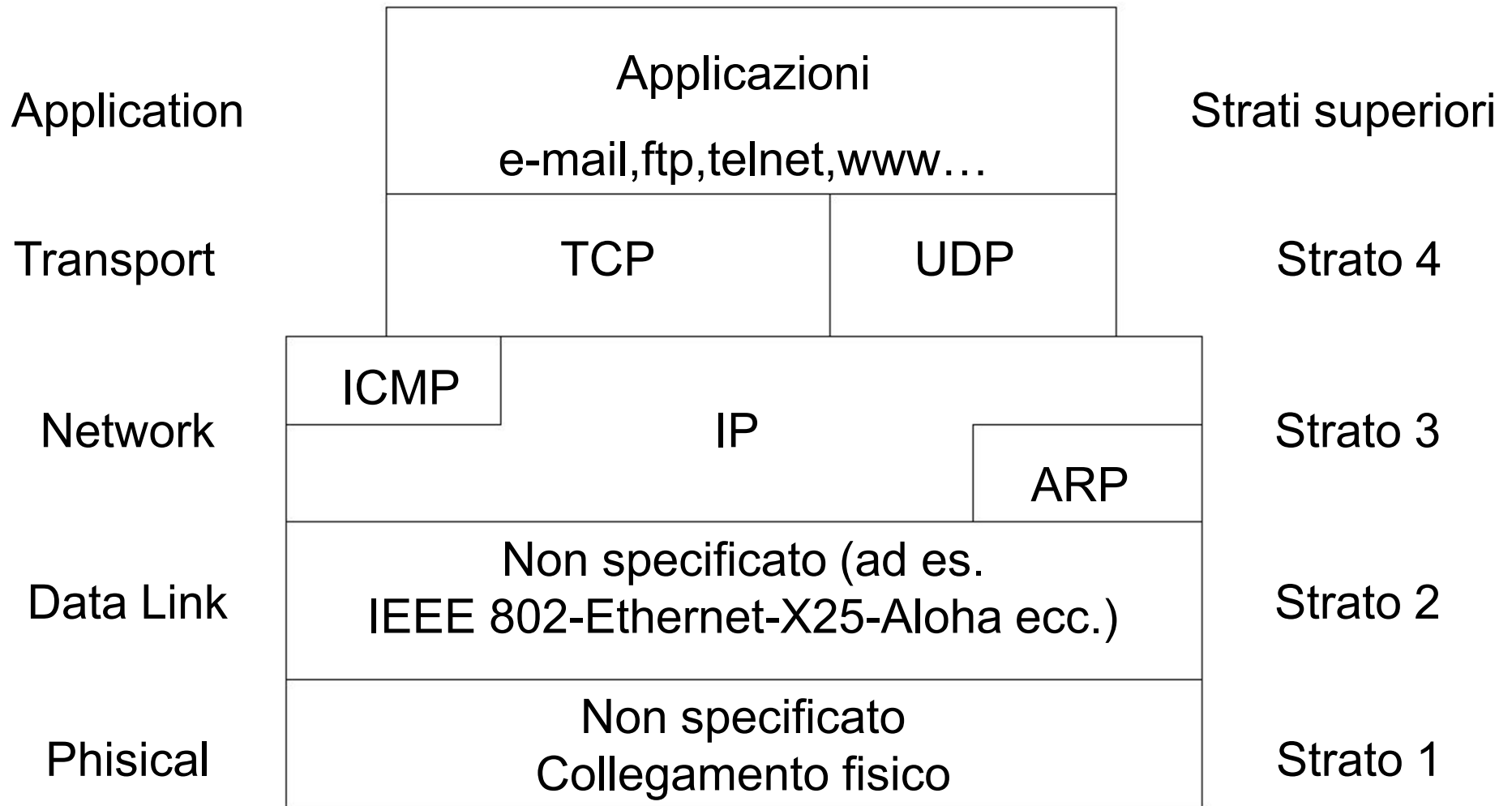


Il protocolli di Internet



La famiglia dei protocolli TCP/IP



La famiglia dei protocolli TCP/IP (2)

- Nessuna specifica per gli strati sotto a IP, in quanto relativi alla singola sottorete
- IP: funzioni di rete, instrada i pacchetti
- TCP: trasporto connection oriented
 - controllo della connessione end-to-end
- UDP: trasporto connectionless
- ICMP: gestione e controllo delle funzionalità di IP
- Lo strato di applicazione contiene applicativi utilizzati per fornire servizi all'utente

Il protocollo IP



Internet Protocol (IP) - RFC 791

- Progettato per funzionare a **commutazione di pacchetto** in modalità **connectionless**
- Si prende carico della trasmissione di **datagrammi** da sorgente a destinazione, attraverso reti eterogenee
- Identifica **host** e **router** tramite indirizzi di **lunghezza fissa**, raggruppandoli in **reti IP**
- **Frammenta e riassembla** i datagrammi quando necessario
- Offre un servizio di tipo **best effort**, cioè non sono previsti meccanismi per
 - aumentare l' affidabilità del collegamento end-to-end,
 - eseguire il controllo di flusso e della sequenza.

