Reti di Calcolatori I

Prof. Roberto Canonico
Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione

A.A. 2017-2018

Protocolli ARP e DHCP

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

Università degli Studi di Napoli Federico II

Nota di copyright per le slide COMICS

Nota di Copyright

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

Università degli Studi di Napoli
Federico II

Trasmissione di un pacchetto IP

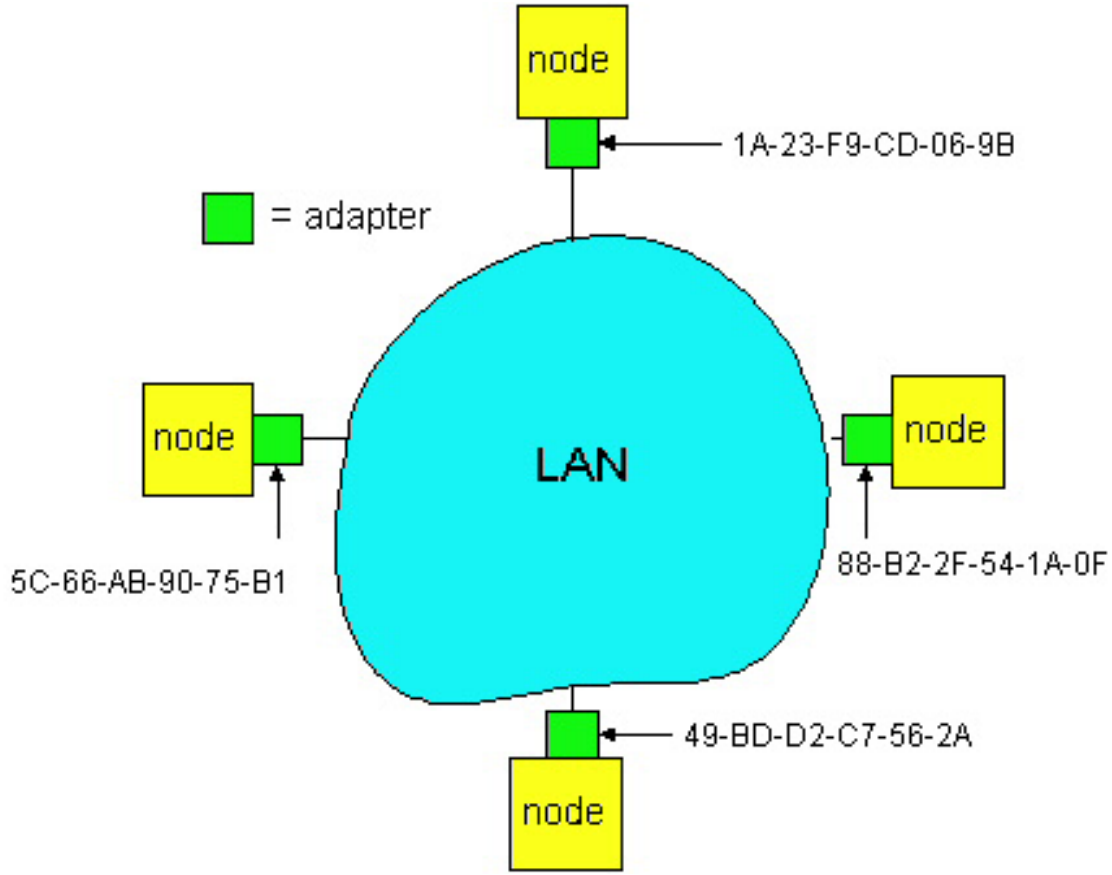
- Quando un host deve trasmettere un pacchetto IP, lo strato di livello inferiore incapsula il pacchetto in una frame di livello 2
- Le tecnologie di livello 2 sono molteplici
- Nel seguito consideriamo due casi
  - Interfacce di rete LAN basate su tecnologia Ethernet
  - Interfacce di rete WAN basate su tecnologie che realizzano collegamenti seriali punto-punto

Trasmissione di un pacchetto IP su LAN

- L'incapsulamento di un pacchetto IP in una frame Ethernet richiede la conoscenza degli indirizzi di livello 2 (*MAC address*) dell'interfaccia mittente e destinataria su ogni hop che il pacchetto attraversa
- Due scenari:
  1. Mittente e destinatario IP del pacchetto sono nella stessa subnet IP
     - Un solo hop
  2. Mittente e destinatario IP del pacchetto sono in subnet IP diverse, collegate mediante uno o più router
     - Molteplici hop: mittente-router, [router-router, …], router-destinatario

Indirizzi MAC

Ogni scheda di rete in una LAN ha un indirizzo MAC (di 48 bit) univoco cablato nell'hardware della scheda dal costruttore

