RETI DI CALCOLATORI

Autunno 2018

docente: Laura Ricci

laura.ricci@unipi.it

Lezione 5:
INDIRIZZAMENTO IP
11/10/2018

parte di queste slides sono ricavati da slides pubblicate in corsi universitari tenuti da colleghi italiani e stranieri

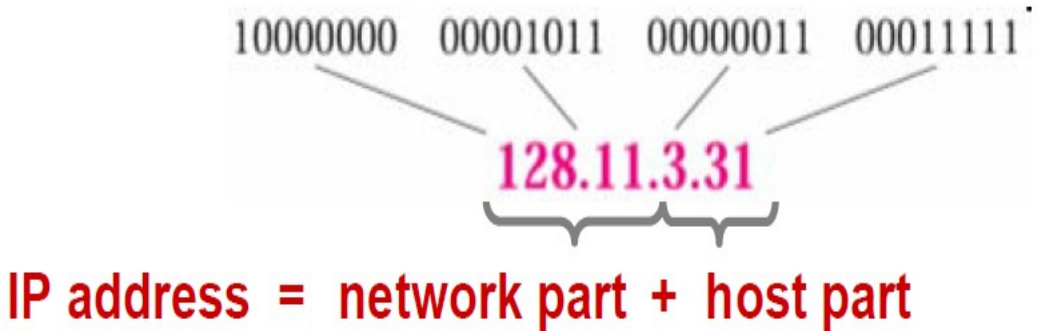
MATERIALE DIDATTICO

- Forouzan
  - Paragrafo 4.4.2 (escluso DHCP e NAT)
- fino alla lezione precedente abbiamo supposto che ogni host/router di Internet fosse identificato univocamente
  - questa era una astrazione
- in questa lezione: come avviene realmente l'indirizzamento degli host in Internet?
  - vedremo che le tecniche sono evolute con il tempo, in conseguenza dello sviluppo della rete

INDIRIZZO IP (IPV4)

- IP Address (notazione binaria): è un numero binario di 32 bit (4 byte o ottetto) che identifica un host/router in Internet

- IP Address (notazione decimale): "a beneficio degli esseri umani", viene scritto nella forma x.y.z.w (dotted quad), 4 numeri decimali, dove ogni numero decimale
  - corrisponde ad un byte
  - può assumere tutti i valori da 00000000 a 11111111 (0 - 255 in base 10)



How many bits
go to network and
how many to host part!?

