

Università di Roma Tor Vergata
Corso di Laurea triennale in Informatica
Sistemi operativi e reti
A.A. 2016-17

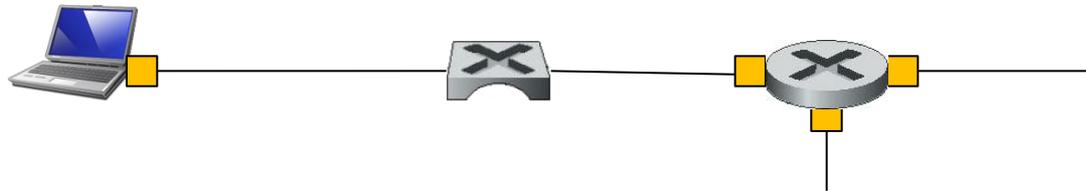
Pietro Frasca

Parte II: Reti di calcolatori
Lezione 16 (40)

Venerdì 5-05-2017

Indirizzamento IPv4

- Prima di parlare dell'indirizzamento IP, è necessario chiarire come host e router sono connessi in rete.
- Generalmente un host è collegato tramite un'interfaccia (scheda) di rete ad un dispositivo di interconnessione, come ad esempio uno switch, mediante un mezzo trasmissivo.

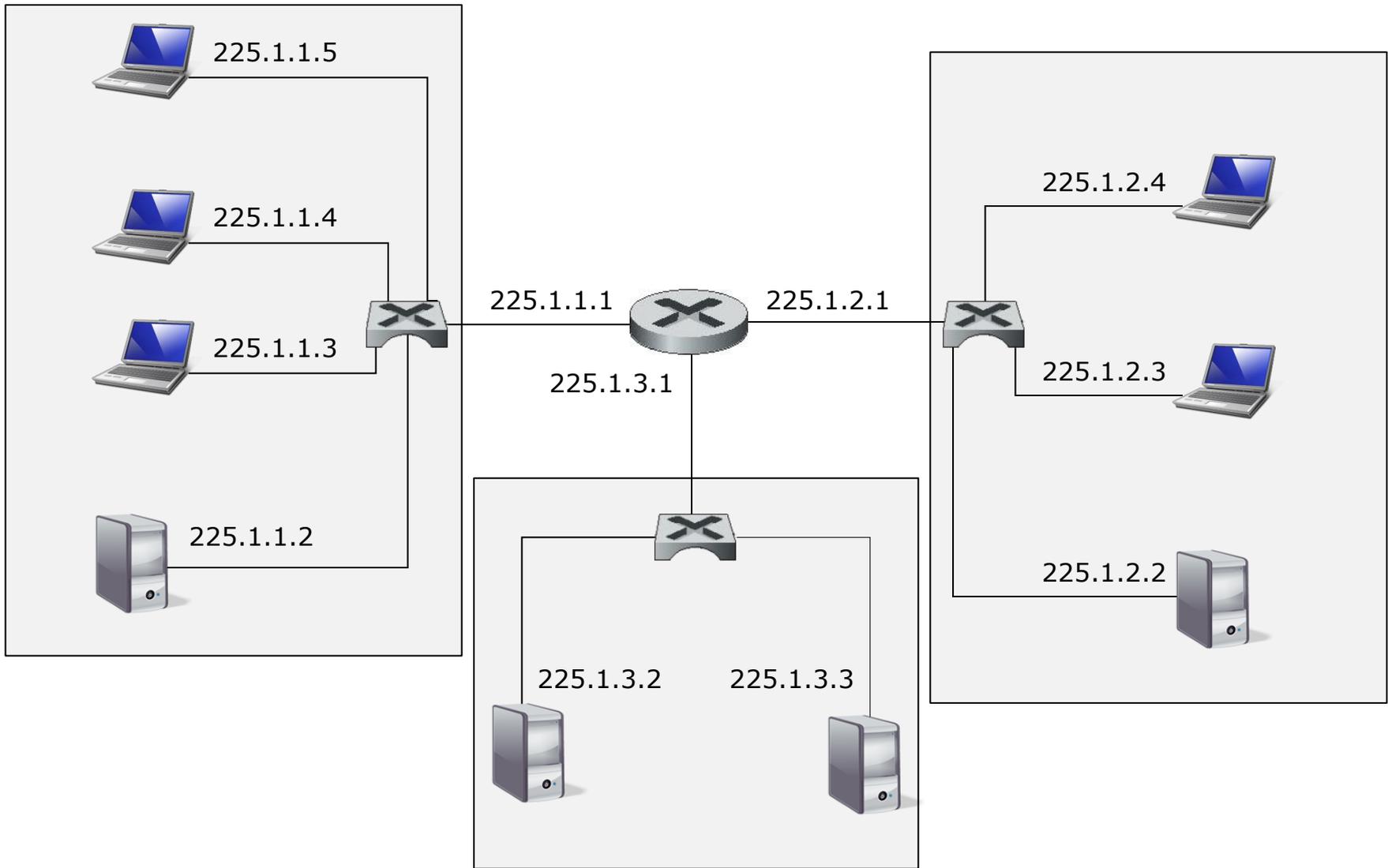


- Un router ovviamente deve essere collegato a due o più link mediante le relative interfacce.
- Un **indirizzo IP è associato a un'interfaccia**, piuttosto che all'host o al router a cui appartiene l'interfaccia.
- Ogni interfaccia di rete deve avere un indirizzo che è globalmente unico.