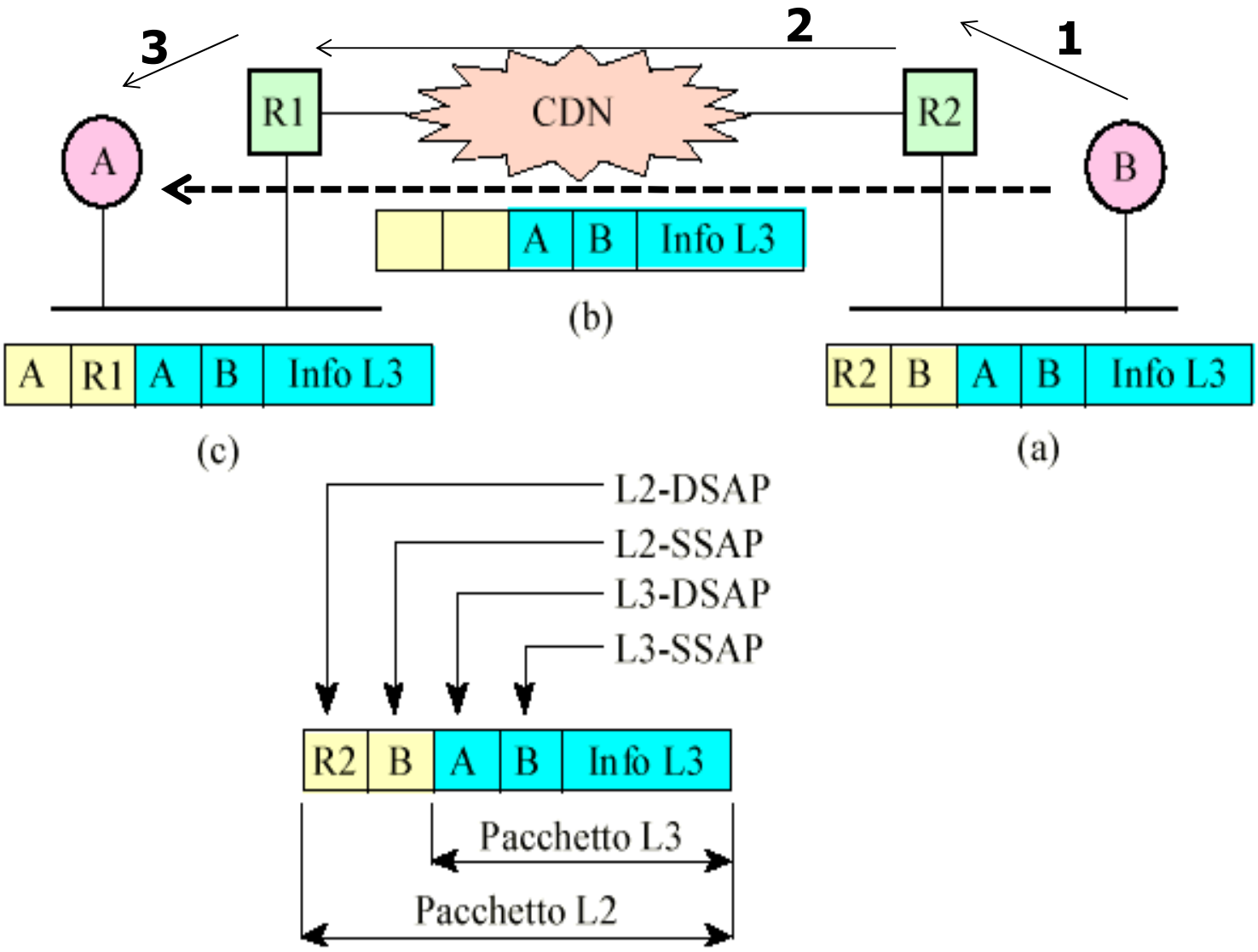


Struttura della trama Ethernet II

- Il ***preambolo*** è una sequenza fissa che serve a sincronizzare i clock di mittente e destinatario
  - 7 byte con una sequenza 10101010 seguiti da un byte (SFD) con la sequenza 10101011
- Gli ***indirizzi MAC*** della scheda NIC del ***destinatario*** e del ***mittente*** occupano 6+6 byte
- Il campo ***Type*** (2 byte) indica il protocollo di livello rete del pacchetto trasportato dalla frame nella parte ***Data*** (di lunghezza variabile)
  - Type = 0x0800 indica il protocollo IPv4
  - Type = 0x86DD indica il protocollo IPv6
  - Type = 0x0806 indica il protocollo ARP (*Address Resolution Protocol*)
  - Cfr.: https://www.iana.org/assignments/ieee-802-numbers/ieee-802-numbers.xhtm
- Il campo ***FCS*** (*Frame Control Sequence*) contiene una sequenza di bit utile al destinatario della frame per rilevare eventuali errori (***CRC*** – *Cyclyc Redundancy Check*)
- Il campo Data ha una lunghezza minima di 46 byte ed una lunghezza massima di 1500 byte

L'indirizzo MAC destinazione FF:FF:FF:FF:FF:FF indica un frame trasmesso in **broadcast**: tutti gli host della rete locale (inclusi i router) ricevono il pacchetto

Incapsulamento di pacchetti IP a livello 2



ARP: due scenari tipici

- Primo caso
  - l'host destinazione **è** sulla stessa LAN (subnet IP)
- Secondo caso
  - l'host destinazione **non è** sulla stessa LAN (subnet IP)