Struttura degli indirizzi IP

- Indirizzi di lunghezza fissa pari a **32 bit**
- Scritti convenzionalmente come sequenza di 4 numeri decimali, con valori da **0** a **255**, separati da punto (rappresentazione **dotted decimal**)

10001001.11001100.11010100.00000001
137.204.212.1

- Numero teorico max. di indirizzi
 $2^{32} = 4.294.967.296$
 - In realtà si riesce a sfruttare un numero molto inferiore
- Assegnati dalla **IANA** (Internet **A**ssigned **N**umbers **A**uthority)

Formato del pacchetto IP

1 byte		1 byte		1 byte		1 byte	
Version		IHL	Type of Service		Total Lenght		
Identification				Flags	Fragment Offset		
Time to live		Protocol		Header Checksum			
Source Address							
Destination Address							
Options					Padding		
Dati di utente							

Formato del pacchetto IP (2)

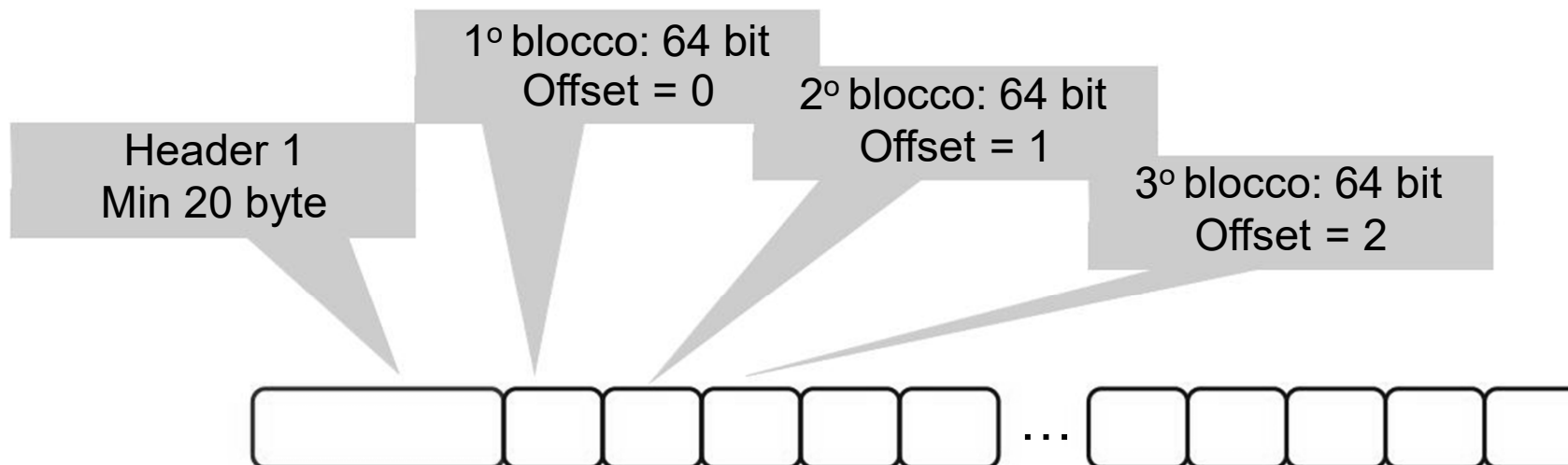
- **Version** : indica il formato dell' intestazione, attualmente la versione in uso è la 4
- **IHL** : lunghezza dell' intestazione, espressa in parole di 32 bit; lunghezza minima = 5
- **Type of service** : indicazione sul tipo di servizio richiesto, usato anche come sorta di priorità
- **Total length** : lunghezza totale del datagramma, misurata in bytes; lunghezza massima = 65535 bytes, ma non è detto che tutte le implementazioni siano in grado di gestire questa dimensione

Formato del pacchetto IP (3)

