

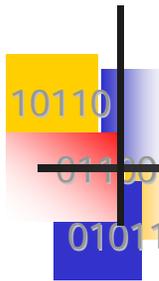
10110

01100

01011

Reti di Calcolatori

IL LIVELLO RETE



Il Livello RETE

- Servizi del livello Rete
- Livello Rete basato su Circuiti Virtuali
- Livello Rete basato su Datagrammi
- Algoritmi di Routing
- Problema della congestione
- Internetworking (no)
- IPv4
- Datagrammi IP: formato
- Indirizzi IP: formato
- IPv6 (no)

10110

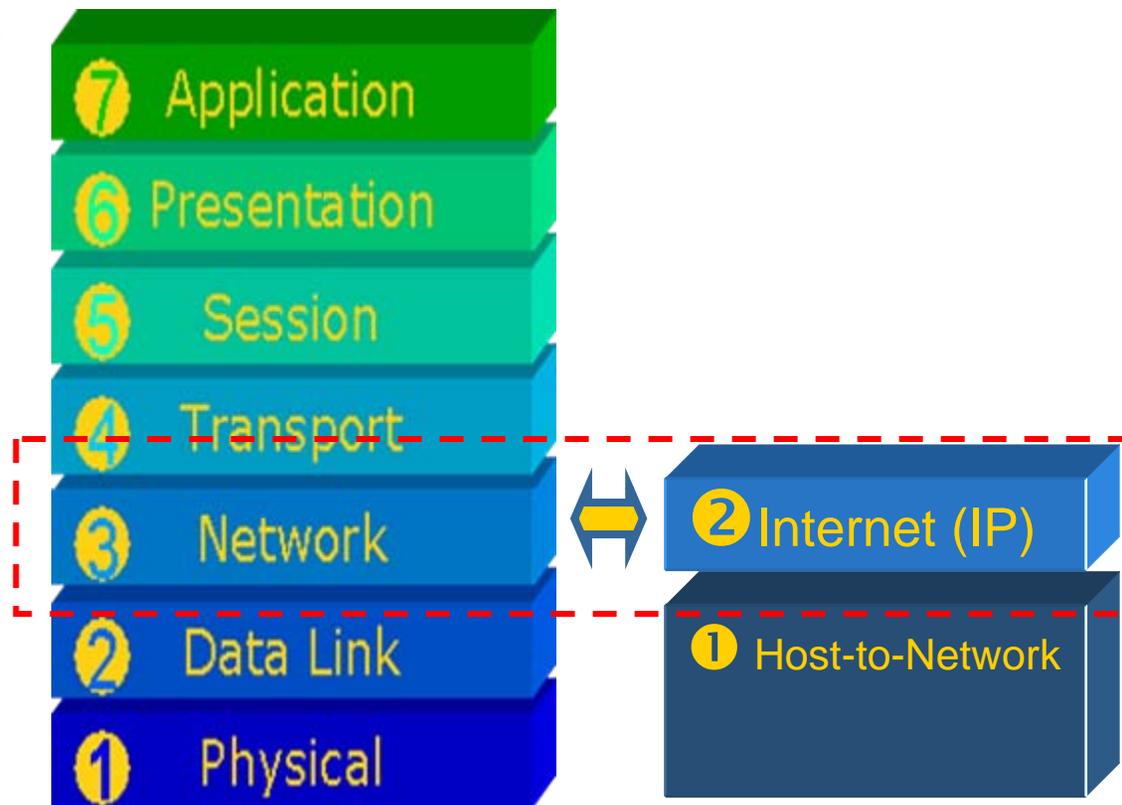
01100

01011

Livello RETE

Funzionalità del livello Rete:

1. Interconnette gli host e le reti locali.
2. Controlla il cammino ed il flusso di pacchetti (routing su rete e indirizzamento su rete).
3. Gestisce la congestione della rete.
4. Implementa l'interfaccia necessaria alla comunicazione di reti di tipo diverso (internetworking)