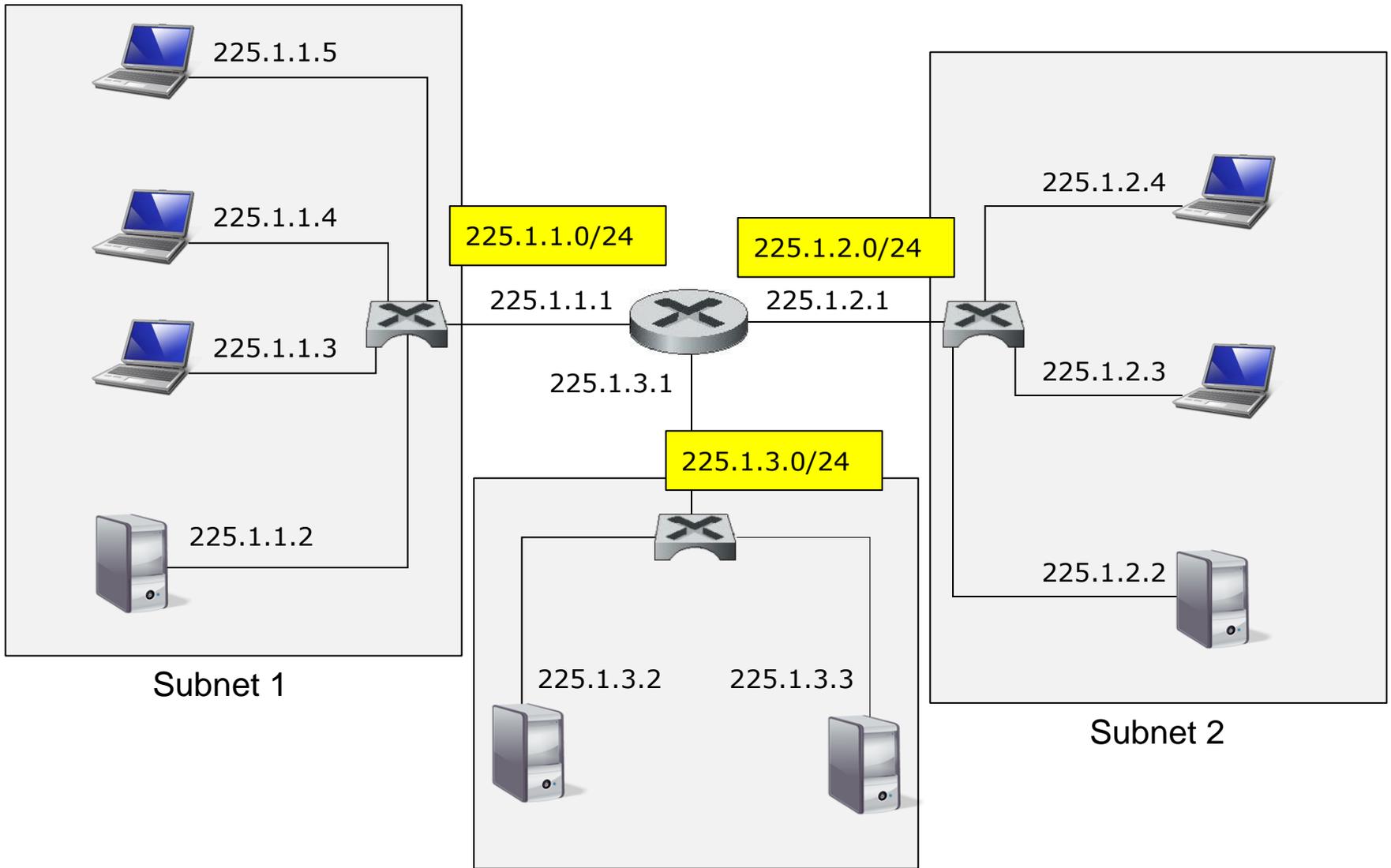
- Un **indirizzo IP** è di 32 bit (4 byte) e ci sono, quindi, in totale **2^{32} (4.294.967.296) possibili indirizzi IP**.
- Gli indirizzi IP sono espressi in notazione decimale puntata, nella quale ciascun byte dell'indirizzo è espresso in decimale ed è separato da un punto dagli altri byte dell'indirizzo. Per esempio, l'indirizzo IP **160.80.1.113, in forma decimale puntata**, corrisponde in notazione binaria a:

10100000 01010000 00000001 01110001

- Un indirizzo IP è suddiviso in due parti: una parte di esso è relativo alla "**rete**" cui l'interfaccia è collegata e una parte, "**host**", che specifica la singola interfaccia all'interno della particolare rete.
- La figura seguente mostra un esempio di indirizzamento IP e alcune interfacce.



