



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

Laboratorio di Reti di Telecomunicazione

Andrea Piroddi

Dipartimento di Ingegneria e Scienze Informatiche

Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Il laboratorio si focalizza sulla simulazione del processo di connessione di rete tra un PC e un Gateway, evidenziando i meccanismi fondamentali che permettono al PC di ottenere un indirizzo IP e di comunicare all'interno della rete.

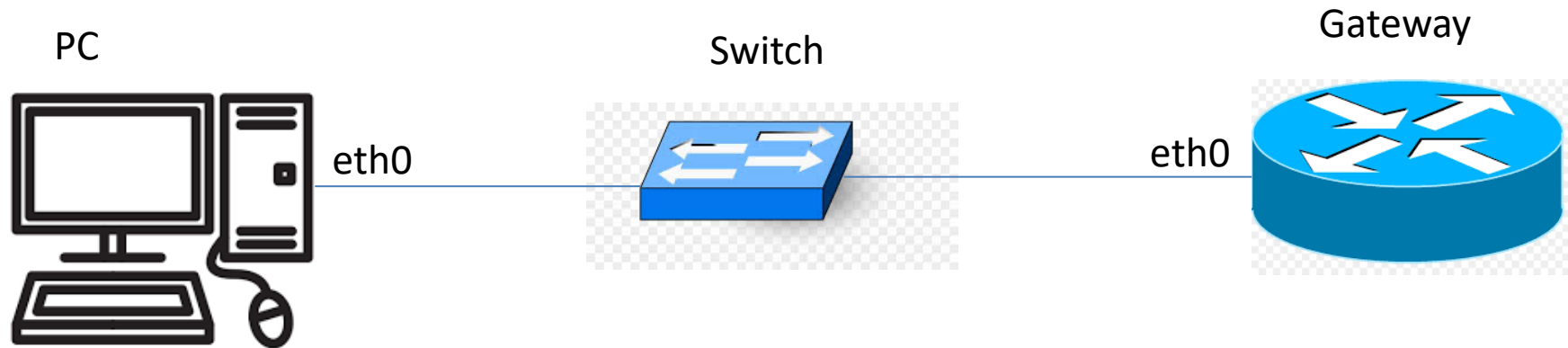
Attraverso l'utilizzo dei protocolli ARP (Address Resolution Protocol) e DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), verranno illustrati step by step i vari passaggi necessari per configurare la connessione di rete, con una visualizzazione interattiva tramite due finestre tkinter per rappresentare sia il PC che il Gateway.

L'obiettivo è mostrare come i dispositivi di rete comunicano e gestiscono il routing, dal momento in cui il PC si accende fino a quando è pronto a scambiare dati con altri dispositivi, sia all'interno che all'esterno della rete locale.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Il PC deve ottenere un indirizzo IP dal Gateway (DHCP).



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Quando un PC si accende, l'unico identificatore che possiede è il suo indirizzo MAC (Media Access Control), un identificatore univoco assegnato alla scheda di rete. L'indirizzo MAC è un valore fisso e non cambia, ed è utilizzato per la comunicazione a livello di collegamento dati (livello 2 del modello OSI).

Tuttavia, per poter comunicare su una rete IP (livello 3 del modello OSI), il PC ha bisogno di un indirizzo IP (Internet Protocol), che viene utilizzato per instradare i pacchetti di dati su reti locali e globali. Senza un indirizzo IP, il PC non può interagire con altri dispositivi nella rete o su Internet.

Per ottenere un indirizzo IP, il PC utilizza il protocollo DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol), che permette di richiedere e ricevere un IP dinamico assegnato automaticamente da un server di rete (in questo caso, il Gateway).



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Lanciare i due eseguibili Python:

- Gateway.py

```
[apirodd@MacBook-Pro-di-andrea dhcp e arp request % python3 Gateway.py  
2024-10-17 21:46:09.504 Python[4907:291036] +[IMKClient subclass]: chose IMKClient_Legacy  
2024-10-17 21:46:09.505 Python[4907:291036] +[IMKInputSession subclass]: chose IMKInputSession_Legacy
```

