

**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



**Corso di Reti di Calcolatori I**

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

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

**ARP – RARP – DHCP**

**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**



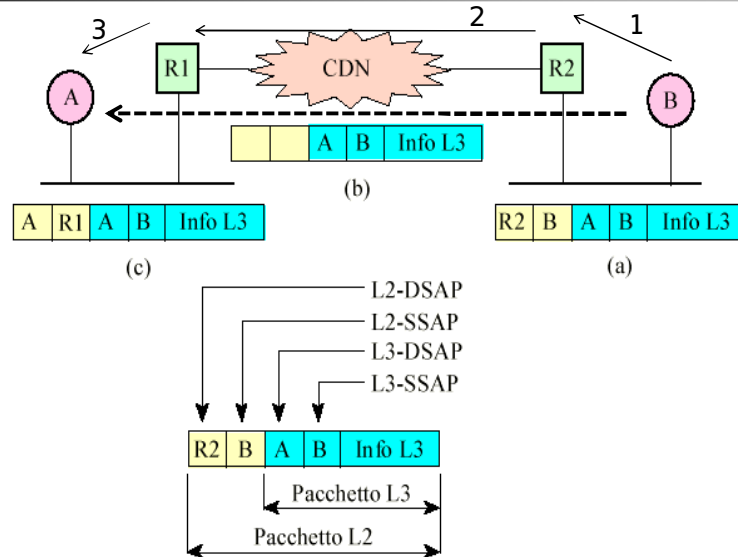
### **Nota di Copyright**

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

## Indirizzi IP ed Indirizzi di Livello 2



3

## Problema della risoluzione dell'indirizzo



- Due host possono comunicare direttamente solo se sono collegati alla stessa rete fisica
  - Per potersi scambiare informazioni devono conoscere i rispettivi indirizzi fisici
- Il protocollo IP consente di individuare univocamente un host tramite un indirizzo logico (indirizzo IP)
  - Tutte le applicazioni usano gli indirizzi logici ed ignorano la rete fisica. Ma per inviare un messaggio occorre necessariamente conoscere anche l'indirizzo fisico
  - Pertanto, serve un meccanismo di corrispondenza tra gli indirizzi logici e gli indirizzi fisici. Tale meccanismo è offerto dal protocollo ARP

4

## ARP - Address Resolution Protocol



- Uno scenario tipico:
  - A deve spedire un datagram a B, host appartenente alla medesima rete logica (cioè, alla medesima rete IP)
  - A conosce l'indirizzo IP di B, ma non il suo indirizzo fisico
- Soluzione tramite ARP:
  - 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

5

## 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		

6

## Incapsulamento dei pacchetti ARP



- Il protocollo ARP interagisce direttamente con il livello data link
- Il pacchetto ARP viene incapsulato in un frame e spedito in broadcast sulla rete
  - L'header del frame di livello 2 specifica che il frame contiene un pacchetto ARP

7

## 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)

8

## 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: 00000000000000000000000000000000...

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)