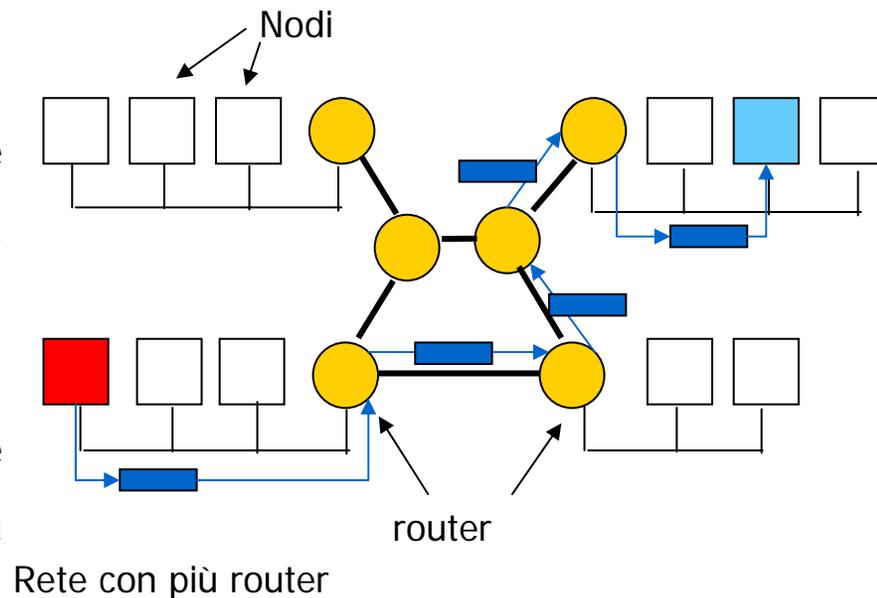
10110

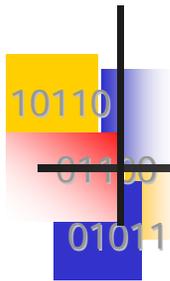
01100

01011

Obiettivi

- Trasmissione punto-punto di pacchetti dalla sorgente alla destinazione.
- Schema di indirizzamento globale
- I router instradano i pacchetti sulle linee di comunicazione in modo da consegnarli alla destinazione.
- I percorsi sono scelti in modo ottimale (es. cammino minimo, cammino senza sovraccarichi)





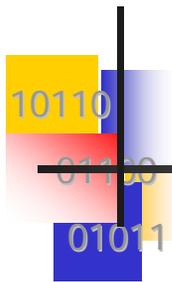
Tipi di servizio offerti al livello di trasporto

- **Con connessione**

- Il processo sul trasmittente deve instaurare una connessione con il processo sul ricevente
- I processi si accordano sulla qualità e sul costo del servizio
- La comunicazione avviene nelle due direzioni
- Il controllo di flusso evita che il trasmittente possa sovraccaricare il ricevente

- **Datagrammi**

- Non c'è alcuna connessione
- Non c'è alcuna garanzia sulla qualità del servizio offerto