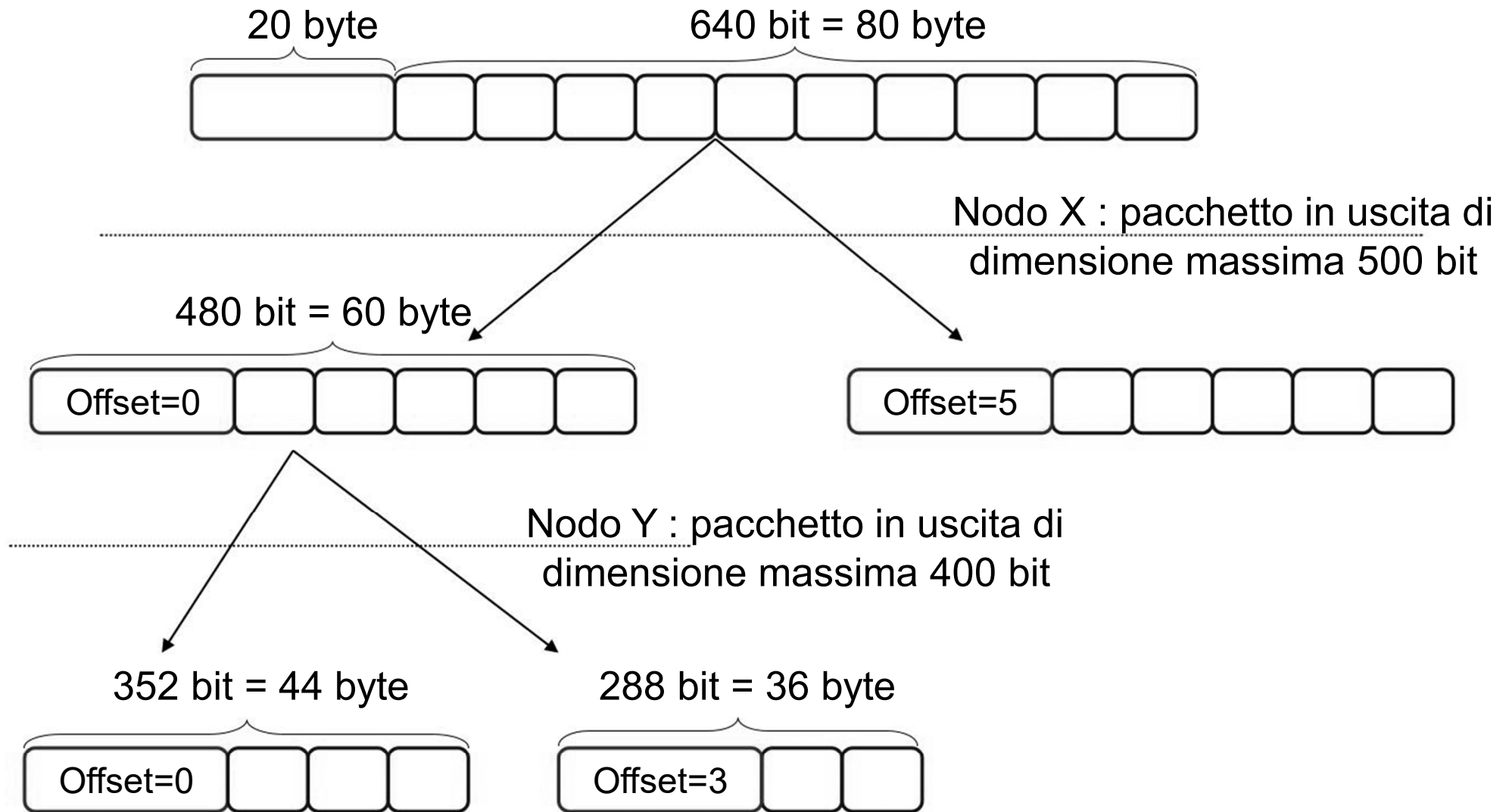
- **Identification** : valore intero che identifica univocamente il datagramma
 - Indica a quale datagramma appartenga un frammento (fragment)
- **Flag** :
 - bit 0 sempre a 0
 - bit 1 don' t fragment (DF)
 - DF = 0 si può frammentare
 - DF = 1 non si può frammentare
 - bit 2 more fragments (MF)
 - MF = 0 ultimo frammento
 - MF = 1 frammento intermedio
- **Fragment offset**: indica quale è la posizione di questo frammento nel datagramma, come distanza in unità di 64 bit dall' inizio

La segmentazione in IP

- Chi frammenta i datagrammi:
 - Qualunque IP può frammentare un datagramma
 - Tipicamente i nodi intermedi non riassemano, ma lo fa solamente il terminale ricevente
- Frammentazioni multiple
 - Un datagramma può essere frammentato a più riprese in nodi successivi
- La numerazione tramite “offset” permette di rinumerare facilmente frammenti di un frammento



Frammentazione e calcolo dell' offset



Formato del pacchetto IP (4)