ARP - Address Resolution Protocol

- Primo scenario:
  - A deve spedire un datagram ad un host B appartenente alla medesima sottorete IP di A (*rete logica* in terminologia ARP)
  - A conosce l'indirizzo IP di B, ma non il suo indirizzo fisico
- Il protocollo ARP consente ad A di conoscere l'indirizzo fisico (MAC address) corrispondente all'indirizzo IP di B:
  - A manda in broadcast a tutti gli host della rete un pacchetto contenente l'indirizzo di rete di B, allo scopo di conoscere l'indirizzo fisico di B
  - B riconosce il suo indirizzo di rete e risponde ad A
  - Finalmente A conosce l'indirizzo fisico di B, quindi può spedire il datagram a B

Formato del pacchetto ARP

Hardware Type		Protocol Type
HLEN	PLEN	Operation
Sender Hardware Address		
Sender HW Address		Sender IP Address
Sender IP Address		Target HW Address
Target Hardware Address		
Target IP Address		

Incapsulamento dei pacchetti ARP

- Il protocollo ARP interagisce direttamente con il livello data link
- Il pacchetto ARP viene incapsulato in un frame come un protocollo di livello 3
  - L'header del frame di livello 2 specifica che il frame contiene un pacchetto ARP

Esempio: richiesta ARP

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	java.comics.unina.it	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	Who has 143.225.229.3? Tell 143.225.229.186
2	0.000239	grid.grid.unina.it	java.comics.unina.it	ARP	143.225.229.3 is at 00:90:27:d0:bb:56

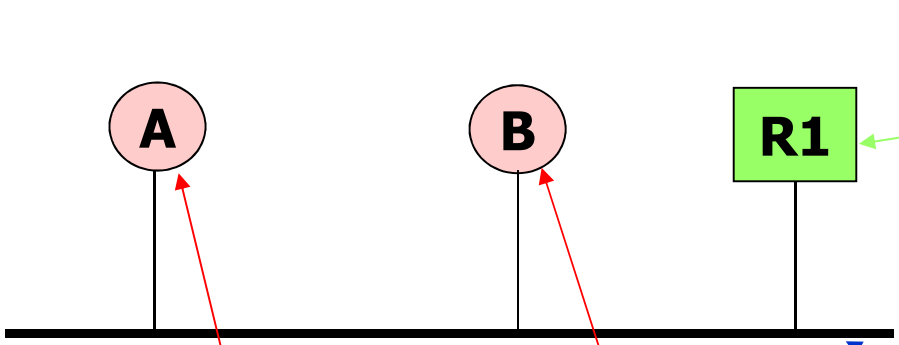
```
⊞Frame 1 (42 on wire, 42 captured)
⊟Ethernet II
    Destination: ff:ff:ff:ff:ff:ff (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Source: 00:08:0d:6a:a3:07 (java.comics.unina.it)
    Type: ARP (0x0806)
⊟Address Resolution Protocol (request)
    Hardware type: Ethernet (0x0001)
    Protocol type: IP (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: request (0x0001)
    Sender MAC address: 00:08:0d:6a:a3:07 (java.comics.unina.it)
    Sender IP address: java.comics.unina.it (143.225.229.186)
    Target MAC address: 00:00:00:00:00:00 (grid.grid.unina.it)
    Target IP address: grid.grid.unina.it (143.225.229.3)
```

Esempio: risposta ARP

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	java.comics.unina.it	ff:ff:ff:ff:ff:ff	ARP	Who has 143.225.229.3? Tell 143.225.229.186
2	0.000239	grid.grid.unina.it	java.comics.unina.it	ARP	143.225.229.3 is at 00:90:27:d0:bb:56

```
⊞Frame 2 (60 on wire, 60 captured)
⊟Ethernet II
    Destination: 00:08:0d:6a:a3:07 (java.comics.unina.it)
    Source: 00:90:27:d0:bb:56 (grid.grid.unina.it)
    Type: ARP (0x0806)
    Trailer: 000000000000000000000000000000000...
⊟Address Resolution Protocol (reply)
    Hardware type: Ethernet (0x0001)
    Protocol type: IP (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: reply (0x0002)
    Sender MAC address: 00:90:27:d0:bb:56 (grid.grid.unina.it)
    Sender IP address: grid.grid.unina.it (143.225.229.3)
    Target MAC address: 00:08:0d:6a:a3:07 (java.comics.unina.it)
    Target IP address: java.comics.unina.it (143.225.229.186)
```

ARP: primo caso A→B (1/3)



Default router

IP: 192.168.1.254
netmask: 255.255.255.0

Rete IP di classe C

rete: 192.168.1.0
netmask: 255.255.255.0

IP: 192.168.1.2
netmask: 255.255.255.0

IP: 192.168.1.1
netmask: 255.255.255.0

A ha intenzione di inviare un pacchetto a **B**
Domanda: come fa **A** a sapere che **B** è nella sua stessa sottorete IP?

Risposta: attraverso la netmask!