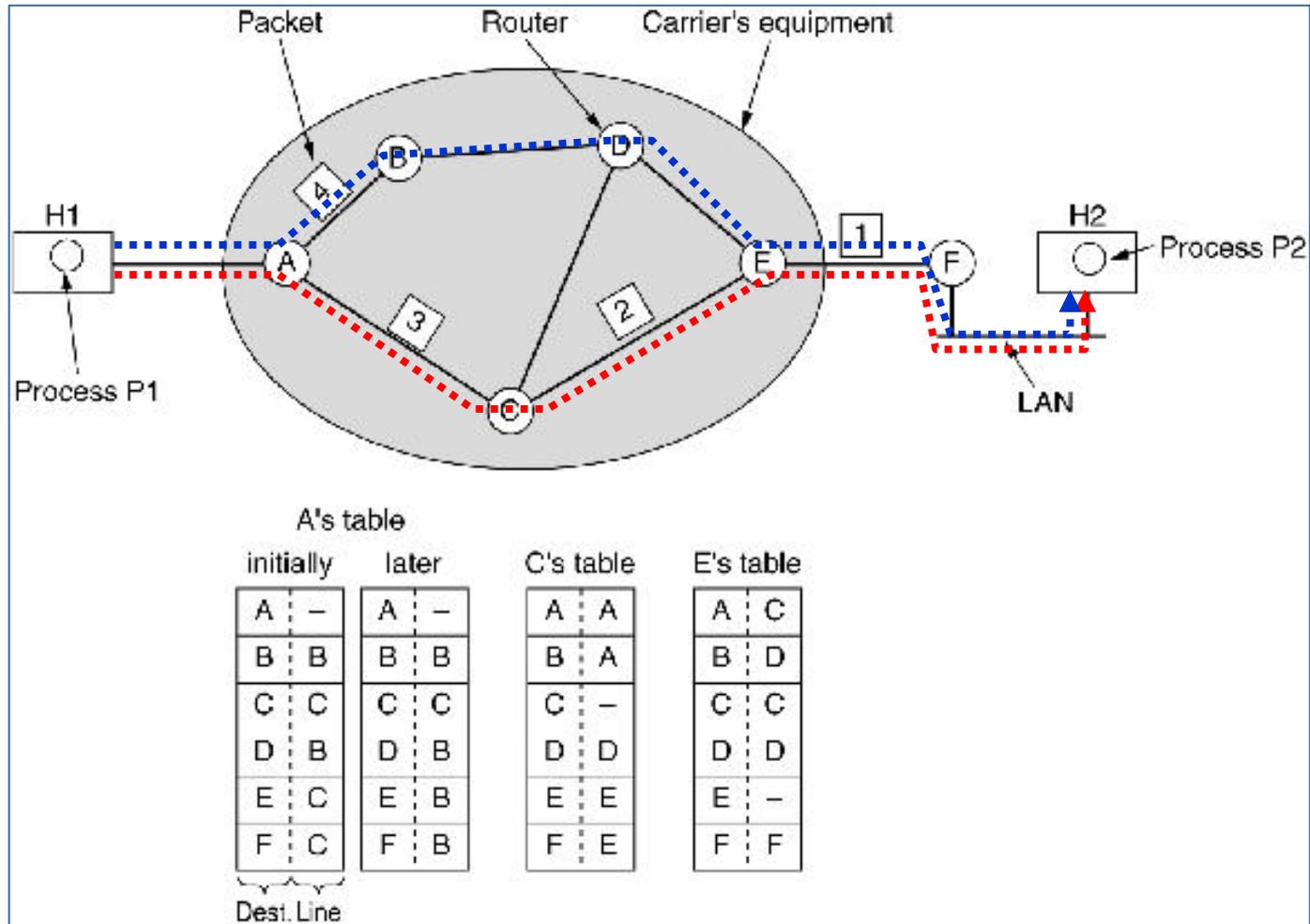


Organizzazione del livello Rete

- **Circuiti virtuali (servizio con connessione)**
 - ➔ La creazione della connessione prevede la definizione del percorso di consegna dalla sorgente alla destinazione.
 - ➔ Non si deve scegliere il percorso per ogni pacchetto.
 - ➔ I pacchetti contengono indicazione dei circuiti virtuali a cui appartengono.
 - ➔ I router devono mantenere memoria dei circuiti virtuali che passano attraverso di essi.
- **Datagrammi (servizio senza connessione)**
 - ➔ I pacchetti fra due host possono seguire anche percorsi diversi.
 - ➔ I router hanno tabelle che indicano quale linea di uscita utilizzare per ogni possibile router destinazione.

10110
01100
01011

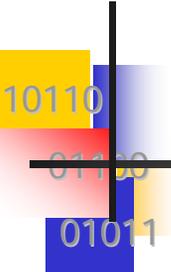
Implementazione di un servizio a datagrammi



A's table		C's table	E's table
initially	later		
A : -	A : -	A : A	A : C
B : B	B : B	B : A	B : D
C : C	C : C	C : -	C : C
D : B	D : B	D : D	D : D
E : C	E : B	E : E	E : -
F : C	F : B	F : E	F : F

Dest. Line

Tabelle di instradamento



Routing: Definizione e Requisiti

→ Definizione

Un algoritmo di routing decide quale connessione usare per instradare i pacchetti dalla macchina sorgente alla macchina destinazione.

→ Requisiti:

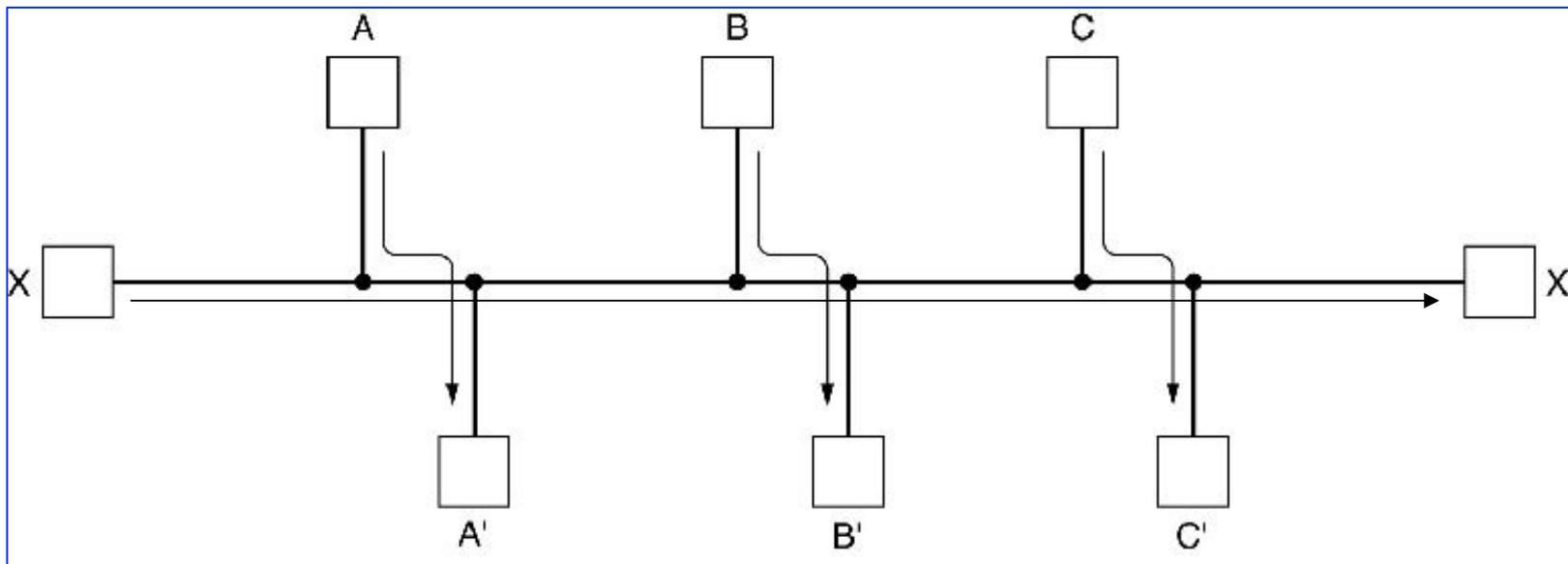
- **Correttezza** nel routing dei datagrammi
- **Semplicità** e **efficienza** delle implementazioni del routing
- **Robustezza**: la rete deve continuare a funzionare anche in presenza di guasti
- **Stabilità**: le informazioni nelle tabelle di routing devono raggiungere un punto di equilibrio
- **Imparzialità** ed **Ottimalità** nel routing dei datagrammi