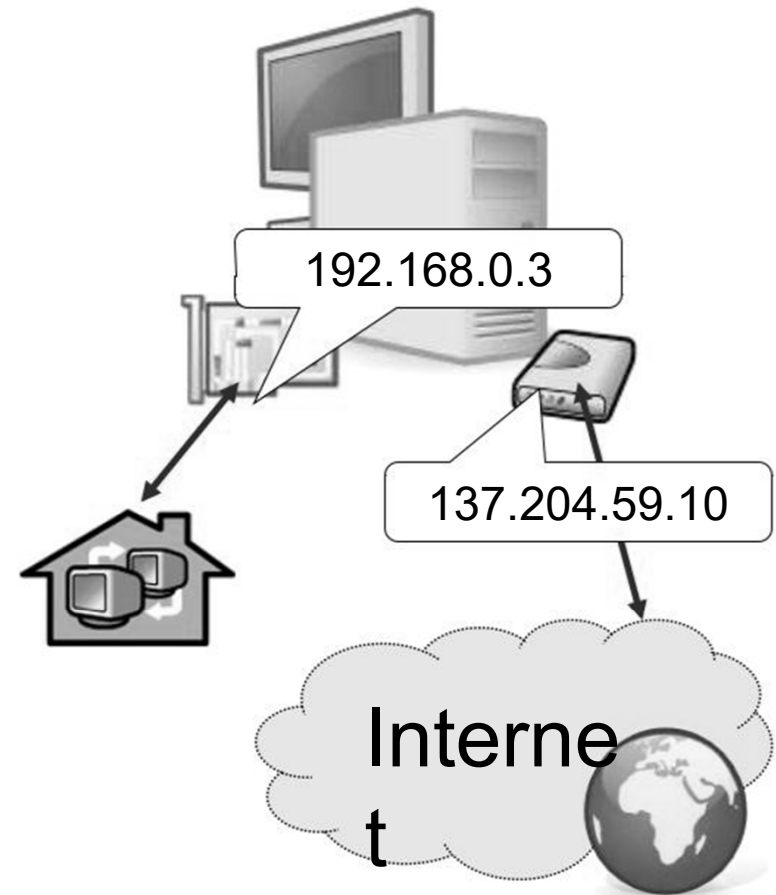
- **Time to live (TTL)** : max numero di nodi attraversabili
 - Il nodo sorgente attribuisce un valore maggiore di 0 a TTL (tipicamente TTL = 64, al massimo 255)
 - Ogni nodo che attraversa il datagramma pone $TTL = TTL - 1$
 - Il primo nodo che vede $TTL = 0$ distrugge il datagramma
- **Protocol** : indica a quale protocollo di livello superiore appartengono i dati del datagramma
- **Header checksum** : controllo di errore della sola intestazione, viene ricalcolato da ogni nodo attraversato dal datagramma
- **Source and Destination Address** : indirizzi sorgente e destinazione

Formato del pacchetto IP (5)

- **Options** : contiene opzioni relative al trasferimento del datagramma (registrazione del percorso, meccanismi di sicurezza), è perciò di lunghezza variabile
- **Padding** : bit privi di significato aggiunti per fare in modo che l'intestazione sia con certezza multipla di 32 bit

Indirizzi e interfacce di rete

- L'indirizzo identifica i punti di interconnessione di un host con la rete
 - Non identifica un host individuale, ma una delle sue interfacce di rete
- **Multi-homed hosts**
 - host con due o più interfacce di rete
- Esempio: un router che collega N reti ha
 - N interfacce di rete
 - N distinti indirizzi IP, uno per ogni interfaccia di rete



Semantica dell' indirizzo IP

- L' indirizzo IP è logicamente suddiviso in due parti:
 - Network (Net) ID
 - Prefisso che identifica la rete a cui appartiene l' indirizzo
 - Tutti gli indirizzi di una medesima rete (network) IP hanno il medesimo *Network ID*
 - Host ID
 - Identifica l' host (l' interfaccia) vero e proprio di una certa Network
- Per Net e Host ID vengono utilizzati bit contigui
 - Net ID occupa la parte *sinistra* dell' indirizzo
 - Host ID occupa la parte *destra* dell' indirizzo

Reti IP private (RFC 1918)

- Alcuni gruppi di indirizzi sono riservati a reti IP private
 - Essi non sono raggiungibili dalla rete pubblica
 - I router di Internet non instradano datagrammi destinati a tali indirizzi
 - Possono essere riutilizzati in reti isolate
-
- da 10.0.0.0 a 10.255.255.255
 - da 172.16.0.0 a 172.31.255.255
 - da 192.168.0.0 a 192.168.255.255

Netmask

- Come si distingue net-ID da host-ID?
- Si usa la netmask
 - Al numero IP viene associata una maschera di 32 bit

137.204.191.25

10001001.11001100.10111111.00011001
11111111.11111111.11111111.11000000

Net-ID	Host-ID
--------	---------

- I bit a 1 della netmask identificano i bit dell'indirizzo IP che fanno parte del net-ID
- La netmask si può rappresentare
 - In notazione dotted-decimal
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192
 - In notazione esadecimale
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = ff.ff.ff.c0
 - Utilizzando la notazione abbreviata
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = /26

Netmask

- Esempio:
 - Network 192.168.1.0
 - Network privata con Net-ID = 3 byte = 24 bit
 - Subnetting in 2 sottoreti
 - Net-ID+subnet-ID = 25 bit
 - Netmask = 11111111. 11111111. 11111111.10000000
 - Notazione
 - Net-ID = 192.168.1.0 Netmask = 255.255.255.128
 - Net-ID = 192.168.1.128 Netmask = 255.255.255.128
 - oppure
 - 192.168.1.0/25
 - 192.168.1.128/25

Esempio: Università di Bologna

- Net ID = 137.204
 - La network corrispondente ha indirizzo **137.204.0.0**
 - Tutti i numeri IP dell'Università di Bologna hanno il medesimo prefisso
- Host ID
 - Qualunque combinazione dei rimanenti 16 bit
 - Escluso 137.204.0.0 e 137.204.255.255
 - Server web UniBO
 - 137.204.24.35
 - Server web del DEIS
 - 137.204.24.40
 - Server web DEISNet
 - 137.204.57.85

