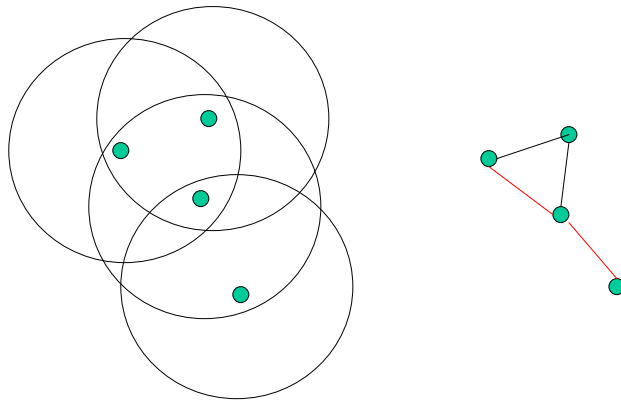


Un caso estremo per gli algoritmi di routing:  
Reti Mobili Ad Hoc (MANET)

- Può essere necessario che i pacchetti attraversino molti nodi per giungere a destinazione
- Ogni nodo intermedio agisce da router

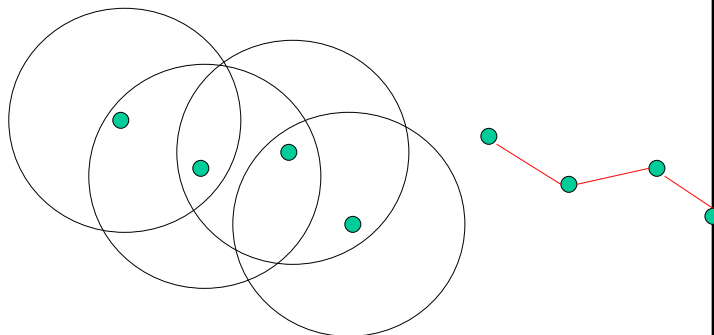


Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

1

Mobile Ad Hoc Networks (MANET)

- La mobilità dei nodi può modificare dinamicamente i cammini e il routing dei nodi



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

2

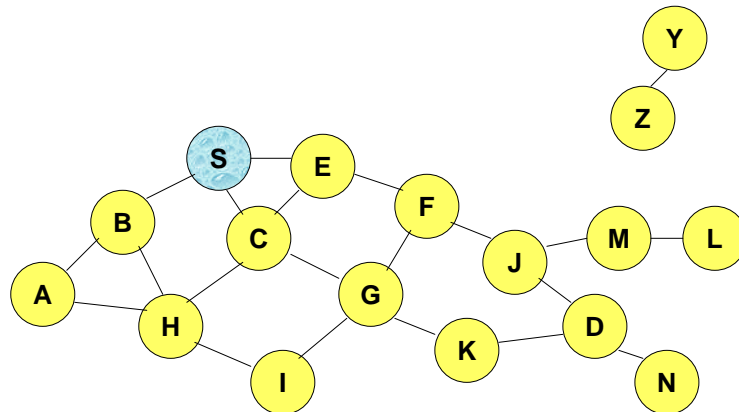
### Esempio: Routing mediante Flooding (inondazione)

- **Sender S manda pacchetto P a tutti i nodi vicini**
- **Ogni nodo che riceve P lo ritrasmette ai suoi vicini**
- **Il pacchetto P arriva a destinazione D ammesso che D sia raggiungibile da S e non ci siano state collisioni**

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

3

### Flooding (1)



**Nodi che hanno già ricevuto il pacchetto P**

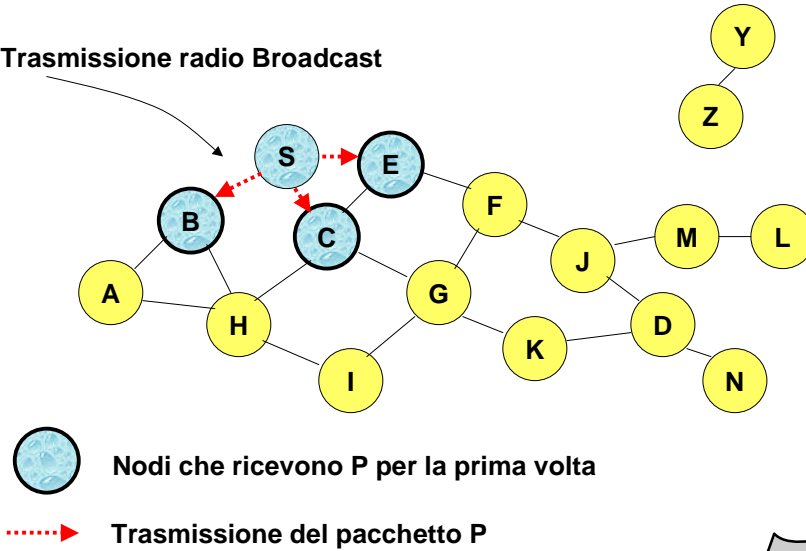
— **Nodi connessi: nel range di prossimità delle trasmissioni**