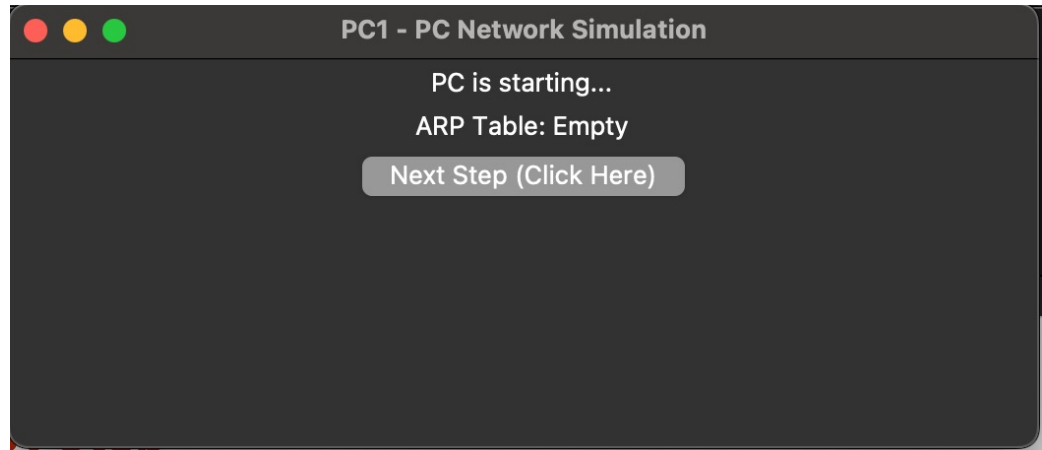
- PC.py

```
[apirodd@MacBook-Pro-di-andrea dhcp e arp request % python3 PC.py  
2024-10-17 21:48:09.142 Python[4984:293752] +[IMKClient subclass]: chose IMKClient_Legacy  
2024-10-17 21:48:09.142 Python[4984:293752] +[IMKInputSession subclass]: chose IMKInputSession_Legacy
```



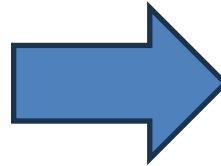
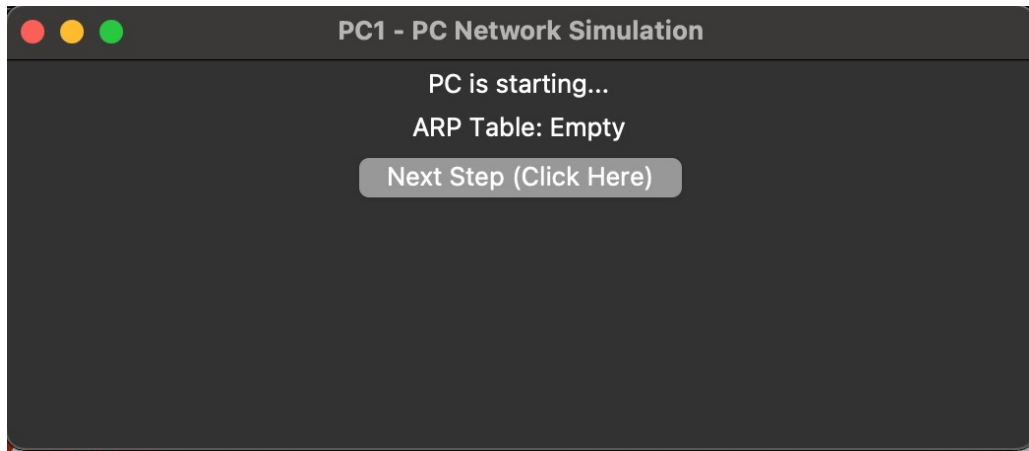
Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

A questo punto si presentano due maschere che mostrano i messaggi e le azioni rispettivamente del PC e del Gateway nella fase di accensione del PC.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Fase 1: PC invia una richiesta IP tramite **DHCP Discovery in Broadcast.**



Nella **fase 1**, quando il PC invia una richiesta ARP (Address Resolution Protocol) per trovare l'indirizzo IP del Gateway, il pacchetto che invia è un **messaggio ARP Request**. Questo pacchetto viene inviato in **broadcast** perché il PC non conosce l'indirizzo IP del destinatario e deve scoprire a chi appartiene.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto DHCP Discovery:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast)
- **Source MAC Address:** Indirizzo MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **EtherType:** 0x0800 (indica un pacchetto IPv4)

Livello 3 (IP Header)