Indirizzamento Classfull e Classless

IP e netmask

- Il numero IP ha valore assoluto in rete
 - Un numero IP pubblico deve essere unico su Internet
 - I numeri IP sorgente e destinazione caratterizzano il datagramma in quanto parte della sua intestazione
- La netmask è relativa al singolo nodo
 - Non viene trasportata nell'intestazione del datagramma
 - È parte della tabella di routing dei singoli nodi
 - Ai medesimi indirizzi possono corrispondere netmask diverse in nodi diversi (route aggregation)
- È sempre stato così?
 - NO: inizialmente la suddivisione net-ID e host-ID era assoluta

Classe delle reti

- Furono definite diverse “classi” di network differenziate per dimensione
 - La parte iniziale del Net-ID differenzia le classi
 - 0 classe A
 - 10 classe B
 - 110 classe C
 - La definizione delle classi è standard e quindi nota a tutti
 - I router riconoscono la classe di una rete dai primi bit dell' indirizzo
 - Ricavano di conseguenza il Net-ID

Classi di indirizzi

Network ID

Host ID



Classe A



Classe B



Classe C



Classe D (multicast)



Classe E (sperimentale)

32 bit

Network ID : identifica una rete IP

Host ID : identifica i singoli calcolatori della rete

Intervalli di indirizzi

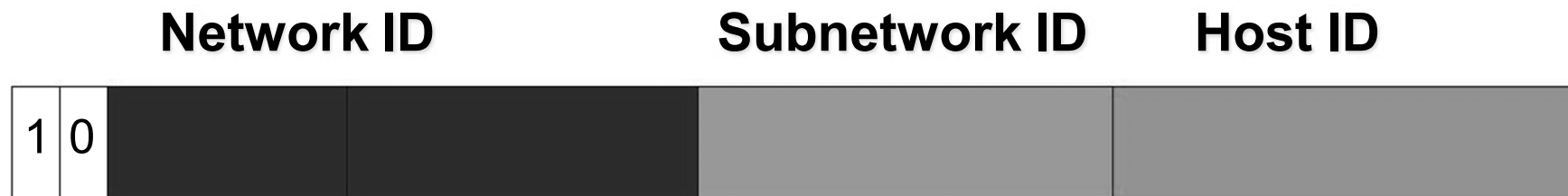
- Classe A: da 0.0.0.0 a 127.255.255.255
- Classe B: da 128.0.0.0 a 191.255.255.255
- Classe C: da 192.0.0.0 a 223.255.255.255
- Classe D: da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
- Classe E: da 240.0.0.0 a 255.255.255.255
- Indirizzi riservati (RFC 1700)
 - 0.0.0.0 indica l'host corrente senza specificarne l'indirizzo
 - Host-ID tutto a 0 viene usato per indicare la rete
 - Host-ID tutto a 1 è l'indirizzo di broadcast per quella rete
 - 0.x.y.z indica un certo Host-ID sulla rete corrente senza specificare il Net-ID
 - 255.255.255.255 è l'indirizzo di broadcast su Internet
 - 127.x.y.z è il **loopback**, che redirige i datagrammi agli strati superiori dell'host corrente

Le sottoreti

- A un' amministrazione è assegnata una network
 - L' amministrazione potrebbe essere suddivisa in sotto-amministrazioni *logicamente separate*
 - Converrebbe “*frammentare*” la network in “*sub-network*” da assegnare alle sotto-amministrazioni
- Si decide localmente una sotto-ripartizione Net/Host ID indipendente dalle classi
- Si frammenta l' Host-ID in due parti:
 - la prima identifica la sottorete (subnet-ID)
 - la seconda identifica i singoli host della sottorete
- La ripartizione deve essere *locale e reversibile*
 - Tutta Internet vede comunque una certa network come un' entità unitaria

Subnetting

- La suddivisione è locale alla singola interfaccia
 - Deve essere configurabile localmente
- Si fa uso della **Netmask**
 - La netmask tutti i bit utilizzati come prefisso
 - Net-ID e subNet-ID