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

4

## Flooding (2)

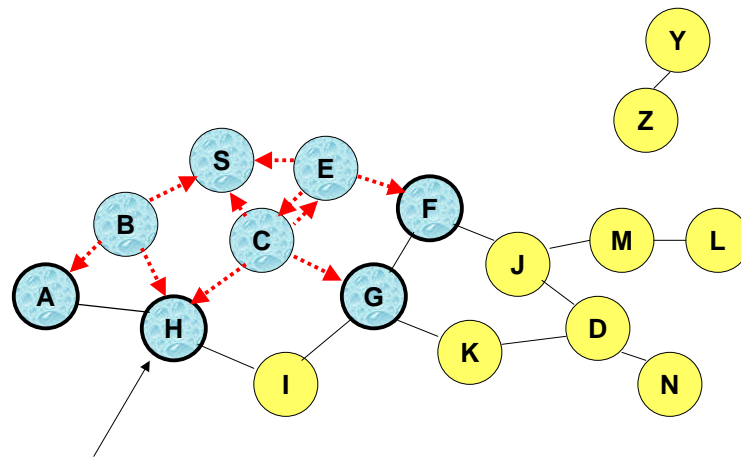
Trasmissione radio Broadcast



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

5

## Flooding (3)

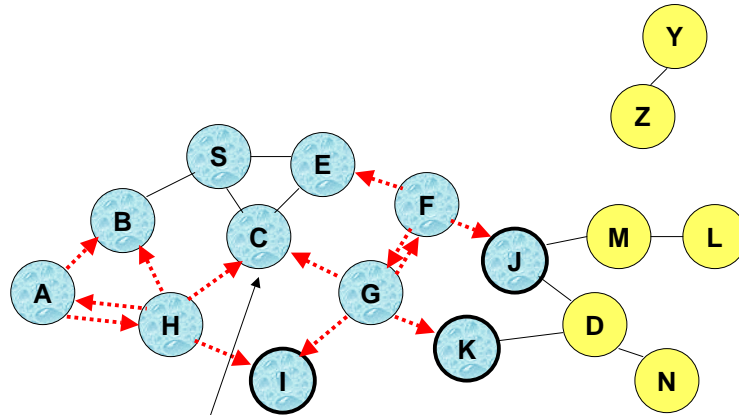


- nodo H riceve pacchetto P da due vicini:  
**collisione!!!**

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

6

## Flooding (4)

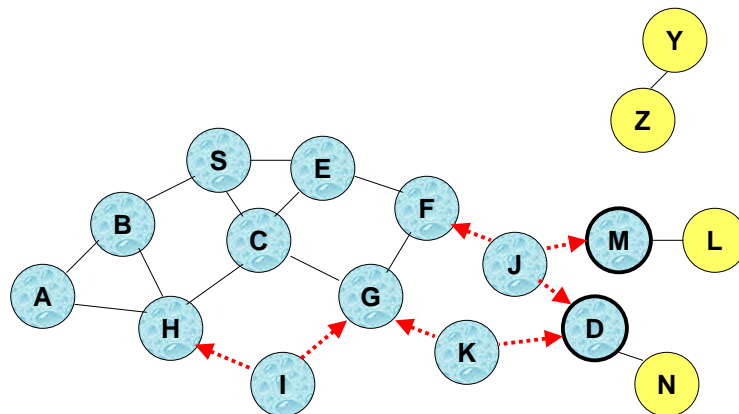


- **Nodo C riceve P da G e da H, ma non lo inoltra in quanto C ha già inoltrato P una volta in precedenza**