9

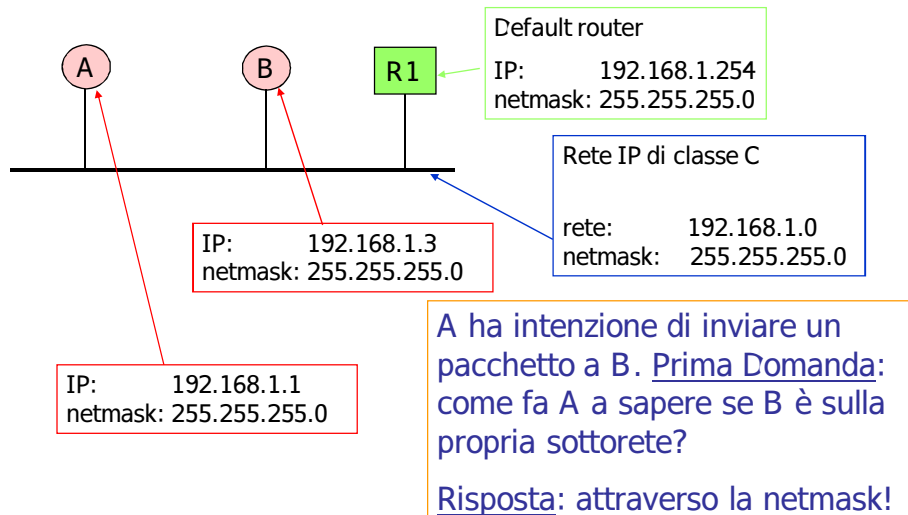
## ARP: scenari tipici



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

10

## ARP: primo caso (1/3)



11

## ARP: primo caso (2/3)



- Ogni computer ha un indirizzo IP ed una netmask. La netmask serve ad individuare la propria sottorete IP:
  - Digitare da una shell win2000 il comando:
    - ipconfig /all
- Il computer **A** esegue una AND tra l'indirizzo IP destinazione e la propria netmask.
  - Nel caso precedente:

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

IP di B	192.168.1.2
	AND
netmask A	255.255.255.0
	=
	192.168.1.0

12

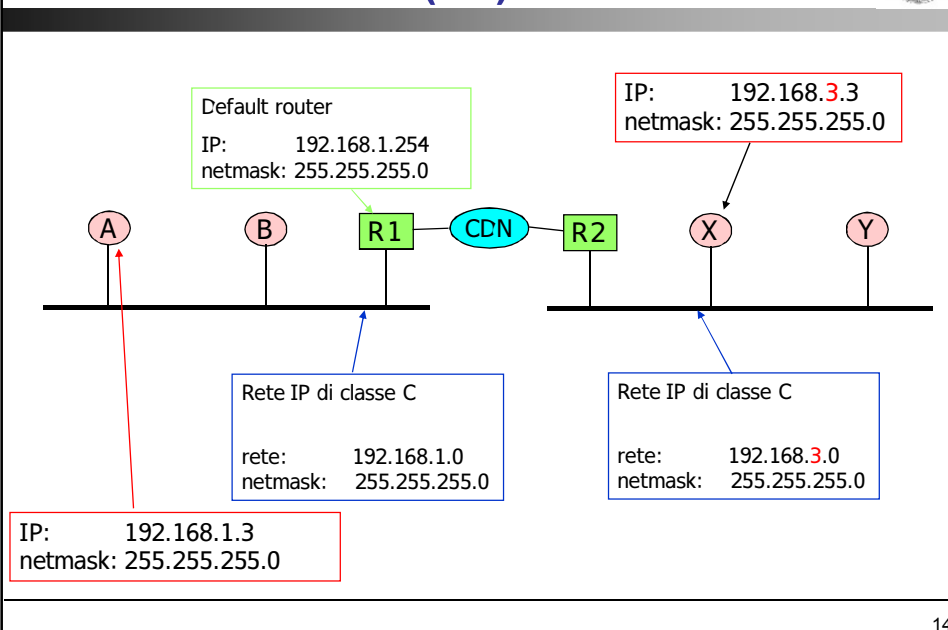
## ARP: primo caso (3/3)



- Se il computer **B** è sulla stessa sottorete IP
  - allora mando un pacchetto *ARP request* in broadcast
    - tale pacchetto contiene, nel campo **DEST IP**, l'indirizzo IP di B

13

## ARP: secondo caso (1/2)



## ARP: secondo caso (2/2)



- Se **A** intende mandare un pacchetto a **X**, l'operazione di AND tra la netmask e l'indirizzo IP DEST fornisce un risultato differente

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

IP di X	192.168.3.3
	AND
netmask A	255.255.255.0
	=
	192.168.3.0

In questo caso, pertanto, si prepara un pacchetto ARP in cui si specifica come indirizzo IP DEST proprio l'indirizzo IP del router