- **Source IP Address:** 0.0.0.0 (il PC non ha ancora un IP configurato)
- **Destination IP Address:** 255.255.255.255 (broadcast per raggiungere tutti i dispositivi)

Livello 4 (UDP Header)

- **Source Port:** 68 (porta del client DHCP)
- **Destination Port:** 67 (porta del server DHCP)

Payload (DHCP Message)

- **DHCP Message Type:** DHCP Discover
- **Client MAC Address:** 00:0C:29:3E:1D:4F (MAC del PC)



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

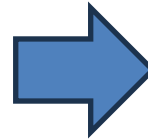
Rappresentazio
ne del
pacchetto
DHCP Discover:

Destination MAC Address	FF:FF:FF:FF:FF:FF	(Broadcast)
Source MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
EtherType	0x0800 (IPv4)	
Source IP Address	0.0.0.0	(PC non ha ancora IP)
Destination IP Address	255.255.255.255	(Broadcast IP)
Source Port	68	(Client DHCP)
Destination Port	67	(Server DHCP)
DHCP Message Type	DHCP Discover	
Client MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	



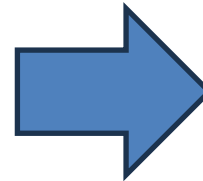
Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Fase 2: Il Gateway Riceve la DHCP DISCOVERY REQUEST da parte del PC



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Quindi il Gateway risponde con una **DHCP OFFER**



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto DHCP Offer:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** MAC del server DHCP (es. 00:1A:2B:3C:4D:5E)
- **Source MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **EtherType:** 0x0800 (IPv4)

Livello 3 (IP Header)

- **Source IP Address:** 0.0.0.0 (il PC non ha ancora un IP configurato)
- **Destination IP Address:** IP del server DHCP (es. 192.168.1.1)

Livello 4 (UDP Header)

- **Source Port:** 68 (porta DHCP client)
- **Destination Port:** 67 (porta DHCP server)

Payload (DHCP Message)

- **DHCP Message Type:** DHCP Request
- **Requested IP Address:** L'indirizzo IP offerto (es. 192.168.1.10)
- **Server Identifier:** L'indirizzo IP del server DHCP (es. 192.168.1.1)
- **Client MAC Address:** 00:0C:29:3E:1D:4F (MAC del PC)
- **Parameter Request List:** Richiesta di parametri aggiuntivi come subnet mask, gateway, DNS server, ecc.



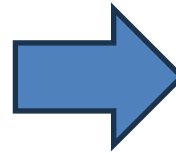
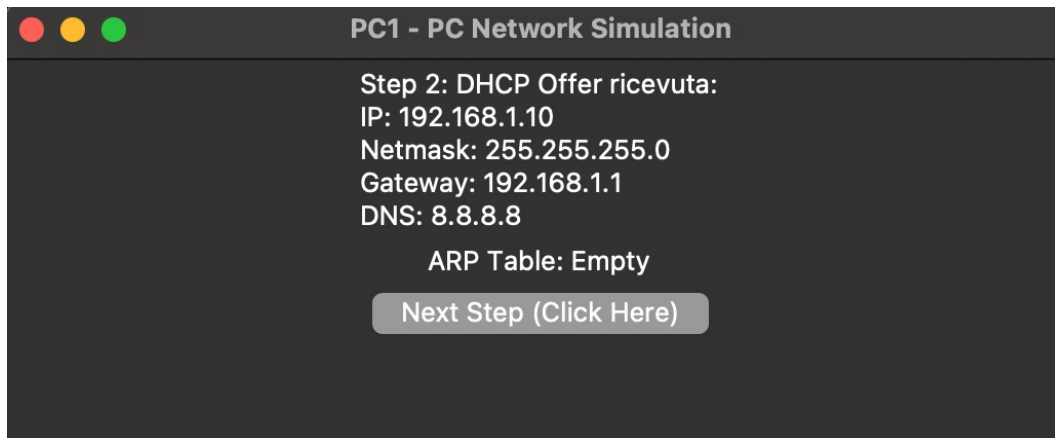
Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Rappresentazione del pacchetto
DHCP Offer:

Destination MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Source MAC Address	00:1A:2B:3C:4D:5E	(MAC del Gateway)
EtherType	0x0800 (IPv4)	
Source IP Address	192.168.1.1	(Gateway/DHCP Server)
Destination IP Address	255.255.255.255	(Broadcast IP)
Source Port	67	(Server DHCP)
Destination Port	68	(Client DHCP)
DHCP Message Type	DHCP Offer	
Your IP Address	192.168.1.10	(IP assegnato al PC)
Subnet Mask	255.255.255.0	
Gateway IP Address	192.168.1.1	(IP del Gateway)
Lease Time	3600	(Durata lease in secondi)
Server Identifier	192.168.1.1	(IP del DHCP Server)
Client MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)

Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

FASE 3: il PC riceve la DHCP Offer e risponde al server con una **DHCP REQUEST**



Dopo aver ricevuto il pacchetto **DHCP Offer**, il PC risponde con un pacchetto **DHCP Request**, in cui conferma che desidera accettare l'indirizzo IP offerto dal server DHCP.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto DHCP Request:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast, poiché il server potrebbe non avere ancora l'indirizzo MAC del PC)
- **Source MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **EtherType:** 0x0800 (indica un pacchetto IPv4)

Livello 3 (IP Header)

- **Source IP Address:** 0.0.0.0 (il PC non ha ancora un IP configurato)
- **Destination IP Address:** 255.255.255.255 (broadcast, poiché il PC non conosce l'indirizzo IP del server)

Livello 4 (UDP Header)

- **Source Port:** 68 (porta DHCP client)
- **Destination Port:** 67 (porta DHCP server)

Payload (DHCP Message)

- **DHCP Message Type:** DHCP Request
- **Requested IP Address:** L'indirizzo IP offerto (es. 192.168.1.10)
- **Server Identifier:** L'indirizzo IP del server DHCP (es. 192.168.1.1)
- **Client MAC Address:** 00:0C:29:3E:1D:4F (MAC del PC)
- **Parameter Request List:** Richiesta di parametri aggiuntivi come subnet mask, gateway, DNS server, ecc.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

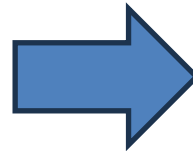
Rappresentazione
corretta del pacchetto
DHCP Request:

Destination MAC Address	00:1A:2B:3C:4D:5E	(MAC del server DHCP)
Source MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
EtherType	0x0800 (IPv4)	
Source IP Address	0.0.0.0	(PC senza IP)
Destination IP Address	192.168.1.1	(IP del server DHCP)
Source Port	68	(Client DHCP)
Destination Port	67	(Server DHCP)
DHCP Message Type	DHCP Request	
Requested IP Address	192.168.1.10	(IP offerto dal DHCP)
Server Identifier	192.168.1.1	(IP del server DHCP)
Client MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Parameter Request List	Subnet Mask, Gateway	(Parametri richiesti)



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

FASE 4: Il server riceve la DHCP REQUEST da parte del PC e risponde con **ACKNOWLEDGE** e IP ASSEGNATO



Il pacchetto **DHCP Acknowledge (ACK)** è l'ultimo messaggio scambiato tra il server DHCP e il client (PC) durante il processo di configurazione della rete.

In questo messaggio, il server conferma che l'indirizzo IP richiesto dal PC è stato assegnato definitivamente e fornisce eventuali ulteriori dettagli di configurazione (come la subnet mask, il gateway e i server DNS).



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto DHCP Acknowledge:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **Source MAC Address:** MAC del server DHCP (es. 00:1A:2B:3C:4D:5E)
- **EtherType:** 0x0800 (IPv4)

Livello 3 (IP Header)

- **Source IP Address:** IP del server DHCP (es. 192.168.1.1)
- **Destination IP Address:** IP richiesto dal PC (es. 192.168.1.10)

Livello 4 (UDP Header)

- **Source Port:** 67 (porta DHCP server)
- **Destination Port:** 68 (porta DHCP client)

Payload (DHCP Message)

- **DHCP Message Type:** DHCP Acknowledge
- **Assigned IP Address:** L'indirizzo IP assegnato (es. 192.168.1.10)
- **Lease Time:** La durata della validità dell'indirizzo IP (es. 86400 secondi, cioè 24 ore)
- **Subnet Mask:** La subnet mask associata (es. 255.255.255.0)
- **Router (Gateway):** Indirizzo IP del gateway della rete (es. 192.168.1.1)
- **DNS Servers:** Lista di server DNS (es. 8.8.8.8, 8.8.4.4)