CONVERSIONE BINARIO - DOTTED

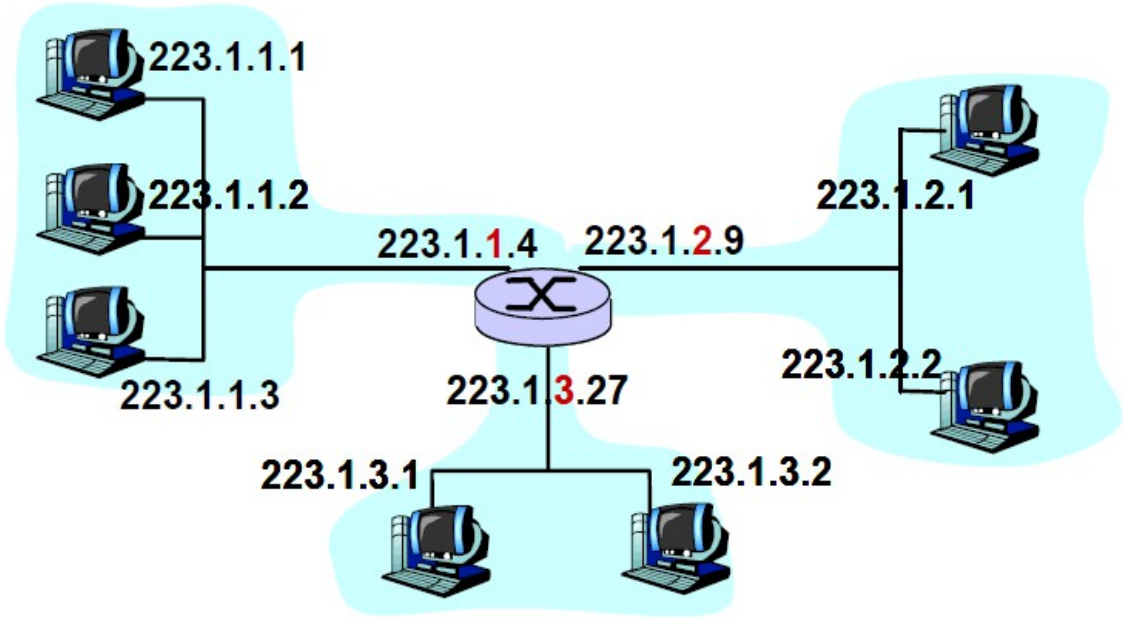
10010011.10100011.00010100.00001001

binary	128	64	32	16	8	4	2	1	decimal
10010011	1	0	0	1	0	0	1	1	128+16+2+1=147
10100011	1	0	1	0	0	0	1	1	128+32+2+1 = 163
00010100	0	0	0	1	0	1	0	0	16+4 = 20
00001001	0	0	0	0	1	0	0	1	8+1 = 9

→ **147.163.20.9**

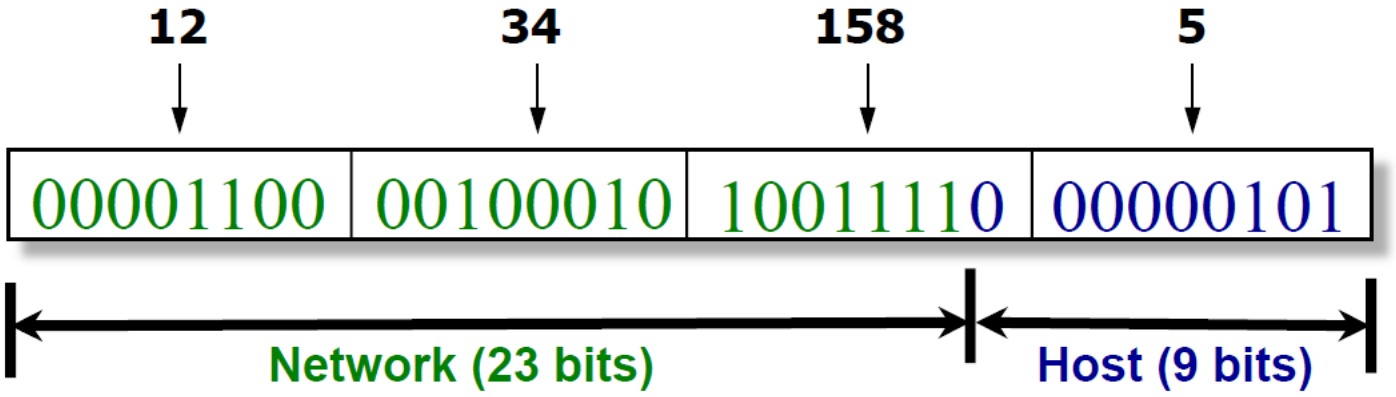
INDIRIZZO IP (IPV4)