Indirizzi delle interfacce.

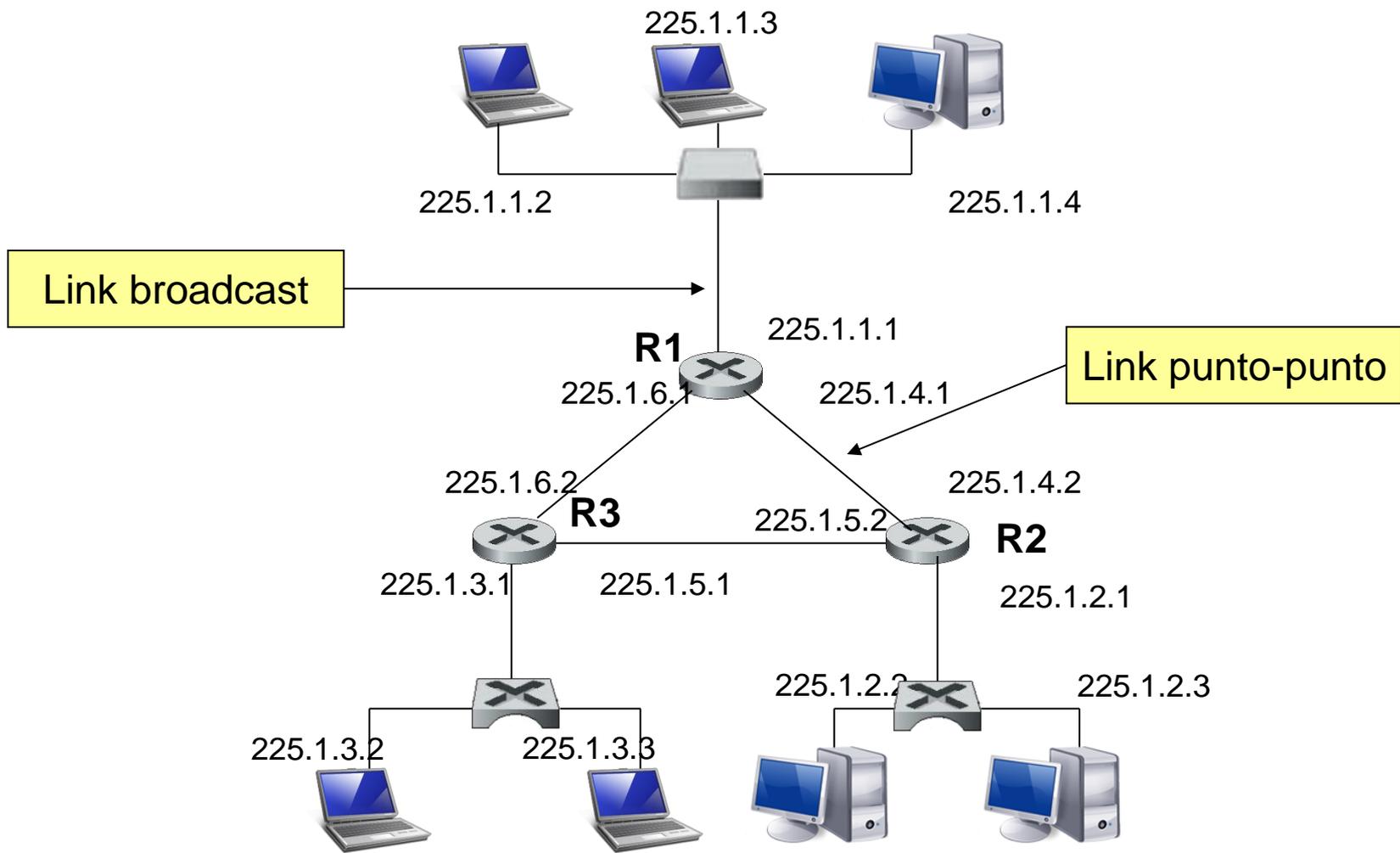


Subnet 3
Indirizzi di subnet.

- Nella subnet 1, i quattro host e un'interfaccia del router, collegati tramite uno switch, hanno tutti un indirizzo IP nel formato **225.1.1.xxx**. Essi hanno in comune i 24 bit più significativi del loro indirizzo IP.
- Le interfacce di questi host e l'interfaccia sinistra del router formano una rete IP. I 24 bit dell'indirizzo che essi condividono, detto **prefisso di rete**, formano la parte "**rete**" dell'indirizzo IP mentre i restanti otto bit sono la parte "**host**" dell'indirizzo IP.
- La stessa rete ha un indirizzo: **225.1.1.0/24**, dove la notazione **"/24"**, è la **network mask (maschera di rete)**, indica che i 24 bit più a sinistra dei 32 bit definiscono l'indirizzo della rete.

