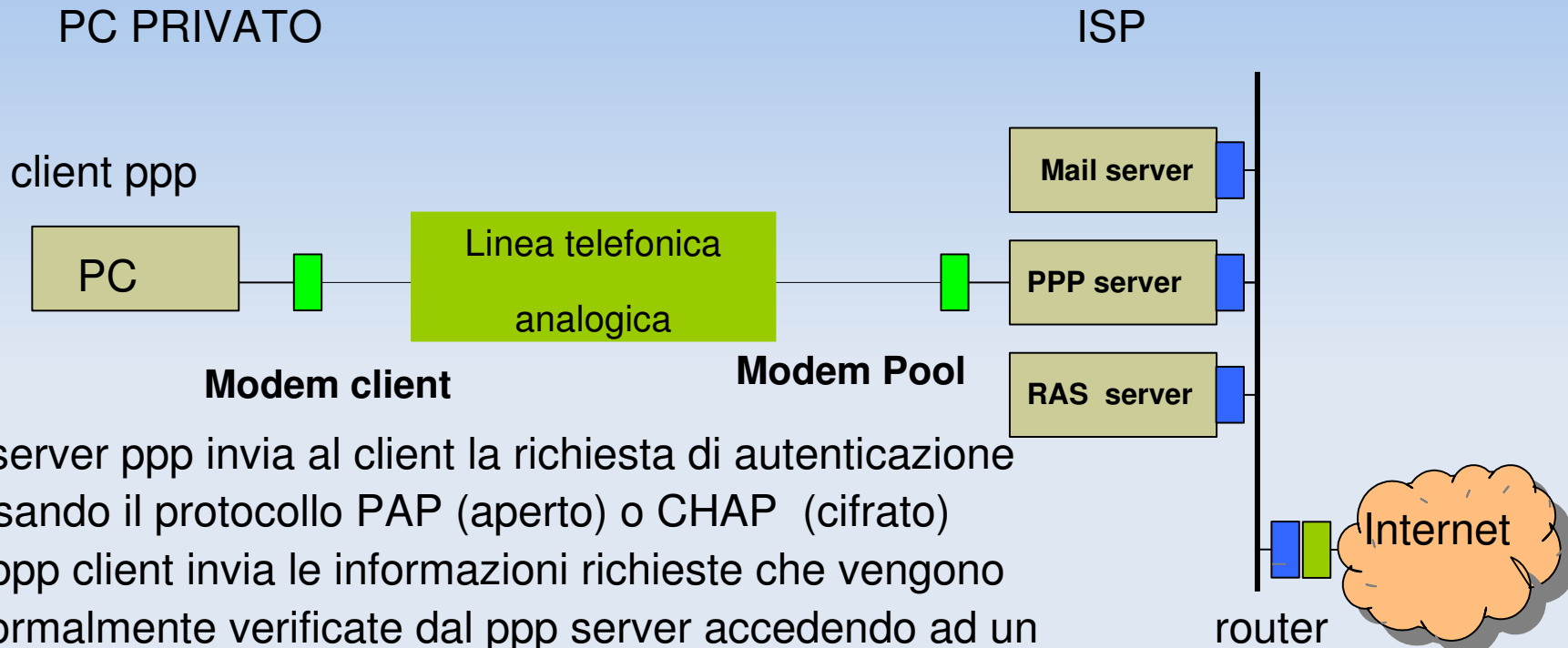
PC PRIVATO

ISP



- 1) Il client ppp richiede al modem l'esecuzione del comando `ATDT<numero di telefono modem provider>`
- 2) Il modem trasforma la richiesta proveniente dal PC in segnali analogici ed attiva la connessione con il modem del provider (handshaking)
- 3) Quando la connessione è attivata il modem del client riceve il segnale di connect
- 4) A questo punto ppp client e server effettuano la negoziazione dei parametri (es. indirizzo IP)

# LAN e WAN

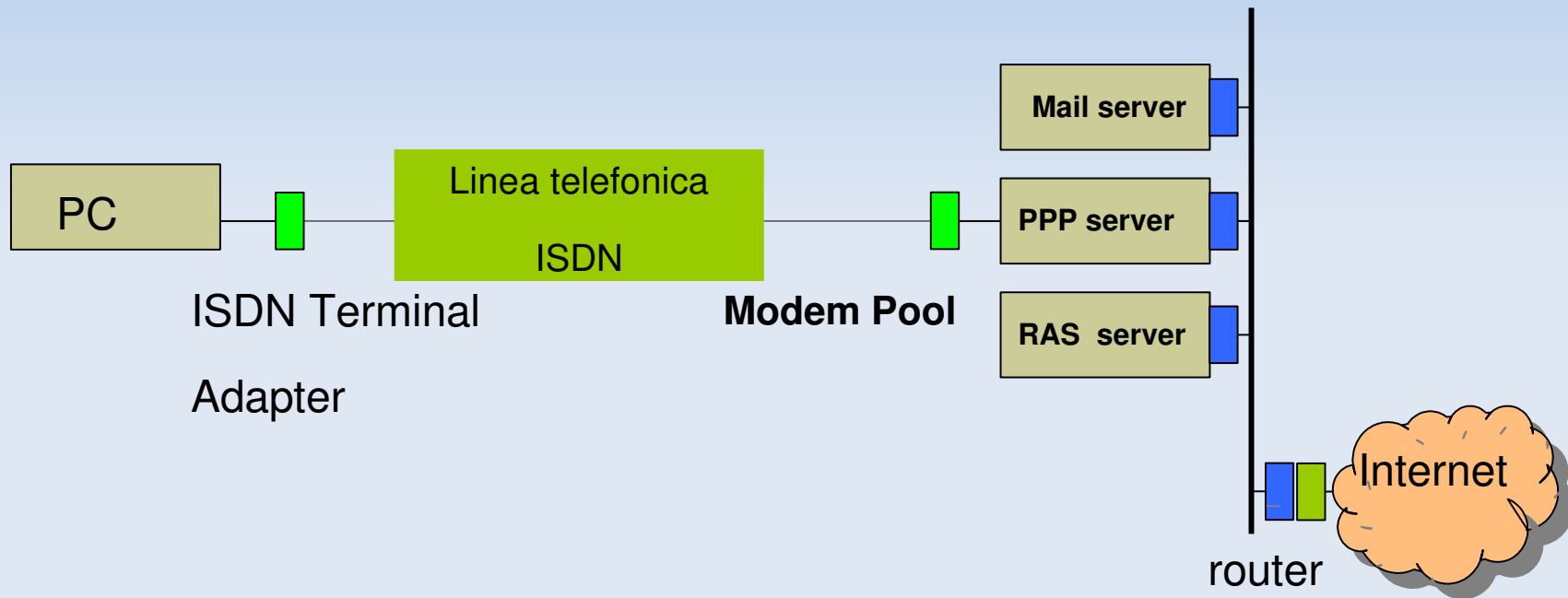


- 5) Il server ppp invia al client la richiesta di autenticazione usando il protocollo PAP (aperto) o CHAP (cifrato)
- 6) Il ppp client invia le informazioni richieste che vengono normalmente verificate dal ppp server accedendo ad un radius server (RAS server che contiene tutte le password degli utenti)
- 7) A questo punto il client è autenticato ed avendo un indirizzo IP assegnato dal provider, viene a far parte della sua rete
- 8) Può quindi usare i vari servizi offerti 29

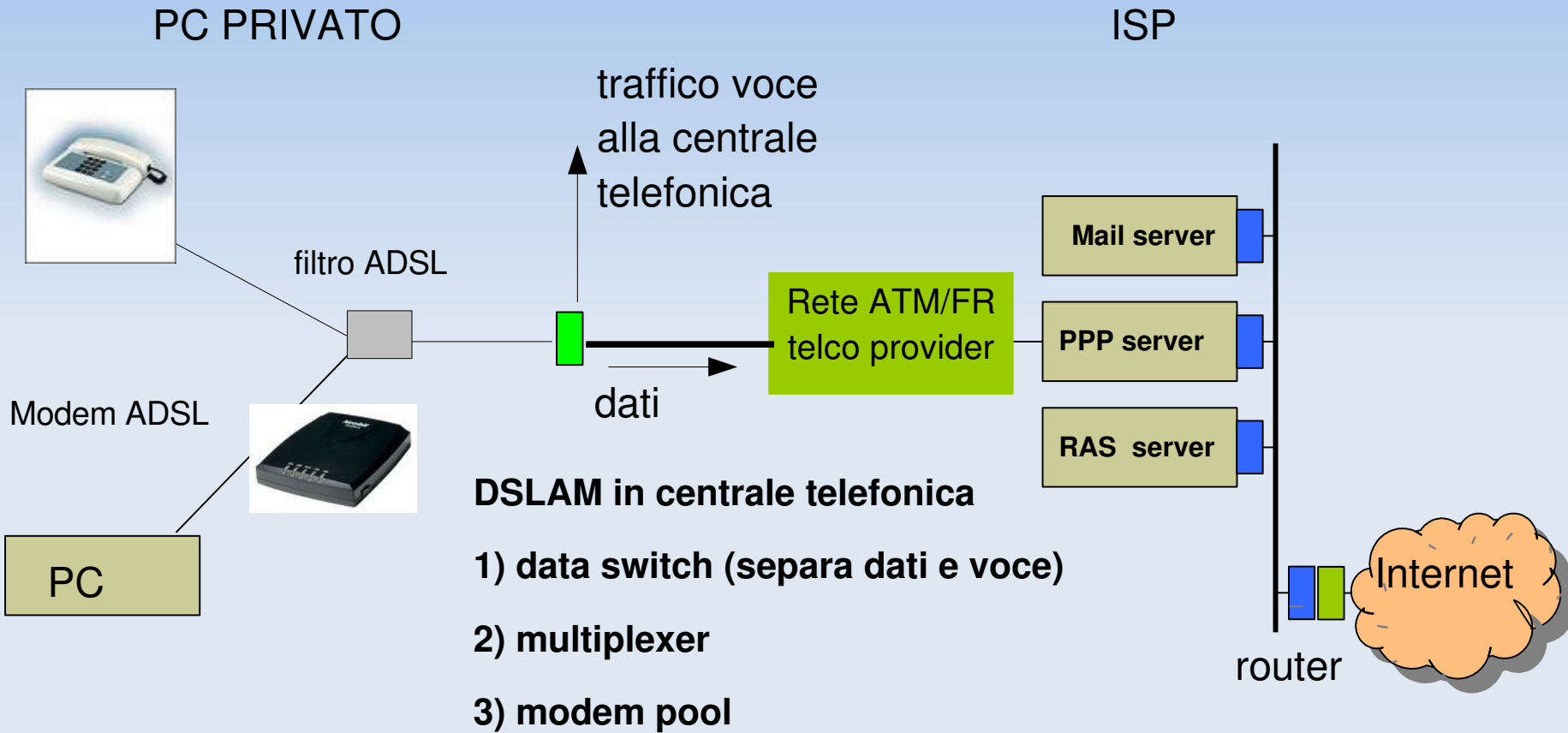
# LAN e WAN

PC PRIVATO

ISP



# LAN e WAN



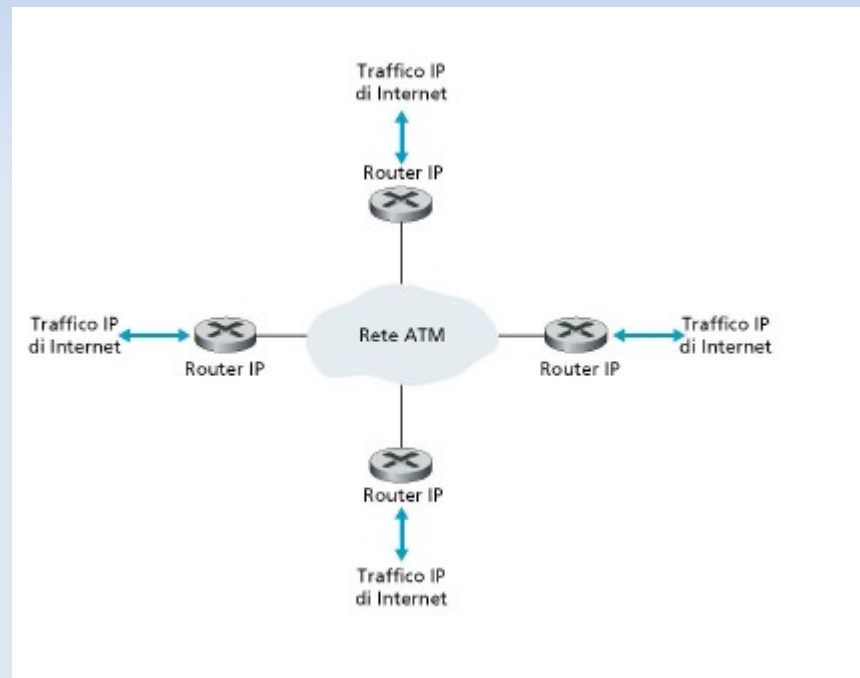
# LAN e WAN

## WAN (Wide Area Network):

- Le reti di tipo Wan (es. X.25, FrameRelay, ATM) si basano sulla trasmissione di **pacchetti direttamente in formato digitale**, analogamente a quanto avviene per le LAN
- Tali reti lavorano **in modo del tutto indipendente** dai protocolli di tipo TCP/IP e si basano su **protocolli specifici** di livello 3 (network), 2 (data-link), 1 (physical), del tutto differenti da quelli visti per le LAN
- Si tratta infatti di reti progettate appositamente per il trasporto di dati a distanze elevate
- **E' però possibile un'integrazione fra protocolli TCP/IP e protocolli WAN** (es. IP over ATM, FrameRelay, X.25)

# LAN e WAN

**WAN (Wide Area Network):**



# LAN e WAN

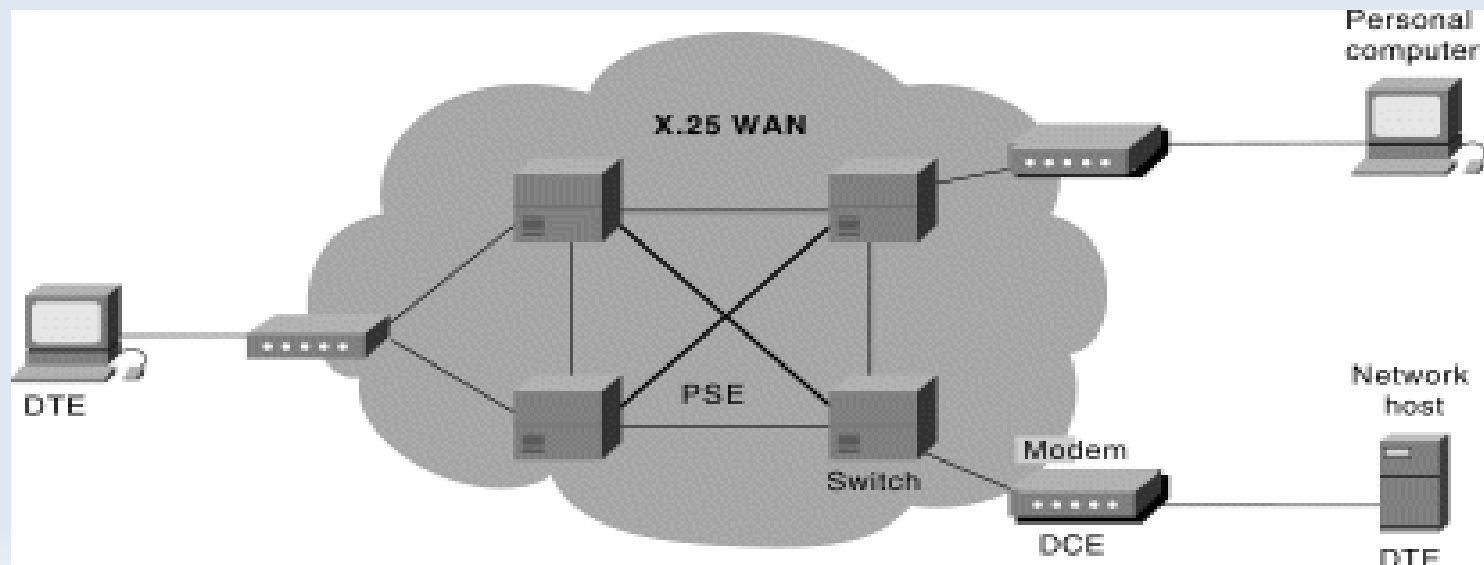
## X.25

- Uno dei primi esempi di Wan (1970)
- Packet switching
- Ancora molto utilizzata per applicazioni legacy (es. bancomat, carte di credito etc.)
- Gruppo di protocolli di livello 3 (network), 2 (datalink) 1 (physical)

# LAN e WAN

## X.25

- **DTE** (Data Terminal Equipment) rappresentano le stazioni da connettere
- **DCE** (Data Circuit-terminating Equipment) sono i dispositivi di connessione che consentono la comunicazione fra DTE e PSE
- **PSE** (Packet Switch Equipment) sono i dispositivi che effettuano l'instradamento dei pacchetti



# LAN e WAN

## X.25 Modalità di funzionamento

- In Ethernet è sempre necessario il broadcasting (ARP) perchè la LAN possa funzionare
- In X.25 il broadcasting non è presente ma il mittente e destinatario comunicano attraverso un percorso prestabilito formato da tratte punto a punto
- X.25 e le altre reti di tipo Wan sono infatti reti di tipo connection oriented