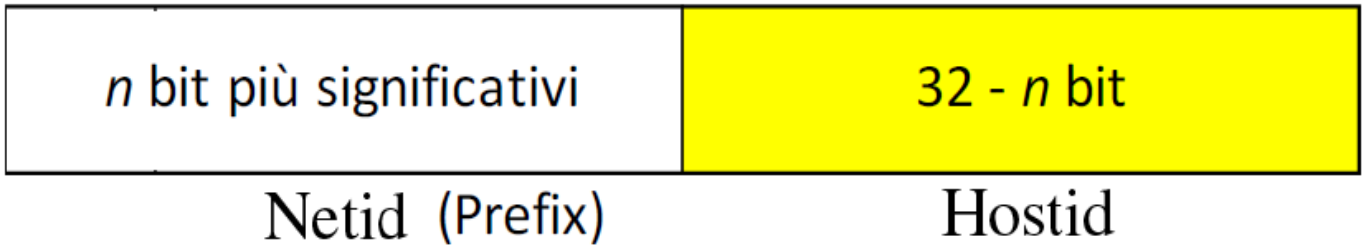
- identifica unicamente ed universalmente un'interfaccia di rete di un host o di un router
  - due nodi di in Internet non potranno mai avere lo stesso indirizzo
  - un singolo nodo può avere più indirizzi IP, se collegato ad Internet mediante più di una interfaccia
  - i routers hanno tipicamente più interfacce di rete, quindi più indirizzi IP



INDIRIZZO IP (IPV4)

- i 32 bits sono partizionati in due componenti:
  - prefisso: i primi n bits identificano la rete
  - suffisso: i rimanenti identificano l'interfaccia di un host
  - il valore di n dipende dal tipo di rete





INDIRIZZAMENTO IN INTERNET: UN PO' DI STORIA

- tecniche di indirizzamento:
  - tutte basate sulla suddivisione network/host
  - ...ma il tipo di suddivisione è cambiato nel tempo

- Prima generazione;
  - primi 8 bits: indirizzo di rete (/8)
  - ultimi 24 bits: indirizzo dell'host
    - assunzione iniziale: **al più 256 reti da interconnettere!**

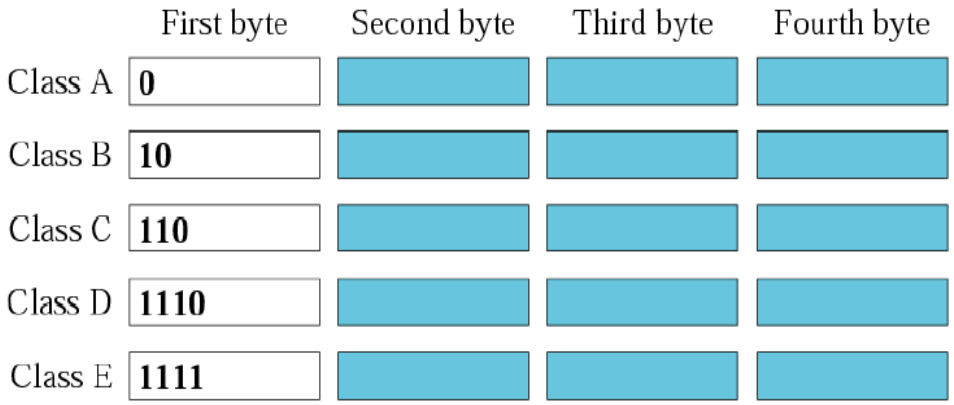
- approcci successivi
  - Classfull Addressing: i punti di divisione tra la parte dell'indirizzo che riguarda la rete e la parte che riguarda l'host sono fissati staticamente. Praticamente non è più utilizzato.
  - Sunnetting
  - CIDR: divisione dinamica

