



## Il livello rete:

Introduzione  
Il livello di rete Internet  
Il formato dei datagram IP  
Indirizzamento IP con classi

Ing. Nadia Ranaldo

1

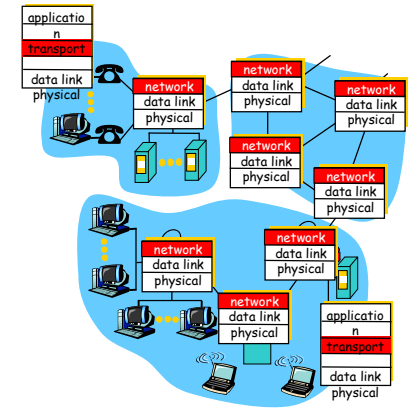


## Funzioni del livello rete

- Trasporta i pacchetti da un host ad un altro
- I protocolli del livello rete sono presenti sia negli host che nei router

Le funzioni più importanti sono:

- Determinazione del percorso:** percorso seguito dai pacchetti per andare dal mittente al destinatario. *Algoritmi di routing*
- Commutazione - inoltra (forwarding):** sposta i pacchetti da un ingresso del router ad un'uscita appropriata  
*Table di inoltra (indirizzo o la connessione a cui appartiene il pacchetto)*
- Impostazione della connessione:** alcune arch. di rete richiedono l'attivazione di un percorso attraverso i router prima di iniziare la trasmissione dei dati
  - Es. ATM, frame-relay, X.25 (reti a circuiti virtuali)

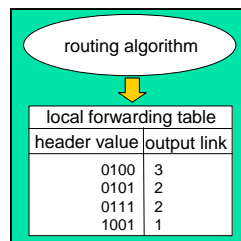


- Un router esamina l'header di ciascun pacchetto che lo attraversa

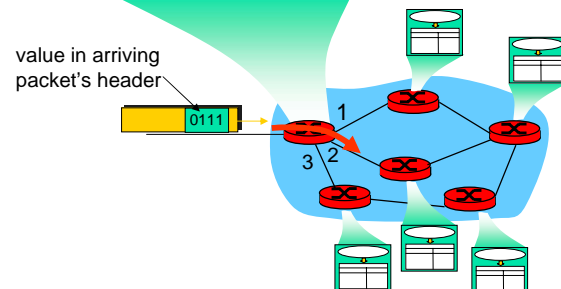
2



## Interazione tra inoltra e instradamento



- Gli algoritmi di instradamento determinano i valori inseriti nelle tabelle d'inoltra dei router