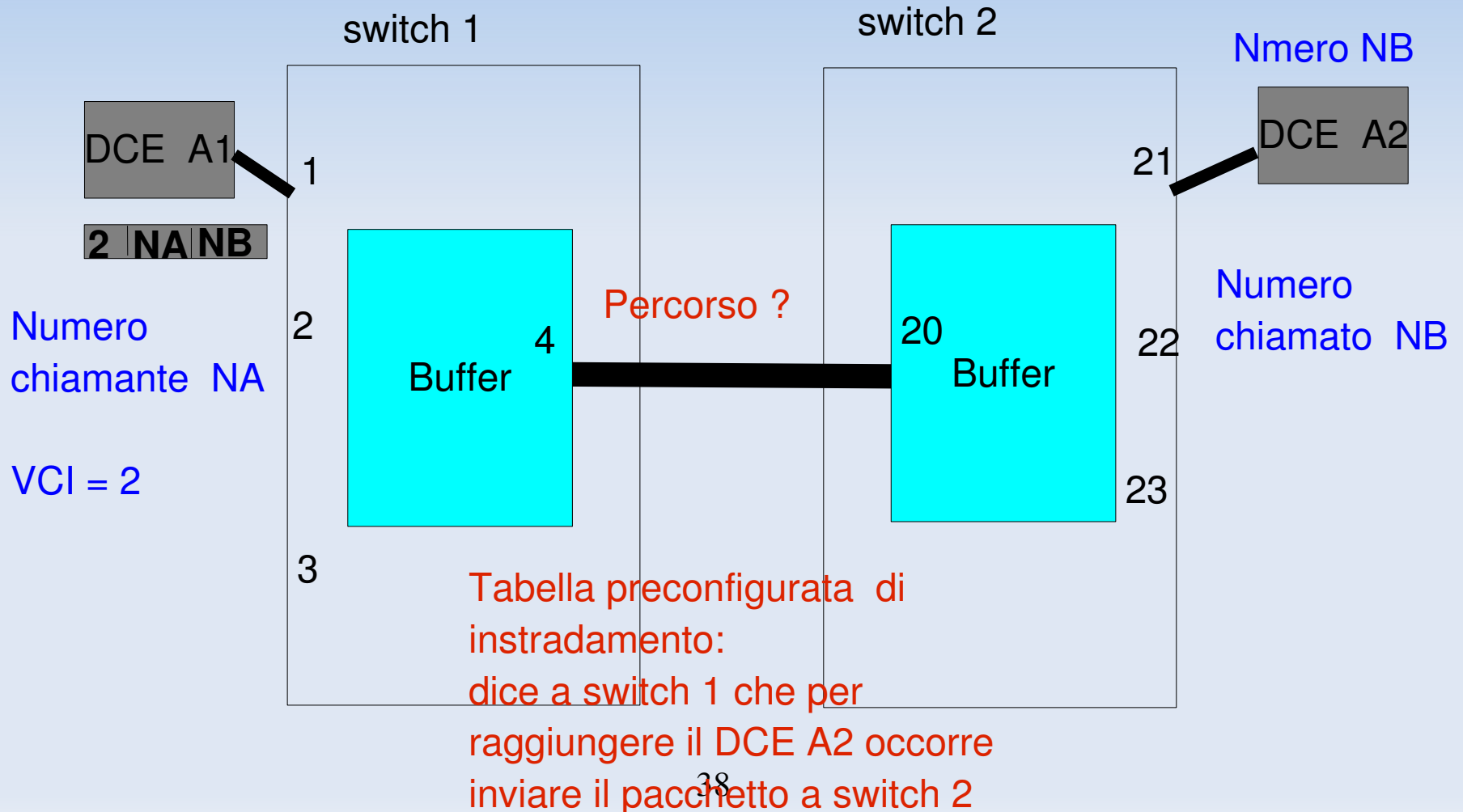
# LAN e WAN

## X.25 Modalità di funzionamento

- Esistono quindi, analogamente a quello che abbiamo visto per la comunicazione via modem, due fasi:
  - 1) **Call setup**
    - (a) Individuazione delle tratte punto a punto che definiranno il percorso fra DTE mittente e destinatario
    - (b) Impostazione dei Virtual Channel Identifier (VCI)
  - 2) **Comunicazione vera e propria** che utilizza sempre il percorso definito al punto precedente

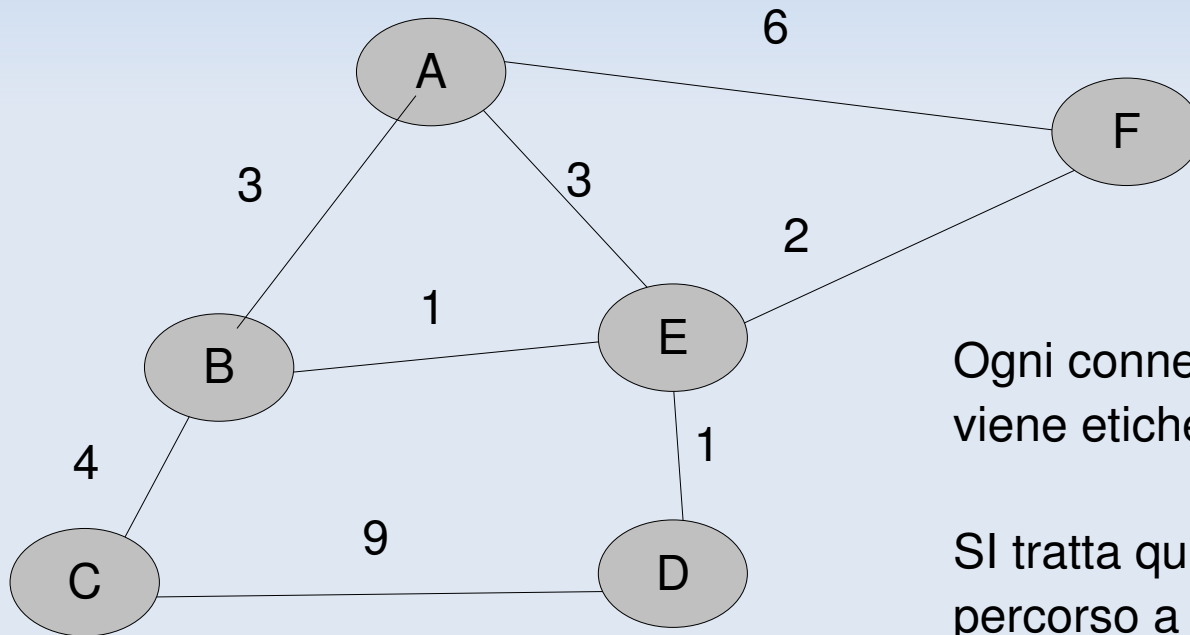
# LAN e WAN

## X.25 1a) Individuazione del percorso nella call setup



# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento

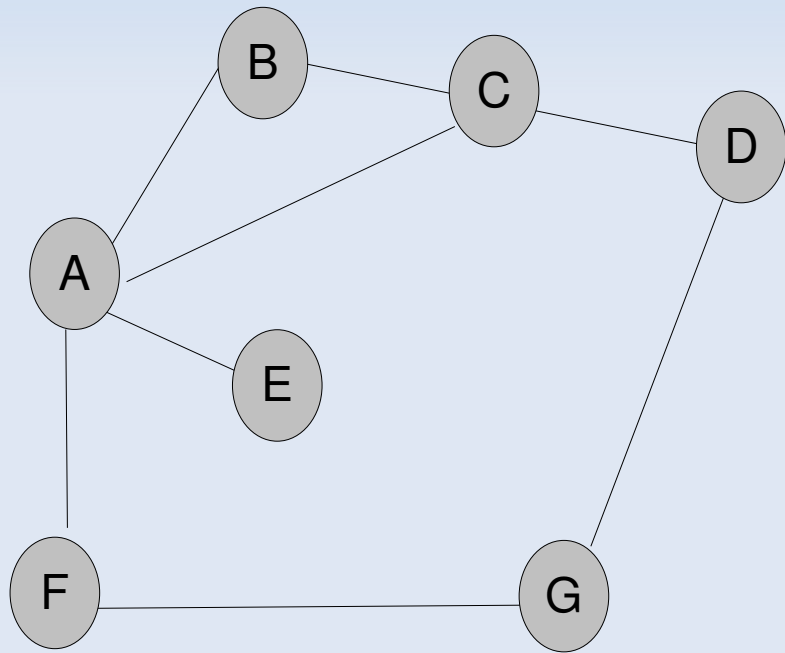


Ogni connessione fra switch viene etichettata con un costo

Si tratta quindi di trovare il percorso a costo minimo fra due switch

# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento basate sulla distanza

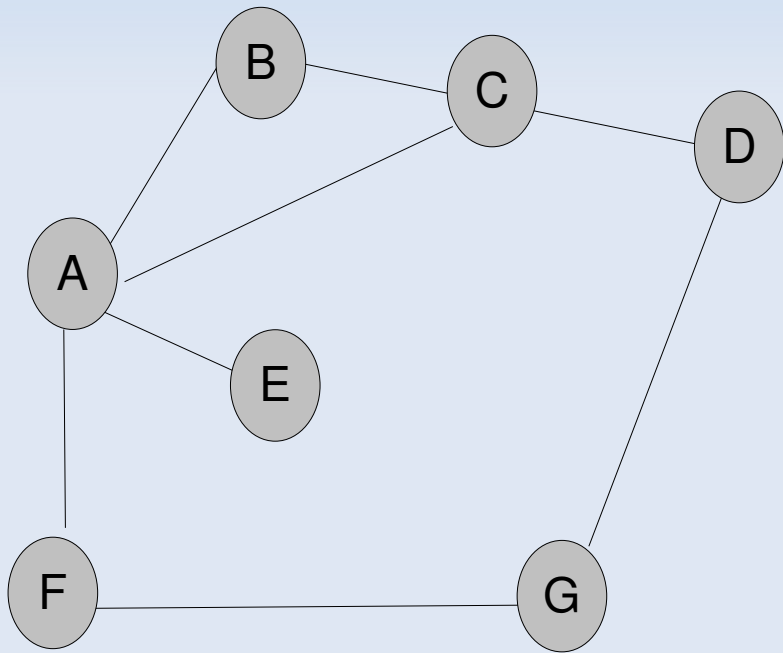


	A	B	C	D	E	F	G	
A	0	1	1	?	1	1	?	
B	1	0	1	?	?	?	?	
C	1	1	0	1	?	?	?	
D	?	?	1	0	?	?	1	
E	1	?	?	?	0	?	?	
F	1	?	?	?	?	0	1	
G	?	?	?	1	?	1	0	

Configurazione iniziale delle tabelle di instradamento nei singoli nodi

# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento basate sulla distanza

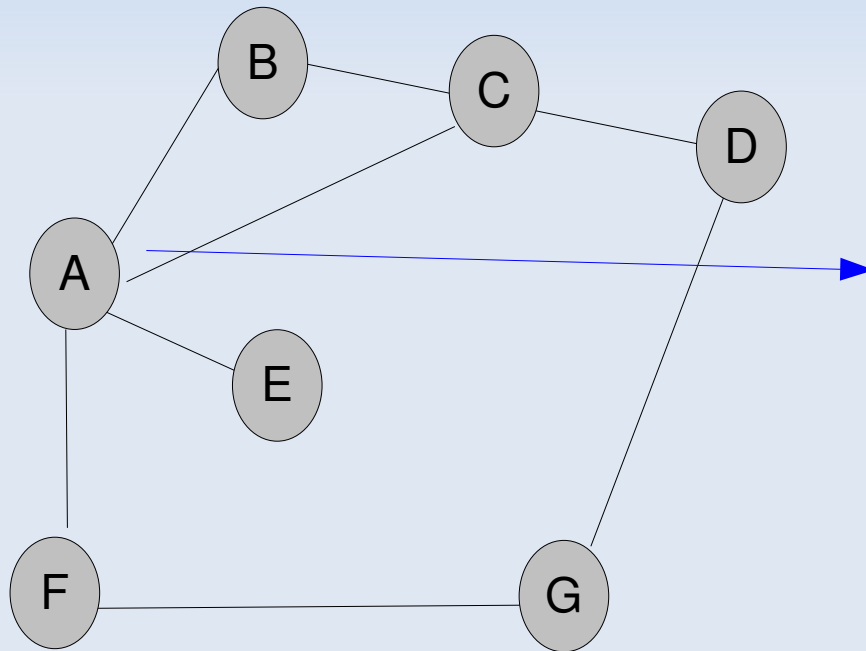


	A	B	C	D	E	F	G	
A	0	1	1	2	1	1	2	
B	1	0	1	2	2	2	3	
C	1	1	0	1	2	2	2	
D	2	2	1	0	3	2	1	
E	1	2	2	3	0	2	3	
F	1	2	2	2	2	0	1	
G	2	3	2	1	3	1	0	

Configurazione delle tabelle di instradamento dopo lo scambio reciproco

# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento basate sulla distanza

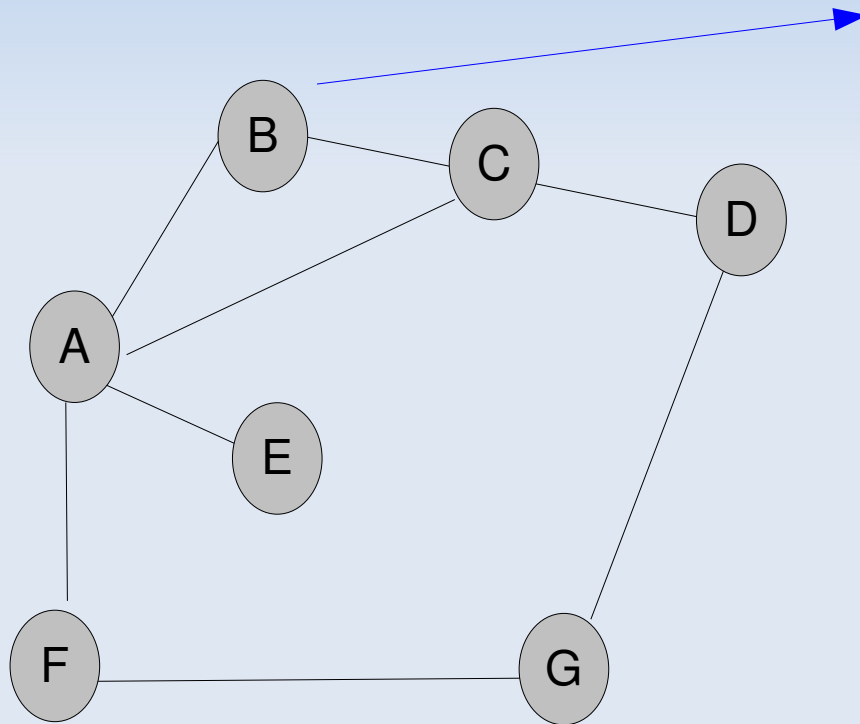


Destinazione	Costo	Next hop
B	1	B
C	1	C
D	2	C
E	1	E
F	1	F
G	2	F

Esempio di tabella di instradamento per nodo A; ogni nodo identifica il percorso migliore per raggiungerne un altro

# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento basate sulla distanza



Destinazione	Costo	Next hop
A	1	A
C	1	C
D	2	C
E	2	A
F	2	A
G	3	A

Esempio di tabella di instradamento per nodo B; ogni nodo identifica il percorso migliore per raggiungerne un altro

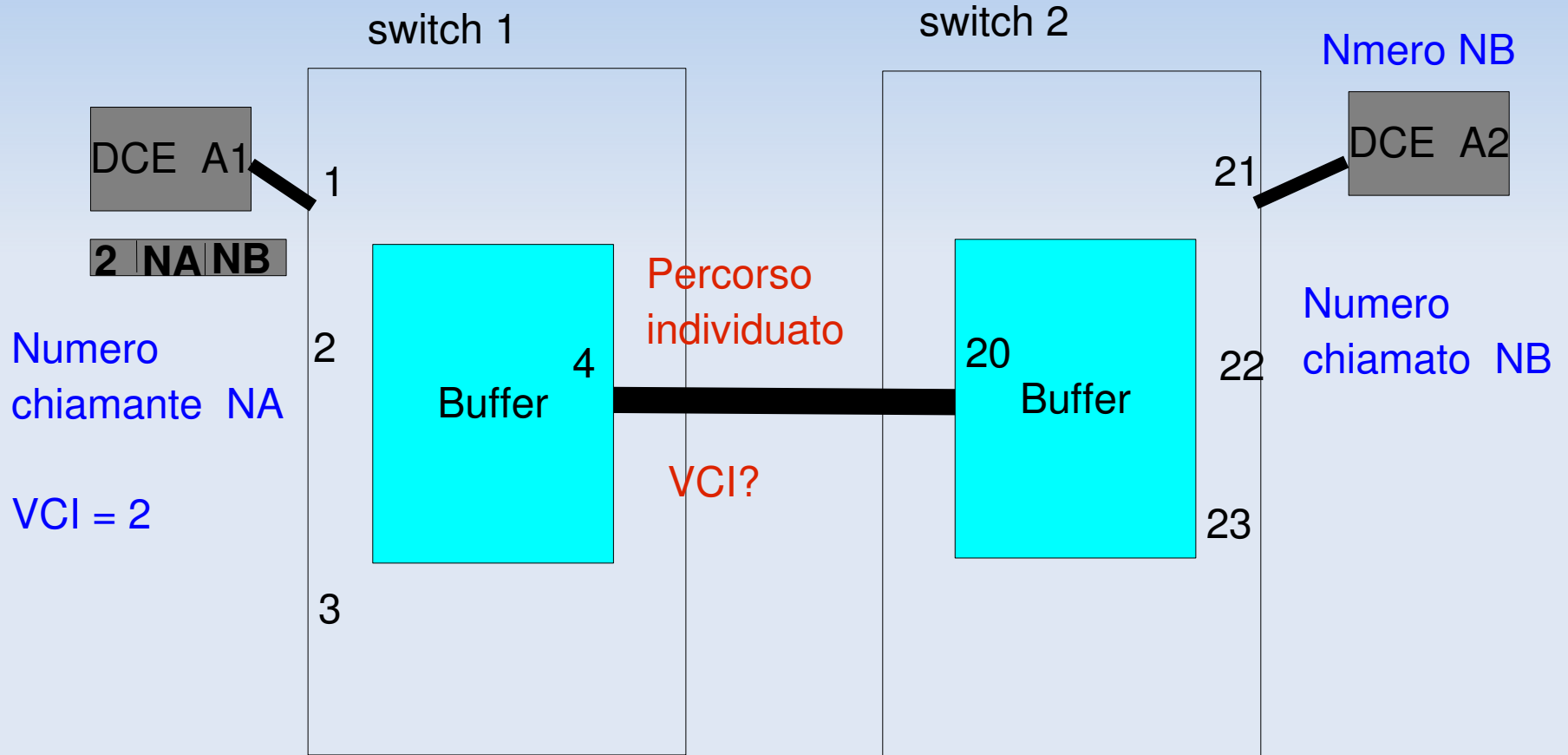
# LAN e WAN

## X.25 Tabelle di instradamento

- A questo punto ogni switch è in grado di sapere come raggiungere un certo destinatario ottimizzando il percorso
- Ogni switch dovrà configurare in memoria queste tabelle e vi dovrà essere un protocollo di aggiornamento reciproco fra i vari switch, in modo da tener conto di modifiche nel grafo

# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



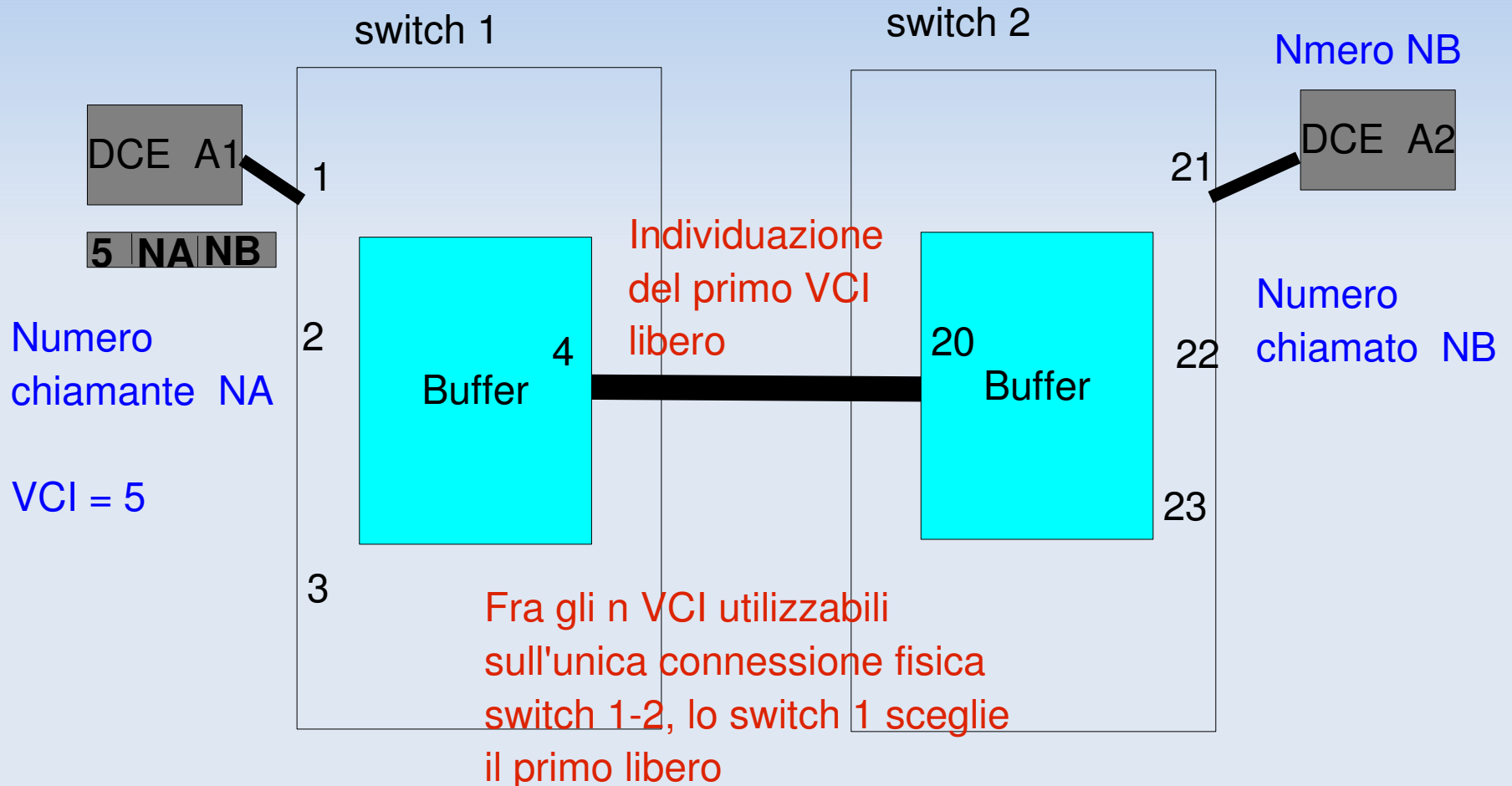
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup

- Ogni nodo calcola il nuovo VCI (**Virtual Channel Identifier**) da assegnare ai pacchetti provenienti dal DCE che ha richiesto di attivare la comunicazione
- Il VCI indica il numero di uno dei canali logici possibili all'interno della stessa connessione fisica punto a punto
- Grazie al VCI è possibile trasmettere pacchetti provenienti da mittenti differenti sullo stesso canale fisico (**multiplexing**)

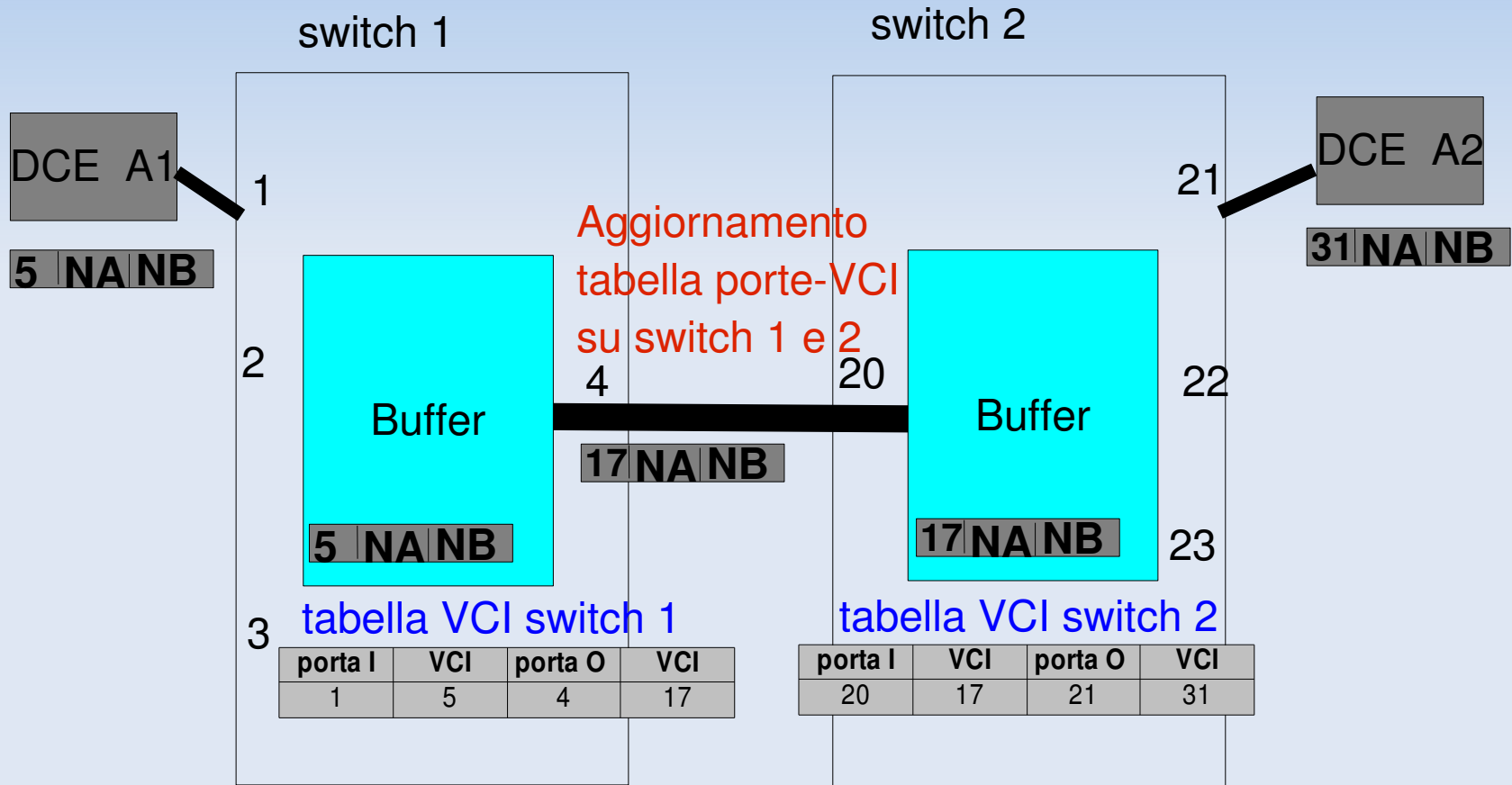
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



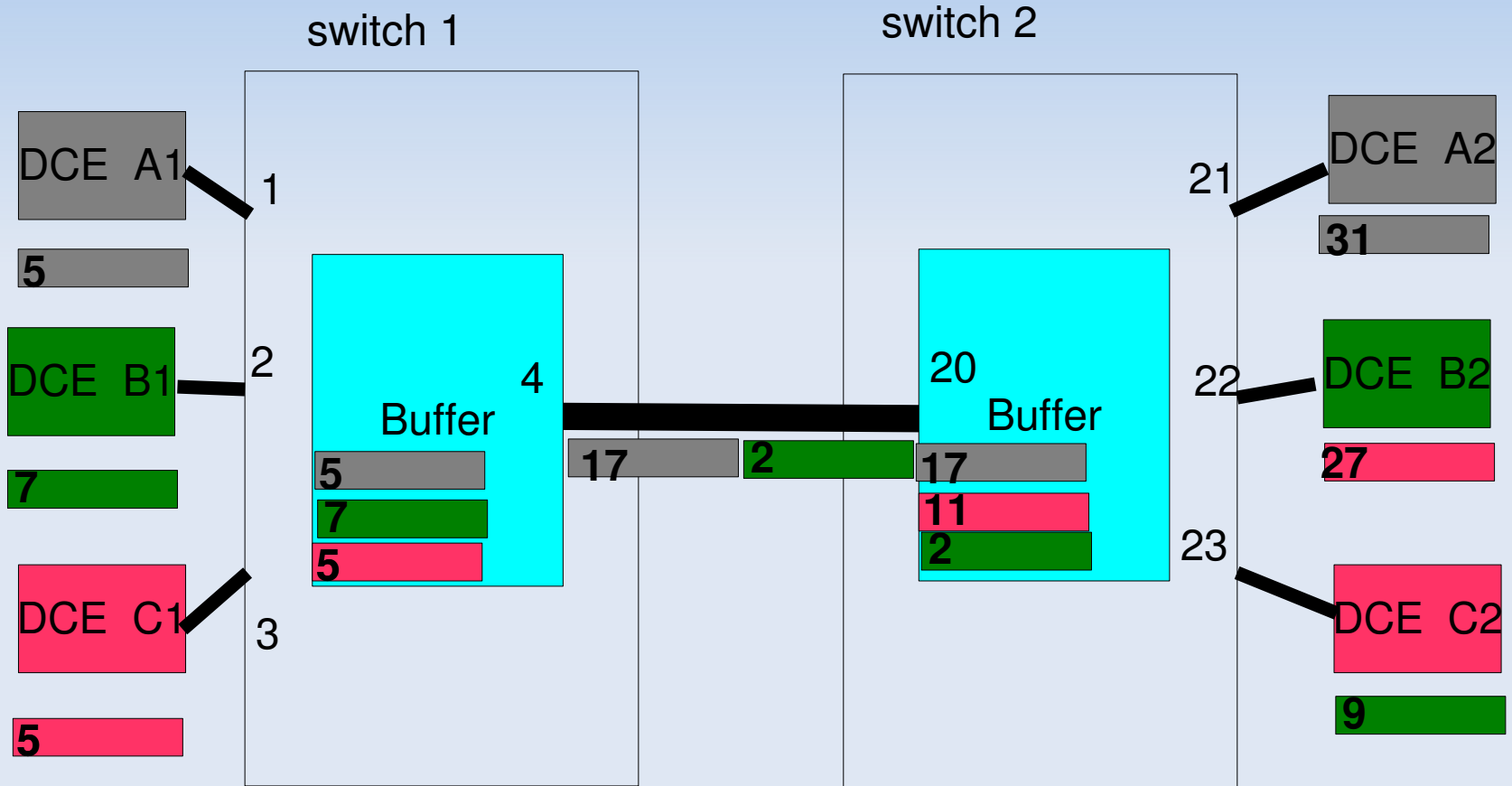
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



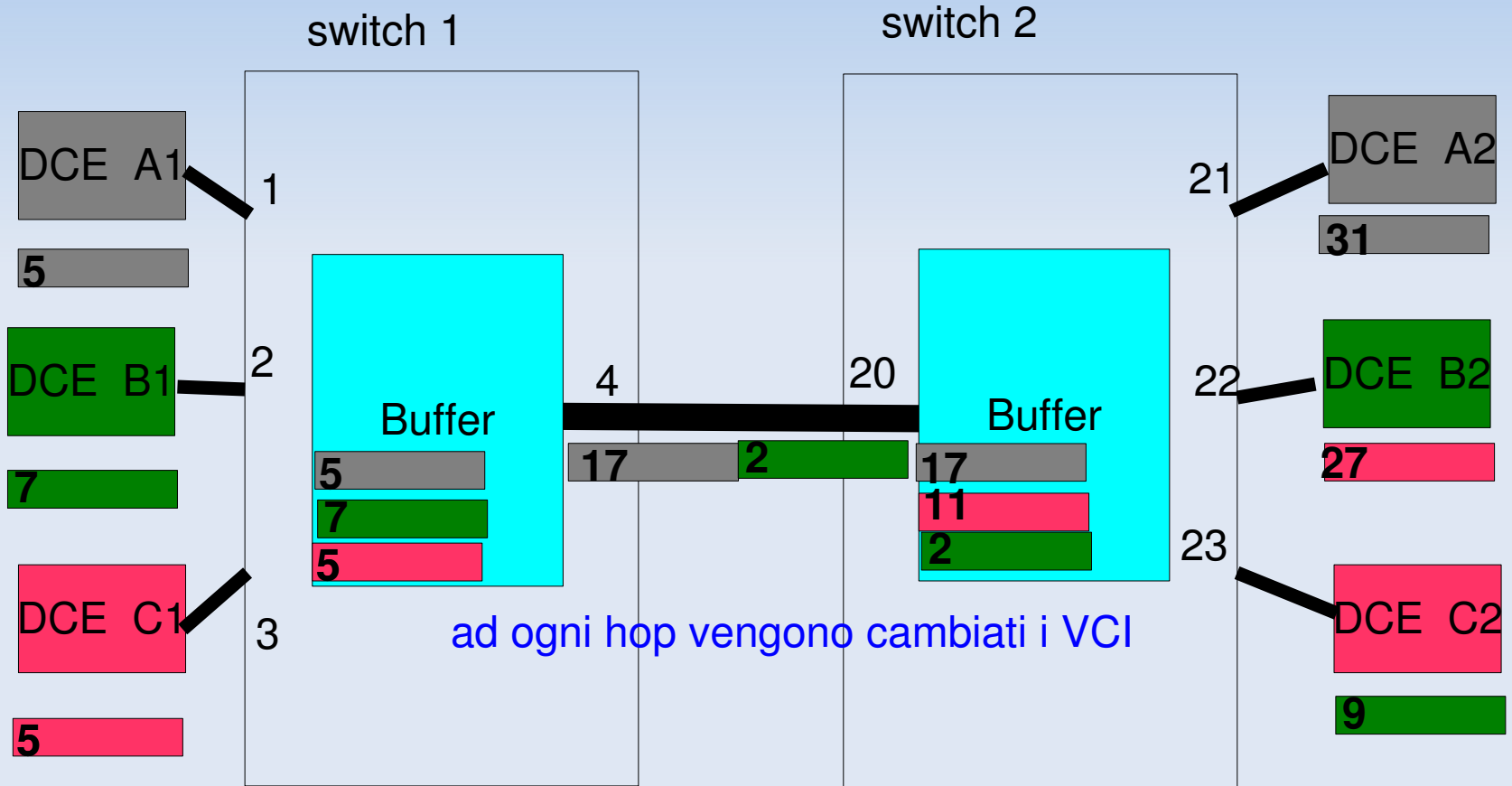
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



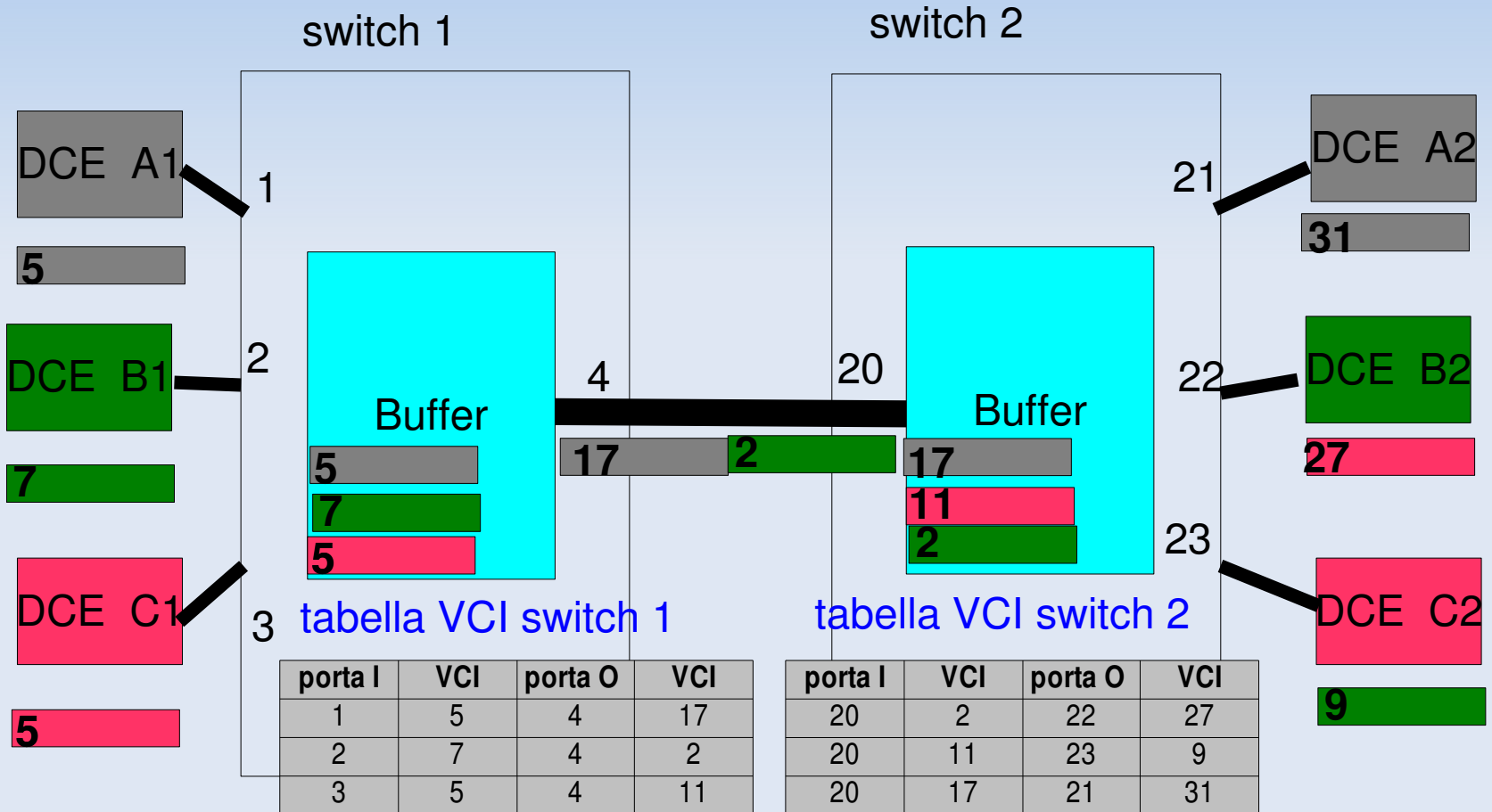
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