- Generalmente nell'IPv4 le netmask sono espresse in notazione decimale puntata. Pertanto "/24" significa che i primi 24 bit sono posti a 1 e i restanti 8 bit dell'indirizzo sono posti a 0 (11111111 11111111 11111111 00000000). Pertanto la corrispondente notazione decimale puntata di "/24" è **255.255.255.0**.
- Nell'esempio, alla rete 225.1.1.0/24, appartengono le quattro interfacce degli host (225.1.1.2, 225.1.1.3, 225.1.1.4 e 225.1.1.5) e un'interfaccia del router 225.1.1.1. Altri host che saranno collegati alla rete 225.1.1.0/24 dovranno avere tutti lo stesso prefisso di rete, cioè indirizzi nella forma 225.1.1.xxx. Il primo numero di un blocco di indirizzi è riservato per identificare la rete; l'ultimo numero del blocco è riservato a uno speciale numero detto numero di broadcast.

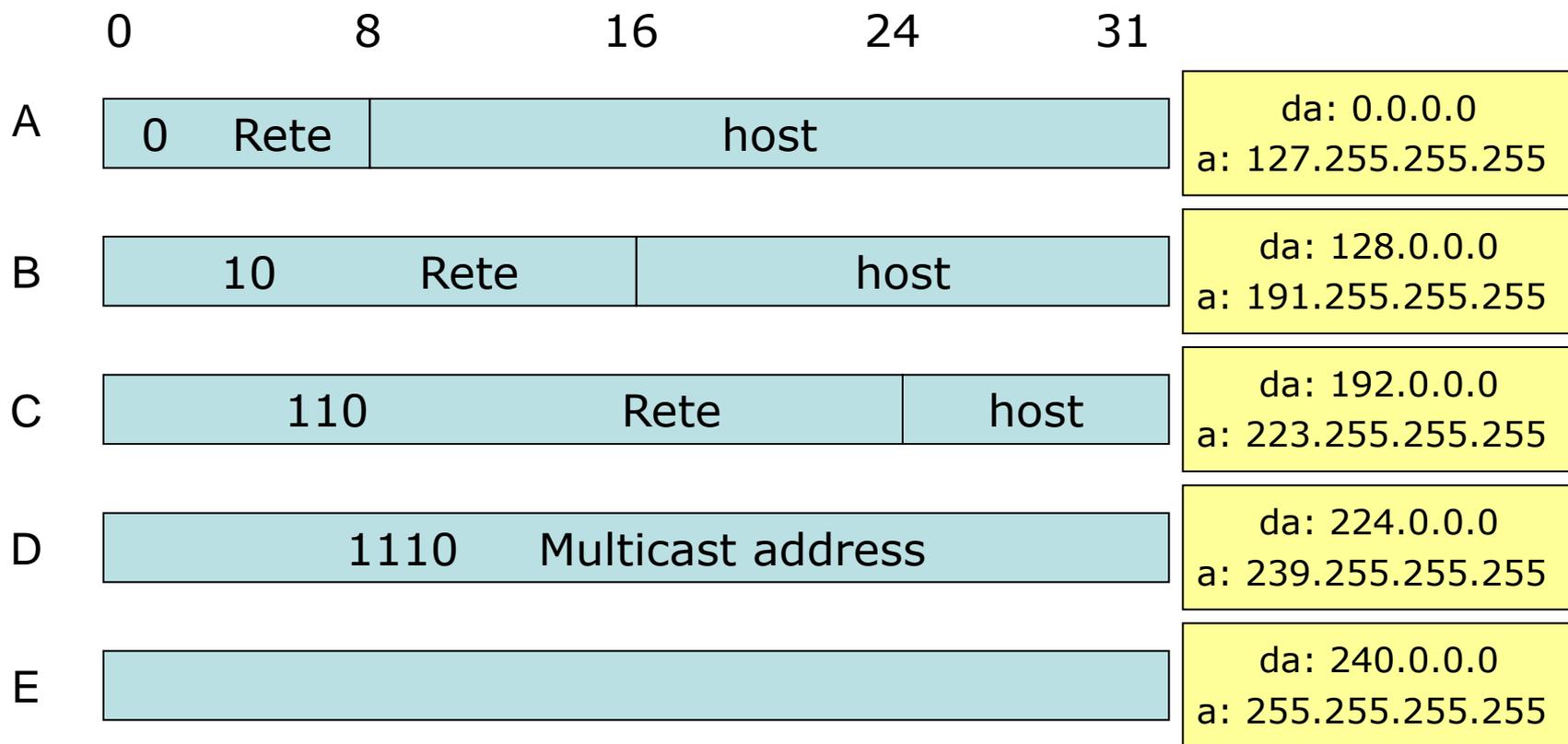
- La figura seguente mostra tre router che sono collegati tra loro con link **punto-punto**. Ogni router ha tre interfacce, una per ogni link punto-punto, e una per il link broadcast che collega direttamente il router a un gruppo di host.
- In questo esempio ci sono tre reti **225.1.1.0/24**, **225.1.2.0/24** e **225.1.3.0/24** del tipo visto nella figura precedente. Inoltre ci sono tre reti punto-punto: una rete, **225.1.4.0/24**, per le interfacce che collegano i router **R1** e **R2**; un'altra rete **225.1.5.0/24** per le interfacce che collegano i router **R2** e **R3**; e una terza rete **223.1.6.0/24**, per le interfacce che collegano i router **R3** e **R1**.
- La figura mostra 6 reti: 3 reti punto-punto e 3 reti broadcast (LAN).