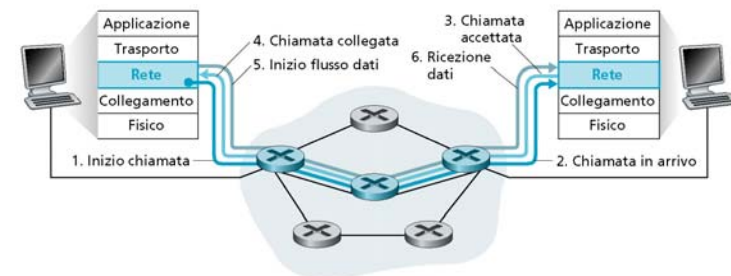


3



## Reti a circuito virtuale

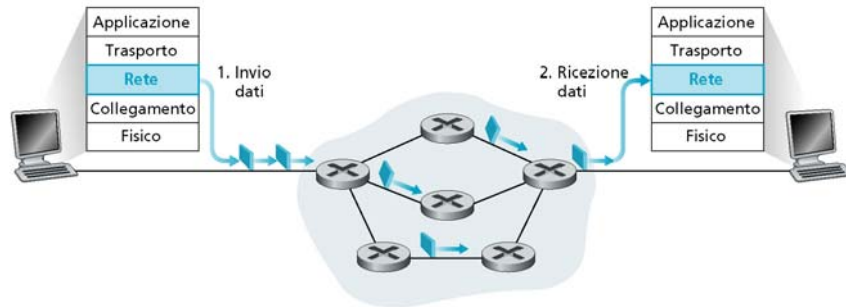
- Attivazione di una connessione per ogni chiamata prima di trasmettere i dati
- Ogni pacchetto trasporta identificatori di CV
- Ogni router sul percorso mittente-destinazione conserva lo stato per ogni connessione che lo attraversa
  - La connessione a livello di trasporto coinvolge solo gli host
- I link e le risorse dei router (ampiezza di banda, buffer) possono essere assegnati ai CV
  - Per ottenere prestazioni simili a quelle dei circuiti



4

## Reti datagram: il modello Internet

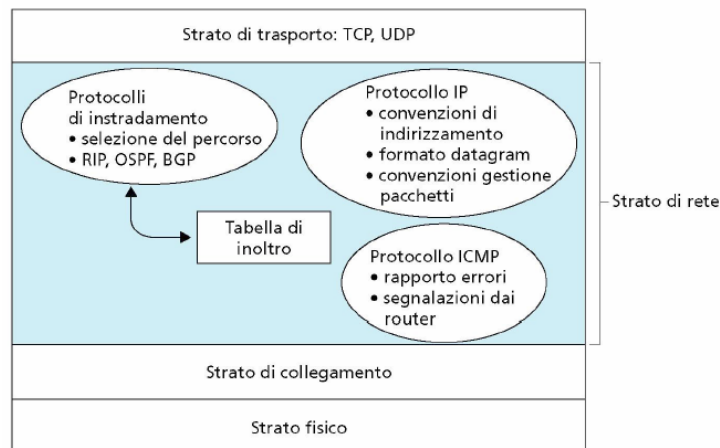
- Non vi sono attivazioni di connessioni al livello di rete
- I router non conservano lo stato delle connessioni end-to-end del livello trasporto
  - Non vi è a livello rete il concetto di connessione
- I pacchetti sono instradati impiegando l'identificativo dell'host destinatario
  - I pacchetti spediti tra una coppia di host possono seguire percorsi differenti



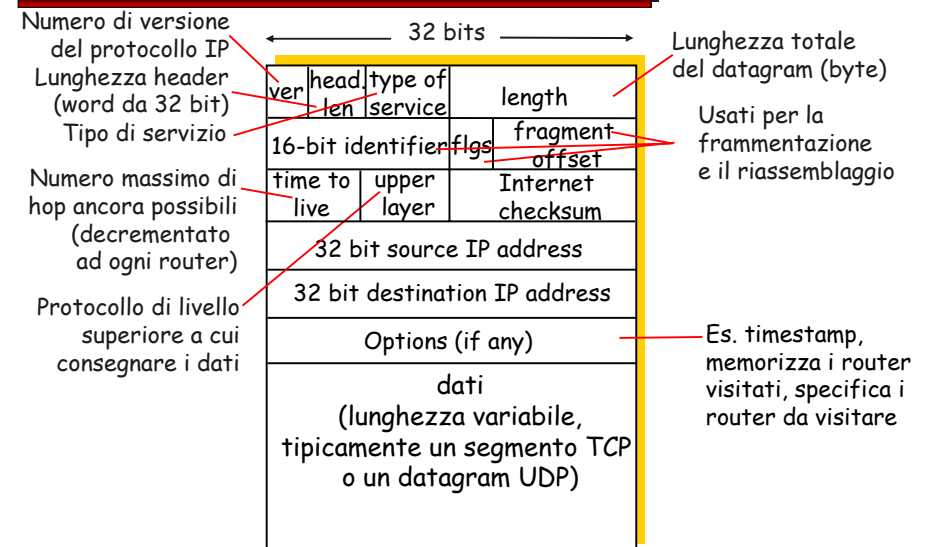
## Confronto tra la rete Internet ed ATM