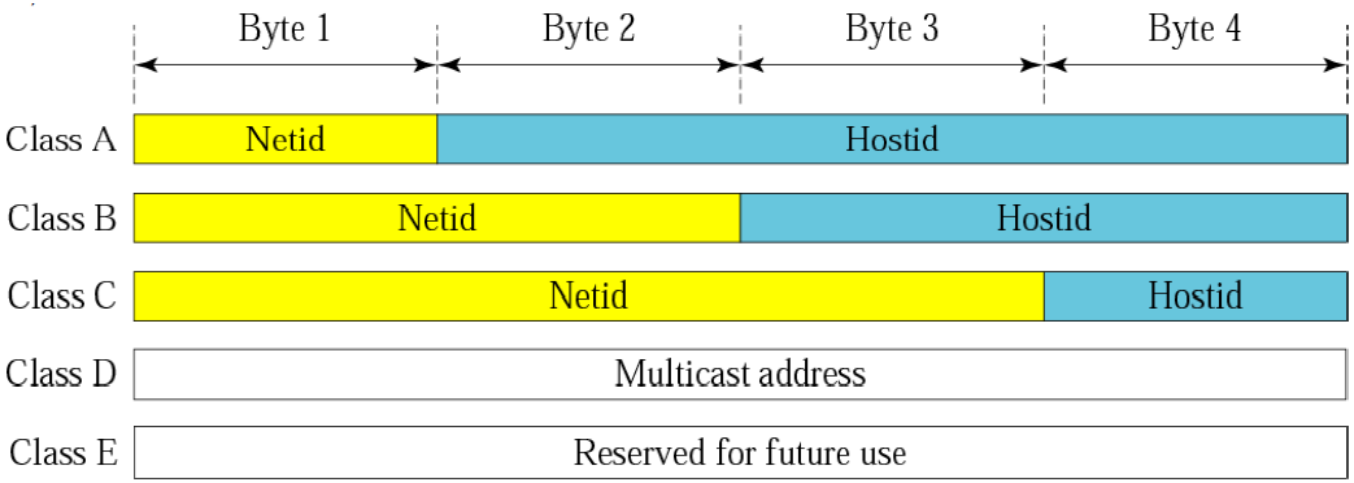
- perchè studiamo il classfull addressing, se non è praticamente più usato? I principi base sono utili per comprendere il classless addressing

CLASSFUL ADDRESSING

Indirizzi IPv4 divisi in 5 classi (A, B,C,D, E)

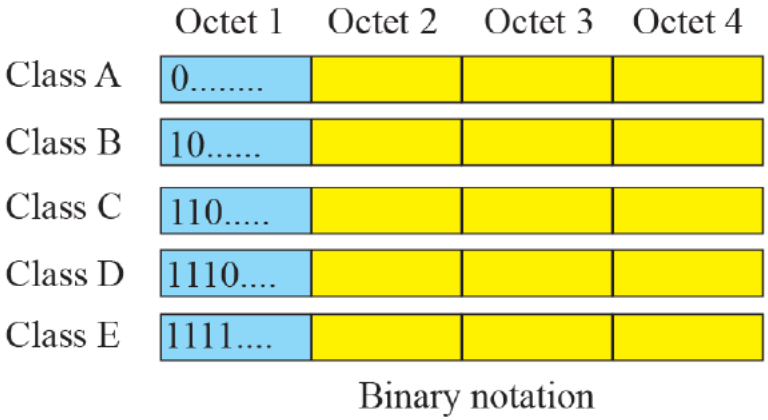
- Classe A: poche reti grandi:
  - NetID 1 byte : 126 reti, HostID 24 bit, ~16M hosts
- Classe B: reti medio-grandi:
  - NetID 2 byte ~16K reti, HostID 16 bit, ~65K hosts
- Classe C: tante reti piccole:
  - NetID 3 byte ~2M nets, HostID 8 bit, 254 hosts
- Classe D:
  - indirizzi multicast
- Classe E:
  - riservato a uso futuro (x=240,...,255)