ARP: primo caso (2/3)

- Ogni computer ha un indirizzo IP ed una netmask
- La netmask serve ad individuare la propria sottorete IP
  - In Windows digitare il comando: **`ipconfig /all`**
- Il computer **A** esegue una AND bit-a-bit tra l'indirizzo IP destinazione e la propria netmask.
  - Nel caso precedente:

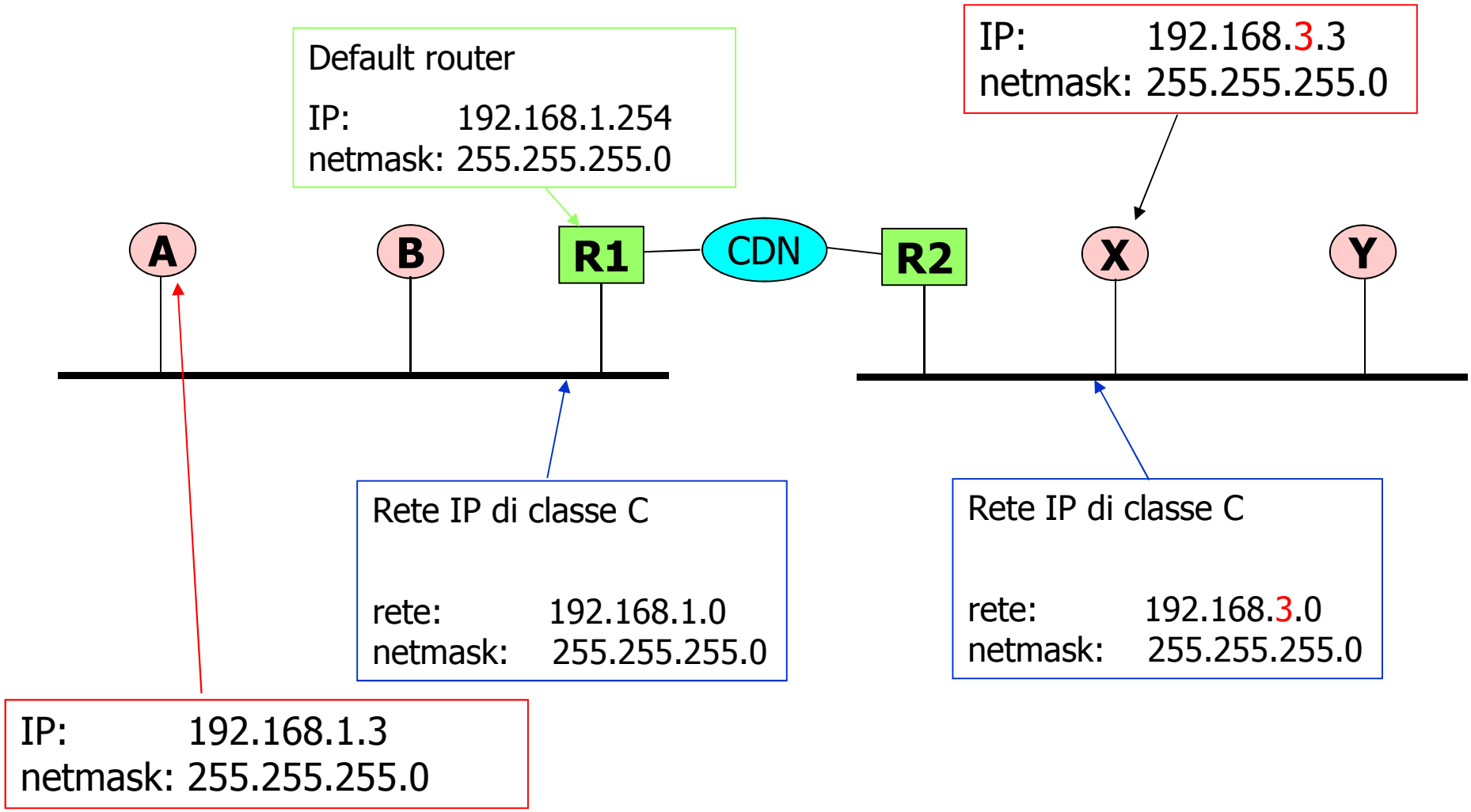
IP di B	192.168.1.2
	AND
netmask A	255.255.255.0
	=
→	192.168.1.0

E' proprio l'indirizzo della sottorete IP cui appartiene A

ARP: primo caso (3/3)

- Se il computer **B** è sulla stessa sottorete IP la comunicazione avviene direttamente da **A** a **B**
  - A manda un pacchetto *ARP request* in broadcast per conoscere il MAC address di B
    - tale pacchetto contiene, nel campo **DEST IP,** l'indirizzo IP di B

ARP: secondo caso A→X (1/2)



ARP: secondo caso (2/2)

- Se **A** intende mandare un pacchetto a **X,** l'operazione di AND bit-a-bit tra la netmask e l'indirizzo IP di **X** fornisce un risultato differente
  - il destinatario non è nella stessa subnet IP del mittente