Netmask

11111111 11111111 11111111 00000000

Netmask notazione dotted decimal : 255.255.255.0

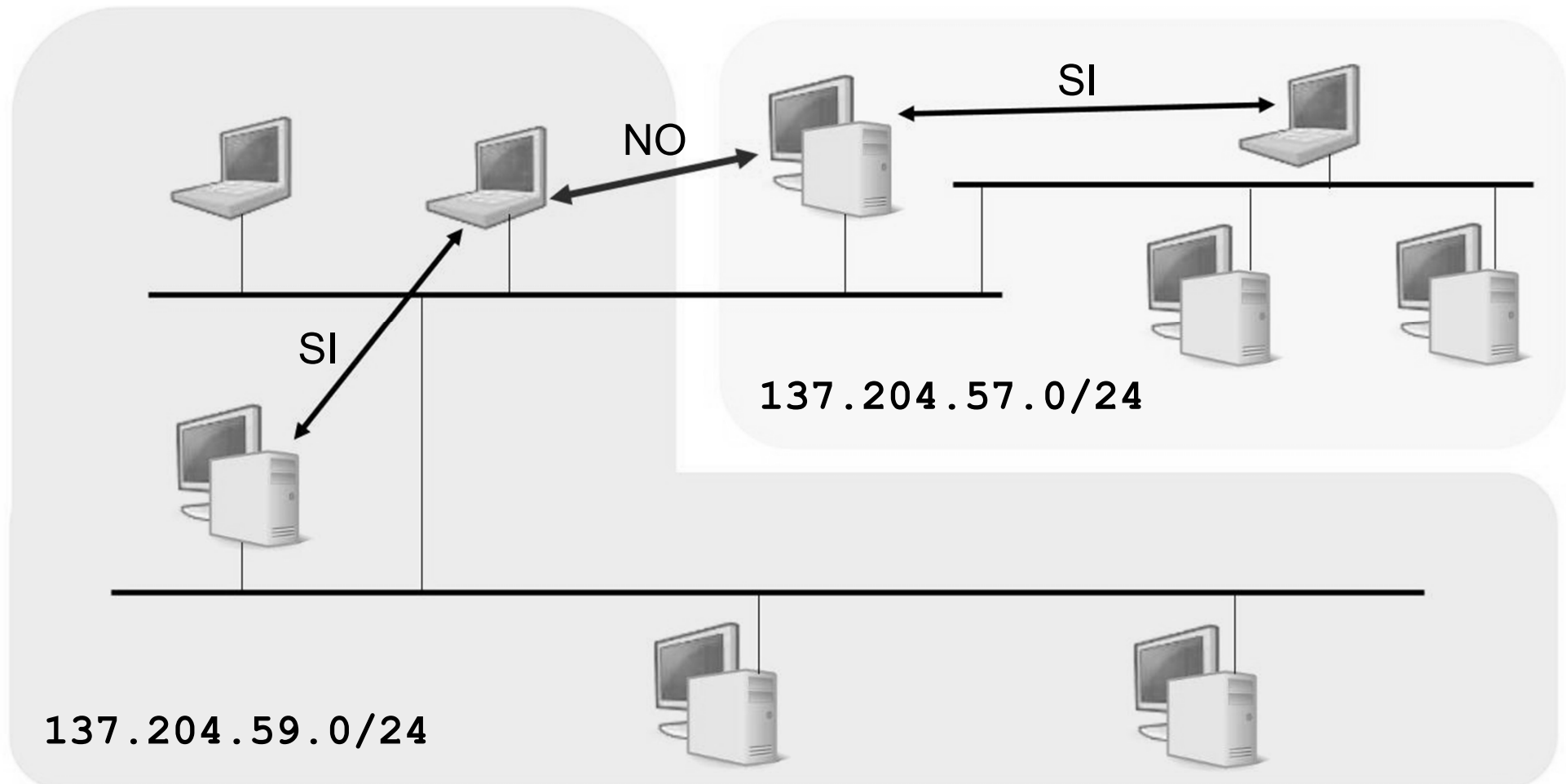
Esempio: Università di Bologna

- Una network di classe B (137.204.0.0)
 - Numerose entità distinte nella stessa amministrazione
 - Facoltà, Dipartimenti, Centri di ricerca ecc.
 - Si suddivide la rete (network) in sottoreti (subnetwork)
- Il primo byte del Host-ID viene utilizzato come indirizzo di sottorete
 - Dalla network di classe B si ricavano 254 network della dimensione di una classe C