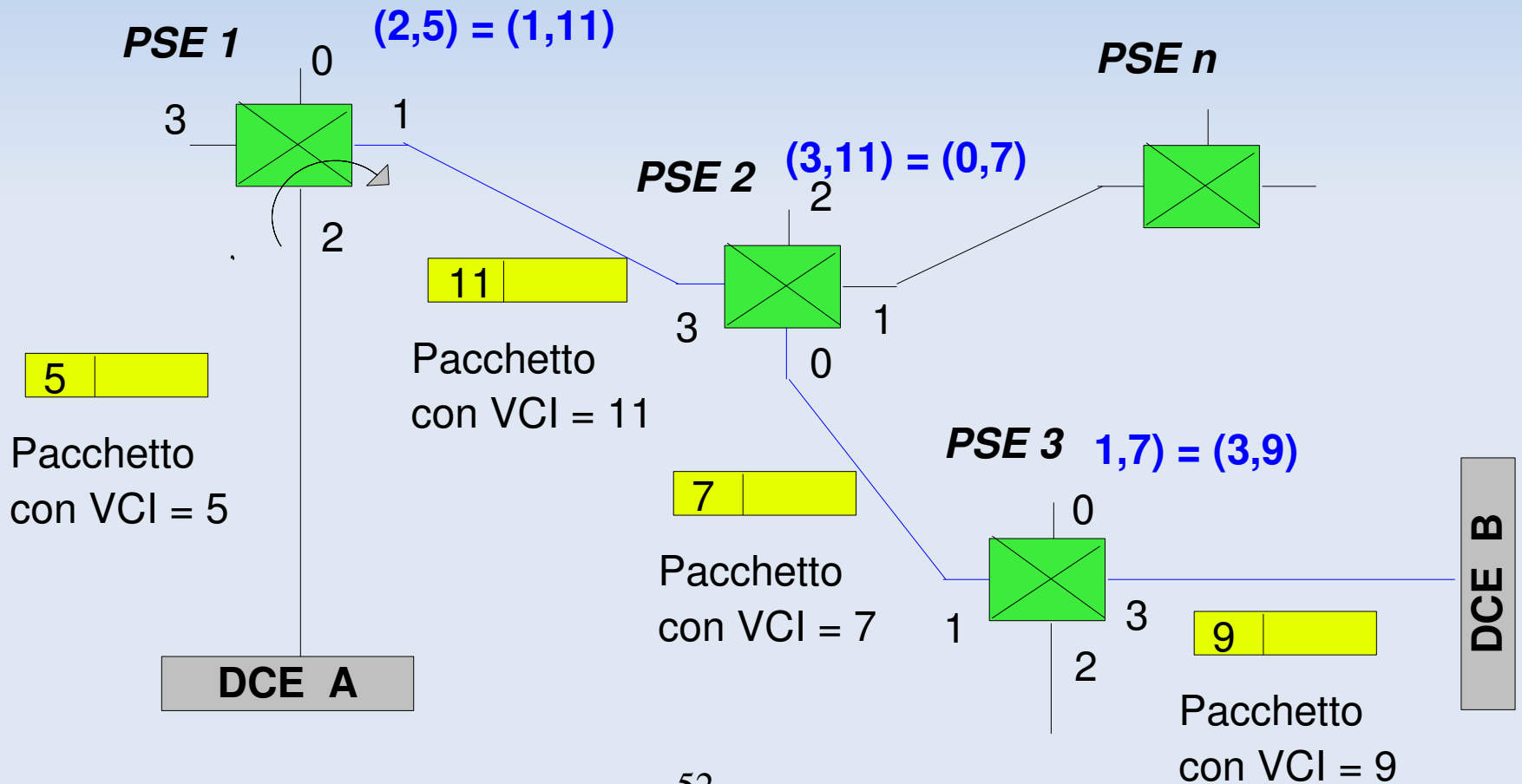
# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup



# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup (esempio)



# LAN e WAN

## X.25 1b) Individuazione del VCI nella call setup

- La tabella dei VCI viene di norma aggiornata ogni volta che viene attivata una nuova connessione fra due DCE
- Si parla in tal caso di **Switched Virtual Circuit (SVC)**, paragonabile ad una comunicazione telefonica di tipo dial-up
- Esiste comunque anche la possibilità di definire delle connessioni di tipo permanente (**Permanent Virtual Circuit PVC**), paragonabili ad una linea telefonica dedicata privata
- In tal caso le tabelle di switching sono definite in modo statico e permanente

# LAN e WAN

## X.25 2) Comunicazione vera e propria

- L'operazione di aggiornamento delle tabelle di switching, nel caso di SVC, viene effettuata **solo inizialmente**, all'attivazione della connessione (**call setup**)
- Una volta che le tabelle di switching sono aggiornate, la comunicazione può avere luogo ed i **pacchetti vengono inviati dal DCE specificando il solo VCI** (risparmio sulla dimensione dell'header)
- Infatti a questo punto, grazie alle tabelle di switching, ogni PSE sa come inoltrare i pacchetti e quali VCI assegnare
- Terminata la comunicazione, nelle tabelle di switching di tutti i PSE si eliminano i riferimenti alla connessione (tear-down)

# LAN e WAN

## X.25 2) Comunicazione vera e propria

- Nelle Wan non abbiamo broadcasting ma una gestione che garantisce la condivisione dello stesso canale fisico da parte di più mittenti (VCI) senza alcuna possibilità di collisione
- Il DCE mittente non riporta nel pacchetto l'indirizzo fisico del destinatario, come deve avvenire in Ethernet, ma si limita a consegnare il pacchetto con un certo VCI allo switch ad esso collegato; ciò consente di avere header di dimensione ridotta
- E' lo switch che si fa carico di consegnare tale pacchetto al destinatario grazie alle informazioni contenute nella tabella di switching impostate al momento della call-setup

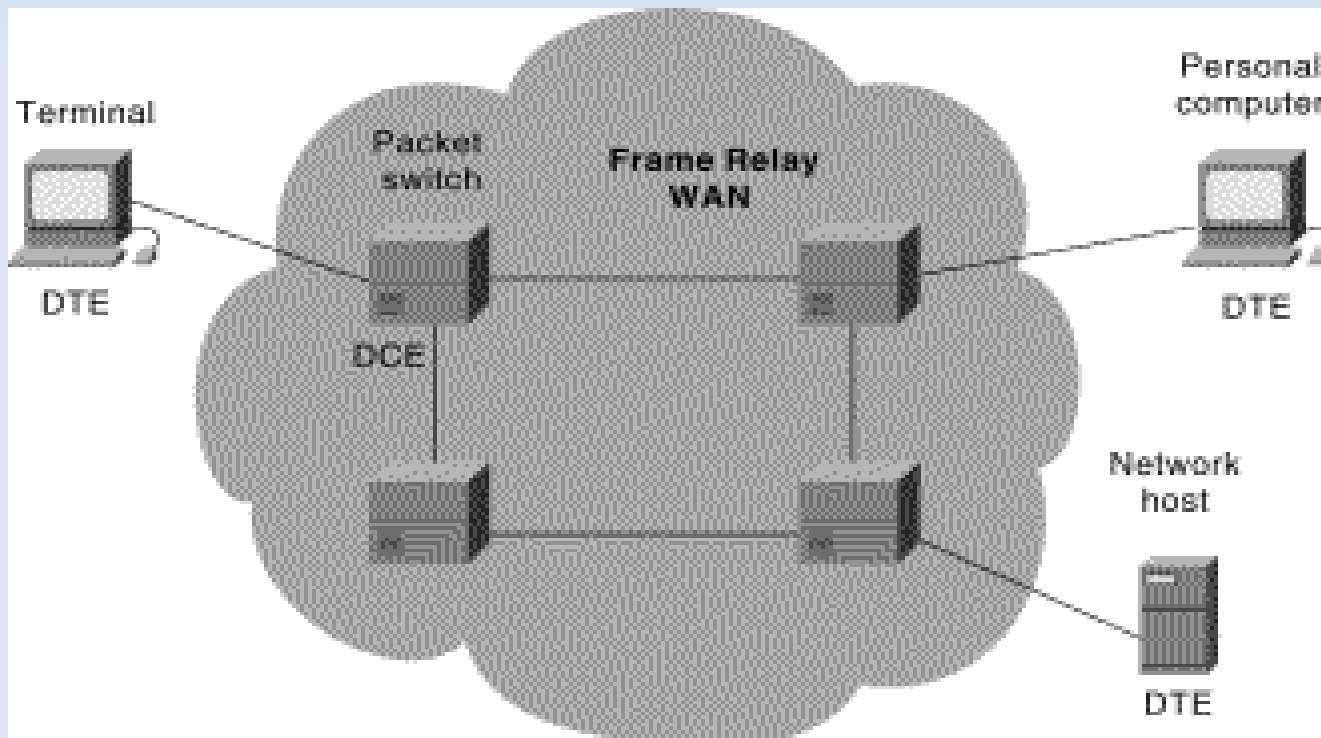
# LAN e WAN

## X.25 Sintesi

- L'instradamento da PSE a PSE avviene tenendo conto del pacchetto più conveniente in termini di costi di connessione
- Grazie alle tabelle di switching, preconfigurate al momento della call setup, la dimensione dell'header del pacchetto può essere molto contenuta
- A differenza delle LAN non esiste broadcasting ma ogni comunicazione o è predefinita (PVC) oppure richiede l'attivazione di una connessione (SVC)

# LAN e WAN

**WAN (Wide Area Network):** un altro esempio



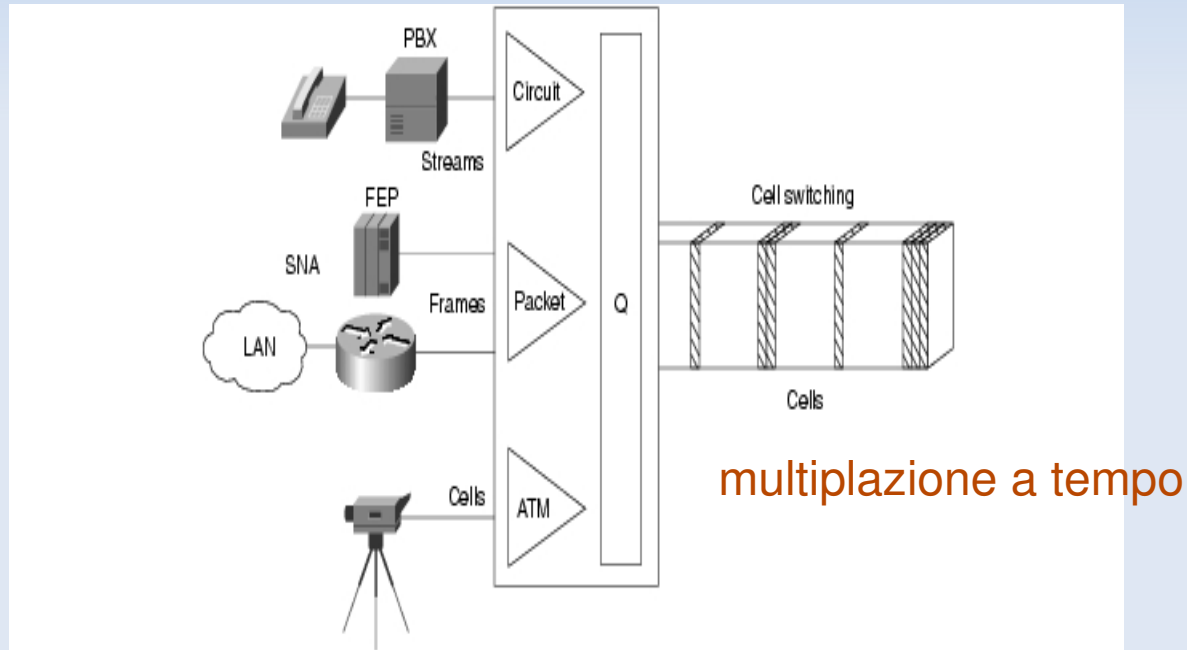
# LAN e WAN

## FrameRelay

- Nata per sostituire X.25
- Gruppo di protocolli di livello 2 (datalink) ed 1 (physical)
- Velocità fino a 44.736 Mbps
- Bandwidth on Demand ossia l'utente può variare la richiesta di banda nel tempo
- Minore overhead rispetto ad X.25 in quanto non effettua alcun controllo sui pacchetti e non invia acknowledgment

# LAN e WAN

## WAN (Wide Area Network): ATM



# LAN e WAN

## ATM

- Nata per veicolare, sullo stesso mezzo trasmissivo (fibra), voce e dati
- Fino a 622 Mbps (TV alta definizione)
- Frame (celle) di lunghezza fissa (48 bytes + header di 5)
- Combinazione di packet switching e STDM (1 cella per slot; slot non preallocato ad ogni utente)
- La connessione viene creata con lo stesso meccanismo di call setup visto per X.25

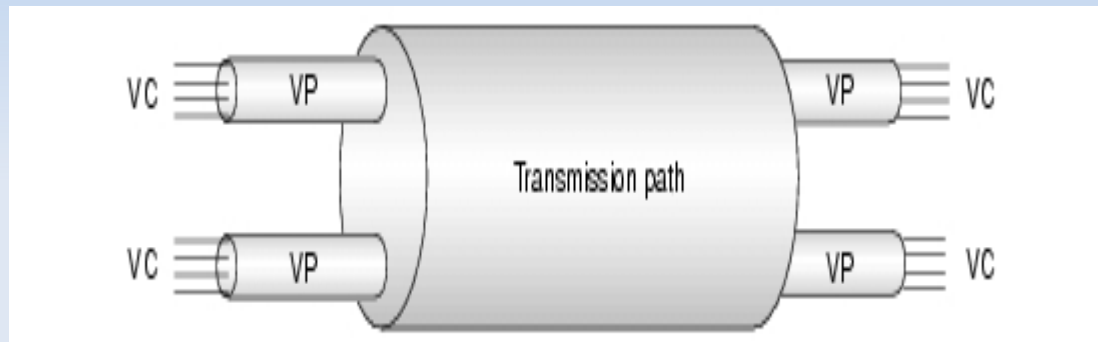
# LAN e WAN

## ATM

- Nell'header del pacchetto sono però presenti due valori:
  - VPI (Virtual Path Identifier)
  - VCI (Virtual Channel Identifier)
- VPI è un nuovo parametro che è stato aggiunto in ATM per consentire una gestione del tutto autonoma di un gruppo di canali logici
- Ad esempio un provider potrebbe suddividere una connessione fisica in più trunk logici, affittati ognuno ad organizzazioni diverse

# LAN e WAN

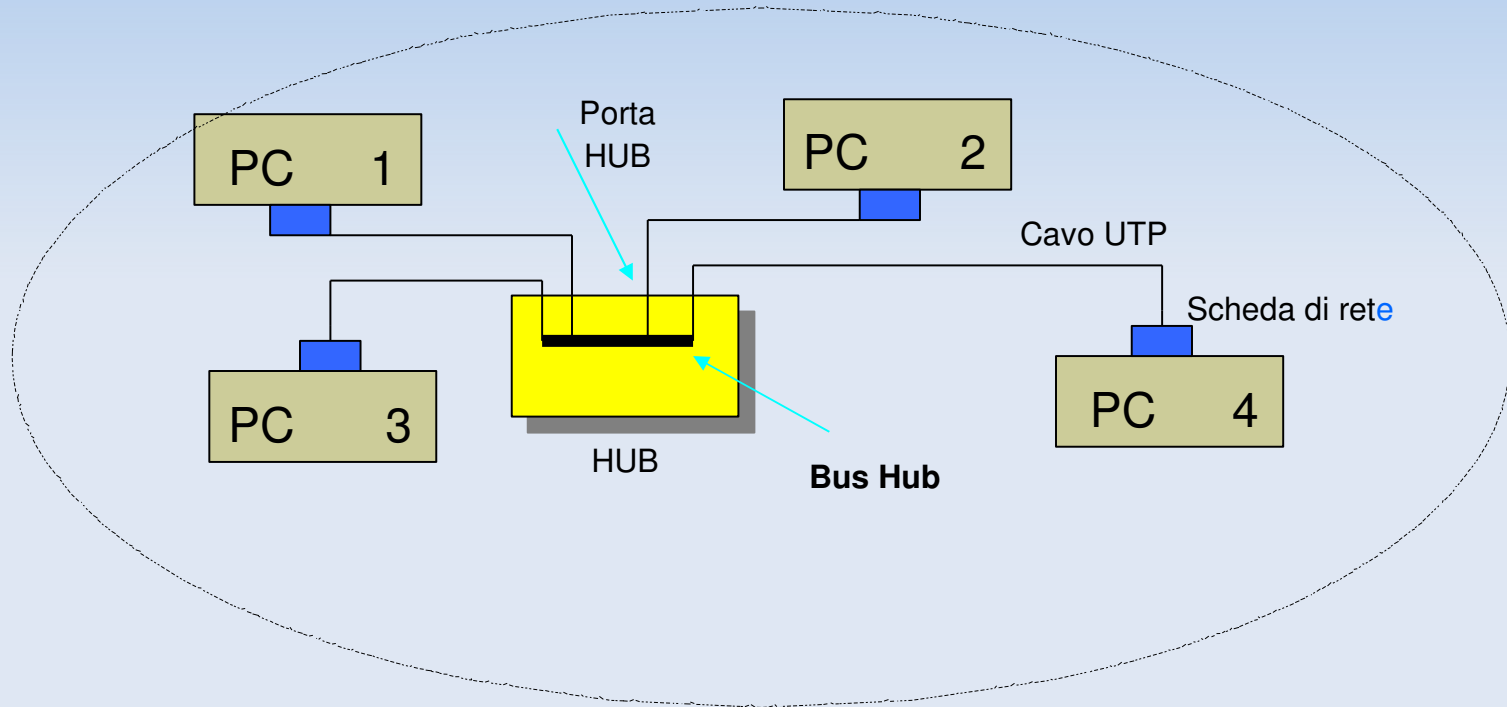
## ATM



Un' unica connessione fisica punto a punto viene suddivisa in più trunk logici (VP) a sua volta suddivisi in più canali logici

