

**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



**Corso di Reti di Calcolatori  
(a.a. 2010/11)**

**Roberto Canonico ([roberto.canonico@unina.it](mailto:roberto.canonico@unina.it))**

**Giorgio Ventre ([giorgio.ventre@unina.it](mailto:giorgio.ventre@unina.it))**

**Il protocollo IP  
Frammentazione  
Subnetting**

4 novembre 2010

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico  
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

**Nota di copyright per le slide COMICS**



## Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

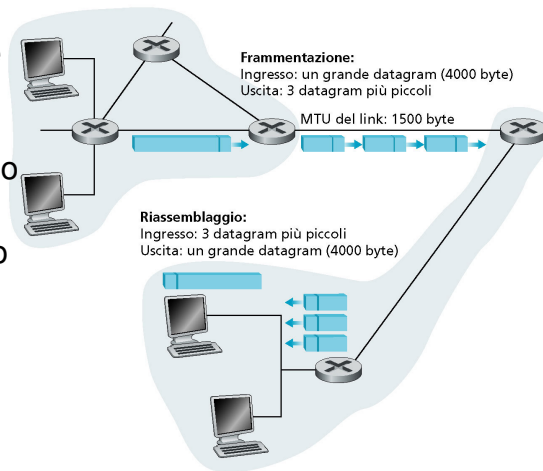
**Autori:**

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,  
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

## Frammentazione e riassetaggio IP



- Se un pacchetto di dimensione  $N$  arriva ad un router e deve essere trasmesso su un link di uscita con MTU  $M < N$ , il pacchetto è frammentato
- Ogni frammento è trasmesso come singolo pacchetto IP
- La dimensione di ogni frammento sarà un multiplo di 8 byte
- Tutti i frammenti hanno lo stesso ID number



3

## Frammentazione IP: esempio 1



- $N = 4000$ ,  $MTU = 1500$
- Tre frammenti, ciascuno con header 20 byte
- Frammento 1:  
payload 1480  
offset 0
- Frammento 2:  
payload 1480  
offset  $(1480/3)=185$
- Frammento 3:  
payload 1020  
offset  $(1480+1480)/3 = 370$

NOTA:  
 $1480+1480+1020=4000$

Note: Datagram size includes an IP header of 20 bytes.  
MTU and Datagram size must be greater than 30, and all values must be less than  $2^{16} - 1$  (65535).

Datagram Size: 4000    MTU: 1500    Datagram ID: 777

Number of Datagrams: 3    Calculate

```

Fragments
├── Datagram 1
│   ├── 1480 byte information field
│   ├── ID: 777
│   ├── Offset: 0
│   └── Flag: 1
├── Datagram 2
│   ├── 1480 byte information field
│   ├── ID: 777
│   ├── Offset: 185
│   └── Flag: 1
└── Datagram 3
    ├── 1020 byte information field
    ├── ID: 777
    ├── Offset: 370
    └── Flag: 0
    
```

This applet was coded by Ryan Gilbert in 2008, a student at Arizona State University.  
It replaces an applet coded by Albert Huang in 1997 as part of course work at the University of Pennsylvania.

[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kurose\\_network\\_2/applets/ip/ipfragmentation.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/ip/ipfragmentation.html)

4



## Frammentazione IP: esempio 2

- Il pacchetto IP raffigurato di seguito deve attraversare un link avente Maximum Transfer Unit (MTU) pari a 1500 bytes. Come verrà trattato?

Original IP Datagram

Sequence	Identifier	Total Length	DF May / Don't	MF Last / More	Fragment Offset
0	345	5140	0	0	0

IP Fragments (Ethernet)

Sequence	Identifier	Total Length	DF May / Don't	MF Last / More	Fragment Offset
0-0	345	1500	0	1	0
0-1	345	1500	0	1	185
0-2	345	1500	0	1	370
0-3	345	700	0	0	555