10110

01100

01011

Imparzialità e ottimalità



Compromesso tra efficienza globale e imparzialità verso le connessioni locali.



Generazione delle Tabelle di Instradamento

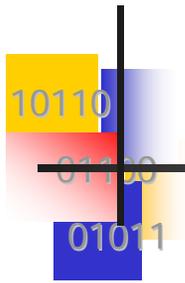
- Manuale
 - Tabella creata ad hoc
 - Utile in piccole reti
 - Utile se l'instradamento non cambia.
- Automatica
 - Il software crea/aggiorna le tabelle
 - Necessario in grandi reti
 - L'instradamento cambia in caso di guasti



Classi di algoritmi di routing

Gli algoritmi automatici possono essere:

- **Non adattivi (Routing Statico):**
questi algoritmi calcolano i percorsi quando la rete non è ancora attiva.
- **Adattivi (Routing Dinamico):**
questi algoritmi modificano i percorsi in base alle situazioni di traffico ed ad altre informazioni locali come congestione, guasti, ecc.



Routing gerarchico

- Il numero di host di Internet diventa sempre più grande.
- Le tabelle di routing crescono di conseguenza.
- Quindi conviene dividere i router in regioni.
- Ogni router conosce i dettagli della propria regione e come comunicare con le altre, ma non conosce la struttura interna delle altre regioni.

10110

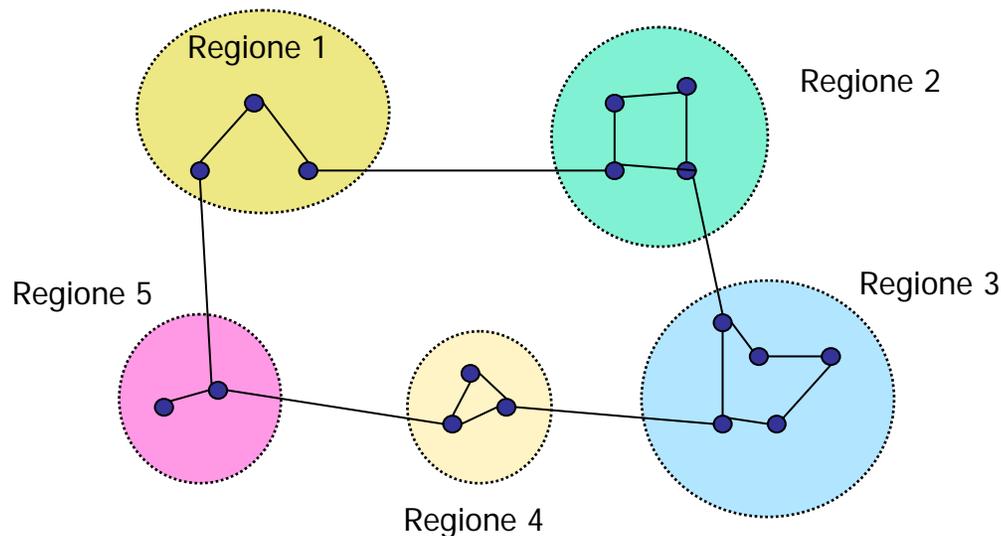
01100

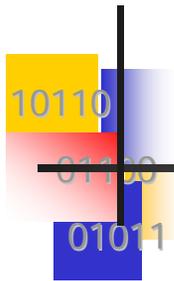
01011

Routing gerarchico

Due (o più) livelli di routing:

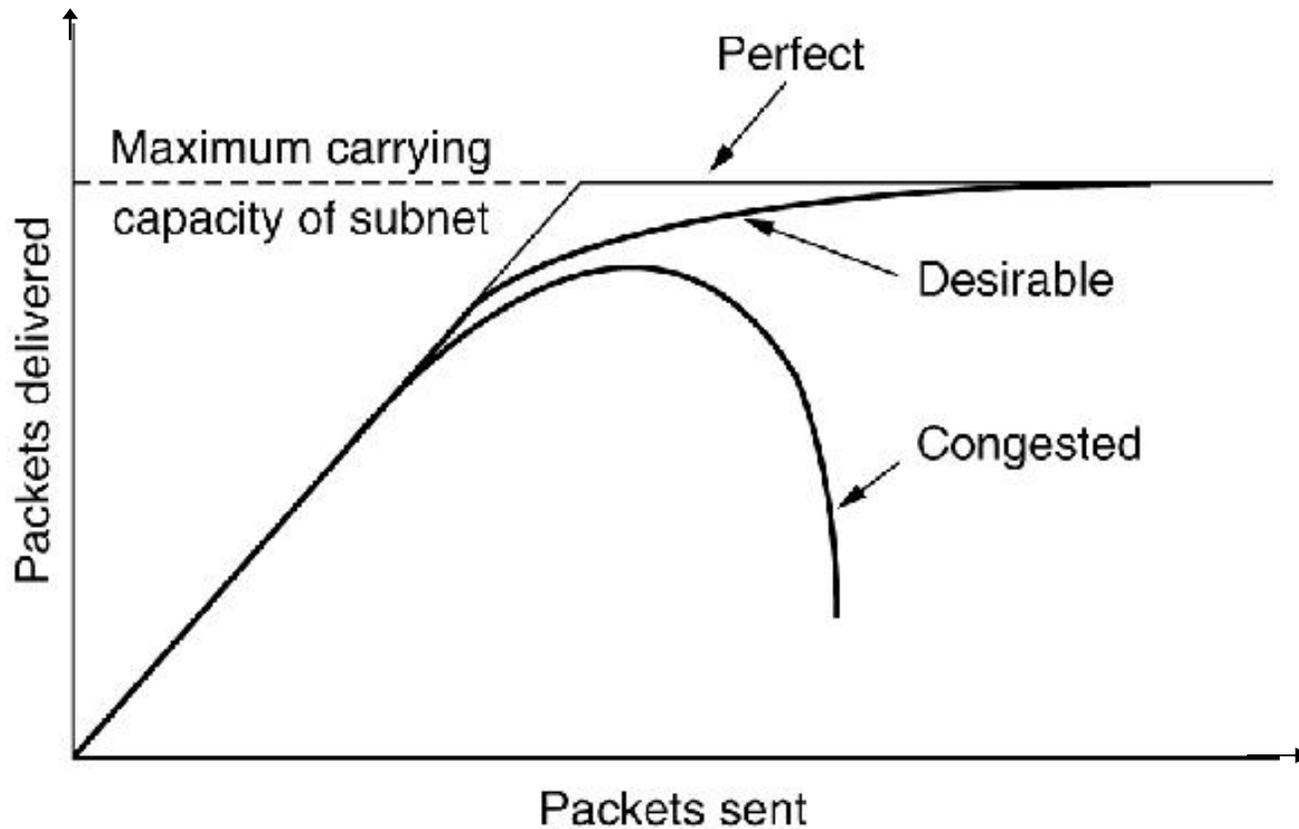
- un primo livello di **routing interno** ad ogni regione
 - un secondo livello di routing fra tutti i **router di confine**.
- **router interni**: sanno come arrivare a tutti gli altri router della regione;
- **router di confine**: particolari router a cui i router interni inviano i dati che devono pervenire ai router di un'altra regione.

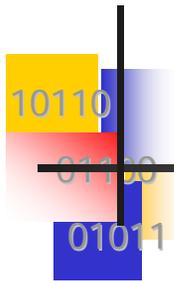




Controllo della congestione

- Quando nella rete (o in una sottorete) sono presenti troppi pacchetti le prestazioni degradano (si ha **congestione**).





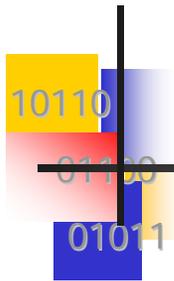
Controllo della congestione

Il controllo della congestione è cosa diversa dal controllo di flusso che viene effettuato nei livelli 2 e 4 (singola connessione sorgente-destinazione)

La congestione può essere dovuta a diverse cause:

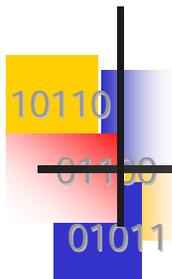
- traffico troppo intenso!
- i buffer dei router sono limitati: se sono pieni, i pacchetti in arrivo vengono scartati
- processori dei router troppo lenti
- linee di trasmissione troppo lente

La congestione alimenta se stessa, perché i timeout sul trasmettitore scadono, ed i pacchetti vengono ritrasmessi aumentando il traffico



Internet Protocol (IP)

- Lo standard **IPv4**, specificato dalla IETF (Internet Engineer Task Force) come RFC 791, è diventato il più diffuso protocollo di livello 3.
- E' la base dell'attuale Internet.
- IP è un protocollo **senza connessione**:
 - I pacchetti contengono l'indirizzo completo della destinazione.
 - Ogni pacchetto viene spedito/gestito indipendentemente.