Network Architecture	Service Model	Guarantees ?				Congestion feedback
		Bandwidth	Loss	Order	Timing	
Internet	best effort	none	no	no	no	no (inferred via loss)
ATM	CBR	constant rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	VBR	guaranteed rate	yes	yes	yes	no congestion
ATM	ABR	guaranteed minimum	no	yes	no	yes
ATM	UBR	none	no	yes	no	no

## Il livello di rete Internet



## Formato del datagram IP (1)

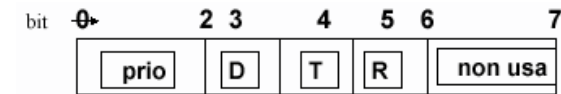


## Formato del datagram IP (2)

- **Version**
  - Numero di versione del protocollo: 4 (IPv4)
- **HLEN**
  - Lunghezza dell'header espressa in parole da 32 bit
- **Type of Service (TOS)**
  - Tipo di servizio richiesto (alcuni router non lo supportano) (campo da 8 bit)
- **Total Length**
  - Lunghezza del datagram in byte, compresa l'intestazione (campo da 16 bit)
  - Massimo 64KB

9

## Uso del Type Of Service



- Specifica come dovrebbe essere gestito un datagram IP
- Molti router utilizzano un valore di precedenza pari a 6 o 7 per rendere possibile lo scambio di informazioni di controllo (ad es. sull'instradamento) anche quando le reti sono congestionate
- I bit D, T e R specificano il tipo di trasporto (solo un bit tra D, T ed R può essere settato)
  - D = minima distanza (piccolo ritardo)
  - T = massimo throughput
  - R = massima affidabilità
- Una richiesta di trasporto può essere utilizzata come un suggerimento per gli algoritmi di instradamento, non come un'imposizione
  - Si pensi al caso in cui un router conosca più di un possibile percorso verso una destinazione, ognuno caratterizzato da una diversa tecnologia hardware o politica locale

10

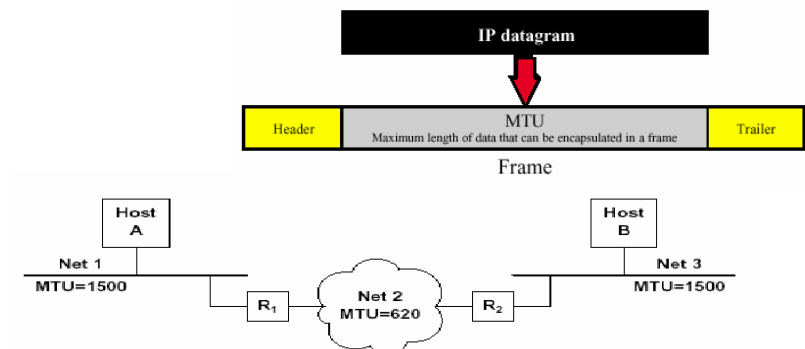
## Formato del datagram IP (3)

- **Time To Live (TTL)**
  - Massimo numero di router (hop) che il datagram può attraversare
  - Inizialmente è posto a 32 o 64
  - Ogni router lo decrementa di una unità
    - Se lo memorizza per più di un secondo, lo decrementa del numero di secondo in cui il datagram è rimasto nel router
  - Consente di liberare la rete in caso di loop a causa di tabelle di inoltra non corrette
  - Quando TTL raggiunge zero, il router scarta il datagram e invia un messaggio di errore alla sorgente
- **Protocol**
  - Nome del protocollo di livello superiore che ha prodotto i dati contenuti nell'area dati
- **Header Checksum**
  - Controllo degli errori *calcolato solo sull'header*
  - Se si individuano errori, il pacchetto viene scartato
  - La modifica del TTL costringe a ricalcolare la checksum nei router