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

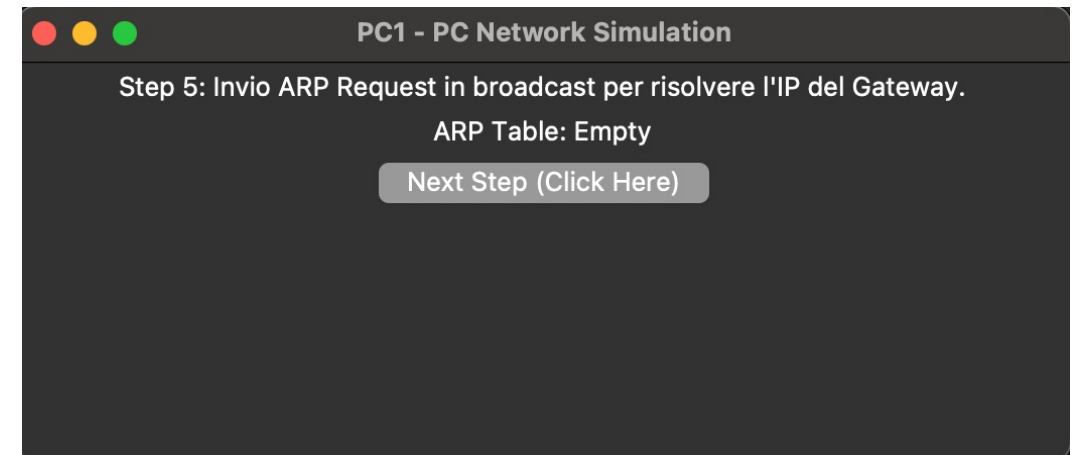
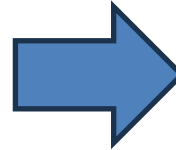
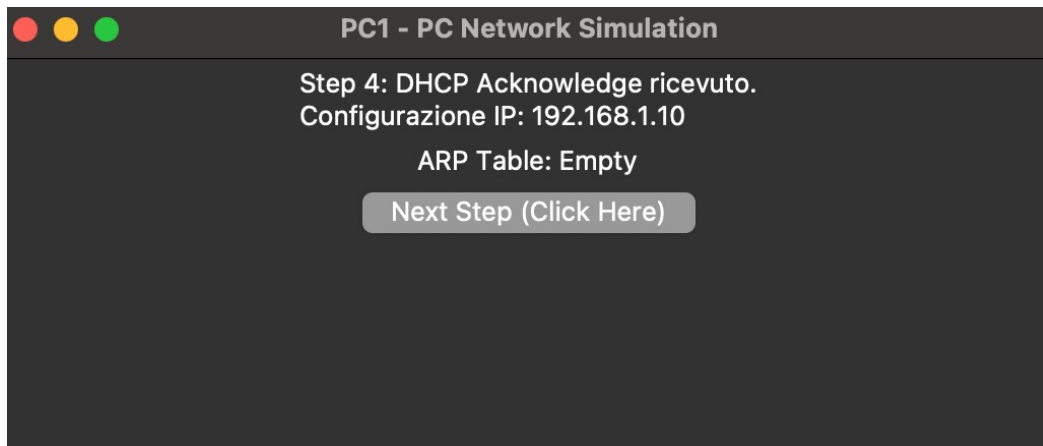
Rappresentazione
del pacchetto
DHCP
Acknowledge.

In questa fase, il
PC ha tutto il
necessario per
completare la
configurazione
della rete e iniziare
a comunicare con
altri dispositivi
sulla rete.

Destination MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Source MAC Address	00:1A:2B:3C:4D:5E	(MAC del server DHCP)
EtherType	0x0800 (IPv4)	
Source IP Address	192.168.1.1	(IP del server DHCP)
Destination IP Address	192.168.1.10	(IP assegnato al PC)
Source Port	67	(Server DHCP)
Destination Port	68	(Client DHCP)
DHCP Message Type	DHCP Acknowledge	
Assigned IP Address	192.168.1.10	(IP assegnato al PC)
Lease Time	86400 seconds (24 ore)	
Subnet Mask	255.255.255.0	(Subnet mask)
Router (Gateway)	192.168.1.1	(Indirizzo del gateway)
DNS Servers	8.8.8.8, 8.8.4.4	(Server DNS)

Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

FASE 5: il PC invia una **ARP REQUEST** in broadcast per risolvere gli indirizzi ip degli host direttamente connessi alla rete del PC



Il pacchetto ARP Request viene inviato in broadcast a tutti i dispositivi sulla rete locale. Solo il dispositivo con l'indirizzo IP di destinazione (in questo caso, il Gateway) risponderà con il proprio MAC address, inviando un pacchetto ARP Reply.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto ARP Request:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** FF:FF:FF:FF:FF:FF (broadcast)
- **Source MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **EtherType:** 0x0806 (ARP)

Livello 3 (ARP Packet)

- **Hardware Type:** 1 (Ethernet)
- **Protocol Type:** 0x0800 (IPv4)
- **Hardware Address Length:** 6 (lunghezza MAC address)
- **Protocol Address Length:** 4 (lunghezza IP address)
- **Operation:** 1 (ARP Request)
- **Sender MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **Sender IP Address:** IP del PC (es. 192.168.1.10)
- **Target MAC Address:** 00:00:00:00:00:00 (non conosciuto, da scoprire)
- **Target IP Address:** IP del dispositivo di destinazione (es. 192.168.1.1)



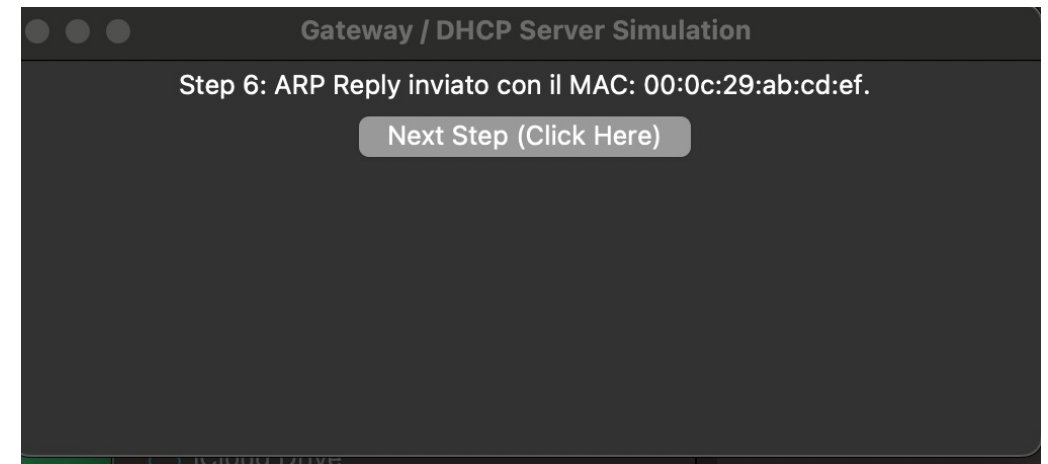
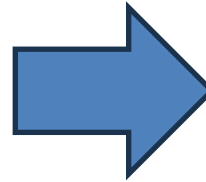
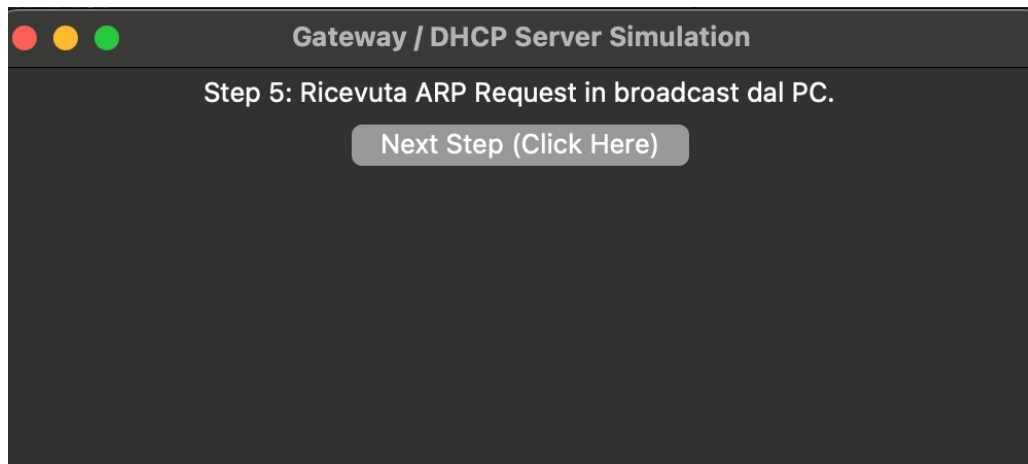
Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Rappresentazione del
pacchetto ARP Request:

Destination MAC Address	FF:FF:FF:FF:FF:FF	(broadcast)
Source MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
EtherType	0x0806 (ARP)	
Hardware Type	1 (Ethernet)	
Protocol Type	0x0800 (IPv4)	
Hardware Address Length	6	
Protocol Address Length	4	
Operation	1 (ARP Request)	
Sender MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Sender IP Address	192.168.1.10	(IP del PC)
Target MAC Address	00:00:00:00:00:00	(non conosciuto)
Target IP Address	192.168.1.1	(IP del Gateway)

Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

FASE 6: Il Gateway riceve la ARP REQUEST e risponde con una **ARP REPLY**



Il pacchetto ARP Request viene inviato in broadcast a tutti i dispositivi sulla rete locale. Solo il dispositivo con l'indirizzo IP di destinazione (in questo caso, il Gateway) risponderà con il proprio MAC address, inviando un pacchetto ARP Reply.



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Struttura del pacchetto ARP Reply:

Livello 2 (Ethernet Frame)

- **Destination MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **Source MAC Address:** MAC del Gateway (es. 00:0C:29:AA:BB:CC)
- **EtherType:** 0x0806 (ARP)

Livello 3 (ARP Packet)

- **Hardware Type:** 1 (Ethernet)
- **Protocol Type:** 0x0800 (IPv4)
- **Hardware Address Length:** 6 (lunghezza MAC address)
- **Protocol Address Length:** 4 (lunghezza IP address)
- **Operation:** 2 (ARP Reply)
- **Sender MAC Address:** MAC del Gateway (es. 00:0C:29:AA:BB:CC)
- **Sender IP Address:** IP del Gateway (es. 192.168.1.1)
- **Target MAC Address:** MAC del PC (es. 00:0C:29:3E:1D:4F)
- **Target IP Address:** IP del PC (es. 192.168.1.10)



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Rappresentazione del pacchetto ARP Reply:

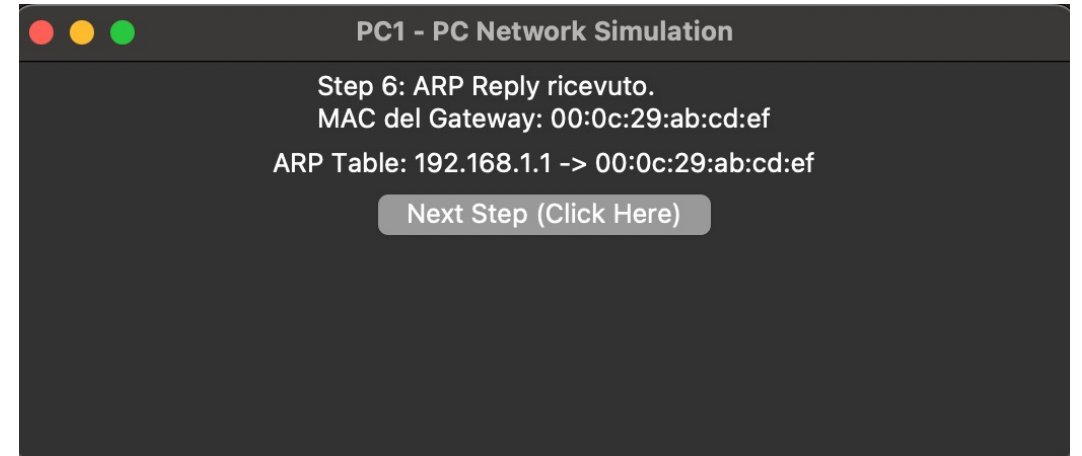
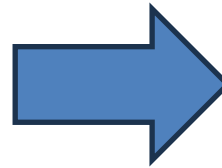
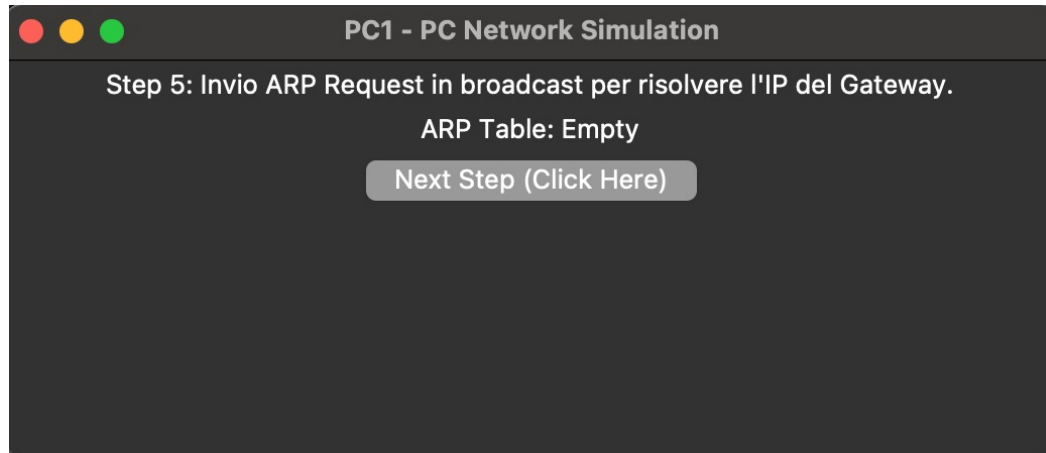
L'ARP Reply viene inviato direttamente al PC (non in broadcast), e contiene l'informazione che il PC sta cercando: l'associazione tra l'indirizzo IP del Gateway e il suo indirizzo MAC.