Datagramma IP

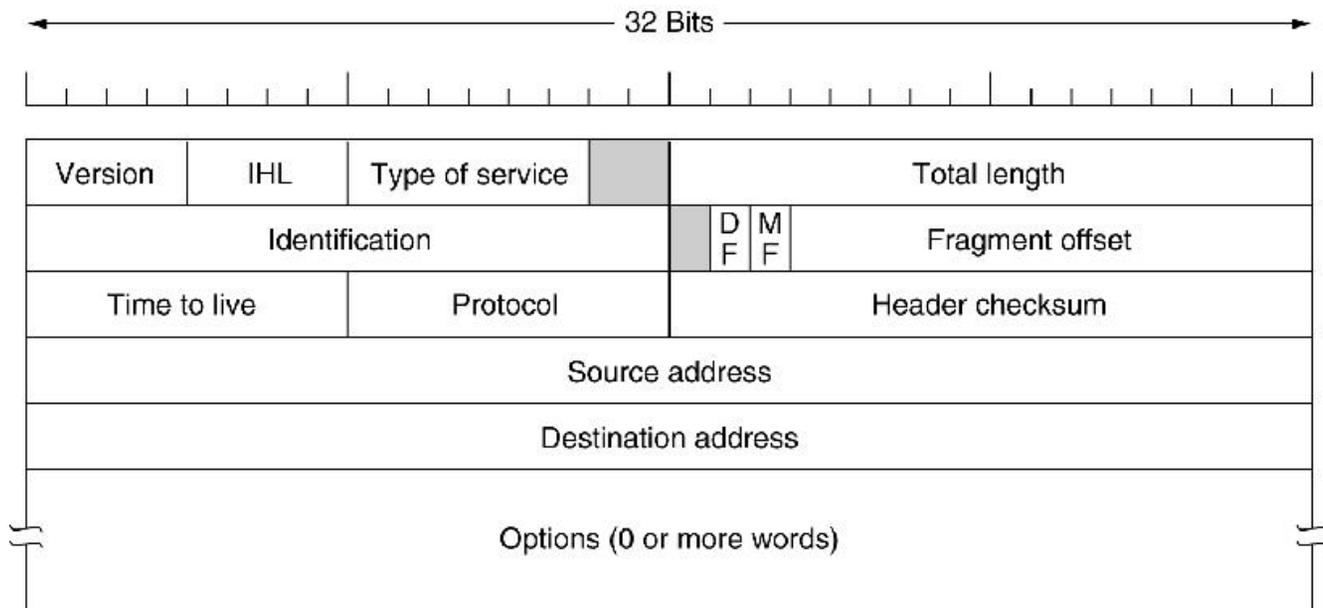
- Formato del datagramma IP: blocchi di 32 bit.
- Un datagramma IP consiste di
 - un **preambolo** (header, intestazione) di 20 byte fissi più un massimo di 40 byte opzionali e
 - una **parte dati**.
- La lunghezza massima di un datagram IP è 65.536 byte. Di solito ha lunghezza pari a circa 1024 byte.

10110

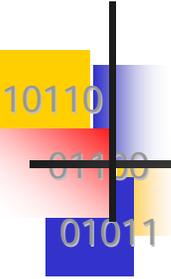
01100

01011

Formato del preambolo IP



- **Version:** numero di versione del protocollo (4 bit)
- **IHL:** lunghezza preambolo (header) in parole di 32 bit, da 5 a 15 word.
- **Type of service:** affidabilità e velocità richieste - ignorato dai router
- **Total length:** lunghezza del pacchetto (in byte), massimo 65.535 byte.



Formato del preambolo IP

- **Identification**: identifica i frammenti di uno stesso pacchetto
- **DF don't fragment** =1, non frammentare
- **MF more fragments** =1, il pacchetto non è ancora finito
- **Fragment offset**: indice del frammento nel pacchetto (multiplo di 8 byte)
- **Time to live**: contatore (inizialmente impostato a un numero ≤ 255); è decrementato ad ogni hop (o sec); se=0 il pacchetto viene scartato
- **Protocol**: codice del protocollo di livello trasporto cui consegnare i dati
- **Header checksum**: verifica la correttezza dell'header: si calcola ad ogni hop, perché il *time to live* cambia