15

## 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

16



## 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

17

## Monitoraggio di ARP



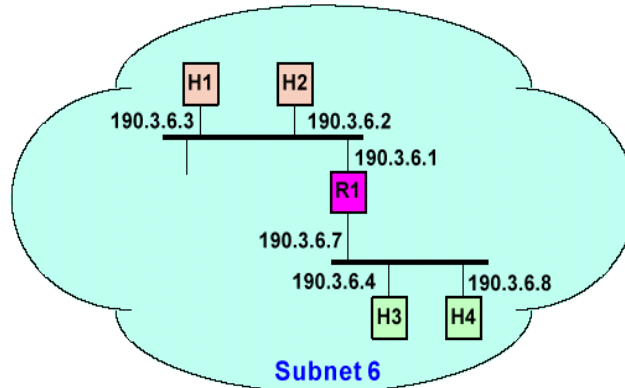
- Con il comando *arp* è possibile leggere e modificare il contenuto della arp cache
  - **arp -a** (legge il contenuto di tutta la cache)
- Con il comando *tcpdump* (o con un software tipo Ethereal...) è possibile monitorare tutto il traffico che viaggia sulla rete
  - È possibile filtrare solo i pacchetti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

18

## Proxy ARP



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



19

## 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

20

## 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 broadcast)
  - B risponde con un messaggio RARP reply contenente l'indirizzo IP di A

21

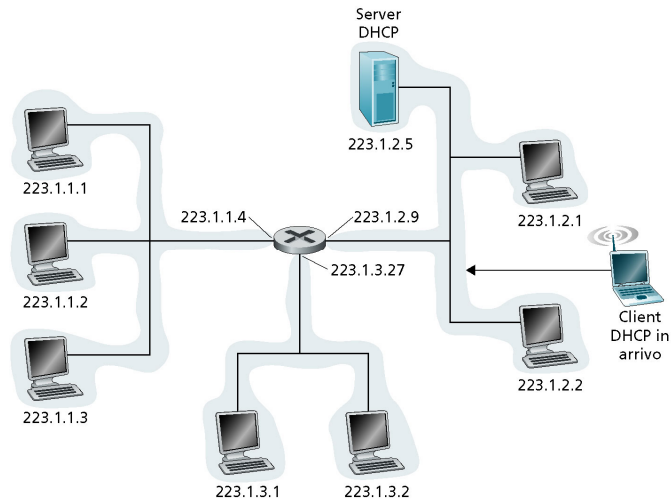
## Altre soluzioni per boot remoto



- 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

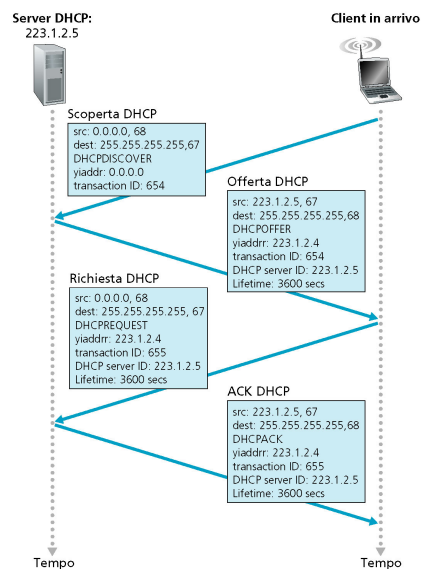
22

## DHCP: scenario tipico



23

## Interazione client-server via DHCP



24

## 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: 0xb2c065b
  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
    
```

25

## 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: 0xb2c065b
  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: 217.9.64.200
  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
    
```

26

# DHCP request



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: 0xb2c065b  
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 51: 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 51: Client Fully Qualified Domain Name (23 bytes)  
Option 60: Vendor class Identifier = "MSFT 5.0"  
@Option 55: Parameter Request List  
1 = Subnet Mask  
35 = 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

27

# DHCP ACK



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: 0xb2c065b  
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.consortio-cini.it"  
Option 44: NetBIOS over TCP/IP Name Server = 217.9.64.200  
End Option  
Padding

28