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

7

## Flooding (5)

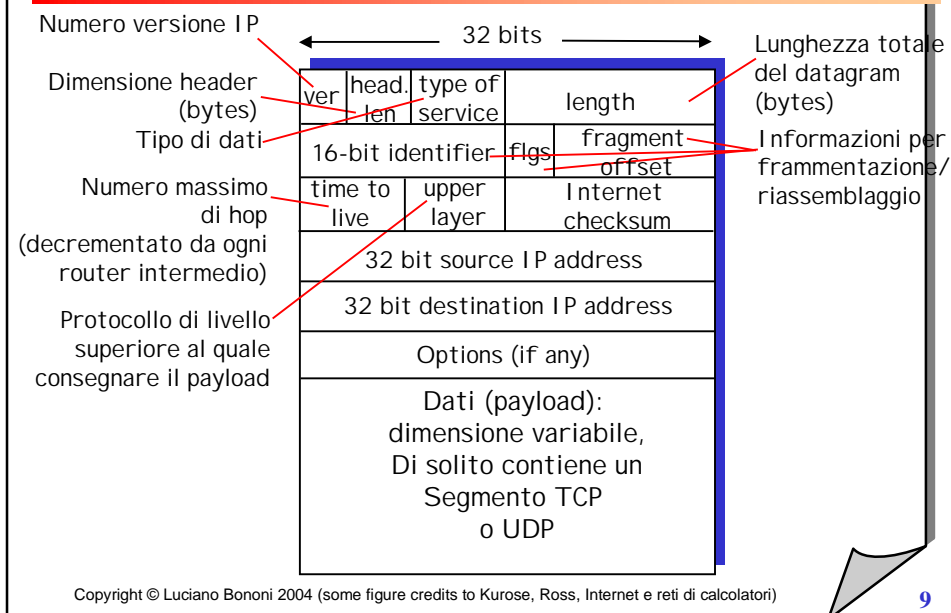


- **Nodi J e K trasmettono P al destinatario D**
  - **potenziale collisione tra J e K su D!!!!**
- => il pacchetto P potrebbe non arrivare a D a causa Delle collisioni**

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

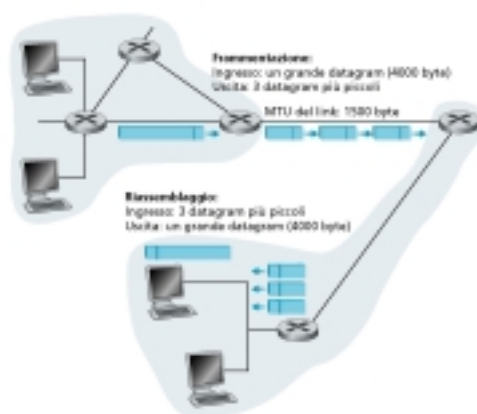
8

## Formato del pacchetto (datagram) IP



## IP: frammentazione e riassetaggio

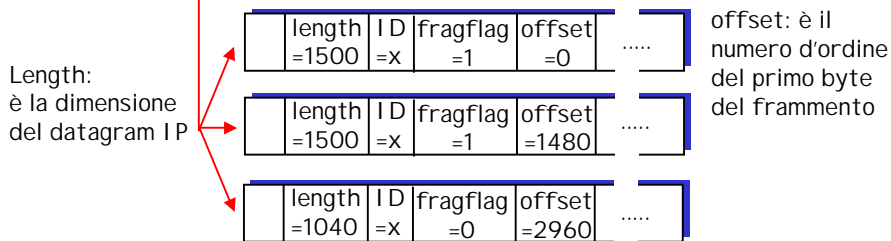
- Collegamenti di rete hanno dimensione massima dei frame diverse (MTU)
  - Link diversi in sequenza
  - ...hanno MTU diverse
- IP datagram grandi possono essere frammentati durante il cammino, per esigenze di MTU
  - Un datagram IP si spezza in frammenti (ognuno un datagram IP)
  - Frammenti riassetati solo dal destinatario finale
  - I bit dell'header IP sono usati per identificare e ordinare i frammenti



## IP: frammentazione e riassettaggio

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

Es. Un datagram IP viene spezzato in 3 datagram IP che poi viaggiano indipendentemente verso destinazione



ID = identifica il datagram originale dal quale deriva il frammento  
Flag = se è 0 quello è l'ultimo frammento del datagram x

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

11

## ICMP: Internet Control Message Protocol

- Usato da hosts, routers, gateways per scambio di informazioni di livello rete

- Notifica di errori: es. host, rete, porta, protocollo non raggiungibile
- echo request/reply (usato da applicazione ping)

- È un protocollo a metà tra livello rete e livello trasporto (che usa IP):

- Messaggi ICMP sono trasferiti in datagram IP

- ICMP message: tipo, codice, + primi 8 bytes del datagram IP che ha causato errore