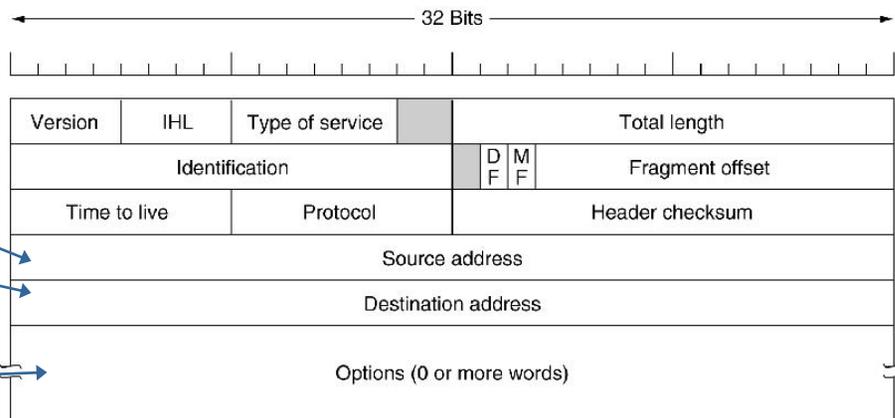
10110

01100

01011

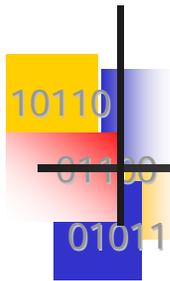
Formato del datagramma IP

- **Source address**
- **Destination address**
- **Options**



solo cinque tipi oggi definiti (il primo byte identifica il tipo)

- **security**: livello di segretezza del pacchetto (poiché i router spesso lo ignorano, può servire alle spie per capire quali dati cercare...);
- **strict source routing**: cammino esatto da seguire;
- **loose source routing**: lista di router da non mancare;
- **record route**: ogni router deve inserire il suo indirizzo: 40 bytes non sono sufficienti!
- **timestamp**: oltre all'indirizzo inserire il timestamp



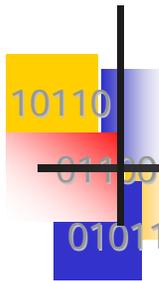
Datagrammi IP

IP fornisce un servizio **best effort**

I datagrammi possono essere:

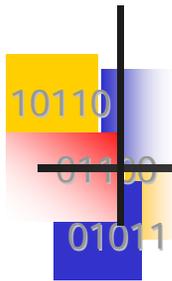
- ritardati
- duplicati
- distribuiti fuori ordine
- persi
- possono seguire percorsi diversi pur facendo parte dello stesso messaggio

Questi problemi devono essere affrontati e risolti dal protocollo di trasporto (es. TCP); il protocollo di trasporto UDP **non** li risolve.



Indirizzi IP

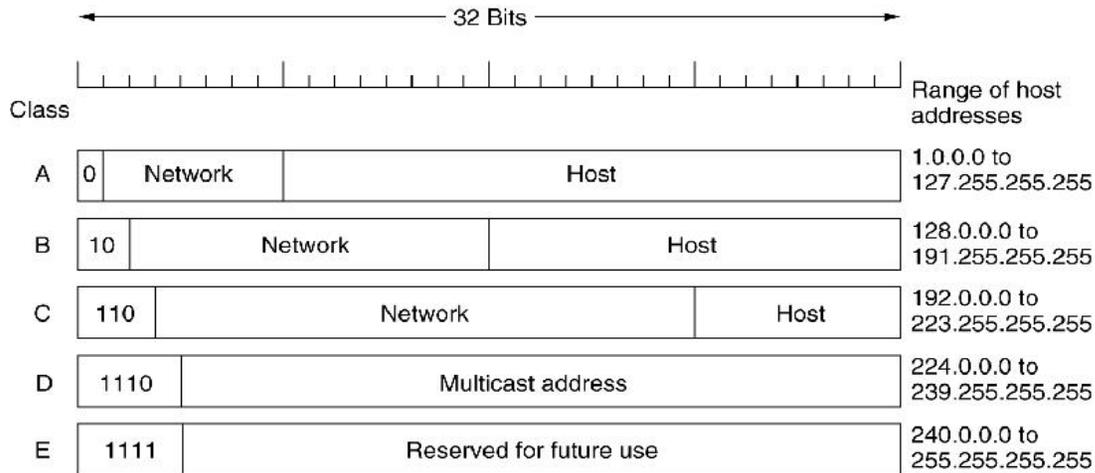
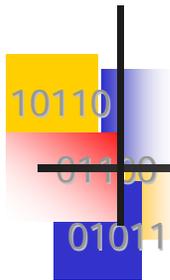
- Un indirizzo IP **non identifica** un computer, ma una connessione computer-rete.
- Un computer con connessioni multiple di rete (es. un router) ha assegnato un indirizzo IP per ogni connessione.
- Gli indirizzi sono assegnati alle interfacce di rete
 - un host con N interfacce di rete (es. router connesso ad una LAN e ad N-1 linee punto-punto) ha N indirizzi
 - un host con una interfaccia di rete ha un unico indirizzo IP



Indirizzi IP: dettagli

- Sono divisi in due parti
 - **network (o prefisso)**: identifica la sottorete
 - **host (o suffisso)**: identifica host e interfaccia
- Assegnamento **indirizzi univoci**: autorità nazionali (NIC, Network Information Center) coordinate a livello mondiale
- L'amministratore locale assegna un unico suffisso ad ogni coppia host-interfaccia

Classi di Indirizzi IP



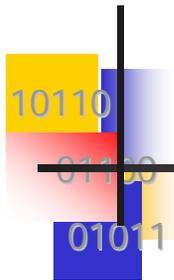
4 CLASSI DI FORMATO

I 4 bit iniziali determinano la classe, che a sua volta determina il confine tra Network e Host.