Questa informazione viene quindi memorizzata nella **ARP table** del PC, permettendogli di comunicare direttamente con il Gateway.

Destination MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Source MAC Address	00:0C:29:AA:BB:CC	(MAC del Gateway)
EtherType	0x0806 (ARP)	
Hardware Type	1 (Ethernet)	
Protocol Type	0x0800 (IPv4)	
Hardware Address Length	6	
Protocol Address Length	4	
Operation	2 (ARP Reply)	
Sender MAC Address	00:0C:29:AA:BB:CC	(MAC del Gateway)
Sender IP Address	192.168.1.1	(IP del Gateway)
Target MAC Address	00:0C:29:3E:1D:4F	(MAC del PC)
Target IP Address	192.168.1.10	(IP del PC)

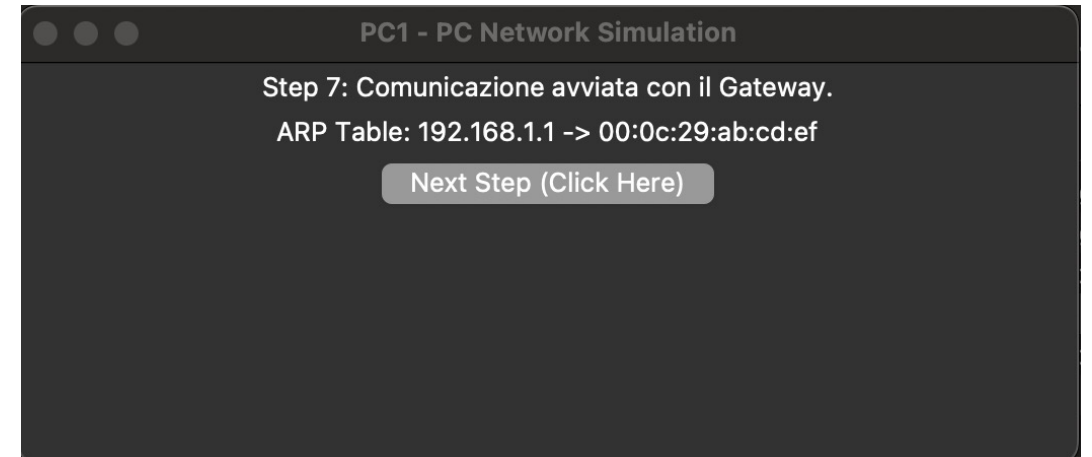
Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

IL PC è in grado ora di aggiornare la sua ARP TABLE



Protocollo DHCP e ARP – Step by Step

Il Gateway ed il PC possono ora iniziare a comunicare.



In sintesi, **DHCP** fornisce le informazioni di configurazione di rete, mentre **ARP** risolve i MAC address locali, rendendo possibile la comunicazione sulla rete. I due protocolli lavorano insieme per garantire che i dispositivi si colleghino e comunichino senza problemi all'interno della rete.