ICMP Tipo	Codice	Descrizione
0	0	risposta al messaggio di eco (a ping) - echo reply (vedi ping)
1	0	rete di destinazione irraggiungibile - destination network unreachable
1	1	host di destinazione irraggiungibile - destination host unreachable
1	2	protocollo di destinazione irraggiungibile - destination protocol unreachable
1	3	porta di destinazione irraggiungibile - destination port unreachable
1	6	rete di destinazione sconosciuta - destination network unknown
1	7	host di destinazione sconosciuto - destination host unreachable
4	0	stoccamento della sorgente (controllo della congestione) - source quench
8	0	richiesta di eco - echo request (vedi ping)
9	0	annuncio dal router - router advertisement
10	0	scoperta del router - router discovery
11	0	TTL scaduto - TTL expired (vedi traceroute)
12	0	collocazione in lista IP - IP header bad

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

12

## Routing su Internet: dove eravamo rimasti?

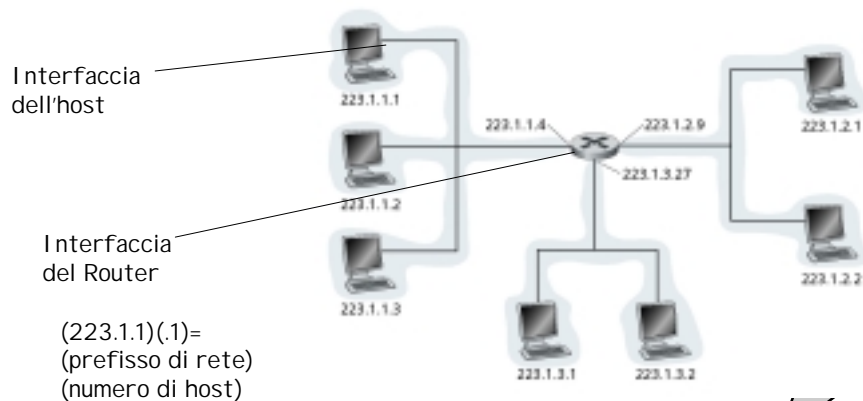
- **Internet è realizzata da sistemi autonomi (AS) tra loro interconnessi.**
- **Il routing agisce a due livelli:**
  - **Intra-AS:**
    - esiste un amministratore che fa le scelte
    - Algoritmi di routing:
      - RIP: Routing Information Protocol
      - OSPF: Open Shortest Path First
      - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol
  - **Inter-AS:**
    - Le scelte sono dettate e definite da accordi e standard
    - Politiche di gestione
    - Algoritmi di routing:
      - Es. Border Gateway Protocol (BGP)

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

13

## Routing in reti locali: LAN

I indirizzi IP: Notazione decimale puntata; es. 223 . 128 . 31 . 145  
Nel router: un indirizzo per ogni interfaccia

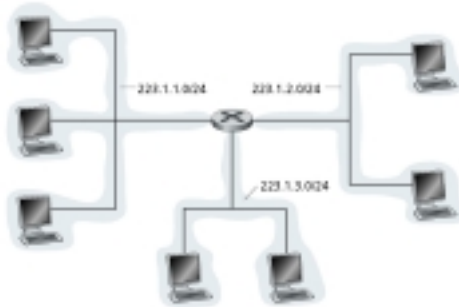


Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

14

## Quali sono reti IP?

Quante sono le reti IP in questi schemi?  
 Regola: staccare le interfacce dagli host e contare i segmenti connessi



3 reti IP



6 reti IP

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

15

## Formato degli indirizzi IPv4

Chi assegna indirizzi IP? **Local Internet Registry (LIR)**  
 Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)  
 ARIN (american registry internet numbers),  
**RIPE (reseaux IP européens)**, APNIC (asian-pacific netw. Info. Centre)

32 bit			
0	Rete	Host	1.0.0.0 to 127.255.255.255
10	Rete	Host	128.0.0.0 to 191.255.255.255
110	Rete	Host	192.0.0.0 to 223.255.255.255
1110	Indirizzo multicast		224.0.0.0 to 239.255.255.255

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

16



## Subnetting

Data una rete IP, come suddividerla in blocchi logici detti sottoreti?

		Numero di rete (classe C)	Numero di host
Blocco IP (C) : 200.23.16.0	=	11001000 00010111 00010000	00000000
Maschera di rete	=	255	255 255 224
Maschera di rete	=	11111111 11111111 11111111	11100000
Sottorete 0: rete 200.23.16.	=	11001000 00010111 00010000	00000010
Sottorete 0: rete 200.23.18.	=	11001000 00010111 00010010	00000100
Sottorete 2: rete 200.23.20.	=	11001000 00010111 00010100	01000001
Sottorete ? : 200.23.??.	=	11001000 00010111 00011011	10100110
Sottorete 7: 200.23.30.	=	11001000 00010111 00011110	11100000
		Sottorete 5, rete 200.23.27.	Numero di sottorete