5



## Ping e Frammentazione

```
C:\Documents and Settings\dis>ping 143.225.229.3 -l 1500
Esecuzione di Ping 143.225.229.3 con 1500 byte di dati:
Risposta da 143.225.229.3: byte=1500 durata=98ms TTL=242
Risposta da 143.225.229.3: byte=1500 durata=98ms TTL=242
Risposta da 143.225.229.3: byte=1500 durata=98ms TTL=242
Risposta da 143.225.229.3: byte=1500 durata=98ms TTL=242

Statistiche Ping per 143.225.229.3:
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 4, Persi = 0 (0% persi),
Tempo approssimativo percorsi andata/ritorno in millisecondi:
    Minimo = 98ms, Massimo = 98ms, Medio = 98ms

C:\Documents and Settings\dis>ping 143.225.229.3 -l 1500 -f
Esecuzione di Ping 143.225.229.3 con 1500 byte di dati:
E' necessario frammentare il pacchetto ma DF è attivo.
E' necessario frammentare il pacchetto ma DF è attivo.
E' necessario frammentare il pacchetto ma DF è attivo.
E' necessario frammentare il pacchetto ma DF è attivo.

Statistiche Ping per 143.225.229.3:
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 0, Persi = 4 (100% persi),

C:\Documents and Settings\dis>
```

6

## Sottoreti



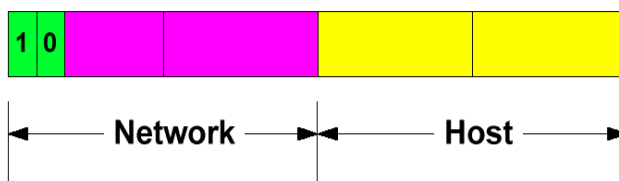
- Gli indirizzi IP sono assegnati in modo che tutti gli host sulla stessa rete locale appartengono alla stessa sottorete
- Una sottorete è individuata dai bit del prefisso più alcuni bit presi in prestito dal suffisso, come specificato dalla **subnet mask**
- Una subnet mask è una stringa di 32 bit associata ad ogni host:
  - Gli '1' definiscono la porzione di indirizzo che identifica la sottorete
  - Gli '0' definiscono la porzione di indirizzo che identifica l'host
- **L'indirizzo della sottorete si ottiene mediante un AND bit a bit tra l'indirizzo dell'host e la netmask**
- Esempio: vogliamo utilizzare un unico indirizzo di classe B avendo diverse reti fisiche. Se prendiamo in prestito 8 bit dal suffisso avremo a disposizione 256 sottoreti, ognuna delle quali potrà avere 254 host
  - L'host 128.192.56.50 con netmask 255.255.255.0 appartiene alla sottorete 128.192.56.0