IP di X	192.168.3.3
	AND
netmask A	255.255.255.0
	=
	192.168.3.0

Non è l'indirizzo della sottorete cui appartiene A →
Occorre inviare il pacchetto al router

• In questo caso, pertanto, al primo hop il destinatario del livello 2 è l'interaccia del router che appartiene alla subnet di A

• A prepara un pacchetto ARP in cui si specifica come indirizzo IP DEST proprio l'indirizzo IP del router

ARP: ricapitolando…

- Operazione di AND logico tra l'indirizzo IP della destinazione e la propria netmask:
  - Se il risultato fornisce l'indirizzo della propria subnet IP:
    - Invia una richiesta ARP per risolvere l'indirizzo della destinazione
  - …altrimenti:
    - Il pacchetto deve essere inviato al router di default:
      - Nel caso in cui l'indirizzo MAC del router non sia noto:
        - » Invia una richiesta ARP per risolvere l'indirizzo IP del router

Raffinamenti del protocollo

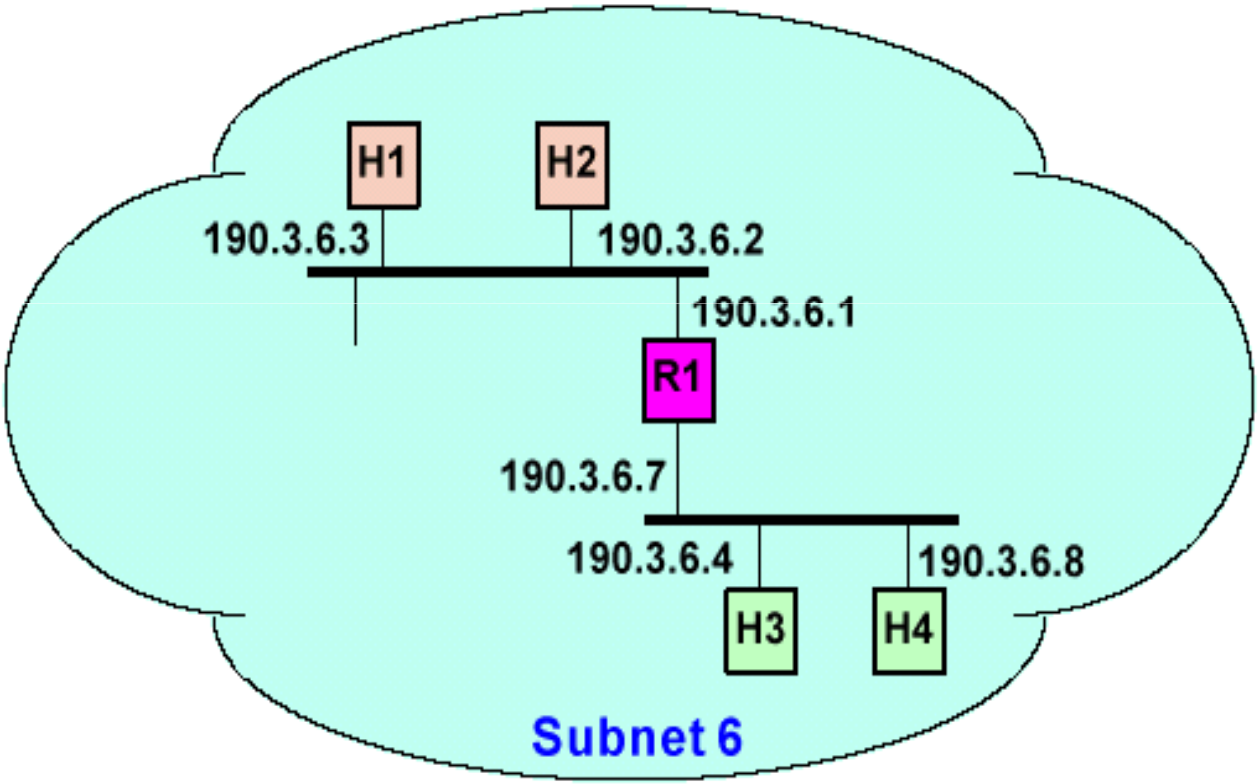
- Per ridurre il traffico sulla rete, ogni host mantiene una cache con le corrispondenze tra indirizzi logici e fisici
  - Prima di spedire una richiesta ARP controlla nella cache
- Il pacchetto ARP contiene indirizzo fisico e logico del mittente
  - Gli host che leggono il pacchetto possono aggiornare le loro ARP cache

Monitoraggio di ARP

- Con il comando *arp* è possibile leggere e modificare il contenuto della arp cache
  - **arp –a** (legge il contenuto di tutta la cache)
- Con il comando *tcpdump* (o con un software tipo Ethereal…) è possibile monitorare tutto il traffico che viaggia sulla rete
  - È possibile filtrare solo i pacchetti spediti da un dato protocollo su una data interfaccia
  - **tcpdump arp** (legge solo i pacchetti arp)