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

17

## Classless Interdomain Routing (CIDR) e Supernetting

Notazione usata per supernetting e maggiore utilizzo e disponibilità di IP  
 riduce dimensione tabelle di routing  
 stesso Indirizzo IP indica host diversi in reti diverse a seconda del prefisso di rete



Si usano **prefissi di rete** arbitrari da 13 a 27 bit => reti da 32 a 524.288 hosts

CIDR Block Prefix#	Equivalent Class C	Host Addresses
/27 <span style="background-color: #008080; color: white;">255.255.255.224</span> <span style="background-color: #ffff00;">0..31</span>	1/8th of a Class C	32 hosts
/26	1/4th of a Class C	64 hosts
/25	1/2 of a Class C	128 hosts
/24 <span style="background-color: #008080; color: white;">255.255.255</span> <span style="background-color: #ffff00;">0..255</span>	1 Class C	256 hosts
/23	2 Class C	512 hosts
/22	4 Class C	1,024 hosts
/21	8 Class C	2,048 hosts
/20 <span style="background-color: #008080; color: white;">255.255.240</span> <span style="background-color: #ffff00;">0..4095</span>	16 Class C	4,096 hosts
/19	32 Class C	8,192 hosts
/18	64 Class C	16,384 hosts
/17	128 Class C	32,768 hosts
/16 <span style="background-color: #008080; color: white;">255.255</span> <span style="background-color: #ffff00;">0..65535</span>	256 Class C (1 Class B)	65,536 hosts
/15	512 Class C (2 Class B)	131,072 hosts
/14	1,024 Class C	262,144 hosts
/13	2,048 Class C	524,288 hosts

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

18

## Classless Interdomain Routing (CIDR) e Subnetting

Esempio: dato l'indirizzo di classe B 130.136.7.240 = rete 130.136., host 7.240

130.136.7.240/16 = rete 130.136., host 7.240  
 0000010 10001000 00000111 11110000

255.255. 0 .. 65535

130.136.7.240/20 = rete 130.136.0, host 7.240  
 0000010 10001000 00000111 11110000

255.255.240 0 .. 4095

130.136.7.240/24 = rete 130.136., host 7.240  
 0000010 10001000 00000111 11110000

255.255.255. 0 .. 255

130.136.7.240/27 = rete 130.136., host 7.240  
 0000010 10001000 00000111 11110000

255.255.255.224 0 .. 31

Domanda: dato 130.136.71.243/18 e netmask = 255.255.254.0

10000010 10001000 01000111 11110011

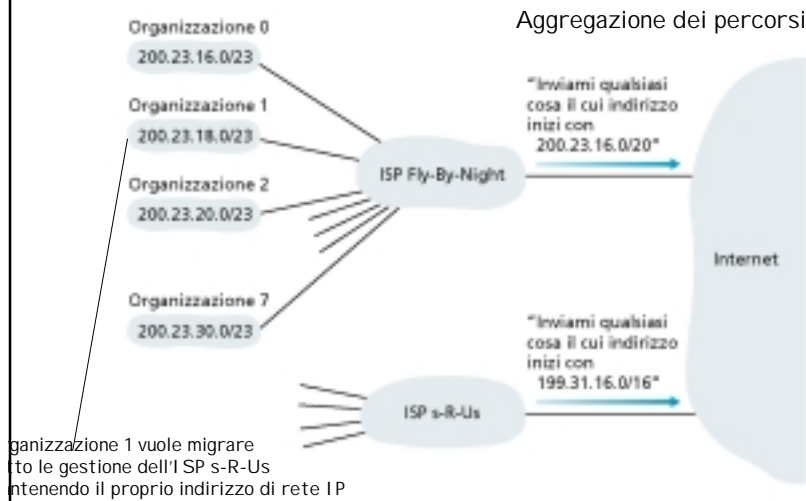
Numero di rete? Numero di sottorete? Numero di Host?