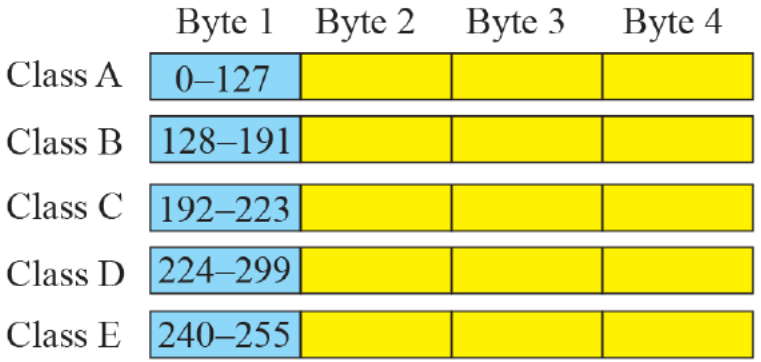


CLASSFUL ADDRESSING: RICONOSCERE LE CLASSI

- notazione binaria:
  - i primi bits dell'indirizzo IP in notazione binaria identificano immediatamente la classe dell'indirizzo
- notazione decimale:
  - ogni classe ha uno specifico intervallo di valori
  - è sufficiente analizzare il primo valore della notazione decimale per individuare la classe



Binary notation

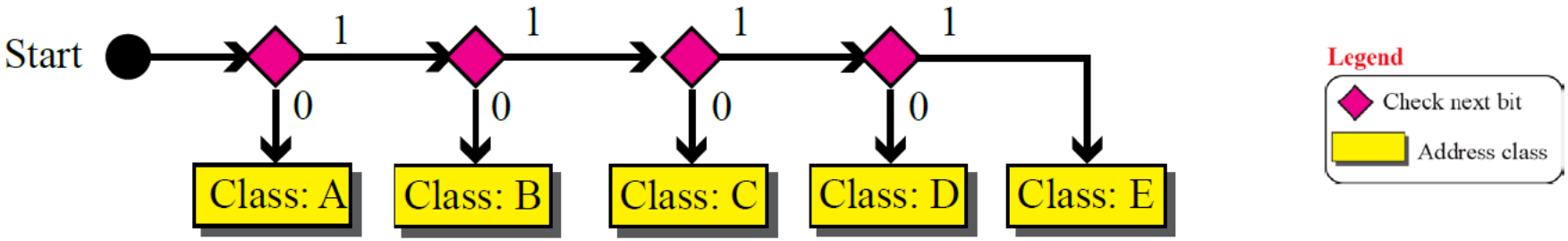


Dotted-decimal notation

From "TCP/IP Protocol Suite" by B. Forouzan, 4/e, pp. 122

CLASSFUL ADDRESSING: RICONOSCERE LE CLASSI

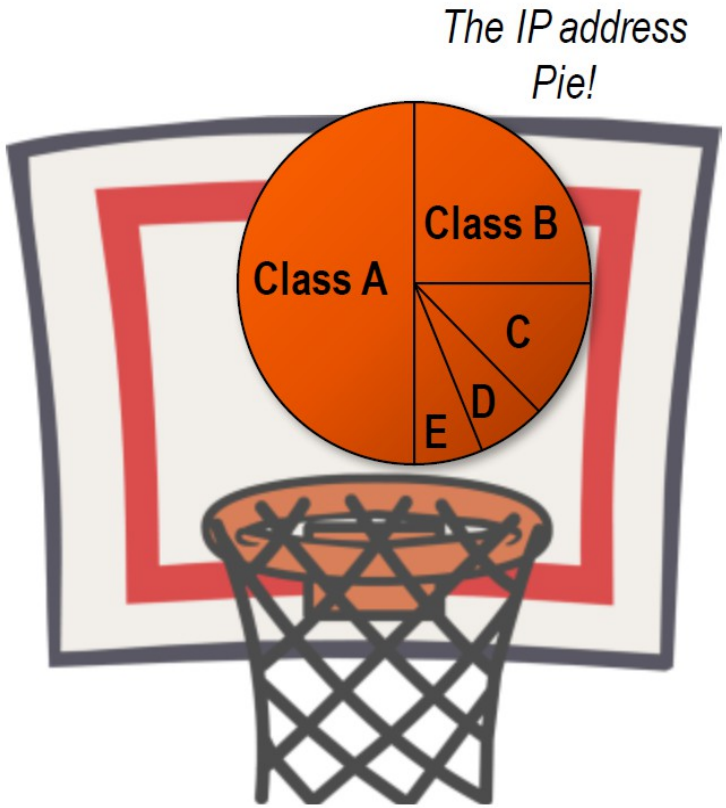
- notazione binaria:
  - i primi bits dell'indirizzo IP in notazione binaria identificano immediatamente la classe di un certo indirizzi
- la procedura per individuare la classe di un indirizzo è molto semplice