3 router e 6 host. 6 reti: 3 reti punto-punto, 3 reti broadcast

Indirizzamento per classe

- Inizialmente, l'architettura dell'indirizzamento in Internet definiva **quattro classi dell'indirizzo**, come illustrato nella figura seguente.
- Per un indirizzo della Classe A, i primi otto bit identificano la rete, e gli ultimi 24 bit identificano le interfacce all'interno della rete. Quindi, nella Classe A possiamo avere fino a 2^7 reti (il primo degli otto bit è posto a 0), ciascuna con fino a 2^{24} interfacce.
- Lo spazio nella Classe B dell'indirizzo permette 2^{14} reti, con fino a 2^{16} interfacce entro ciascuna rete.
- Un indirizzo della classe C usa 24 bit per identificare la rete e otto bit per le interfacce.
- Gli indirizzi della Classe D sono riservati per gli indirizzi multicast.



Formato di indirizzo di IPV4

- Alcuni indirizzi sono riservati per usi speciali ([RFC 3330](#)).

| Indirizzi | CIDR | Funzione | RFC | Classe | Totale # indirizzi |
|-------------------------------|----------------------|--|--------------------------|--------|----------------------|
| 0.0.0.0 - 0.255.255.255 | 0.0.0.0/8 | Indirizzi zero | RFC 1700 | A | 16.777.216 |
| 10.0.0.0 - 10.255.255.255 | 10.0.0.0/8 | IP privati | RFC 1918 | A | 16.777.216 |
| 127.0.0.0 - 127.255.255.255 | 127.0.0.0/8 | Localhost Loopback Address | RFC 1700 | A | 16.777.216 |
| 169.254.0.0 - 169.254.255.255 | 169.254.0.0/16 | Zeroconf | RFC 3330 | B | 65.536 |
| 172.16.0.0 - 172.31.255.255 | 172.16.0.0/12 | IP privati | RFC 1918 | B | 1.048.576 |
| 192.0.2.0 - 192.0.2.255 | 192.0.2.0/24 | Documentation and Examples | RFC 3330 | C | 256 |
| 192.88.99.0 - 192.88.99.255 | 192.88.99.0/24 | IPv6 to IPv4 relay Anycast | RFC 3068 | C | 256 |
| 192.168.0.0 - 192.168.255.255 | 192.168.0.0/16 | IP privati | RFC 1918 | C | 256 reti di 256 host |
| 198.18.0.0 - 198.19.255.255 | 198.18.0.0/15 | Network Device Benchmark | RFC 2544 | C | 131.072 |
| 224.0.0.0 - 239.255.255.255 | 224.0.0.0/4 | Multicast | RFC 3171 | D | 268.435.456 |
| 240.0.0.0 - 255.255.255.255 | 240.0.0.0/4 | Riservato | RFC 1700 | E | 268.435.456 |

- L'indirizzamento per classe non è attualmente più utilizzato, anche se resta la terminologia delle classi nel caso in cui il prefisso di rete sia di 1, 2 o 3 byte.
- Dimensionare la parte "rete" di un indirizzo IP a una lunghezza di 1, 2 o 3 byte porta a un'assegnazione di numeri troppo grossolana. Una rete di classe C (/24) può solo contenere al massimo $2^8 - 2 = 254$ host (il primo è riservato per identificare la rete e l'ultimo per l'indirizzo broadcast) che è un numero troppo piccolo per molte società. D'altra parte, una rete di classe B (/16), con 65534 numeri è troppo grande.
- Nell'indirizzamento per classe, a un'organizzazione con, ad esempio, 2000 host veniva assegnata una classe B (/16). Questo portava a un rapido esaurimento degli indirizzi della classe B e a uno spreco enorme di numeri non usati.

Indirizzamento senza classe

- Nel 1993, l'IETF standardizzò l'instradamento interdominio senza classe (**Classless Interdomain Routing, CIDR**) [RFC 1519].
- Con l'indirizzamento **CIDR**, il prefisso di rete può avere qualsiasi lunghezza, invece di essere obbligata ad essere di 8, 16 o 24 bit.
- Un indirizzamento CIDR si esprime nella forma decimale puntata del tipo ***a.b.c.d/x***, in cui ***x*** indica il numero di bit più significativi che costituisce la parte dell'indirizzo relativa alla rete (prefisso di rete).