Risposta: 130.136.[64-127] Sottorete: [0..32] Numero di Host: 0..511

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

19

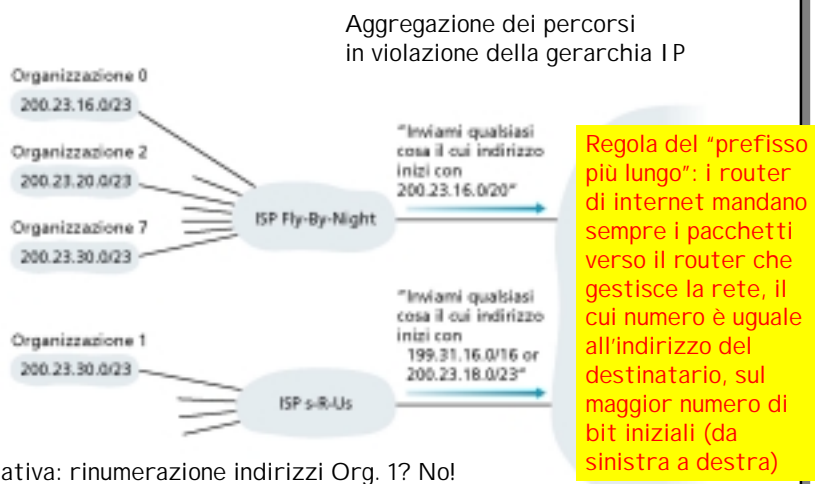
## Indirizzamento gerarchico e aggregazione dei percorsi



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

20

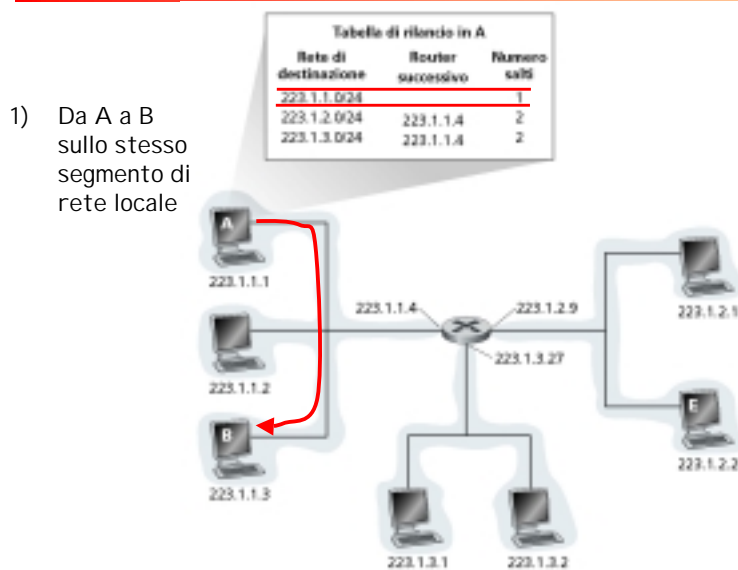
## Indirizzamento gerarchico e aggregazione dei percorsi



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

21

## Tabella di instradamento su rete locale



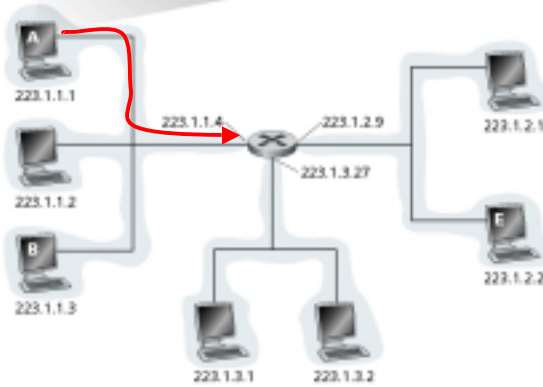
Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

22

### Tabella di instradamento su rete locale

- 1) Da A a E su diverso segmento di rete locale (gestione da parte di 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



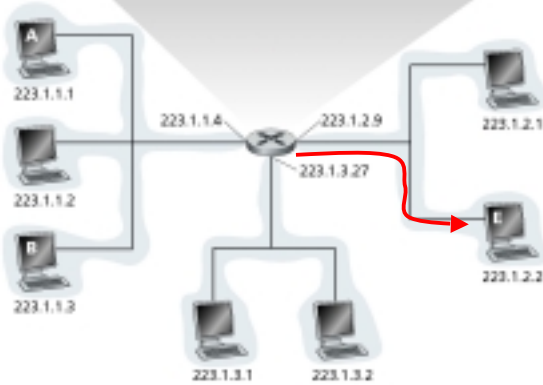
Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

23

### Tabella di instradamento su rete locale

- 1) Da A a E su diverso segmento di rete locale (gestione da parte del 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