# LAN e WAN

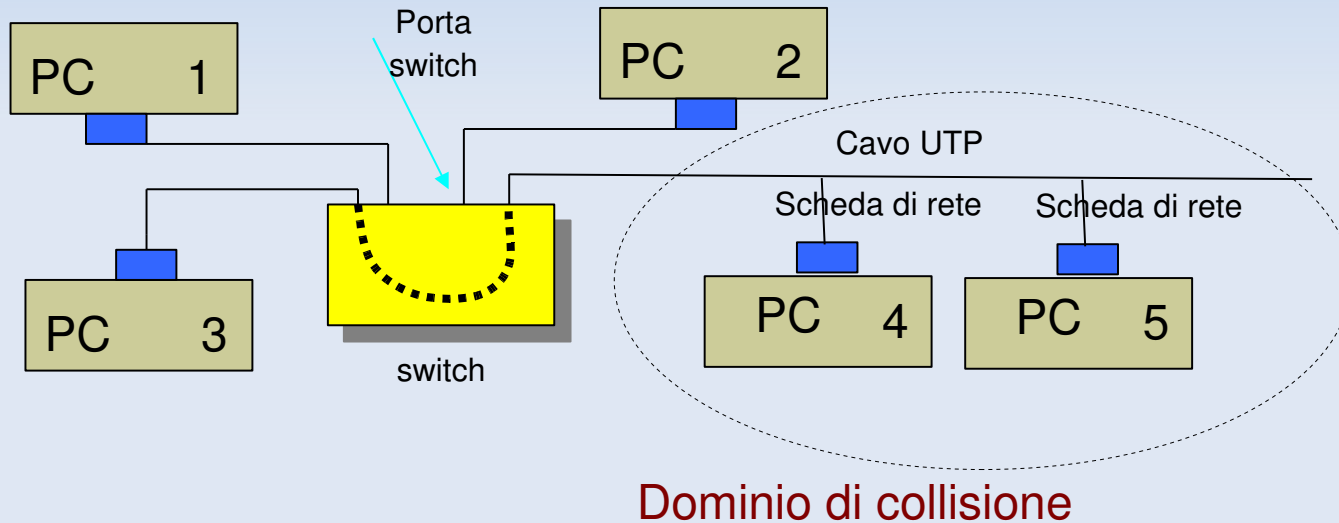
LAB



Laboratorio:  
Verifica del dominio di collisione in un hub

# LAN e WAN

LAB



Laboratorio:  
Verifica del dominio di collisione in uno switch

# LAN e WAN

## Ethernet

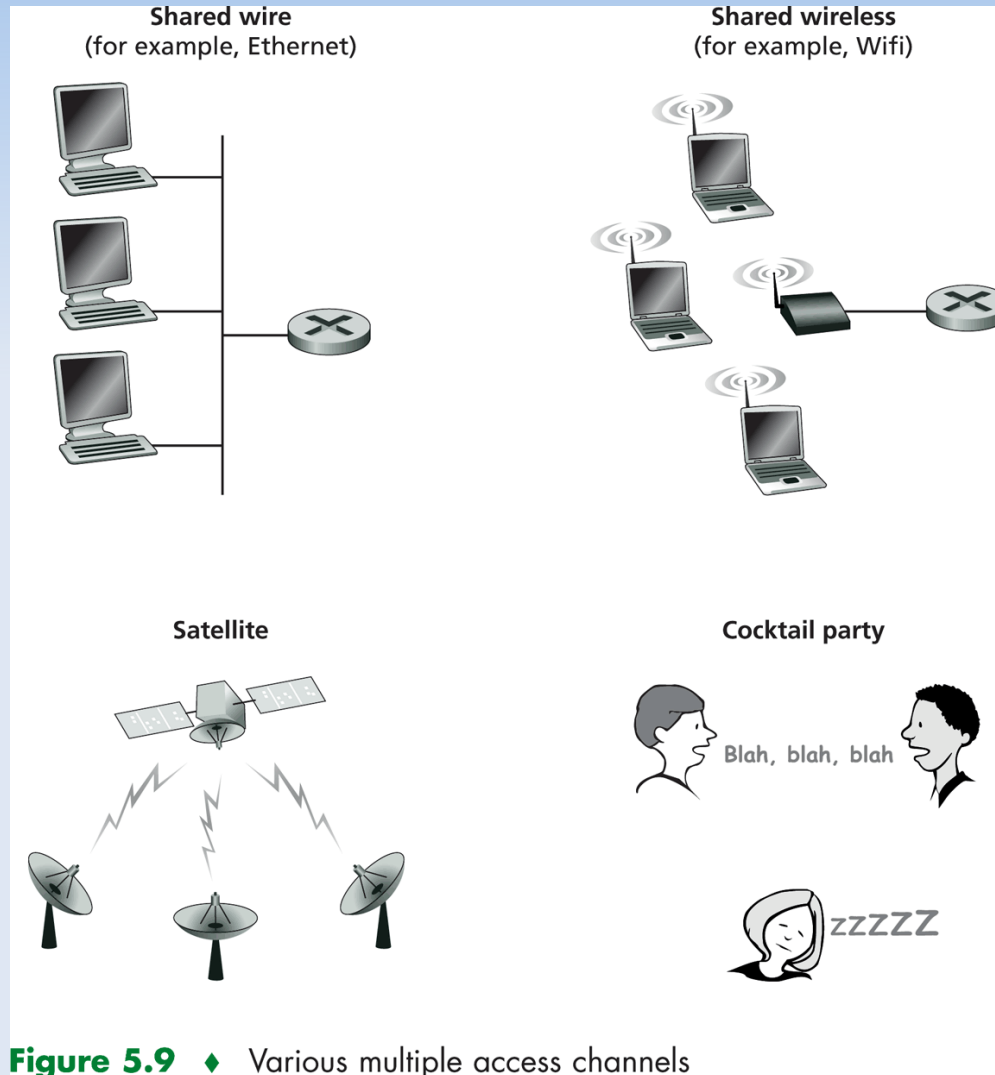
- Nelle reti LAN i pacchetti di dati vengono trasmessi secondo protocolli gestiti dalle schede di rete
- Il tipo di protocollo consolidatosi come standard nelle reti LAN è Ethernet
- Protocollo di livello 2 (si utilizzano i MAC Address ossia gli indirizzi fisici delle schede di rete)
- I pacchetti (Ethernet frames) vengono trasmessi dal protocollo Ethernet su bus condiviso
- Nasce quindi un problema di collisioni

# LAN e WAN

## Ethernet e Collisioni

- Point to Point link (nessuna collisione):
  - Un solo mittente ed un solo destinatario ai due estremi del link
  - Esempio: PPP
- Broadcast links (collisioni possibili):
  - Più nodi condividono lo stesso mezzo trasmissivo
  - Ogni nodo riceve una copia dei frames trasmessi
  - Esempi: Ethernet, WiFi, Bluetooth.
- Come coordinare l'accesso al bus condiviso per evitare collisioni?

# LAN e WAN



**Figure 5.9** ♦ Various multiple access channels

# LAN e WAN

## Esempio:

- Cocktail party – più persone nello stesso locale
- Mezzo condiviso – aria
- Protocolli usati:
  - ◆ “Dai ad ognuno la possibilità di parlare”
  - ◆ “Non parlare se non espressamente richiesto”
  - ◆ “Non monopolizzare la conversazione”
  - ◆ “Alza la mano per parlare”
  - ◆ “Parlare uno alla volta”

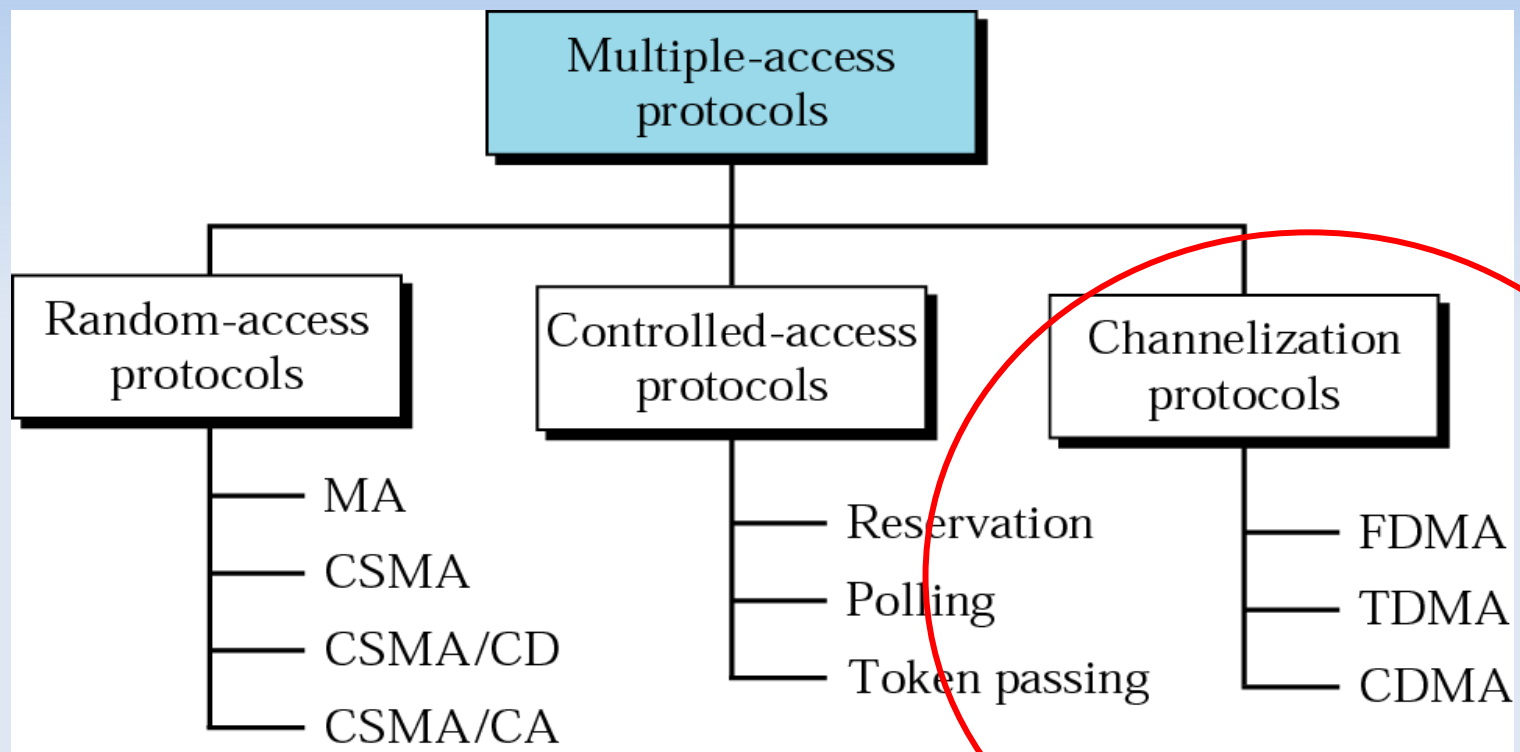
# LAN e WAN

## Ottimizzazione accesso a bus condiviso

- Se due nodi trasmettono nello stesso istante => - **collisione**
- I pacchetti in collisione sono persi -> **diminuzione di banda**
- **Idealmente**, il protocollo per un bus condiviso con un bit-rate di  $R$  bps dovrebbe soddisfare i seguenti criteri:
  - ◆ se un solo nodo trasmette allora il throughput è  $R$
  - ◆ se  $N$  nodi hanno dati da trasmettere allora il throughput è  $R/N$
  - ◆ essere semplice e facile da implementare

# LAN e WAN

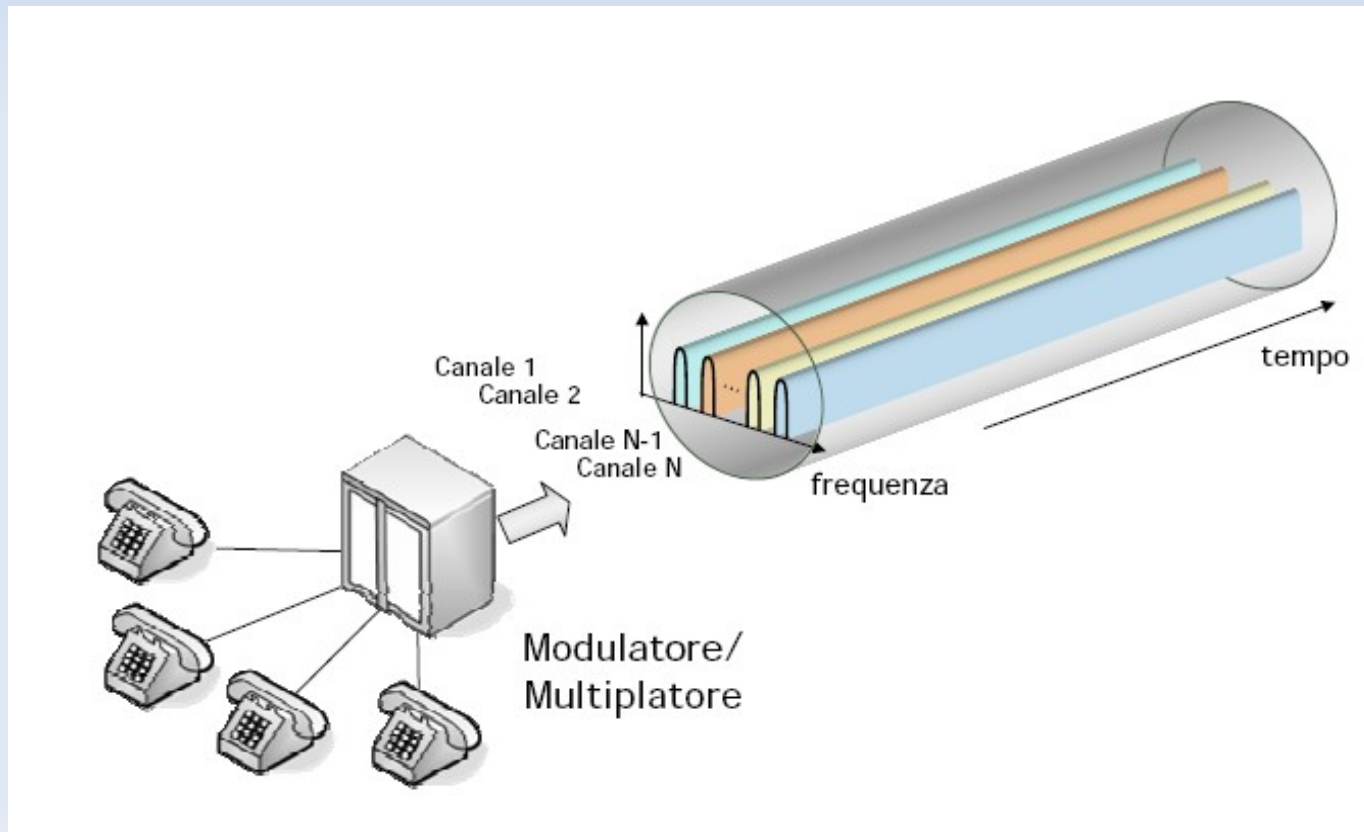
## Ottimizzazione accesso a bus condiviso



# LAN e WAN

## Channelization protocols

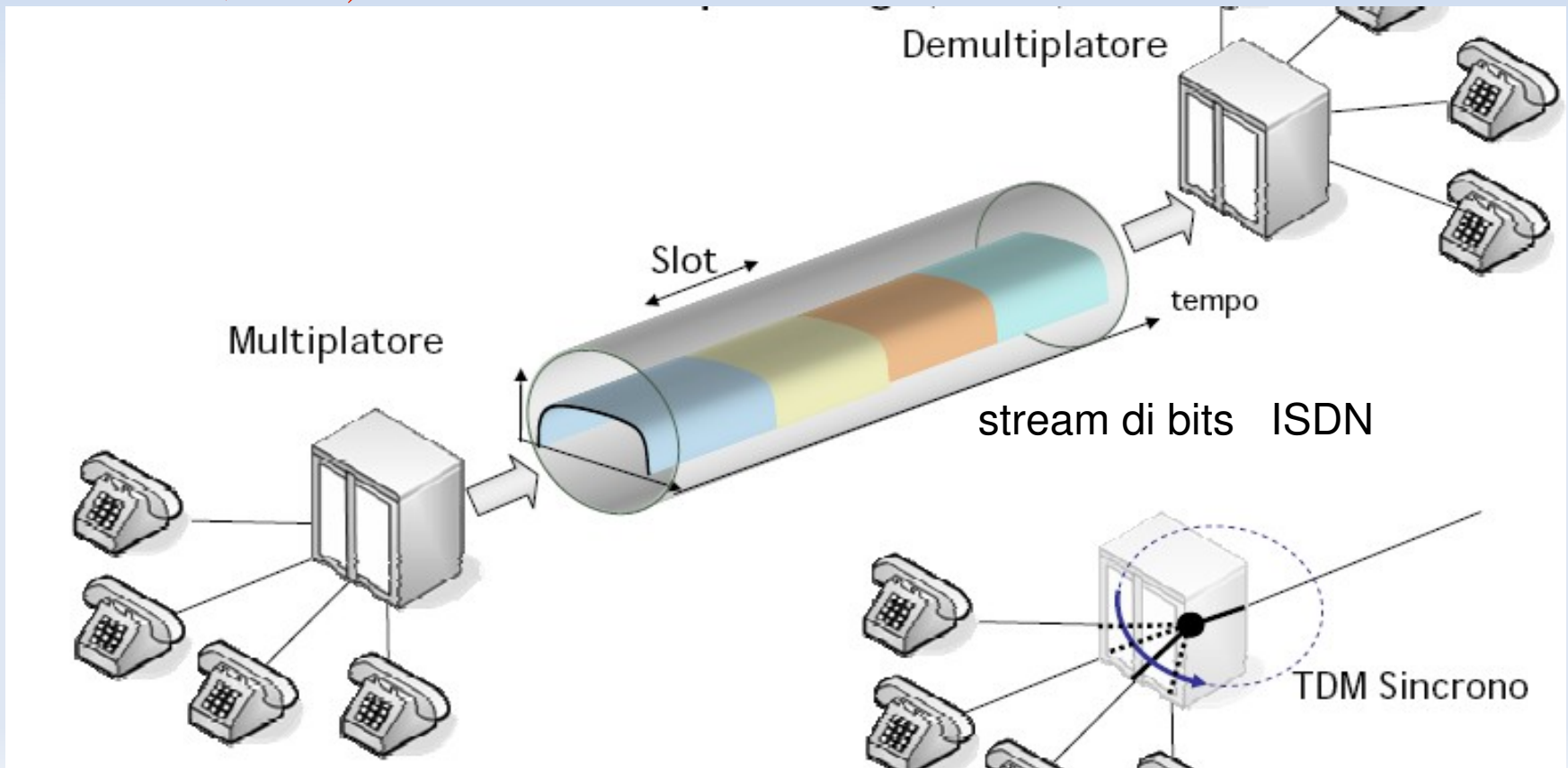
- Il canale viene suddiviso in sottocanali, ad ognuno dei quali viene assegnato uno specifico range di frequenze => **FDMA Frequency Division Multiple Access (es. ADSL)**



# LAN e WAN

## Channelization protocols

- Il canale è assegnato in modo esclusivo ad ogni nodo per un breve lasso di tempo => *TDMA Time Division Multiple Access (es. ISDN; ATM)*

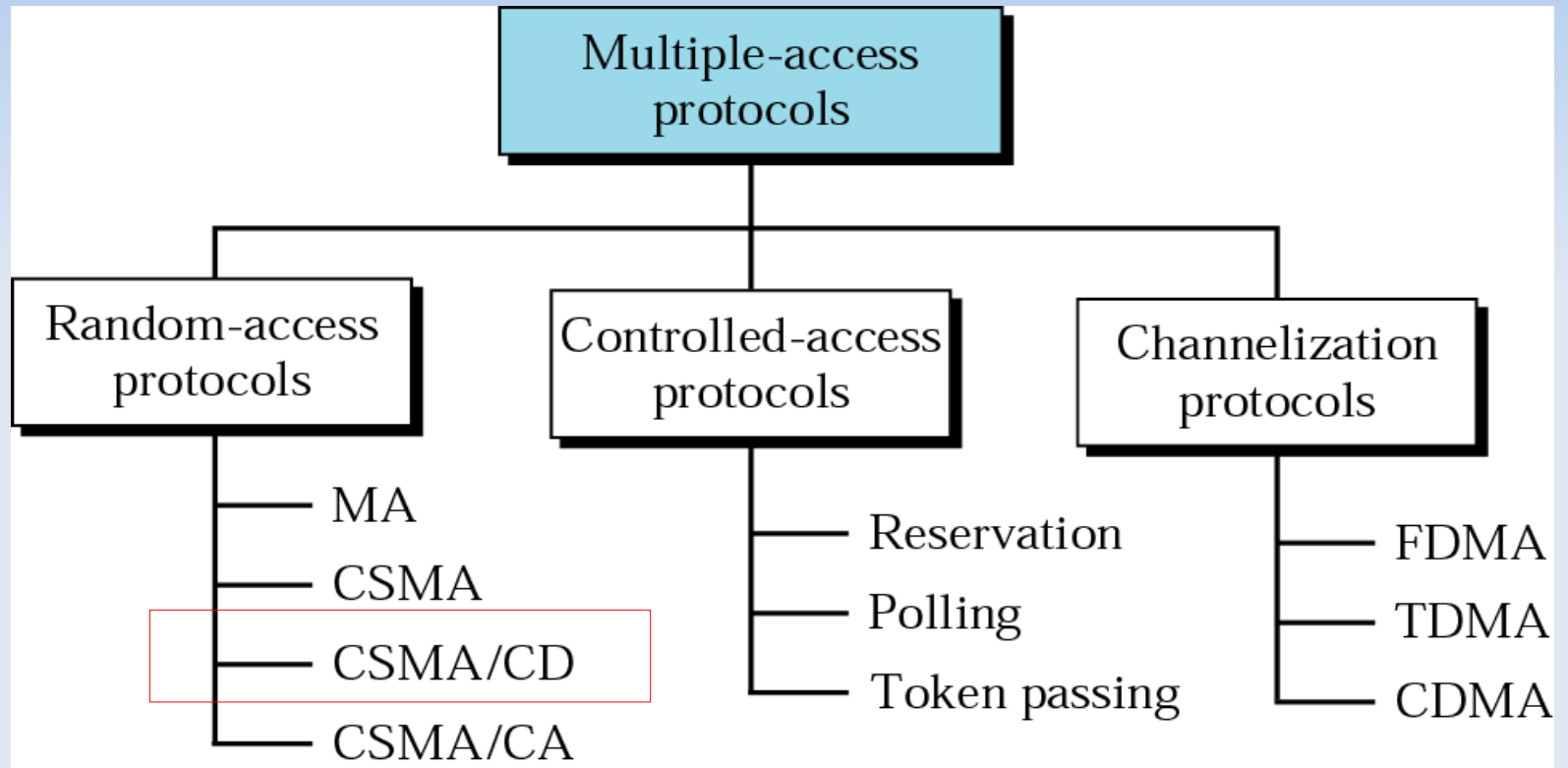


# LAN e WAN

## Channelization protocols

- **Vantaggi:**
  - ▶ Nessuna collisione
- **Svantaggi:**
  - ▶ Se un solo nodo trasmette il throughput non è  $R$  ma  $R/N \Rightarrow$  banda non utilizzata al massimo delle possibilità