7

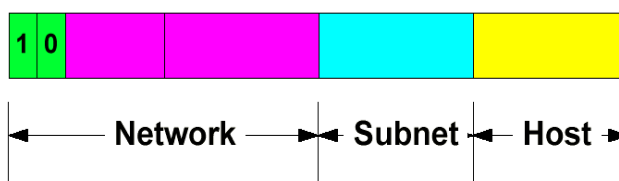
## Sottoreti



### Indirizzo di classe B prima del subnetting

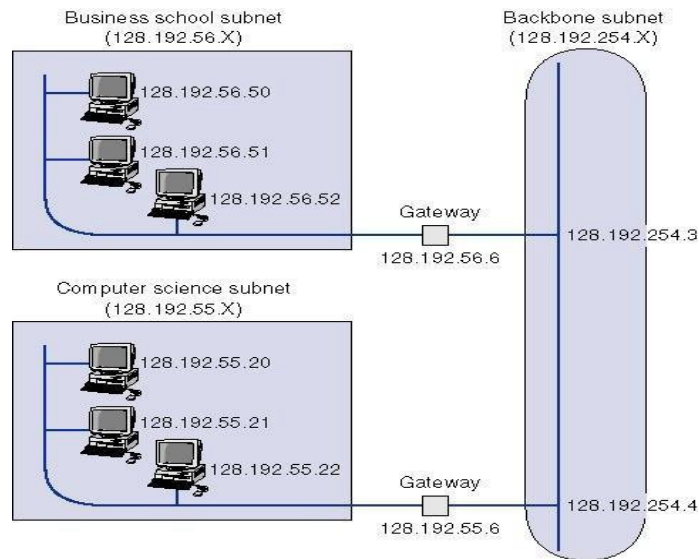


### Indirizzo di classe B dopo il subnetting



8

## Sottoreti: un esempio



9

## Sottoreti



- Suddividere una rete in sottoreti ci consente di allocare in maniera efficiente gli indirizzi, migliorando al tempo stesso le prestazioni (il traffico relativo ad una sottorete non viene introdotto nelle altre)
- Come viene utilizzata una subnet mask?
  - Da un host che deve trasmettere un pacchetto:
    - Confronta la destinazione con la propria subnet mask
    - Se la dest è sulla stessa sottorete, invia sulla LAN
    - Altrimenti, invia al gateway
  - Da un router all'interno della rete suddivisa in sottorete
    - Utilizza la subnet mask con l'indirizzo di rete delle reti collegate per determinare la giusta destinazione

10

## Come viene utilizzata la subnet mask da un host

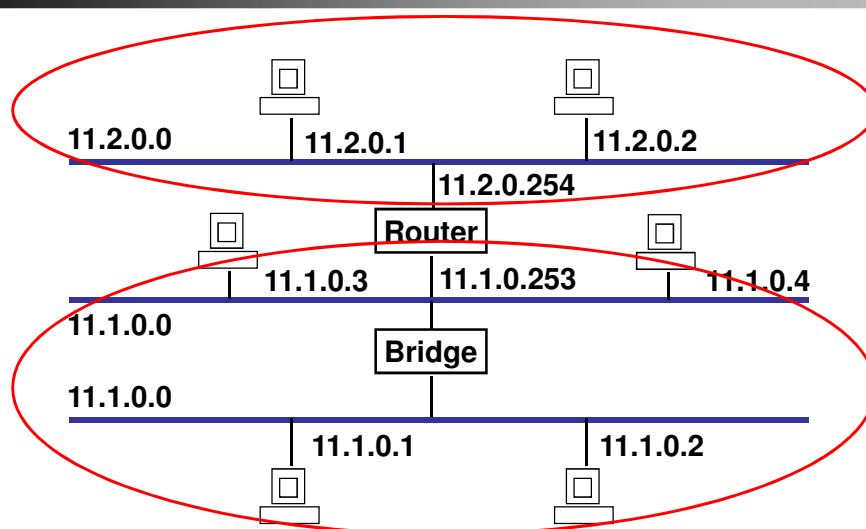
- RFC 950 (Internet Standard Subnetting Procedure)

```
IF bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask) ==  
    bitwise_and(my_ip_addr, my_ip_mask)  
THEN  
    send_dg_locally(dg, dg.ip_dest)  
ELSE  
    send_dg_locally(dg, gateway_to(bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask)))
```

- dg sta per datagram
- gateway\_to è l'indirizzo del next hop router ottenuto dalla routing table

11

## Reti logiche e fisiche



12

## Netmask



- Parametro che specifica il subnetting
  - bit a 1 in corrispondenza dei campi network e subnetwork
  - bit a 0 in corrispondenza del campo host
- Esempio: si supponga di voler partizionare una rete di classe B in 16 subnet da 4096 host
  - Netmask 11111111 11111111 11110000 00000000
  - Netmask esadecimale ff ff f0 00
  - Netmask decimale 255.255.240.0
  - /20

13

## Subnet e reti fisiche



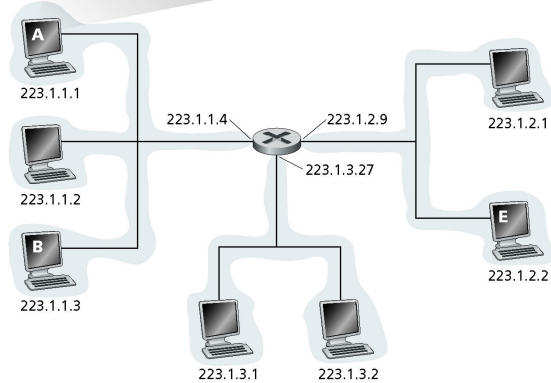
- IP assume una corrispondenza biunivoca tra reti fisiche e subnet:
  - routing implicito all'interno di una subnet
- Il routing tra subnet diverse è esplicito
  - gestito dai router tramite tabelle di instradamento