- Nel nostro precedente esempio, una società che ha 2000 host può richiedere un blocco di soli 2048 (2^{11}) indirizzi nella forma ***a.b.c.d/21***.
- In questo caso, i primi 21 bit specificano **l'indirizzo della rete** e sono comuni agli indirizzi IP di tutti gli host della società. I restanti 11 bit identificano gli specifici host nella rete dell'organizzazione.
- In pratica, la società può ulteriormente suddividere questi 11 bit rimasti usando una procedura detta **subnetting** [RFC 950] per suddividere la rete *a.b.c.d/21* in sottoreti (subnet) interne.
- Vediamo ora come un'organizzazione può ottenere un blocco di indirizzi di rete, e quindi come si assegna un indirizzo a una scheda di rete.

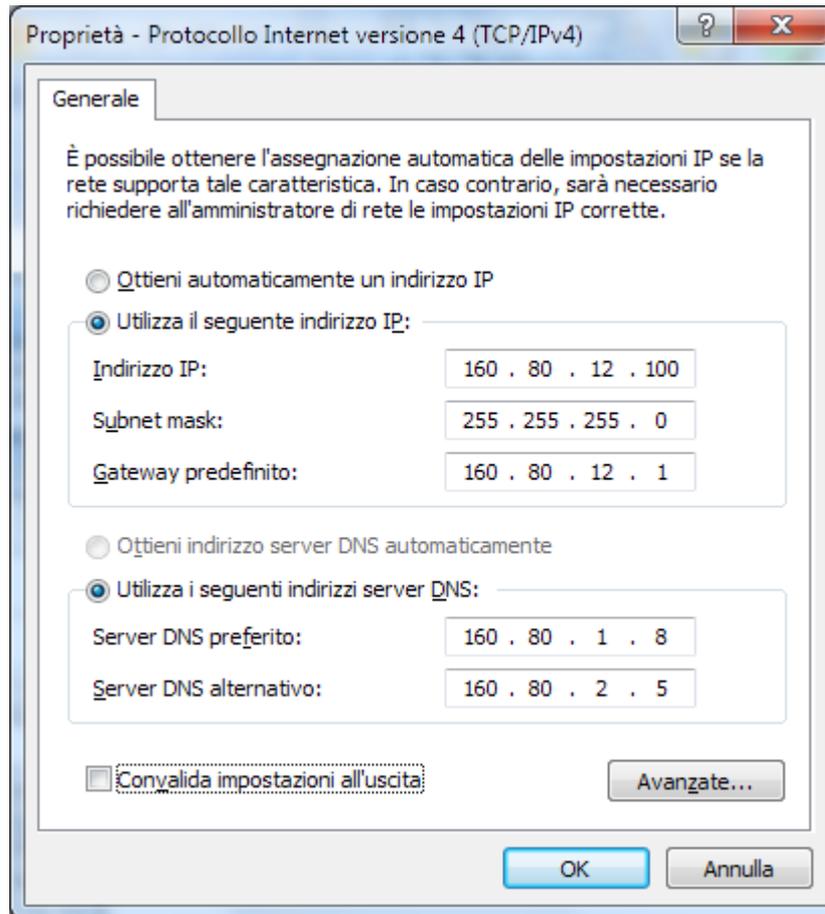
Assegnazione di indirizzi IP

- L' **ICANN** (***Internet Corporation for Assigned Names and Numbers***) è l'ente che ha la responsabilità di gestire gli indirizzi IP a livello mondiale.
- Come già descritto, l'ICANN gestisce anche i **root server DNS** e si occupa di assegnare i nomi di dominio.
- L'ICANN distribuisce gli indirizzi a registri regionali di Internet, che gestiscono gli indirizzi all'interno della loro regione. Questi registri li assegnano a loro volta agli ISP.
- Infine, per ottenere un blocco di indirizzi IP un amministratore di rete deve contattare un **ISP**, che può assegnargli gli indirizzi IP selezionandoli dagli indirizzi che già sono stati ad esso assegnati.
- Ad esempio, un ISP può possedere il blocco di indirizzi **200.23.16.0/20 (2¹²=4096 indirizzi)**.
- L'ISP, a sua volta, può suddividere questo blocco di indirizzi in blocchi più piccoli e assegnare uno di questi blocchi a delle società clienti.
- L'esempio seguente mostra come un blocco di indirizzi può essere suddiviso in 8 parti uguali di 2⁹ = 512 indirizzi ciascuno.

| | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|
| Blocco dell'ISP | 200.23.16.0/20 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001</u> 0000 | 00000000 |
| organizzazione 1 | 200.23.16.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001000</u> | 00000000 |
| organizzazione 2 | 200.23.18.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001001</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 3 | 200.23.20.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001010</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 4 | 200.23.22.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001011</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 5 | 200.23.24.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001100</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 6 | 200.23.26.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001101</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 7 | 200.23.28.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001110</u> 0 | 00000000 |
| organizzazione 8 | 200.23.30.0/23 | <u>11001000</u> | <u>00010111</u> | <u>0001111</u> 0 | 00000000 |