Netmask = 255.255.255.0

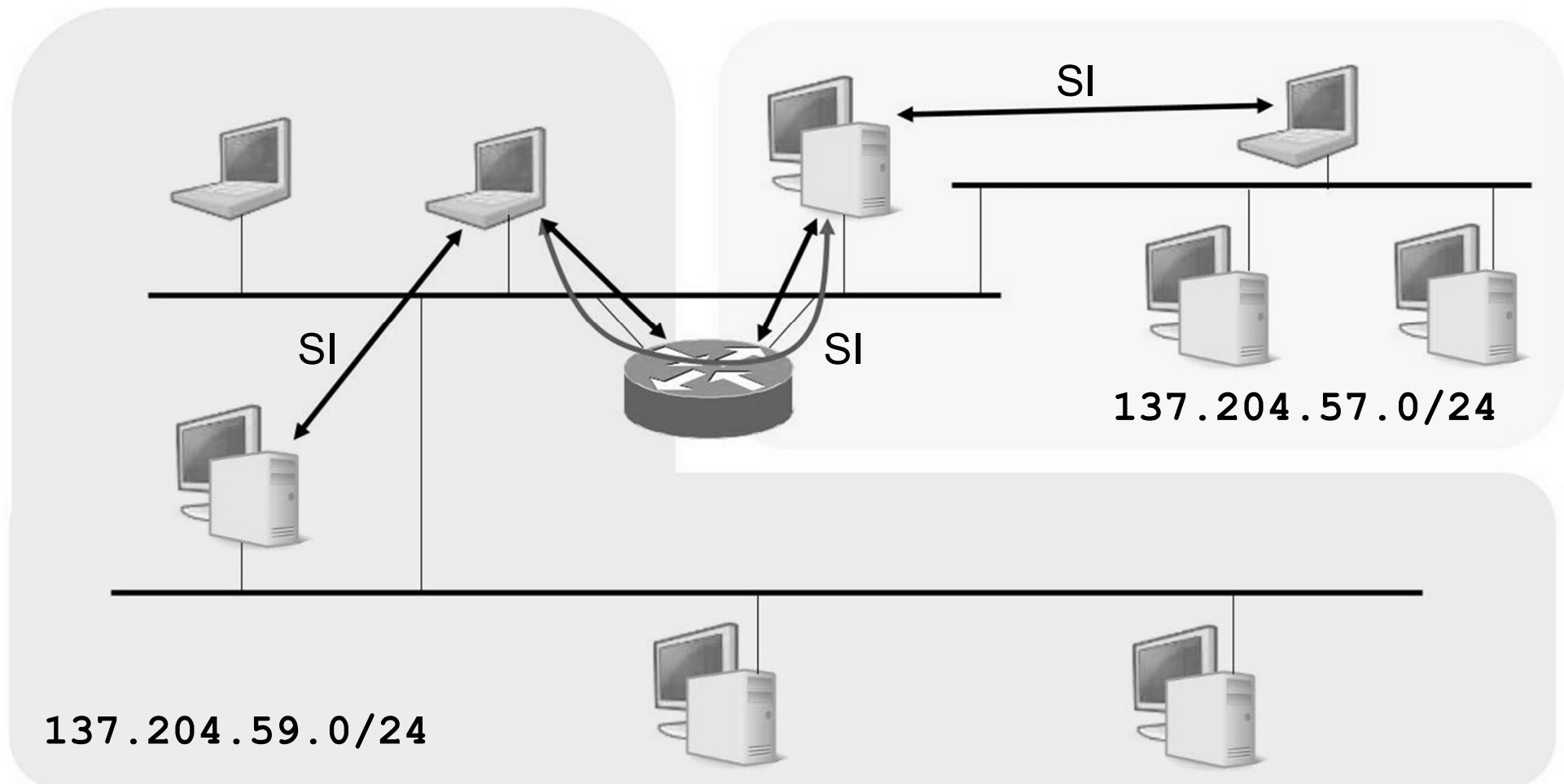
Subnetting: ripartizione logica e fisica

- La configurazione della netmask è necessaria per il corretto funzionamento dell'instradamento
 - Riconoscere il proprio Net-ID
 - Decidere fra instradamento diretto e indiretto



Subnetting: ripartizione logica e fisica

- La configurazione della netmask è necessaria per il corretto funzionamento dell'instradamento
 - Riconoscere il proprio Net-ID
 - Decidere fra instradamento diretto e indiretto



CIDR = Classless InterDomain Routing

- Con la grande diffusione di Internet la rigida suddivisione nelle 3 classi rendono l'instradamento poco flessibile e scalabile
- CIDR (RFC 1519)
 - Si decide di rompere la logica delle classi nei router
 - La dimensione del Net-ID può essere qualunque
 - Le tabelle di routing devono comprendere anche le Netmask
 - Generalizzazione del subnetting/supernetting
 - reti IP definite da **Net-ID/Netmask**

Obiettivi del CIDR

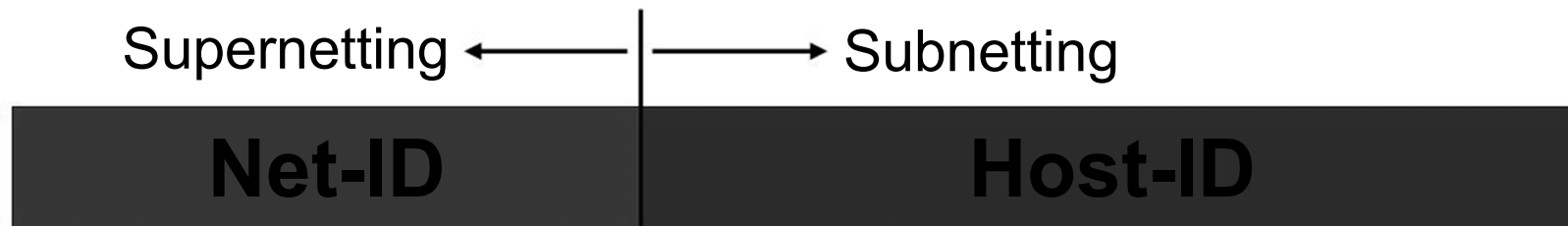
- Allocazione di reti IP di dimensioni variabili
 - utilizzo più efficiente dello spazio degli indirizzi
- Accorpamento delle informazioni di routing
 - più reti contigue rappresentate da un' unica riga nelle tabelle di routing
- Miglioramento di due situazioni critiche
 - Limitatezza di reti di classe A e B
 - Crescita esplosiva delle dimensioni delle tabelle di routing