11

## Frammentazione dei datagram IP (1)

- Per trasmettere un datagram sulla rete fisica è necessario inserirlo in un frame
  - Ogni rete fisica definisce un proprio limite superiore alla lunghezza del campo dati del frame (MTU)
  - Se il datagram ha una dimensione maggiore della MTU, deve essere frammentato



12

## Frammentazione dei datagram IP (2)

- IP si preoccupa di frammentare il datagram e di ricomporlo
  - Ogni frammento ha lo stesso formato di un datagram
- Il destinatario deve essere in grado di ricostruire il datagram originario
- La seconda parola (da 32 bit) dell'header di ogni frammento contiene le informazioni relative alla frammentazione
- Identification**
  - Intero che identifica univocamente il datagram originario mandato dal mittente
- Fragment offset**
  - Posizione del frammento nel datagram originario, calcolata in **multipli di otto byte** a partire dall'inizio del campo dati
- Flags**
  - Informazioni di controllo della frammentazione
  - DO NOT FRAGMENT
  - MORE FRAGMENTS
    - Il campo total length specifica la lunghezza del frammento e non quella del datagram originale
    - Posto a 0 per identificare l'ultimo frammento

13

## Esempio di frammentazione IP

- Datagram di 4000 byte
- MTU = 1500 byte

1480 byte nel campo dati

offset =  
1480/8 = 185

length	ID	fragflag	offset
=4000	=x	=0	=0

length	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=0

length	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=185

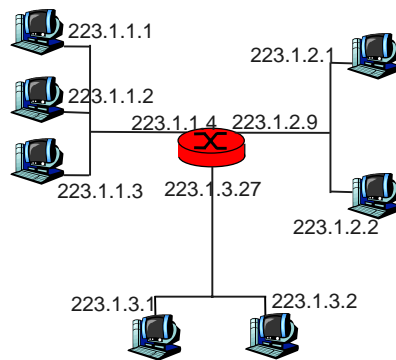
length	ID	fragflag	offset
=1040	=x	=0	=370

offset =  
2960/8 = 370

14

## Indirizzamento IP (1)

- Indirizzo IP:** identificatore a 32-bit impiegato per identificare un'interfaccia di rete di un host o di un router
- $2^{32} = 4$  miliardi
- Interfaccia:** dispositivo che connette un host o un router ad un link fisico
  - I router sono caratterizzati da molte interfacce
  - Gli host possono avere molte interfacce (multihomed)
  - Gli indirizzi IP sono associati alle interfacce e non agli host o ai router



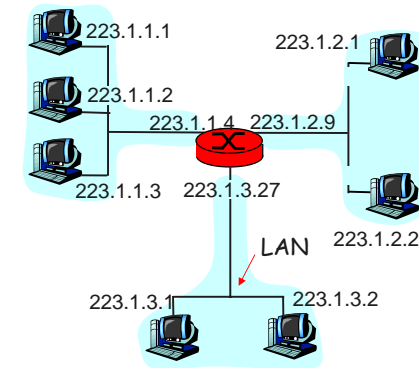
223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001  
 223      1      1      1

Notazione decimale puntata

15

## Indirizzamento IP (2)

- Indirizzo IP:**
  - Parte di rete (prefisso)
  - Parte dell'host (suffisso)
- Cos'è una rete dal punto di vista IP?**
  - L'insieme delle interfacce aventi la stessa parte di rete dell'indirizzo IP
  - Gli host possono essere raggiunti senza intervento dei router