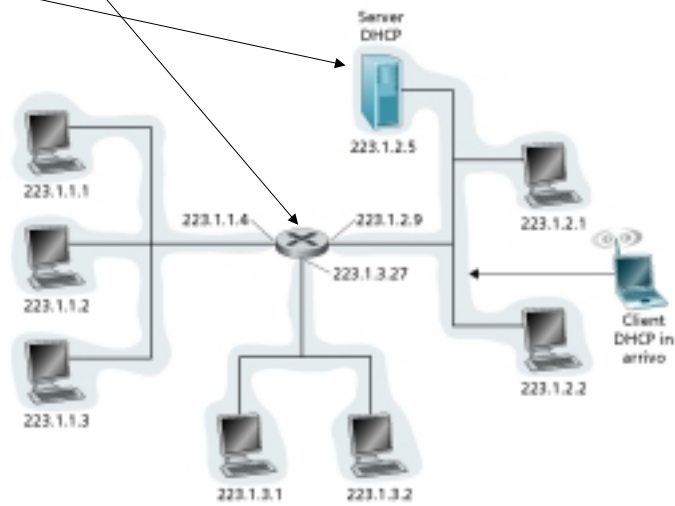


Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

24

## Scenario Client-Server DHCP

Server (o agente=router) DHCP presente in ogni rete

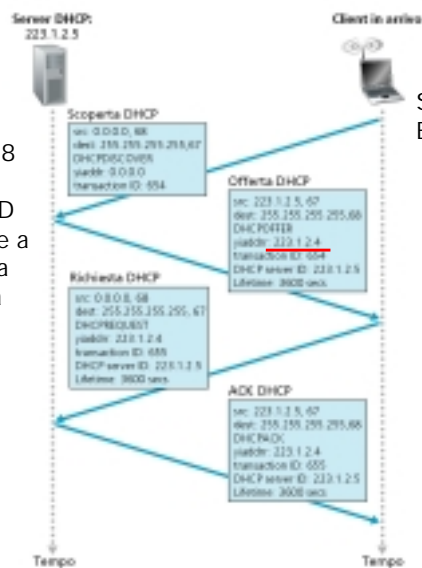


Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

25

## Interazione Client-Server DHCP

Su UDP porta 68  
offerta IP  
(il transactionID  
serve per capire a  
quale offerta fa  
riferimento una  
risposta)



Su UDP porta 67  
Broadcast IP

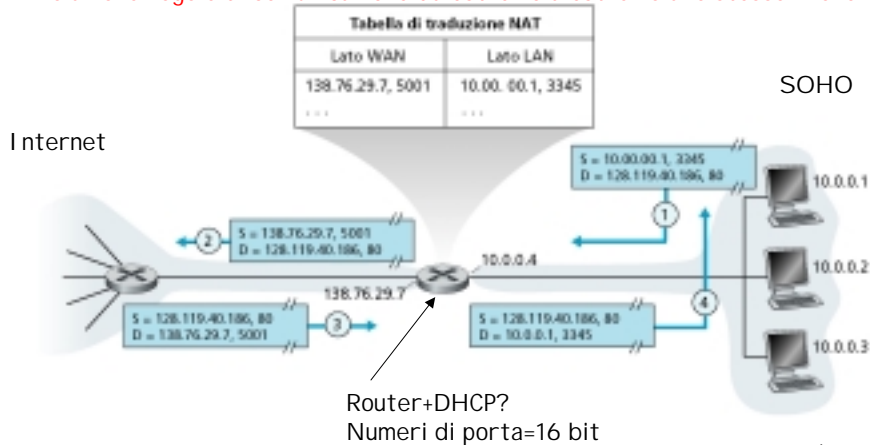
Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

26

## Traduzione indirizzi di rete con NAT Network Address Translator

Soluzione SOHO: small office, home office

Violazione regole di comunicazione da estremo a estremo allo stesso livello



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

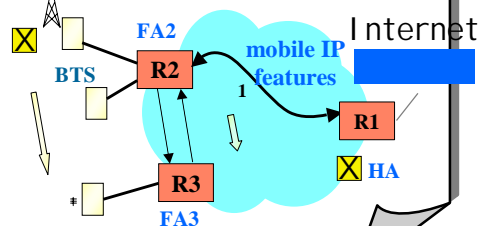
27

## Mobile IP in reti Wireless con infrastruttura

### ▪ Mobile IP:

soluzione per permettere la mobilità di host tra domini diversi con indirizzo di rete IP diversi, continuando a mantenere le connessioni di rete instaurate

- X Home Agent (HA) è fisso sul Router R1
- X si sposta sotto il dominio del router R2, poi R3...
  - Foreign Agents FA2 and FA3 di X sono dinamicamente creati in R2 e R3
  - FA2 informa HA del nuovo indirizzo IP di X
  - HA inoltra al nuovo IP(x)

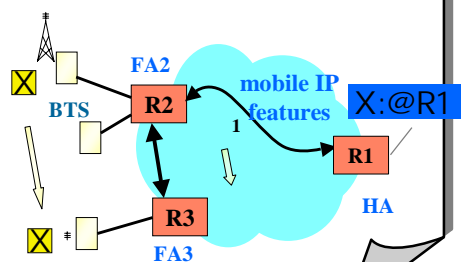


Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

28

## Mobile IP in reti Wireless con infrastruttura

- Home Agent (HA) di X è fisso su Router R1
- X si sposta di nuovo sotto R3, da R2
  - FA3 informa FA2 del nuovo IP di X sotto R3
  - FA2 inoltra al nuovo IP(x)
- doppio inoltra IP: da HA a FA2, da FA2 a FA3
  - Si può migliorare? Da HA a FA3!