Proxy ARP

- Permette di usare la stessa subnet su due o più reti fisiche diverse



Reverse ARP

- Il protocollo RARP svolge il ruolo opposto ad ARP
  - fisico → logico
- Usato per sistemi diskless:
  - X terminal, diskless workstation
  - Al boot non conoscono il loro indirizzo IP

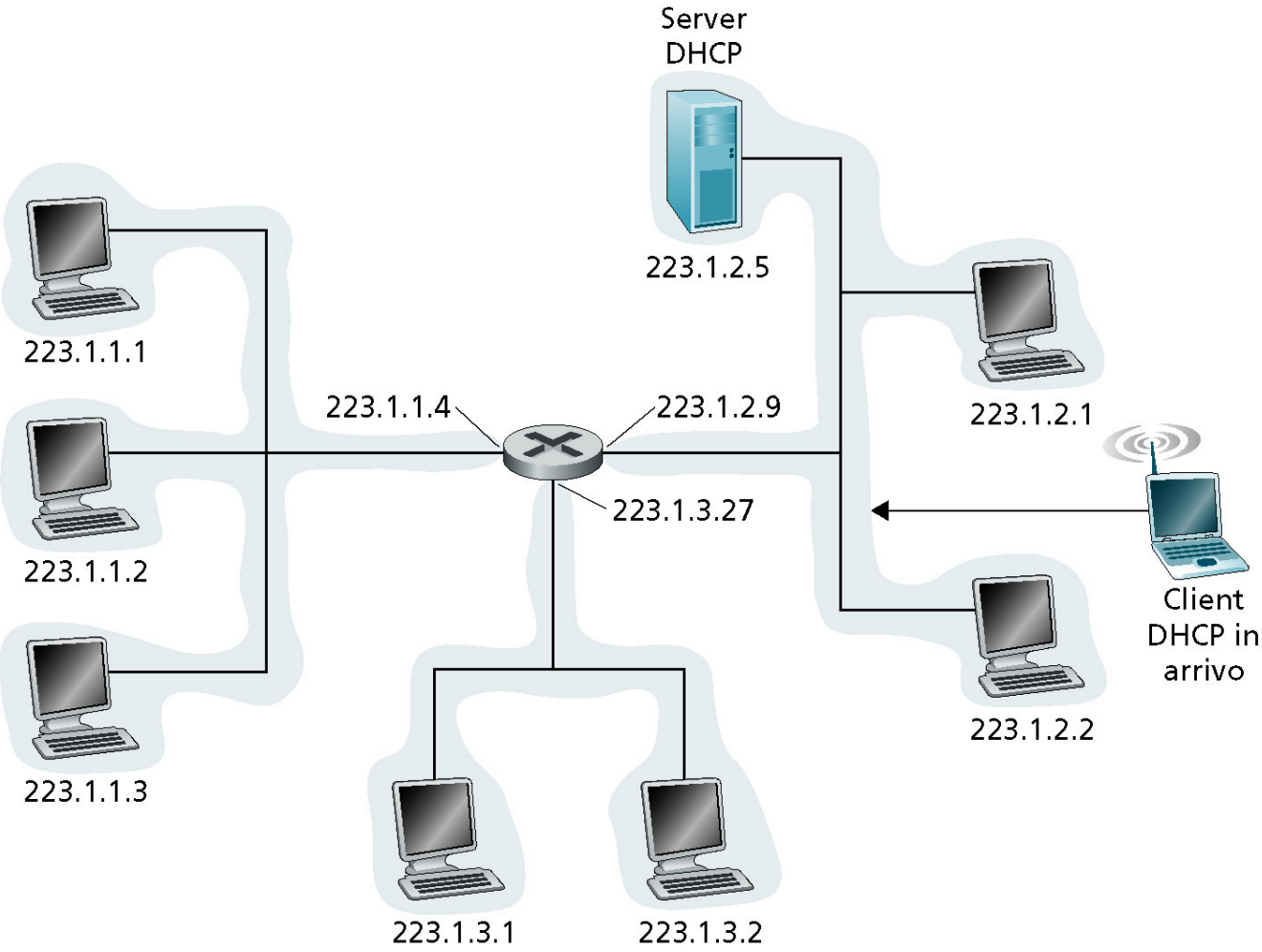
Scenario RARP

- *A* conosce il proprio indirizzo MAC, ma non conosce il proprio indirizzo IP
- L'host B (server RARP) conosce l'indirizzo IP di A
- Soluzione
  - RARP request sulla rete (in brodacast)
  - *B* risponde con un messaggio RARP reply contenente l'indirizzo IP di *A*