Supernetting

- Raggruppare più reti con indirizzi consecutivi
 - Indicarle nelle tabelle di routing con una sola entry accompagnata dalla opportuna Netmask
- Es. Un ente ha bisogno di circa 2000 indirizzi IP
 - una rete di classe B è troppo grande (64K indirizzi)
 - meglio 8 reti di classe C ($8 \times 256 = 2048$ indirizzi) dalla 194.24.0.0 alla 194.24.7.0
- **Supernetting**: si accorpano le 8 reti contigue in un'unica super-rete:
 - Identificativo: 194.24.0.0/21
 - Supernet mask: 255.255.248.0
 - Indirizzi: 194.24.0.1 – 194.24.7.254
 - Broadcast: 194.24.7.255

Supernetting

- Subnetting e Supernetting sono operazioni duali
 - Subnetting → n bit del Host-ID diventano parte del Net-ID
 - Supernetting → n bit del Net-ID diventano parte dell' Host-ID



- Accorpamento di N reti IP ($N = 2^n$)
 - **contigue**:
 - $194.24.0.0/24 + 194.24.1.0/24 = 194.24.0.0/23$
 - $194.24.0.0/24 + 194.24.2.0/24 = \text{non contigue}$
 - **allineate** secondo i multipli di 2^n
 - $194.24.0.0/24 + .1.0/24 + .2.0/24 + .3.0/24 = 194.24.0.0/22$
 - $194.24.2.0/24 + .3.0/24 + .4.0/24 + .5.0/24 = \text{non allineate}$

Configurazione dell' interfaccia IP nell' host

Configurazione delle interfacce di rete

ipconfig /all (Windows 2X)

visualizza la configurazione IP corrente di ciascuna interfaccia di rete presente nella macchina:

- indirizzo MAC
- indirizzo IP
- subnet mask
- default gateway
- server DNS
- ...

Su Windows 9x: **winipcfg**

Su UNIX/LINUX: **ifconfig**

Comando IPCONFIG – Esempio

```
Command Prompt

C:\>ipconfig /all

Windows 2000 IP Configuration

    Host Name . . . . . : deis174
    Primary DNS Suffix . . . . . : Deis-reti.local
    Node Type . . . . . : Hybrid
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No
    DNS Suffix Search List. . . . . : Deis-reti.local

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix . : 
    Description . . . . . : 3Com EtherLink XL 10/100 PCI For Com
plete PC Management NIC (3C905C-TX)
    Physical Address. . . . . : 00-01-02-36-3B-F9
    DHCP Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 137.204.57.174
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 137.204.57.254
    DNS Servers . . . . . : 137.204.57.177
                           137.204.59.1
                           137.204.59.2
    Primary WINS Server . . . . . : 137.204.59.1

C:\>_
```

Configurazione manuale dei parametri IP

The image shows a screenshot of the 'Internet Protocol (TCP/IP) Properties' dialog box, specifically the 'General' tab. The dialog box has a title bar with a question mark and a close button. The 'General' tab is selected, and the text inside explains that IP settings can be assigned automatically or manually. Two radio buttons are present: 'Obtain an IP address automatically' (unselected) and 'Use the following IP address:' (selected). Below the selected radio button, there are three input fields: 'IP address' with the value '192 . 168 . 10 . 174', 'Subnet mask' with the value '255 . 255 . 255 . 0', and 'Default gateway' with the value '192 . 168 . 10 . 76'. Below these fields, there are two more radio buttons: 'Obtain DNS server address automatically' (unselected) and 'Use the following DNS server addresses:' (selected). Below the selected radio button, there are two input fields: 'Preferred DNS server' with the value '137 . 204 . 59 . 1' and 'Alternate DNS server' with the value '137 . 204 . 59 . 4'. At the bottom right of the dialog box, there is an 'Advanced...' button. At the very bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Internet Protocol (TCP/IP) Properties [?] [X]

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☐ Obtain an IP address automatically

☒ Use the following IP address:

IP address: 192 . 168 . 10 . 174

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

Default gateway: 192 . 168 . 10 . 76

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: 137 . 204 . 59 . 1

Alternate DNS server: 137 . 204 . 59 . 4

Advanced...

OK Cancel

Configurazione automatica dei parametri IP

The image shows a screenshot of the 'Internet Protocol (TCP/IP) Properties' dialog box, specifically the 'General' tab. The dialog box has a title bar with a question mark and a close button. The 'General' tab is selected, and the text inside explains that IP settings can be assigned automatically if the network supports it. There are two main sections: one for IP address configuration and one for DNS server configuration. In the IP section, the radio button 'Obtain an IP address automatically' is selected. In the DNS section, the radio button 'Obtain DNS server address automatically' is selected. Below these are fields for manual configuration: IP address, Subnet mask, Default gateway, Preferred DNS server, and Alternate DNS server. An 'Advanced...' button is located at the bottom right of the dialog box. At the very bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Internet Protocol (TCP/IP) Properties [?] [X]

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☒ Obtain an IP address automatically

☐ Use the following IP address:

IP address: [. . .]

Subnet mask: [. . .]

Default gateway: [. . .]

☒ Obtain DNS server address automatically

☐ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: [. . .]

Alternate DNS server: [. . .]

Advanced...

OK Cancel