Modo semplice per esprimere indirizzi IP: **rappresentare ogni byte in decimale usando punti come separatori tra i byte**

Esempio: **196.145.63.1**

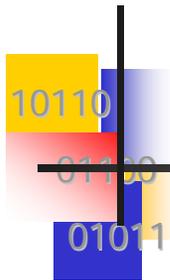
32-bit Binary Number				Equivalent Dotted Decimal
1000001	00110100	00000110	00000000	129 . 52 . 6 . 0
11000000	00000101	00110000	00000011	192 . 5 . 48 . 3
00001010	00000010	00000000	00100101	10 . 2 . 0 . 37
10000000	00001010	00000010	00000011	128 . 10 . 2 . 3
10000000	10000000	11111111	00000000	128 . 128 . 255 . 0



Dimensioni delle Reti

- La massima dimensione di una rete dipende dalla classe
 - **Classe A: fino a più di 16 milioni di host**
 - **Classe B: fino a 65536 host**
 - **Classe C: al più 256 host.**

Address Class	Bits In Prefix	Maximum Number of Networks	Bits In Suffix	Maximum Number Of Hosts Per Network
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256



Indirizzi Speciali

0 0

Questo host

0 0	...	0 0	Host
-----	-----	-----	------

Un host della rete locale

1 1

Broadcast sulla rete locale

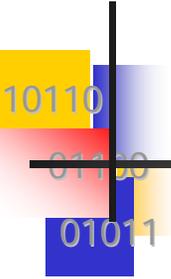
Network	1 1 1 1	...	1 1 1 1
---------	---------	-----	---------

Broadcast su una rete remota

127	(Anything)
-----	------------

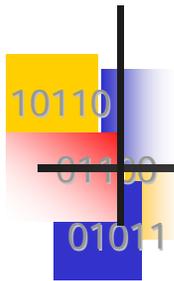
Loopback

Loopback: messaggi che non lasciano mai il computer locale; sono usati per i test.



IP - Protocolli di Controllo

- ICMP (Internet Control Message Protocol)
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)



Uso di ICMP

IP utilizza ICMP per migliorare le performance

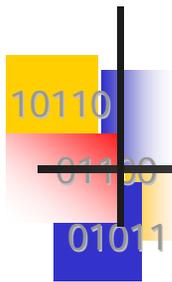
I messaggi ICMP sono incapsulati in datagrammi IP

- Programma **ping** (sintassi: **ping <host>**, terminare con CTRL-C)
 - Utilizza il messaggio ICMP **echo request** per verificare la raggiungibilità di un host e calcolare i tempi di risposta
- Programma **traceroute** (sintassi: **traceroute <host>**)
 - Restituisce il percorso completo verso un host
 - Il programma invia datagrammi con TTL=1, 2 ecc.
 - Quando un router riceve un datagramma con TTL=0, invia al mittente un messaggio **time exceeded**
 - Il programma intercetta i messaggi ICMP e ricostruisce il percorso, calcolando i tempi di risposta



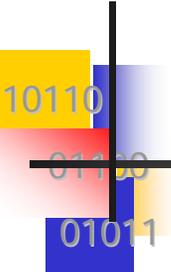
Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

- Serve per assegnare in maniera dinamica gli indirizzi IP e gli altri parametri di configurazione
- Con DHCP è possibile evitare le configurazioni manuali.
- All'avvio gli host chiedono il proprio indirizzo IP ai server DHCP, inviando le richieste in broadcast
- I server DHCP assegnano due tipi di indirizzi: permanenti (es. per altri server) e volatili
- Gli indirizzi IP volatili sono validati sulla base di un predefinito periodo di assegnazione.



Problemi di IPv4

- Crescita di Internet e conseguente esaurimento degli indirizzi
- Header troppo complesso
- Non sono ben gestite le classi di servizio e le priorità
- Mancanza di tecniche per la sicurezza



Il futuro: una nuova versione di IP

IPv6: IP versione 6, successore di IP versione 4.

Principali differenze rispetto a IPv4

- indirizzi di 16 byte -> 2^{128} indirizzi IP possibili!
- header semplificato: 7 campi contro 13 (risparmio nei tempi di computazione dei router)
- funzioni di autenticazione e privacy, basate su crittografia
- supporto delle classi di servizio e della priorità
- supporto molto più flessibile delle opzioni (possibilità di header addizionali)

Non completamente compatibile con IPv4: coesistenza decennale.