14

## Es: tabella di routing nell'host A



Rete di destinazione	Router successivo	Numero salti
223.1.1.0/24		1
223.1.2.0/24	223.1.1.4	2
223.1.3.0/24	223.1.1.4	2

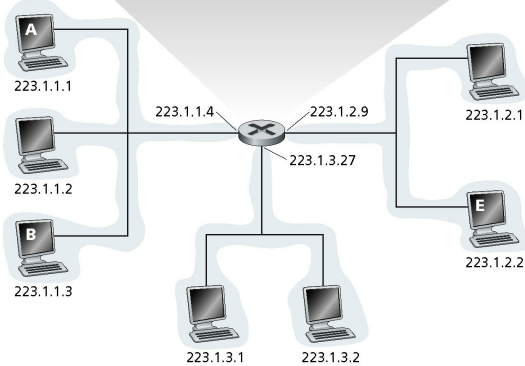


15

## Es: tabella di routing nel router



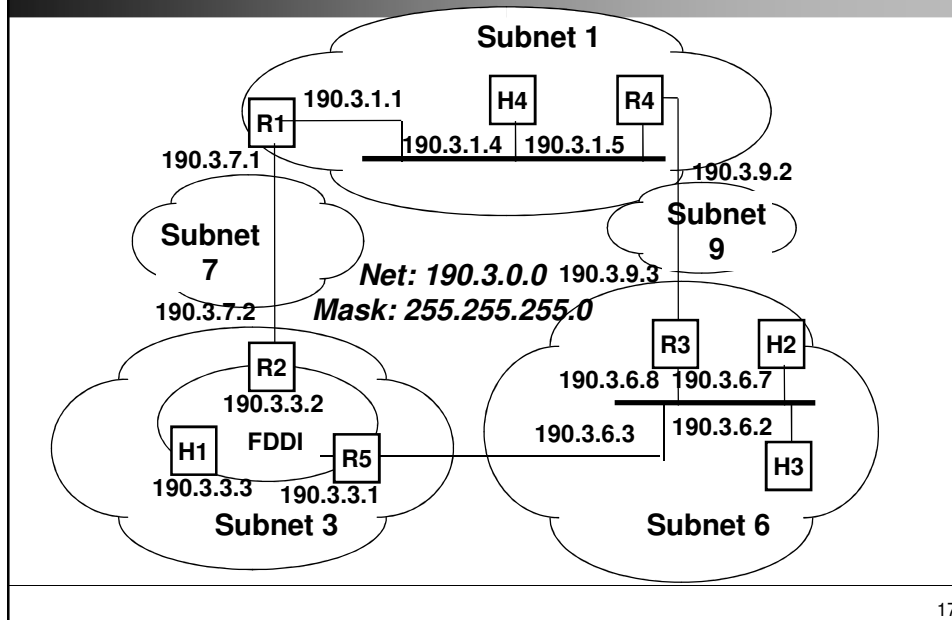
Rete di destinaz.	Router success.	N. hop	Interfaccia
223.1.1.0/24	—	1	223.1.1.4
223.1.2.0/24	—	1	223.1.2.9
223.1.3.0/24	—	1	223.1.3.27



16



## Esempio



## Subnet: instradamento



- All'interno della subnet l'instradamento deve essere fornito dalla rete fisica
- Corrispondenza tra gli indirizzi di subnet (indirizzi IP) e gli indirizzi di livello 2 gestita da ARP (Address Resolution Protocol)
- Indirizzi di livello 2
  - Indirizzi MAC sulle LAN
  - Indirizzi di DTE in X.25
  - Identificatori di LCI in Frame Relay
  - .....

18

## Default Route



- Gli host devono conoscere almeno un router presente sulla loro rete fisica
- Il protocollo ICMP permette di ottimizzare dinamicamente il routing
- Ad esempio sull'host H4
  - `route add default gw 190.3.1.5`

19

## Tabelle di Instradamento



- L'instradamento tra subnet diverse viene gestito da tabelle di instradamento presenti sui router
- Esempio:
  - tabelle di instradamento del router R5
    - 3 subnet non raggiungibili direttamente

Subnet di Destinazione	Indirizzo del router
190.3.1.0	190.3.3.2
190.3.7.0	190.3.3.2
190.3.9.0	190.3.6.8

20