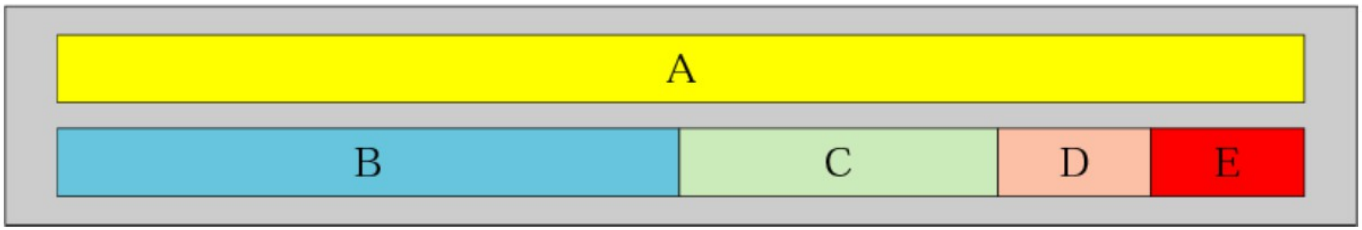
From "TCP/IP Protocol Suite" by B. Forouzan, 4/e, pp. 121 and 122

DISTRIBUZIONE INDIRIZZI CLASSFUL

Classe	Numero Indirizzi	Perc.
A	2^{31}=2,147483648	50%
B	2^{30}=1,073,741,824	25%
C	2^{29}=536,870,912	12.5 %
D	2^{28}=268,435,456	6.25 %
E	2^{28}=268,435,456	6.25 %