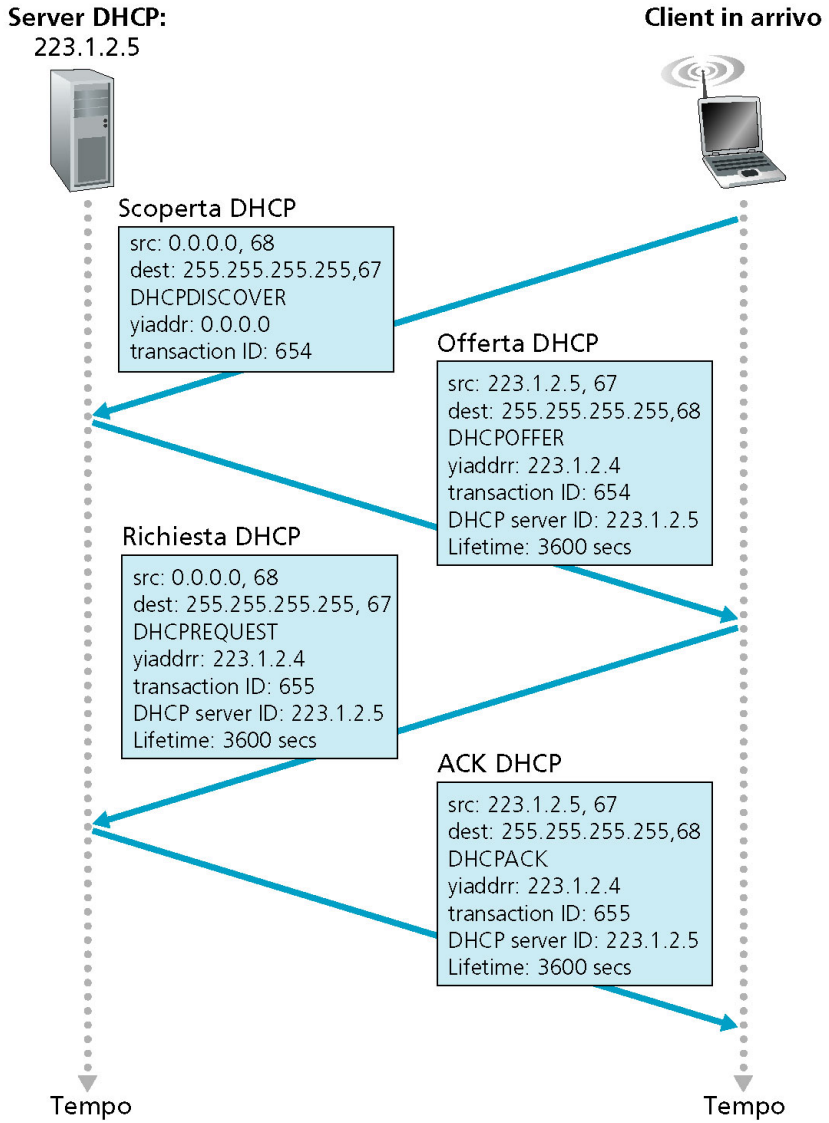
Altre soluzioni per boot remoto

- Il protocollo RARP è stato sostituito da altri protocolli più flessibili e potenti:
  - BOOTP: BOOTstrap Protocol
  - DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol
  - Utilizzati per assegnare dinamicamente gli indirizzi agli host di una rete IP

DHCP: scenario tipico



Interazione client-server via DHCP



DHCP discover

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0xb2c065b
2	0.004628	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0xb2c065b
3	0.005392	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0xb2c065b
4	0.009656	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0xb2c065b

```
⊞Frame 1 (342 on wire, 342 captured)
⊟Ethernet II
    Destination: ff:ff:ff:ff:ff:ff (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Source: 00:02:2d:09:17:be (Agere_09:17:be)
    Type: IP (0x0800)
⊞Internet Protocol, Src Addr: 0.0.0.0 (0.0.0.0), Dst Addr: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
⊟User Datagram Protocol, Src Port: bootpc (68), Dst Port: bootps (67)
    Source port: bootpc (68)
    Destination port: bootps (67)
    Length: 308
    Checksum: 0xae22 (correct)
⊟Bootstrap Protocol
    Message type: Boot Request (1)
    Hardware type: Ethernet
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0b2c065b
    Seconds elapsed: 0
    Broadcast flag: 0x0000
    Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Client hardware address: 00:02:2d:09:17:be
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: (OK)
    Option 53: DHCP Message Type = DHCP Discover
    Option 116: DHCP Auto-Configuration (1 bytes)
  ⊞Option 61: Client identifier
    Option 50: Requested IP Address = 192.168.2.13
    Option 12: Host Name = "java"
    Option 60: Vendor class identifier = "MSFT 5.0"
  ⊞Option 55: Parameter Request List
    End Option
    Padding
```