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

29

## IPv6

- **perch'è?:** lo spazio di indirizzamento su 32 bit sarà esaurito circa dal 2008 in poi
- **inoltre:**
  - Il nuovo formato dell'header velocizza elaborazione e inoltra
  - Nuovo header permette di gestire qualità del servizio (QoS)
  - Nuovo indirizzo "anycast": il pacchetto viene inoltrato al migliore router di un certo insieme
- **IPv6 datagram:**
  - Intestazione (header) fisso di 40 Byte
  - Non è permessa la frammentazione!!!

Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

30

## Formato Datagram IPv6

*Classe di traffico:* determina livello di priorità tra i flussi in transito

*Etichetta di flusso:* identifica i datagram appartenenti a un certo flusso

*Intestazione successiva:* identifica il protocollo superiore al quale passare i dati



Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

31

Cosa altro cambia da IPv4 a IPv6?

- **Checksum:** non si effettua la somma di controllo a livello IP per ridurre i tempi di inoltra
- **ICMPv6:** nuova versione di ICMP
  - Nuovi tipi di messaggio, es. "pacchetto troppo grande"
  - Funzioni di gestione di gruppi multicast
    - Indirizzo Multicast: un indirizzo IP che specifica un insieme di destinatari IP

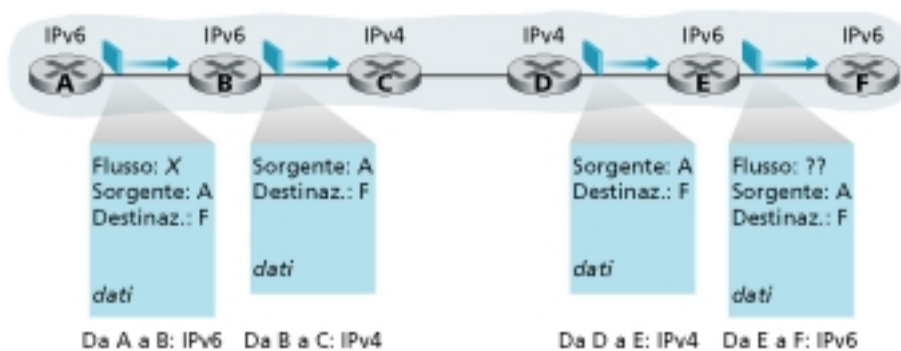
Copyright © Luciano Bononi 2004 (some figure credits to Kurose, Ross, Internet e reti di calcolatori)

32



## Integrazione IPv4 e IPv6: dual stack

- Non tutti i router possono essere sostituiti alla data X
- Due possibili approcci per l'integrazione/sostituzione:
  - *Dual Stack*: alcuni router detti "dual stack (v6, v4)" possono tradurre i due formati

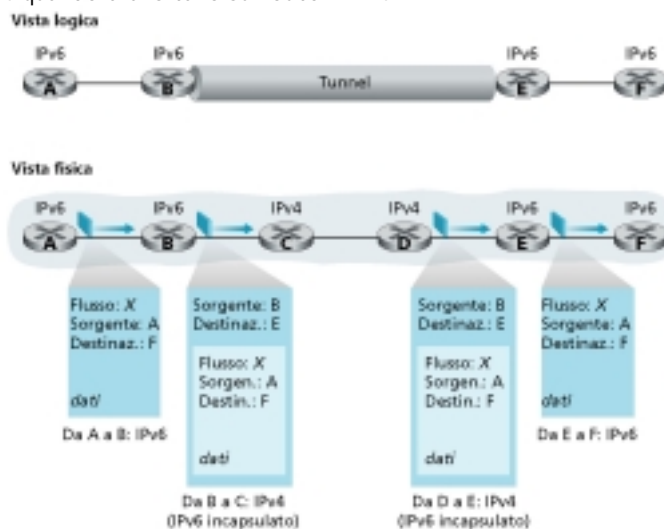


Copyright © Luciano Bolchini 2007 (some rights reserved to network, nodes, internet & real life applications)

33

## Integrazione IPv4 e IPv6: tunnelling

*Tunneling*: pacchetti IPv6 sono trasportati come payload in pacchetti IPv4 quando transitano su router IPv4



Copyri

34