Configurazione di un'interfaccia di rete

- Una volta ottenuto un blocco di indirizzi da un ISP, è possibile assegnare indirizzi IP alle interfacce di host e router.
- Per le interfacce dei router l'assegnazione dei numeri IP si esegue manualmente.
- Per gli host, ci sono due modi in cui può essere assegnato un indirizzo IP:
 - **Configurazione manuale.** Il numero IP si configura manualmente.
 - **Configurazione automatica con DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).** Il DHCP è un protocollo che permette a un host di ottenere automaticamente un indirizzo IP e le altre informazioni, come l'indirizzo del suo router di default, la netmask e gli indirizzi dei server DNS, necessarie per consentire all'host di comunicare.
- Il DHCP, per le sue caratteristiche *plug-and-play*, è molto utilizzato sia nelle reti LAN che nelle reti wireless.



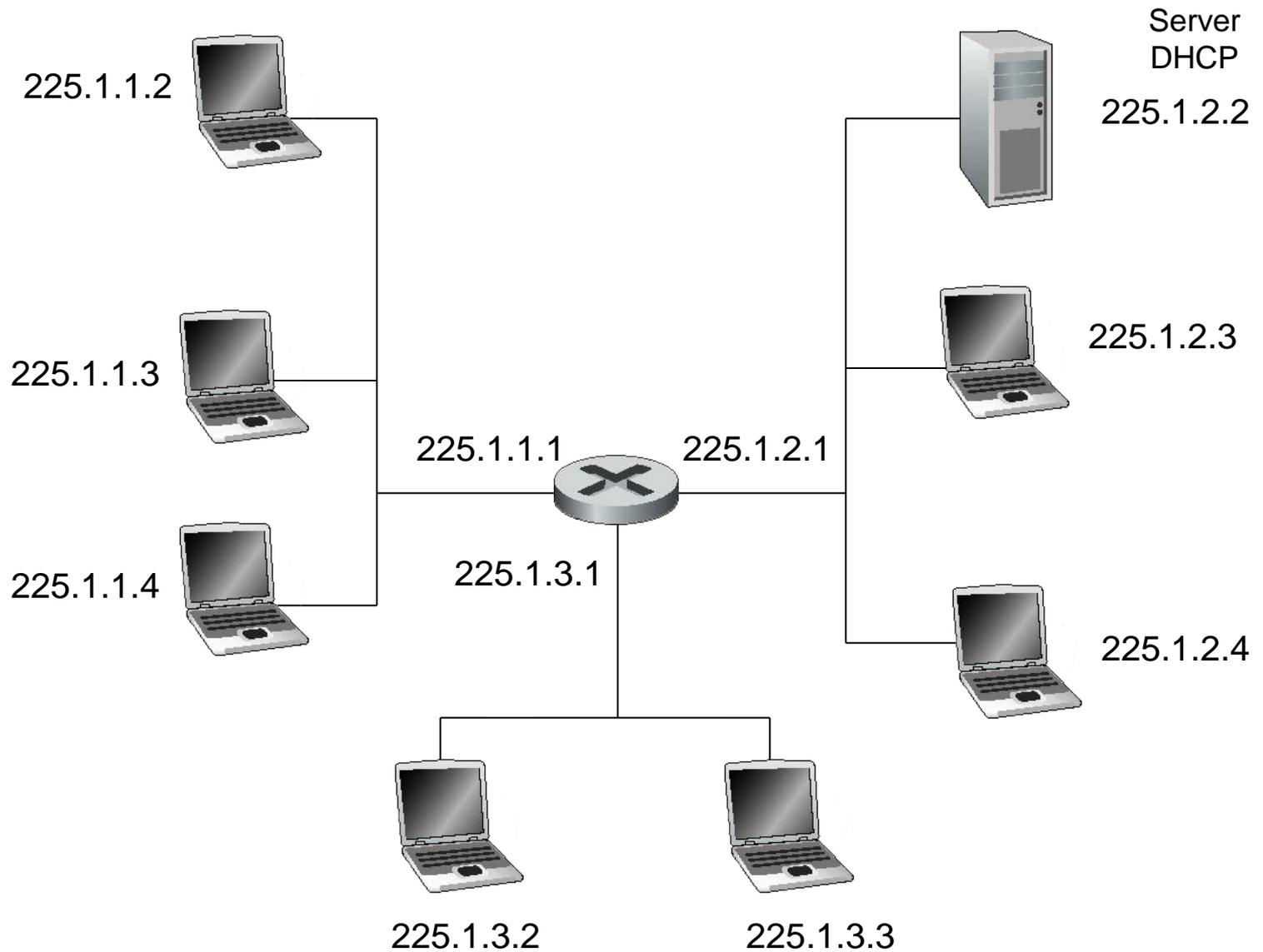
Finestra di dialogo per la configurazione manuale in Windows