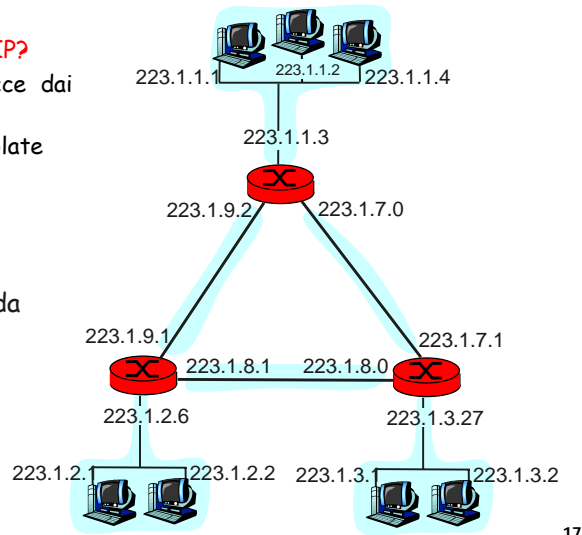
Rete consistente di 3 reti IP (per gli indirizzi IP che iniziano con 223, i primi 24 bit rappr. l'indirizzo di rete) Si indica anche con 223.1.1.0/24

16

# Indirizzamento IP (3)

## Come individuare le reti IP?

- Si separano le interfacce dai router e dagli host
- Si creano isole di reti isolate



Sistema composto da sei reti

# Indirizzamento IP: classi di indirizzi

- La parte di indirizzo che specifica la rete e quella che specifica l'host non hanno lunghezza fissa, ma variano a seconda della classe a cui appartiene l'indirizzo
- Con la proposta iniziale, vennero definite 5 classi (classfull):
- 3 (A, B, C) sono usate per gli indirizzi degli host e si differenziano per la lunghezza della parte rete/host
- 1 (D) è usata per il multicast, 1 (E) è riservata per usi futuri (inizia con 11110)

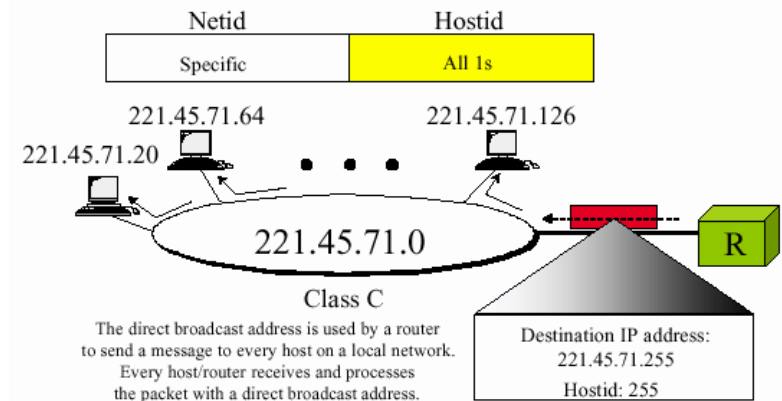
	32 bit		# reti	# host
A	0	Rete	Host	1.0.0.0 to 127.255.255.255 128 - 16 M
B	10	Rete	Host	128.0.0.0 to 191.255.255.255 16K - 64 K
C	110	Rete	Host	192.0.0.0 to 223.255.255.255 2M - 256
D	1110	Indirizzo multicast		224.0.0.0 to 239.255.255.255 18

# Indirizzamento IP (5)

Address Range	Purpose
0.0.0.0	Questo host su questa rete
10.0.0.0 - 10.255.255.255	Riservati per uso privato (RFC 1918)
127.0.0.0 - 127.255.255.255	Riservati per loopback/indirizzo locale
172.16.0.0 - 172.31.255.255	Riservati per uso privato (RFC 1918)
192.168.0.0 - 192.168.255.255	Riservati per uso privato (RFC 1918)
xxx.xxx.xxx.0	Indirizzo di rete su una rete di classe C
xxx.xxx.xxx.255	Broadcast diretto su una rete di classe C
255.255.255.255	Broadcast limitato (sulla rete locale)
0.0.0.xxx	Host specifico su questa rete in una rete di classe C