# LAN e WAN



# LAN e WAN

## Ethernet e CarrierSenseMultipleAccess/CollisionDetection

- Ethernet nasce nell'anno 1973 (Bob Metcalfe)
- Bob Metcalfe prende spunto dal progetto Aloha (1970; Abramson; Honolulu)
- Aloha prevedeva un sistema a stella (satellite e diversi computer comunicanti via onde radio)

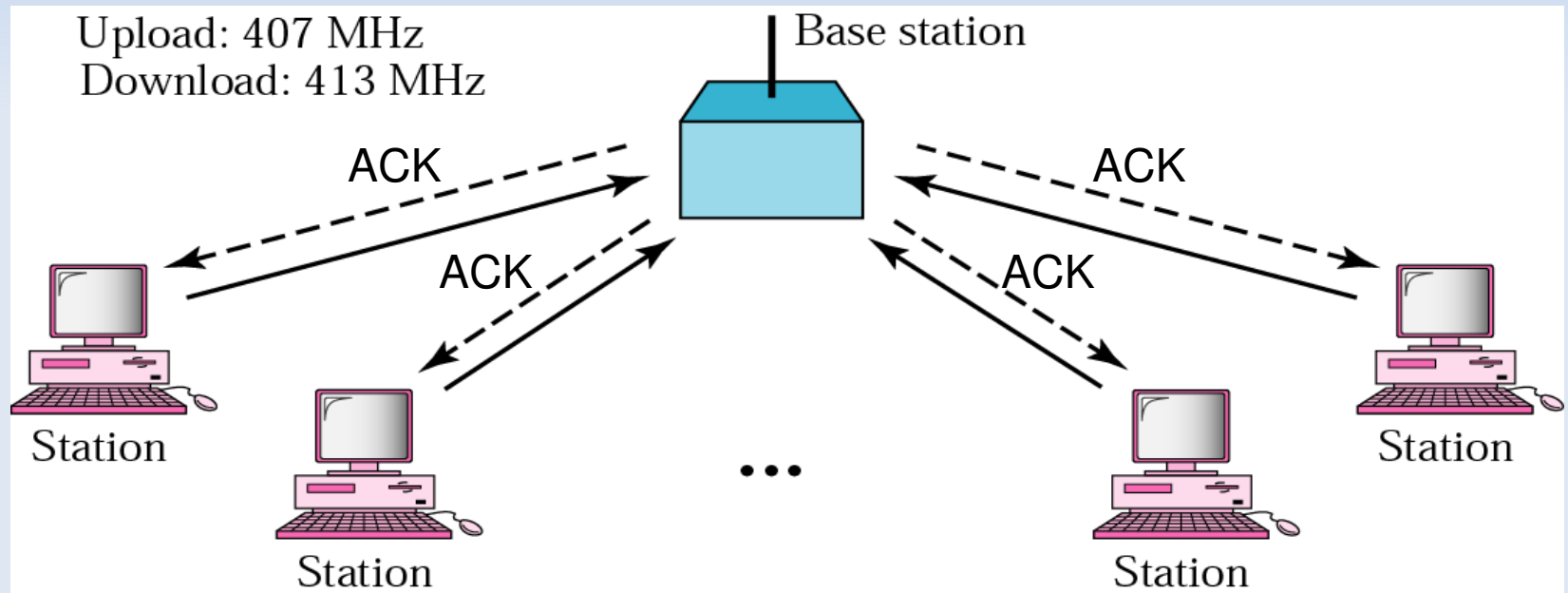
# LAN e WAN

## Ethernet e CarrierSenseMultipleAccess/CollisionDetection

- Essendo unica la frequenza di comunicazione, quando più host trasmettevano contemporaneamente, si generavano delle collisioni che il satellite era in grado di riconoscere
- Abramson studia quindi un protocollo (**Aloha**) per il quale, se si verifica una collisione in trasmissione (no acknowledge), **l'host mittente ritenta, dopo un tempo di attesa casuale e variabile all'interno di un certo intervallo (back off)**

# LAN e WAN

## Aloha



# LAN e WAN

## Ethernet

- Bob Metcalfe perfeziona Aloha ed introduce il protocollo **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection) basato sul seguente algoritmo:
  - 1) **Listen before talking** (ascolta prima di parlare per verificare che nessuno stia trasmettendo; **carrier sense**)
  - 2) **Listen while talking** (ascolta mentre stai parlando per capire se ci sono collisioni; in tal caso si rileva un segnale elettrico di caratteristiche diverse da quelli utilizzati per i valori binari 0 ed 1; **collision detection**)
  - 3) Se si verificano delle collisioni invia segnale di intasamento (jamming), **attendi un tempo casuale** ed invia nuovamente per un certo numero di volte (back off limit; normalmente 16)

# LAN e WAN

## Ethernet

- Vantaggi:

- ◆ Semplicità di implementazione

- ◆ Tutto il protocollo gestito dalle singole schede di rete

- ◆ Miglior utilizzo della banda disponibile rispetto a TDMA e FDMA

- Svantaggi

- ◆ Le collisioni diminuiscono, anche in modo sensibile, il throughput

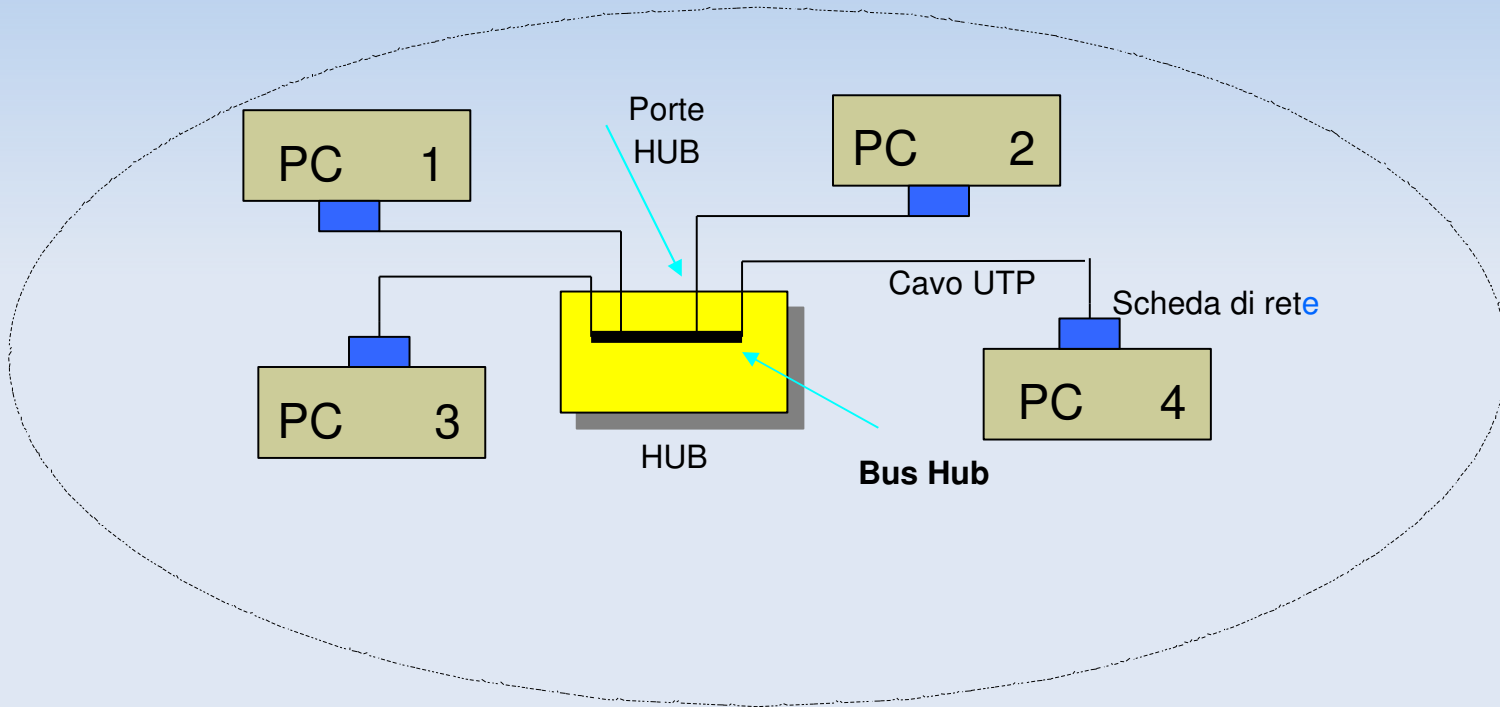
- ◆ Limitazione nel numero di nodi e nella distanza massima di trasmissione

# Router

## Dominio di collisione e di broacasting

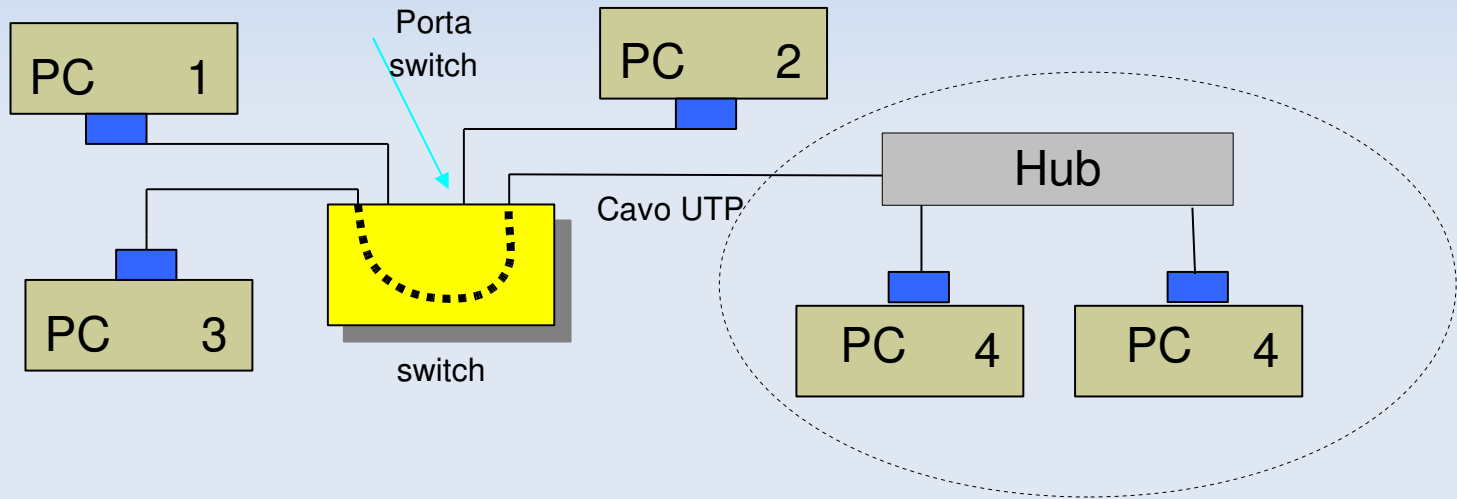
- Le stazioni appartenenti alla stessa rete fisica condividono lo stesso canale di trasmissione e le conseguenti collisioni
- Si dice, in tal caso, che le stazioni appartengono allo stesso **dominio di collisione**
- Per **ridurre i domini di collisione** si utilizzano gli switch (a livello 2 ), che come già visto separano fisicamente la rete in più segmenti di collisione

# Router



**Dominio di collisione**

# Router



Dominio di collisione

# Router

## Dominio di broadcasting

- Anche se una rete viene suddivisa da uno switch in più domini di collisione, esiste comunque la possibilità che un pacchetto venga inviato a tutte le stazioni
- Questo succede quando un pacchetto deve essere inviato da un mittente a tutte le altre in modalità broadcasting
- Tale modalità è caratterizzata in Ethernet dalla presenza dei valori FF-FF-FF-FF-FF-FF nel Mac address del destinatario
- La modalità broadcast è indispensabile in certe situazioni (ad esempio quando una stazione deve conoscere l'indirizzo IP del destinatario usando il protocollo ARP)

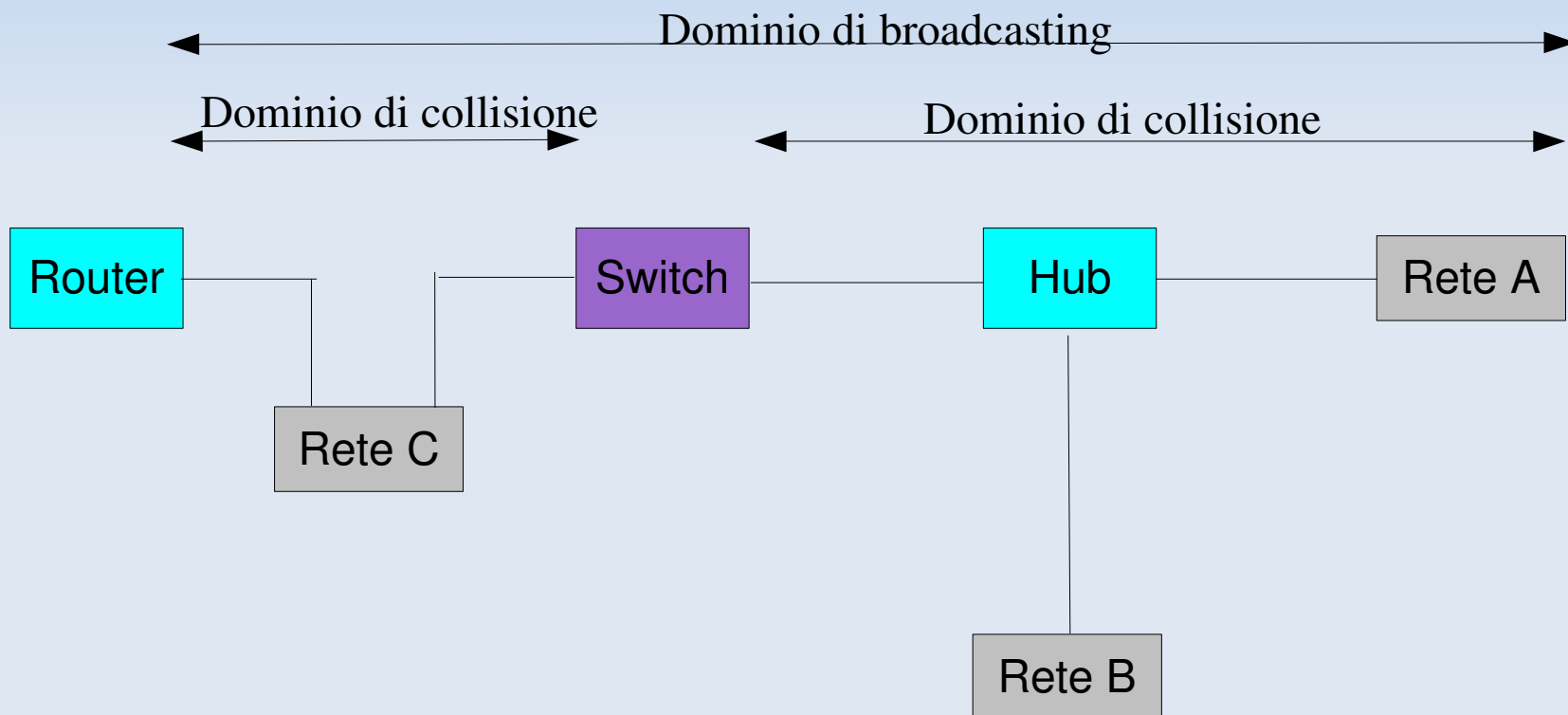
# Router

## Dominio di broadcasting

- Tutte le stazioni raggiunte in broadcast appartengono al dominio di broadcasting
- Per ridurre il dominio di broadcasting si ricorre a dispositivi (**router o switch di livello 3** in grado di effettuare funzioni di routing) che lavorano con indirizzi IP al posto dei MacAddress
- Tali dispositivi non solo sono in grado di fermare i pacchetti di broadcasting provenienti da una porta ma anche di instradare i pacchetti (**routing**) da una rete ad un'altra sulla base degli indirizzi IP presenti nei pacchetti