- Il DHCP è un protocollo client-server che utilizza **UDP** e le porte **67** e **68**. Il lato client è implementato sull'host che appena acceso richiede una **configurazione di rete**.
- Un server DHCP può essere configurato in modo che un host riceva un **indirizzo IP persistente**, che conserverà ogni volta che l'host si connette in rete.
- Generalmente gli ISP per l'accesso residenziale, non possiedono un sufficiente numero di indirizzi IP per tutti i propri clienti. In tal caso, viene utilizzato il DHCP per assegnare a ciascun host che si connette un **indirizzo IP temporaneo**.
- Ad esempio, un ISP residenziale con 3000 clienti, che ha mediamente 1000 clienti connessi nello stesso istante, non ha bisogno di 3000 indirizzi. Infatti, con un server DHCP che assegna gli indirizzi in modo dinamico, all'ISP basta un blocco di 1024 indirizzi (della forma **CIDR a.b.c.d/22**).
- Il server DHCP gestisce una lista di indirizzi IP disponibili che aggiorna ogni volta che un host si connette o si disconnette. Quando un host si connette il server DHCP gli assegna un IP che estrae dalla lista; quando l'host si disconnette riscrive il suo numero IP nella lista rendendolo di nuovo disponibile.

- Quando un host si connette, il protocollo DHCP esegue le seguenti quattro fasi:
 - 1. Individuazione del server DHCP.** Il client per trovare un server DHCP invia un **messaggio di individuazione DHCP (DHCP discover message)**, il messaggio è inviato tramite **UDP** sulla **porta 67**.

Il client DHCP invia il messaggio di individuazione in broadcast usando l'indirizzo di destinazione broadcast **255.255.255.255** e usa come indirizzo sorgente l'indirizzo speciale **0.0.0.0** ("*questo host*").

Il messaggio di individuazione sarà ricevuto da tutti i server DHCP connessi in rete. Il *messaggio di individuazione* contiene un **identificativo di transazione** che permette di collegare le successive risposte alla richiesta.



2. Offerte dei server DHCP. Un server DHCP che riceve un *messaggio di individuazione DHCP* risponde al client inviando in broadcast un **messaggio di offerta DHCP**. Dato che possono essere presenti sulla rete vari server DHCP, il client può ricevere diversi messaggi di offerta.

Un messaggio di offerta contiene vari parametri tra i quali:

- **l'ID di transazione** del messaggio di individuazione ricevuto,
- **l'indirizzo IP** proposto per il client,
- la **maschera di rete (net mask)**,
- L'indirizzo IP del router di default,
- gli indirizzi IP dei DNS
- un **tempo di durata di validità dell'indirizzo IP** (tipicamente da parecchie ore a giorni).

- 3. Richiesta DHCP.** L'host sceglierà uno dei messaggi di offerta dei server e risponderà in broadcast all'offerta selezionata con un messaggio di **richiesta DHCP**, che contiene i parametri di configurazione ottenuti, compreso il numero IP del server DHCP scelto. Il messaggio di richiesta viene ricevuto anche dagli altri server non scelti i quali chiudono la transazione dopo aver verificato che l'indirizzo del server scelto non corrisponde al proprio.
- 4. Conferma (ACK) DHCP.** Il server scelto risponde al messaggio di *richiesta DHCP* con un messaggio **ACK DHCP**, che conferma i parametri richiesti.
- A questo punto il client può utilizzare l'indirizzo IP assegnato dal server per la durata stabilita. Il DHCP (se configurato opportunamente) permette a un client di rinnovare la durata di un indirizzo IP.
 - Nella figura, **yiaddr** (your Internet address) indica l'indirizzo che viene assegnato al client in arrivo.
 - La figura mostra un server DHCP connesso alla rete 225.1.2/24.

**Server
DHCP
225.1.2.2**

Individuazione DHCP

Client

Src:0.0.0.0, 68
Dest: 255.255.255.255, 67
DHCPDISCOVER
Yiaddr:0.0.0.0
transaction ID: 654

Offerta DHCP

Src:225.1.2.2, 67
Dest: 255.255.255.255, 68
DHCPOFFER
Yiaddr:225.1.2.5
transaction ID: 654
DHCP server ID: 225.1.2.2
Lifetime: 3600 secs

Richiesta DHCP

Src:0.0.0.0, 68
Dest: 255.255.255.255, 67
DHCPREQUEST
Yiaddr:225.1.2.5
transaction ID: 655
DHCP server ID: 225.1.2.2
Lifetime: 3600 secs

ACK DHCP

Src:225.1.2.2, 67
Dest: 255.255.255.255, 68
DHCPACK
Yiaddr:225.1.2.5
transaction ID: 655
DHCP server ID: 225.1.2.2
Lifetime: 3600 secs

tempo