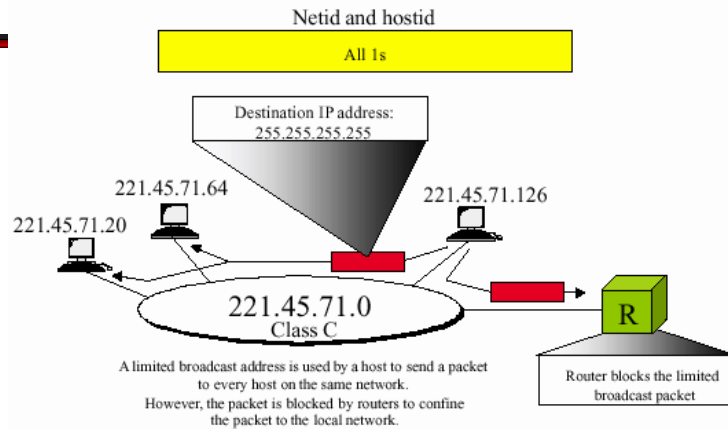
255 => tutti 1

# Broadcast diretto (esempio)



- La sorgente trasmette una singola copia attraverso Internet, che verrà replicata con la trasmissione broadcast sulla rete di arrivo
- L'indirizzo broadcast diretto non può essere interpretato in modo ambiguo perché identifica univocamente la rete di destinazione

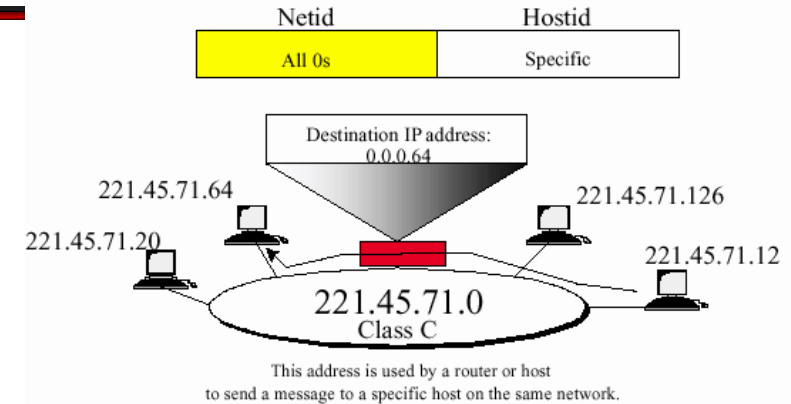
## Broadcast limitato (esempio)



- L'indirizzo broadcast limitato è indipendente dall'indirizzo IP assegnato
- Un host può usare l'indirizzo broadcast limitato come parte di una procedura di avvio prima di apprendere il proprio indirizzo IP o il prefisso dell'indirizzo IP della rete locali cui è collegato
- Una volta che l'host conosce l'indirizzo IP corretto per la rete locale dovrebbe usare il broadcast diretto

21

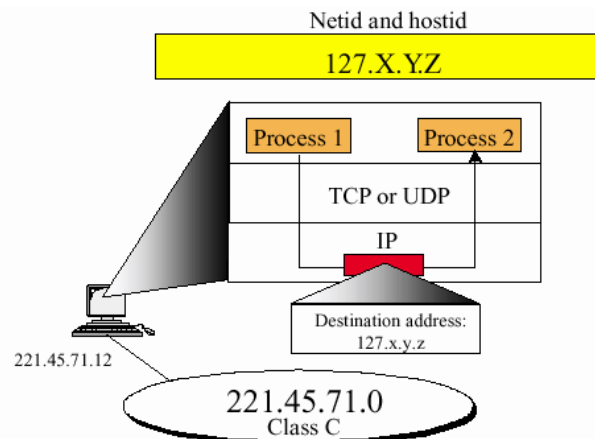
## Un host specifico su questa rete



- Tale indirizzamento è permesso solo durante la procedura di inizializzazione, per consentire ad una macchina di comunicare temporaneamente su una rete di cui ancora non conosce l'ID di rete
- Una volta che il computer ha appreso la sua rete e l'indirizzo IP, non deve usare il prefisso 0

22

## Indirizzi di loopback



23