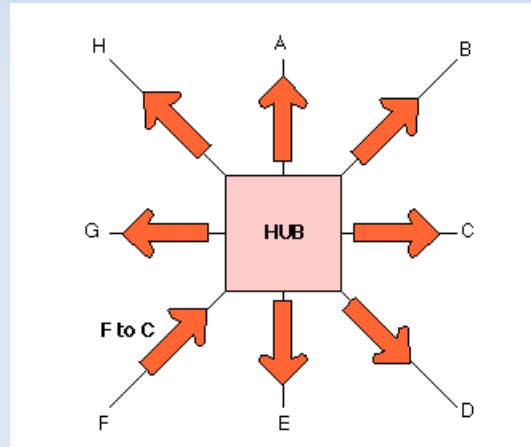
# Router

## Domini di collisione e broadcasting



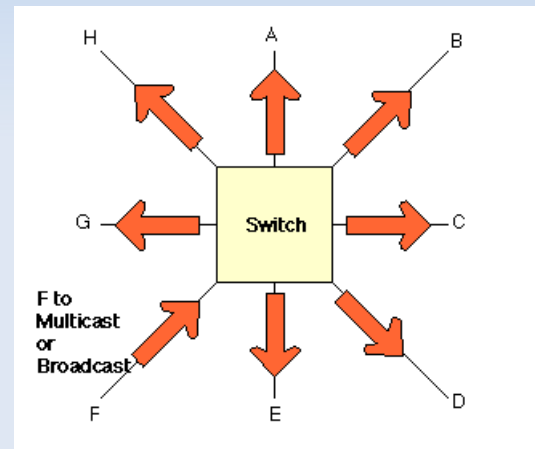
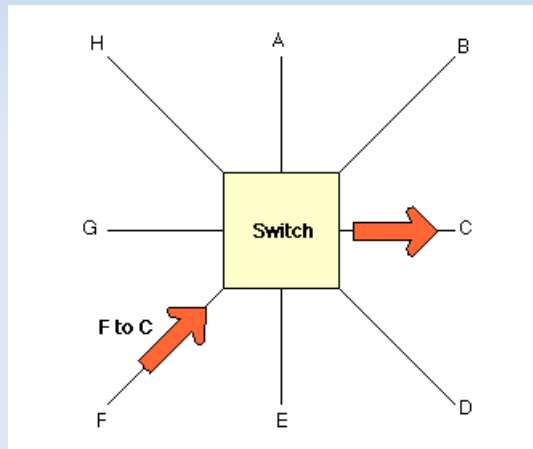
# Router

hub



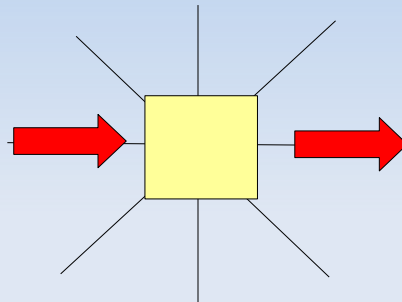
# Router

switch



# Router

router

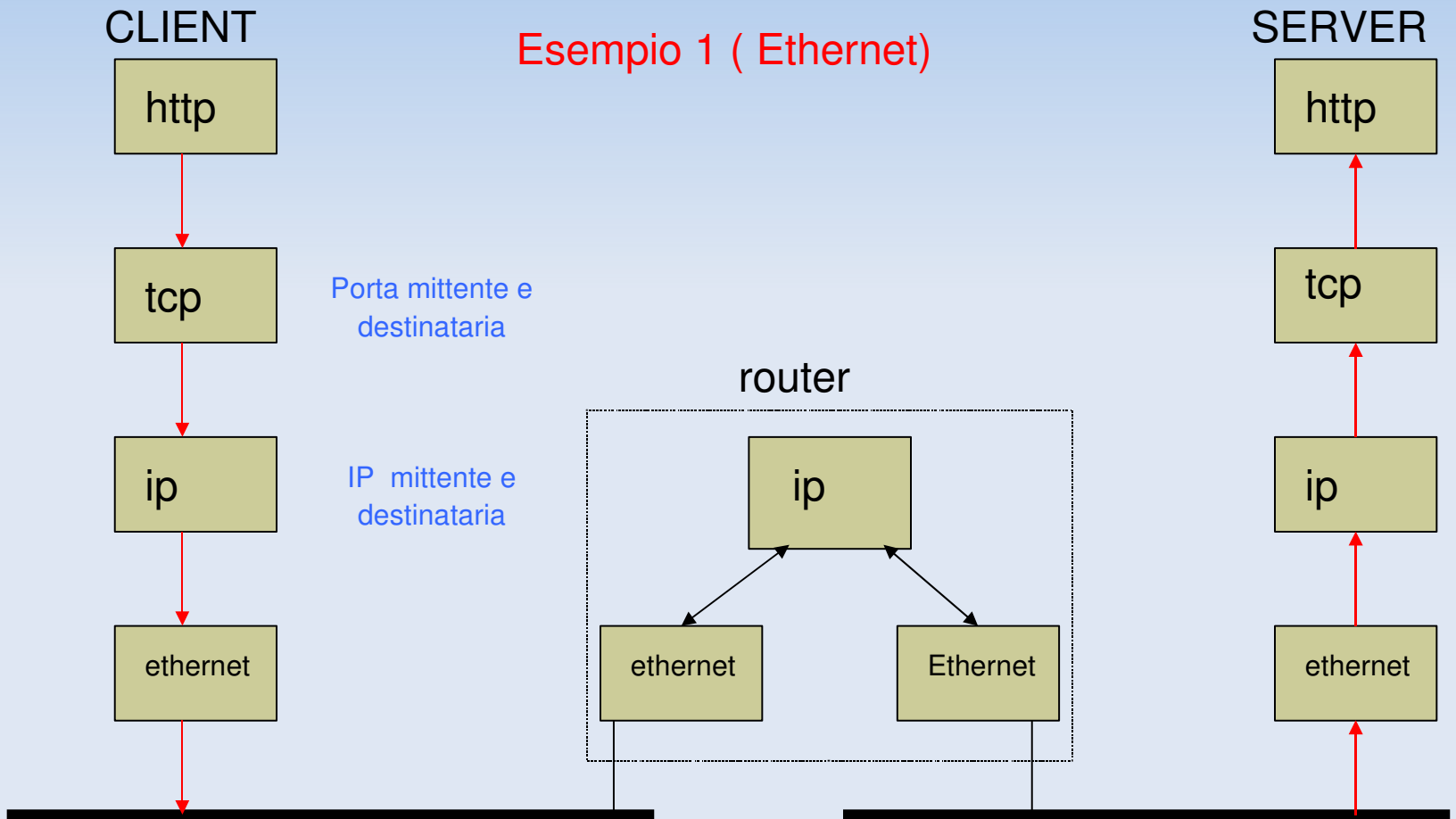


# Router

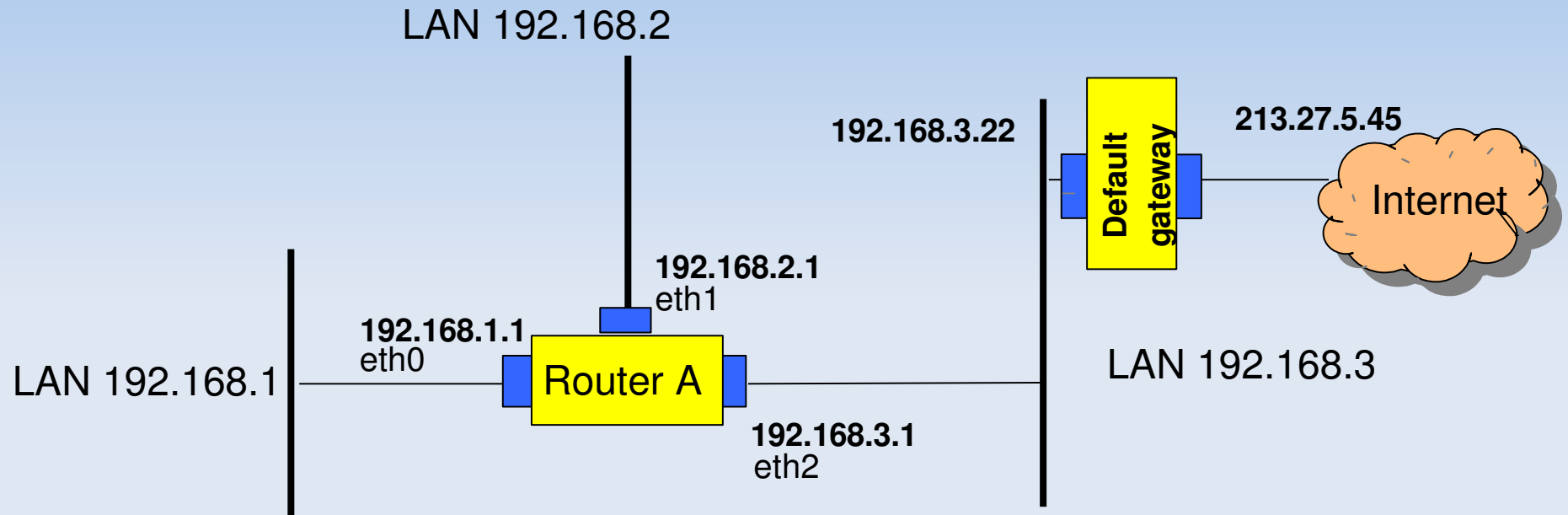
- Abbiamo visto reti di tipo LAN e WAN
- Riprendiamo ora un importante concetto visto ad inizio corso
- Due o più reti/sotto reti diverse (diverso Id di rete), siano esse di tipo LAN o WAN, possono essere tra loro connesse usando diversi dispositivi, dei quali il più frequente è il gateway (o, con altro termine, router)
- E' la filosofia che sta alla base di Internet

# Router

## Esempio 1 ( Ethernet)



# Router



Se arriva un pacchetto al router destinato alla rete ad esso collegata (es. 192.168.2), il router gira il pacchetto alla scheda della relativa LAN e da qui in poi avvengono le stesse modalità di trasmissione già viste per la LAN

Se invece il pacchetto è destinato ad altra rete, viene inviato al default gateway (next hop router)

# Router

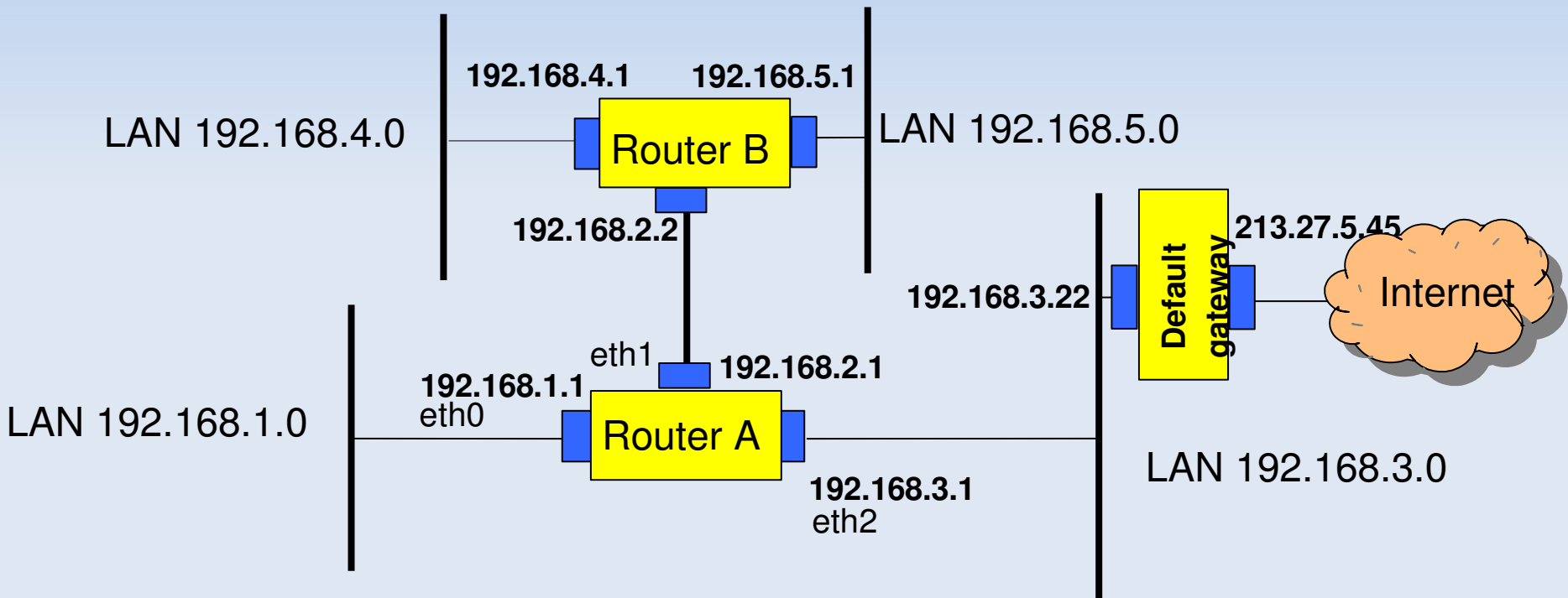
## Esempio di tabella di routing semplificata

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Use	Interface
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth0
192.168.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth1
192.168.3.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth2
0.0.0.0	192.168.3.22	0.0.0.0	UG	0	0	Eth2

- *Tutti i pacchetti destinati alla rete 192.168.1.0, mandali alla scheda eth0*
- *Tutti i pacchetti destinati alla rete 192.168.2.0, mandali alla scheda eth1*
- *Tutti i pacchetti destinati alla rete 192.168.3.0, mandali alla scheda eth2*
- *Tutto quello che non cade nei casi precedenti, mandalo al next hop router 192.168.3.22 collegato alla scheda eth2*
- *Esempio con comando traceroute [www.google.it](http://www.google.it)*

# Router

Laboratorio 4 : Disegniamo assieme la tabella di routing per il router A di questa configurazione



# Router

## Esempio di tabella di routing per router A

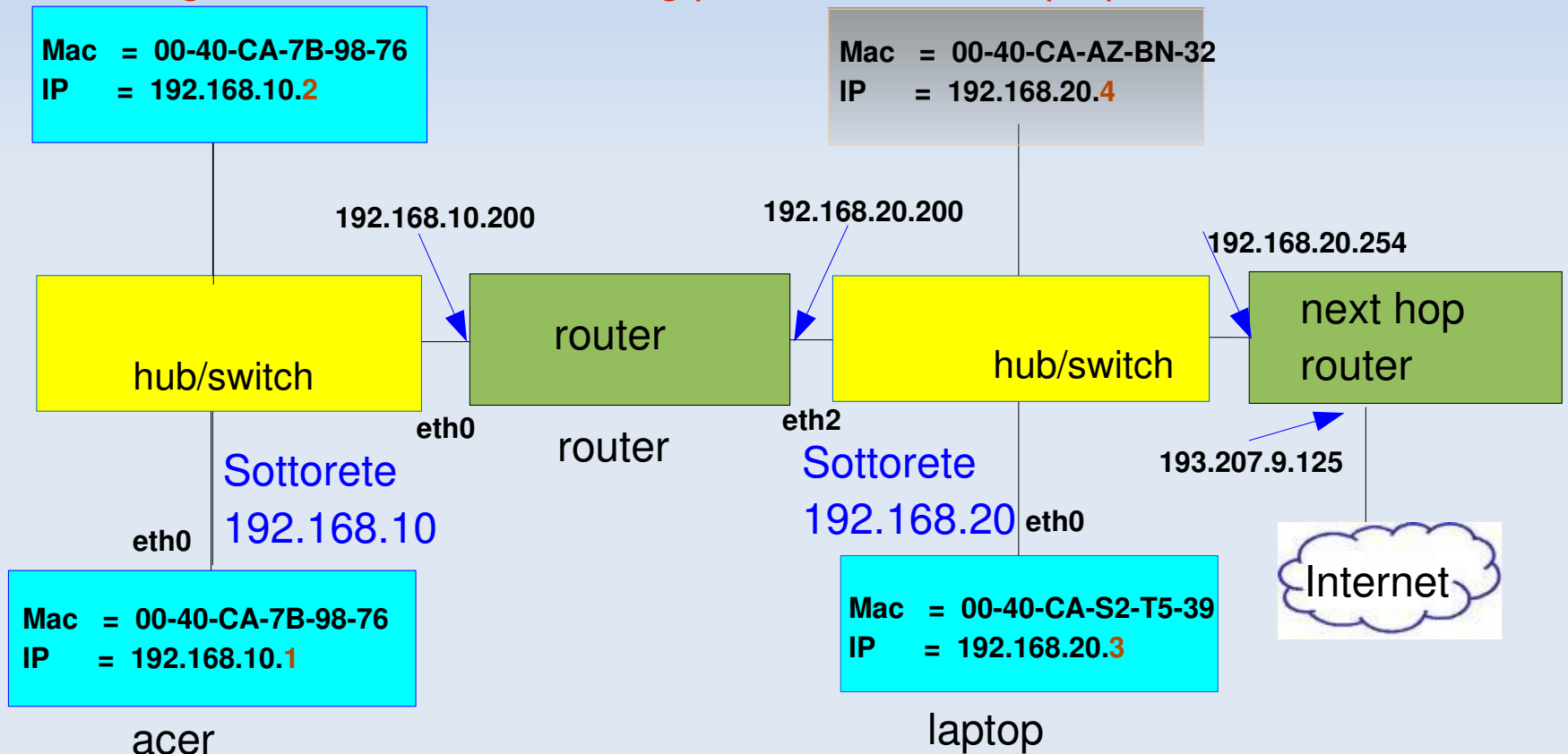
Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Use	iface
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth0
192.168.2.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth1
192.168.3.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth2
192.168.4.0	192.168.2.2	255.255.255.0	UG	0	0	Eth1
192.168.5.0	192.168.2.2	255.255.255.0	UG	0	0	Eth1
0.0.0.0	192.168.3.22	0.0.0.0	UG	0	0	Eth2

- *Tutti i pacchetti destinati alla tre reti direttamente collegate (1.0, 2.0, 3.0), mandali alla rispettiva scheda di rete*
- *Tutti i pacchetti destinati alle reti 4.0 e 5.0 mandali al router 192.168.2.2 attraverso la scheda eth1*
- *Tutto quello che non cade nei casi precedenti, mandalo al next hop router 192.168.3.22 collegato alla scheda eth2*

# Router

Laboratorio 5 : Due sottoreti 192.168.10 ed 192.168.20 condividono un router ADSL connesso ad Internet.