DHCP offer

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0xb2c065b
2	0.004628	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0xb2c065b
3	0.005392	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0xb2c065b
4	0.009656	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0xb2c065b

```
⊞Frame 2 (590 on wire, 590 captured)
⊟Ethernet II
    Destination: 00:02:2d:09:17:be (Agere_09:17:be)
    Source: 00:30:bd:96:28:fa (BELKIN_96:28:fa)
    Type: IP (0x0800)
⊞Internet Protocol, Src Addr: 192.168.2.1 (192.168.2.1), Dst Addr: 192.168.2.13 (192.168.2.13)
⊟User Datagram Protocol, Src Port: bootps (67), Dst Port: bootpc (68)
    Source port: bootps (67)
    Destination port: bootpc (68)
    Length: 556
    Checksum: 0xc29a (correct)
⊟Bootstrap Protocol
    Message type: Boot Reply (2)
    Hardware type: Ethernet
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0b2c065b
    Seconds elapsed: 0
    Broadcast flag: 0x0000
    Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Your (client) IP address: 192.168.2.13 (192.168.2.13)
    Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Client hardware address: 00:02:2d:09:17:be
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: (OK)
    Option 53: DHCP Message Type = DHCP Offer
    Option 54: Server Identifier = 192.168.2.1
    Option 51: IP Address Lease Time = 12427 days, 7 hours, 45 minutes, 41 seconds
    Option 1: Subnet Mask = 255.255.255.0
    Option 3: Router = 192.168.2.1
  ⊟Option 6: Domain Name Server
      IP Address: 217.9.64.200
      IP Address: 217.9.64.220
      IP Address: 217.9.64.3
    Option 15: Domain Name = "napoli.consorzio-cini.it"
    Option 44: NetBIOS over TCP/IP Name Server = 217.9.64.200
    End Option
    Padding
```

DHCP request

File Edit Capture Display Tools

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0xb2c065b
2	0.004628	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0xb2c065b
3	0.005392	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0xb2c065b
4	0.009656	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0xb2c065b

```
⊞Frame 3 (361 on wire, 361 captured)
⊟Ethernet II
   Destination: ff:ff:ff:ff:ff:ff (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
   Source: 00:02:2d:09:17:be (Agere_09:17:be)
   Type: IP (0x0800)
⊞Internet Protocol, Src Addr: 0.0.0.0 (0.0.0.0), Dst Addr: 255.255.255.255 (255.255.255.255)
⊞User Datagram Protocol, Src Port: bootpc (68), Dst Port: bootps (67)
⊟Bootstrap Protocol
   Message type: Boot Request (1)
   Hardware type: Ethernet
   Hardware address length: 6
   Hops: 0
   Transaction ID: 0x0b2c065b
   Seconds elapsed: 0
   Broadcast flag: 0x0000
   Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
   Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
   Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
   Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
   Client hardware address: 00:02:2d:09:17:be
   Server host name not given
   Boot file name not given
   Magic cookie: (OK)
   Option 53: DHCP Message Type = DHCP Request
 ⊟Option 61: Client identifier
     Hardware type: Ethernet
     Client hardware address: 00:02:2d:09:17:be
   Option 50: Requested IP Address = 192.168.2.13
   Option 54: Server Identifier = 192.168.2.1
   Option 12: Host Name = "java"
   Option 81: Client Fully Qualified Domain Name (23 bytes)
   Option 60: Vendor class identifier = "MSFT 5.0"
 ⊟Option 55: Parameter Request List
     1 = Subnet Mask
     15 = Domain Name
     3 = Router
     6 = Domain Name Server
     44 = NetBIOS over TCP/IP Name Server
     46 = NetBIOS over TCP/IP Node Type
     47 = NetBIOS over TCP/IP Scope
     31 = Perform Router Discover
     33 = Static Route
     Unknown Option Code: 249
     43 = Vendor-Specific Information
   End Option
```

DHCP ACK

File Edit Capture Display Tools

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Discover - Transaction ID 0xb2c065b
2	0.004628	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP Offer - Transaction ID 0xb2c065b
3	0.005392	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	DHCP Request - Transaction ID 0xb2c065b
4	0.009656	192.168.2.1	192.168.2.13	DHCP	DHCP ACK - Transaction ID 0xb2c065b

```
⊞Frame 4 (590 on wire, 590 captured)
⊟Ethernet II
    Destination: 00:02:2d:09:17:be (Agere_09:17:be)
    Source: 00:30:bd:96:28:fa (BELKIN_96:28:fa)
    Type: IP (0x0800)
⊞Internet Protocol, Src Addr: 192.168.2.1 (192.168.2.1), Dst Addr: 192.168.2.13 (192.168.2.13)
⊞User Datagram Protocol, Src Port: bootps (67), Dst Port: bootpc (68)
⊟Bootstrap Protocol
    Message type: Boot Reply (2)
    Hardware type: Ethernet
    Hardware address length: 6
    Hops: 0
    Transaction ID: 0x0b2c065b
    Seconds elapsed: 0
    Broadcast flag: 0x0000
    Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Your (client) IP address: 192.168.2.13 (192.168.2.13)
    Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Client hardware address: 00:02:2d:09:17:be
    Server host name not given
    Boot file name not given
    Magic cookie: (OK)
    Option 53: DHCP Message Type = DHCP ACK
    Option 54: Server Identifier = 192.168.2.1
    Option 51: IP Address Lease Time = 12427 days, 13 hours, 37 minutes, 3 seconds
    Option 1: Subnet Mask = 255.255.255.0
    Option 3: Router = 192.168.2.1
  ⊟Option 6: Domain Name Server
      IP Address: 217.9.64.200
      IP Address: 217.9.64.220
      IP Address: 217.9.64.3
    Option 15: Domain Name = "napoli.consorzio-cini.it"
    Option 44: NetBIOS over TCP/IP Name Server = 217.9.64.200
    End Option
    Padding
```