Disegniamo le tabelle di routing per router, acer, laptop



# LAN e WAN

Tabella di routing perPC acer

	<b>Destination</b>	<b>Gateway</b>	<b>Genmask</b>	<b>Flags</b>	<b>Metric</b>	<b>Use</b>	<b>iface</b>
1)	192.168.10.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth0
2)	0.0.0.0	192.168.10.200	0.0.0.0	UG	0	0	Eth0

- 1) Se destination NetId, calcolato con mask 255.255.255.0, = 192.168.10, forward su eth0
- 2) Per qualsiasi ulteriore destinazione invia al gateway 192.168.10.200 su eth0

# LAN e WAN

## Tabella di routing per router

	<b>Destination</b>	<b>Gateway</b>	<b>Genmask</b>	<b>Flags</b>	<b>Metric</b>	<b>Use</b>	<b>Iface</b>
1)	192.168.10.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth0
2)	192.168.20.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth2
3)	0.0.0.0	192.168.20.254	0.0.0.0	UG	0	0	Eth2

- 1) Se NetId, calcolato con mask 255.255.255.0, = 192.168.10, forward su eth0
- 2) Se NetId, calcolato con mask 255.255.255.0, = 192.168.20, forward su eth2
- 3) Per qualsiasi ulteriore destinazione invia al gateway 192.168.20.254 su eth2

# LAN e WAN

## Tabella di routing per PC laptop

	<b>Destination</b>	<b>Gateway</b>	<b>Genmask</b>	<b>Flags</b>	<b>Metric</b>	<b>Use</b>	<b>Interface</b>
1)	192.168.20.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	Eth0
2)	192.168.10.0	192.168.20.200	255.255.255.0	UG	0	0	Eth0
3)	0.0.0.0	192.168.20.254	0.0.0.0	UG	0	0	Eth0

- 1) Se NetId, calcolato con mask 255.255.255.0, = 192.168.20, forward su eth0
- 2) Se NetId, calcolato con mask 255.255.255.0, = 192.168.10, invia al gateway 192.168.20.200 usando la scheda eth0
- 3) Per qualsiasi ulteriore destinazione invia al gateway 192.168.20.254 su eth2

# LAN e WAN

## Sintesi router

- I pacchetti (frame) vengono inviati dalla rete mittente a quella destinataria, tramite i vari router che connettono le due reti
- Ogni router possiede una **tabella di instradamento** che specifica:
  - **Gli indirizzi delle reti ad esso collegate**
  - L'indirizzo del **default gateway** (next hop router) al quale inviare il pacchetto se il pacchetto non è destinato a nessuna delle reti ad esso collegate
- Il next hop **deve appartenere ad una delle sottoreti del router**; il next hop, ricevuto il pacchetto, lo invia a sua volta al next hop e così via fino a quando il pacchetto arriva al router della rete destinataria

# LAN e WAN

## Nat (Network Address Translation)

- Indirizzi privati (non utilizzabili su Internet) usati nelle LAN
  - da 10.0.0.0 a 10.255.255.255
  - da 172.16.0.0 a 172.31.255.255
  - da 192.168.0.0 a 192.168.255.255
- Una sottorete con indirizzi privati si può collegare ad Internet tramite un router che effettui il **natting** ossia sostituisca l'indirizzo IP privato con uno pubblico (**Basic Nat**)
- Alla ricezione della risposta sulla scheda di rete ogni indirizzo IP destinatario viene rimappato in quello privato originario, basandosi sul numero di porta mittente
- **PAT**: il mapping interessa sia gli indirizzi IP che le porte

# LAN e WAN

## Nat

### Vantaggi

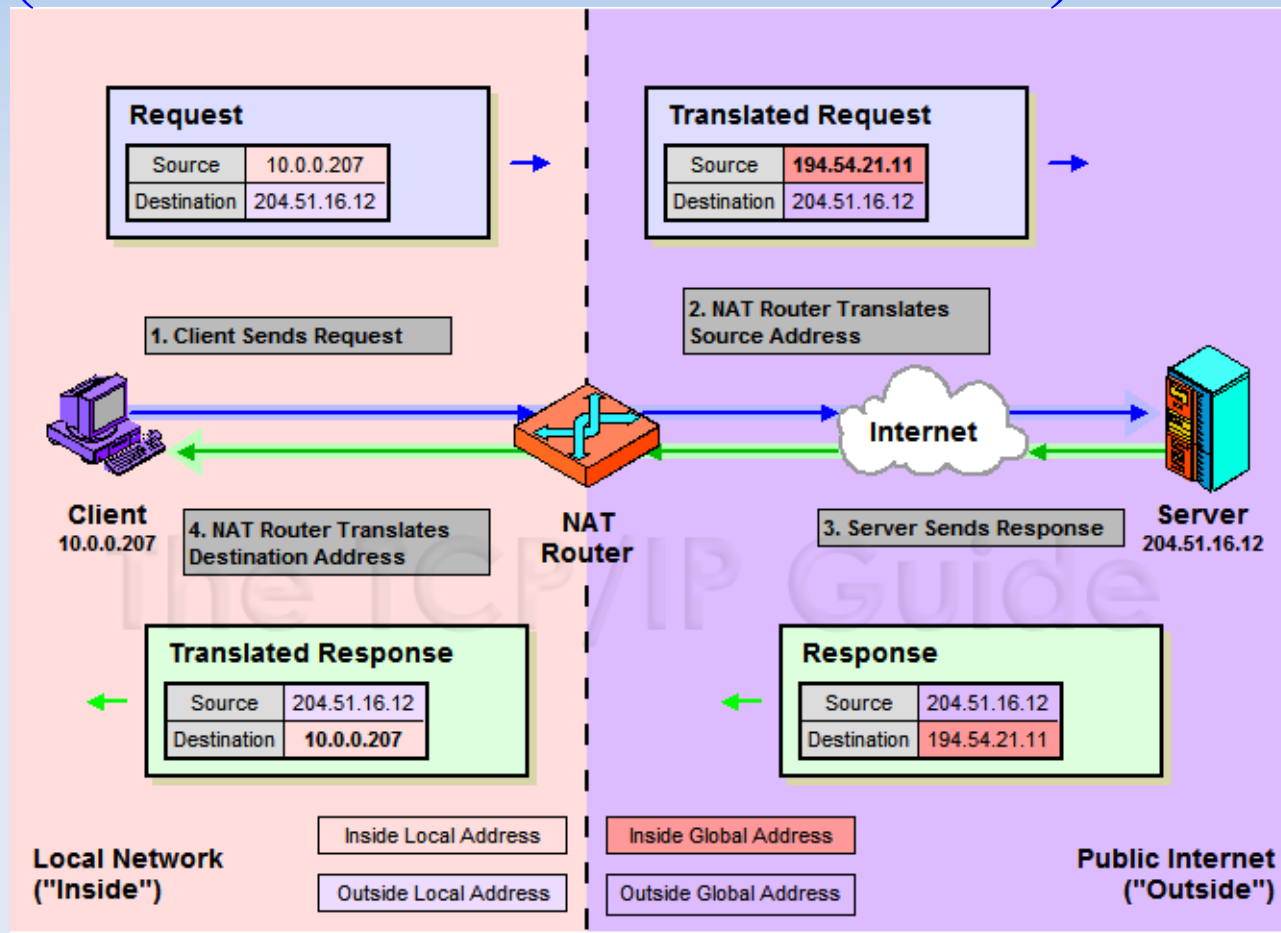
- Riduzione del numero di indirizzi pubblici utilizzati
- Maggior facilità nel cambio di ISP
- Maggior sicurezza

### Svantaggi

- Problemi di funzionamento con alcuni protocolli (es. IPSEC)
- Maggior complessità di gestione
- Performance

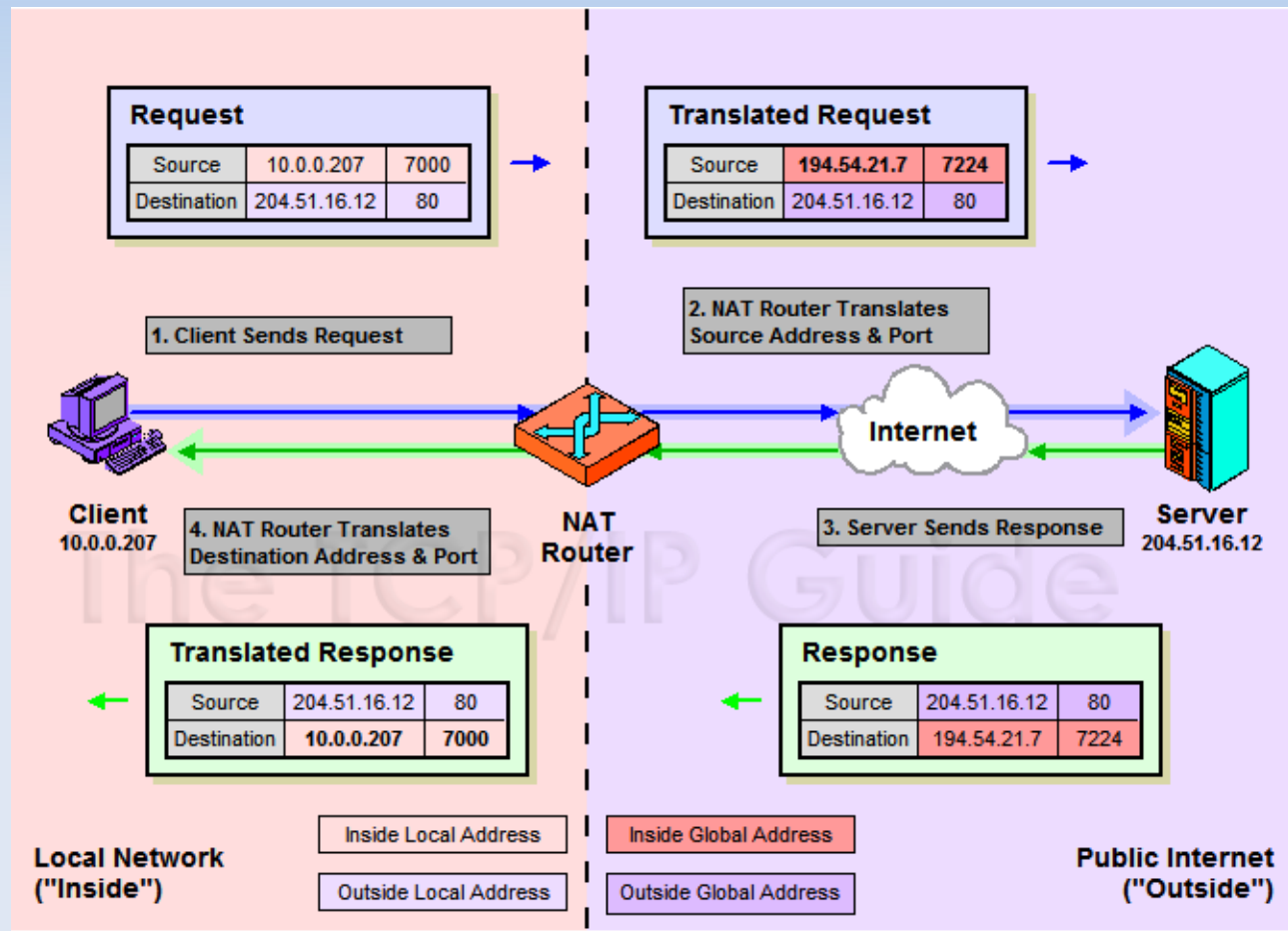
# LAN e WAN

## Nat (Network Address Translation)



# LAN e WAN

## PAT (Port Address Translation)



# LAN e WAN

## Protocollo ARP (Ethernet Address Resolution Protocol)

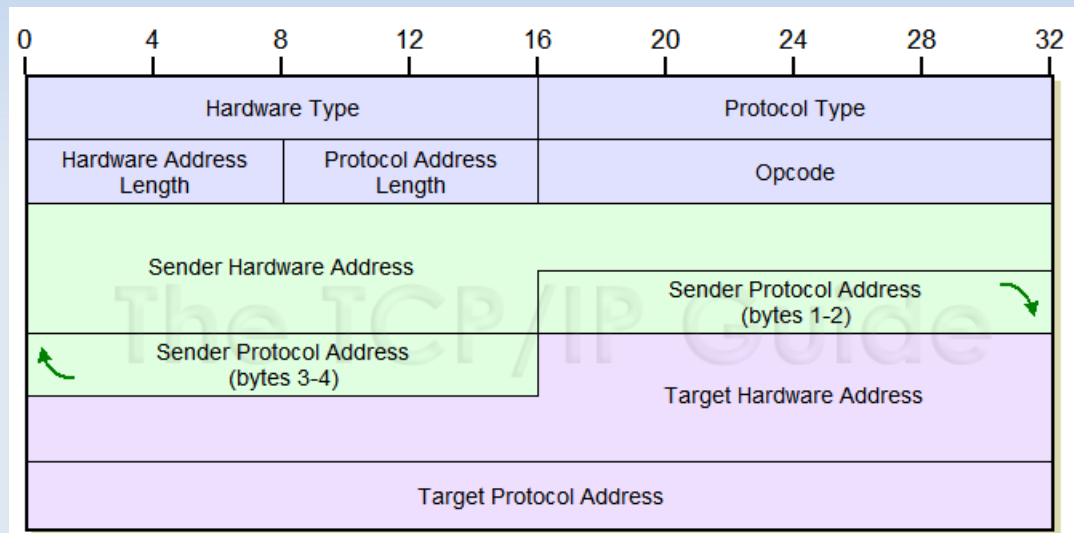
- Una transazione ARP nasce quando il layer IP deve inviare un pacchetto al **destinatario sulla stessa sottorete** oppure, in alternativa, al **router**
- In entrambi i casi, IP conosce l'indirizzo IP del destinatario (proviene dal livello applicativo) ma **NON** il suo indirizzo fisico
- IP **delega ad ARP** l'ottenimento di questa informazione
- ARP è un protocollo di livello 3 (network)

# LAN e WAN

## Protocollo ARP

- ARP chiede ad Ethenet di inviare sulla rete un **particolare frame (Arp request)** contenente la richiesta dell'indirizzo MAC
- Tale frame ha come MAC source quello della scheda di rete del mittente e come MAC destinatario, un valore corrispondente a tutti 1 (**FF:FF:FF:FF:FF:FF**) in modo **che sia letta da tutte le schede di rete della LAN (broadcasting)**
- Nella richiesta sono inoltre riportati l'indirizzo IP mittente e destinatario

# LAN e WAN



Frame ARP

# LAN e WAN

## Protocollo ARP

- Tutte le schede di rete leggono il frame in quanto esso è di broadcasting
- Solo la scheda di rete avente l'indirizzo IP corrispondente a quello del destinatario, risponde inviando al richiedente un frame (**ARP reply**) riportante il suo MAC
- ARP mittente archivia il MAC destinatario in una **tabella di cache**

# LAN e WAN

## Protocollo ARP

- Anche il destinatario aggiorna la sua tabella di cache; per tale motivo nel frame di richiesta è presente anche l'indirizzo IP del mittente ([cross-resolution](#))
- La tabella di cache consente di evitare continui broadcasting che possono portare a collisioni e rallentamenti nella rete
- La tabella viene aggiornata ad intervalli regolari

# LAN e WAN

## Protocollo ARP

- Laboratorio: analisi del protocollo ARP tramite Ethereal

# LAN e WAN

## ICMP (Internet Control Message Protocol)

- Il protocollo IP ha l'esclusivo compito di trasmettere i pacchetti fra le sottoreti
- Non gestisce quindi importanti funzioni di test della rete e report degli errori (IP è connectionless, unreliable and unacknowledged)
- Ad esempio se un pacchetto viene eliminato per qualsiasi motivo, IP non fornisce alcuna informazione in merito
- Il protocollo ICMP è stato quindi progettato per sopperire alle limitazioni di IP in termini di error reporting e test della rete

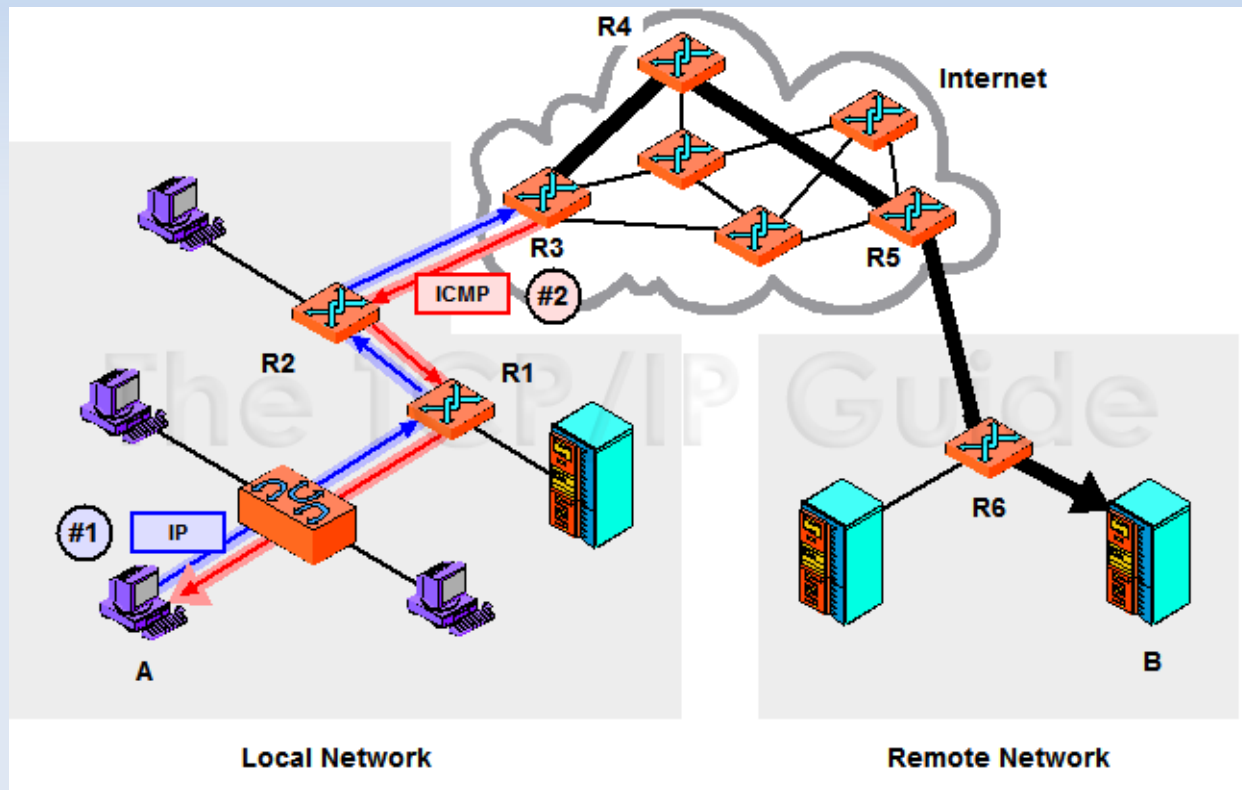
# LAN e WAN

## ICMP

- ICMP fornisce un meccanismo per lo scambio di messaggi informativi fra i componenti della rete
- E' considerato parte integrante di IP (livello 3 network)
- Il messaggio viene sempre inviato all'indirizzo IP del mittente anche se l'errore riguarda altri dispositivi
- Due tipi di messaggi:
  - Error messages
  - Information messages

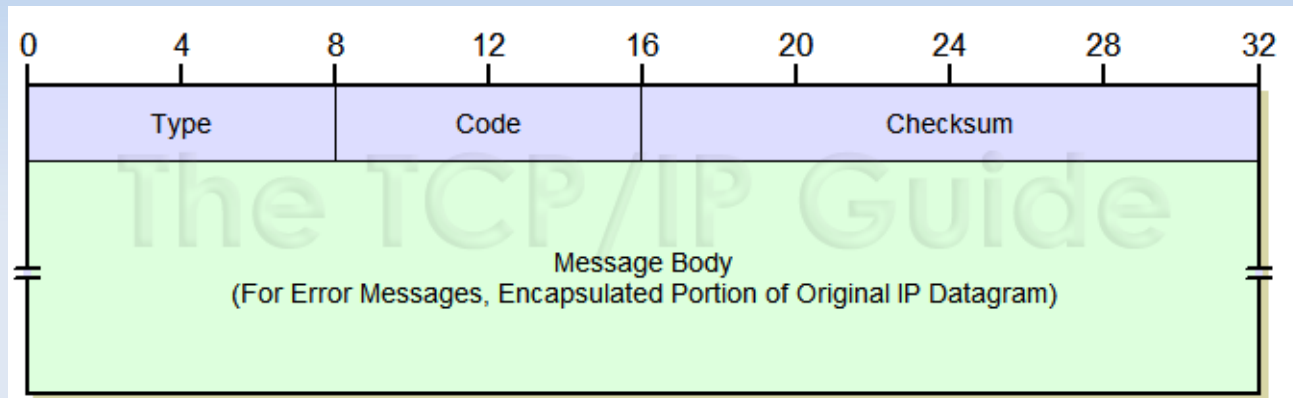
# LAN e WAN

## ICMP



# LAN e WAN

## ICMP



- Type (da 1 a 127 error messages; da 128 a 255 informational messages)
- Code (ulteriore specificazione di type)
- Checksum
- Dati (valore funzione del type)

# LAN e WAN

## ICMP

- In questo seminario vedremo due tipi di messaggio frequentemente utilizzati :
  - **Echo request** (inviato dal mittente)
  - **Echo reply** (inviato in risposta dal destinatario)
- Questi messaggi sono importanti per capire il motivo di errori di connettività e vengono utilizzati dal comando ping
- Un altro comando che usa ICMP è **traceroute**

# LAN e WAN

## Protocollo ICMP

- Laboratorio: analisi del protocollo ICMP tramite Ethereal (ping)