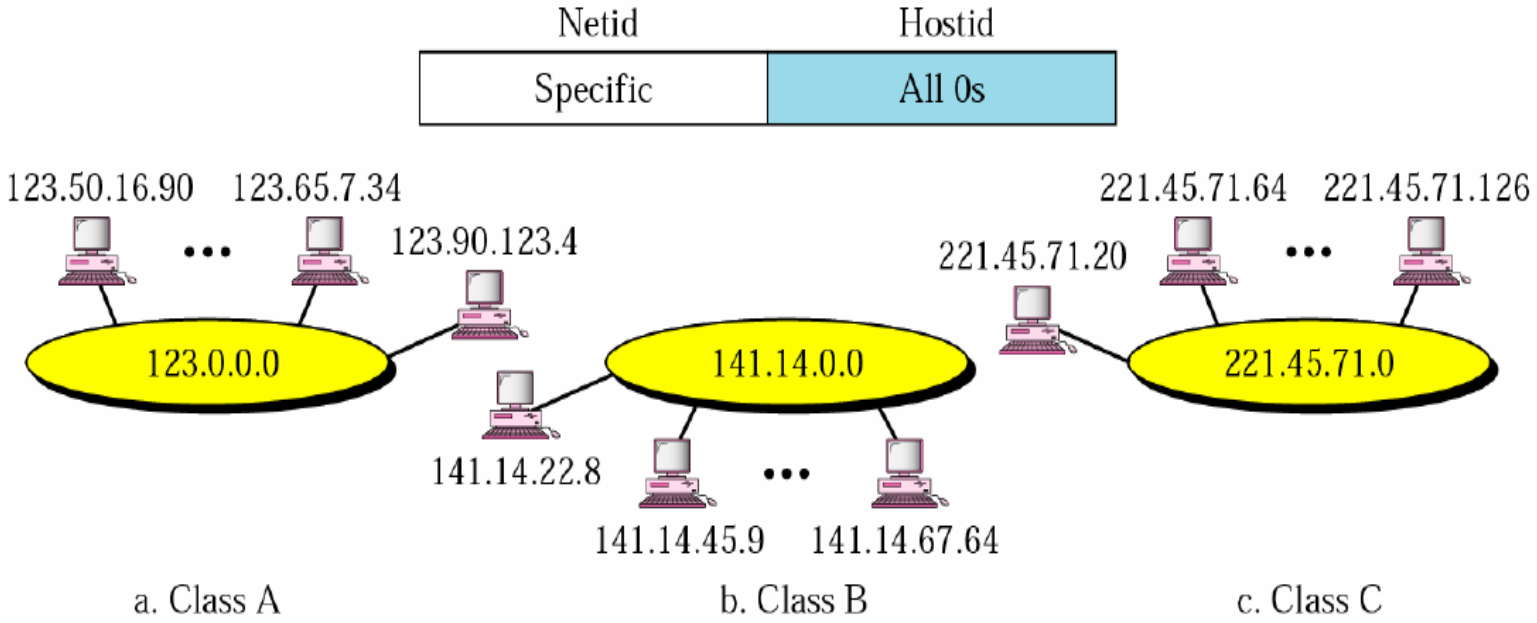


Address space



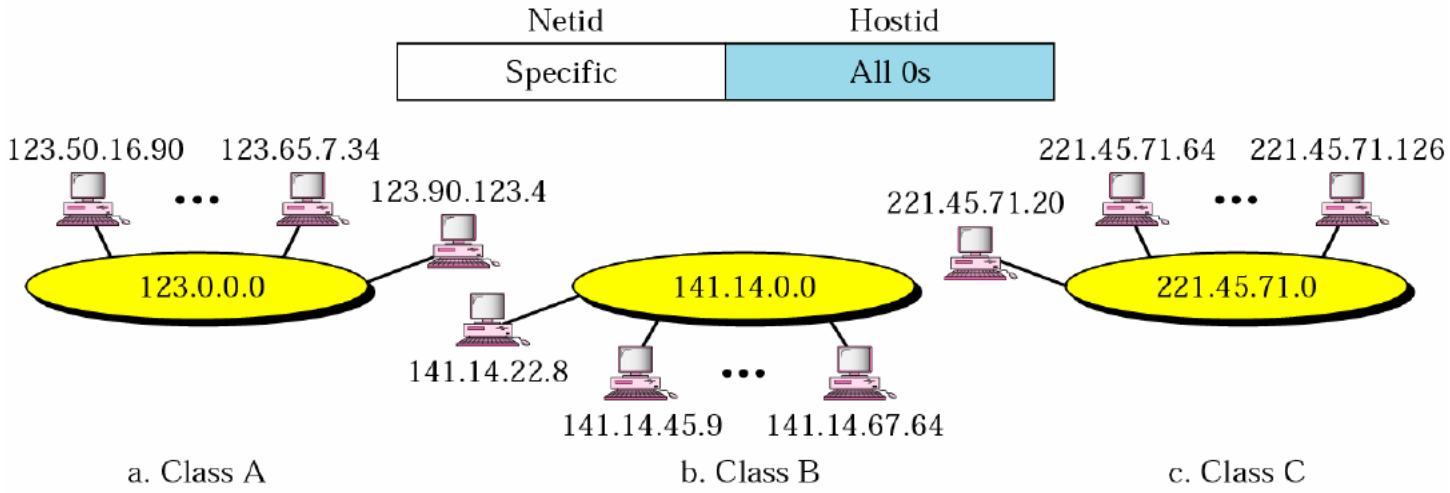
IP ADDRESSING

- Internet: interconnessione di reti
- Ogni rete identificata da Netid, dove ad ogni NetId corrisponde un insieme di hosts
- tutti gli host appartenenti alla stessa rete condividono lo stesso NetId, ma devono avere un identificatore unico di host



NETWORK ADDRESS

- definisce la rete per il resto di Internet, non può essere assegnato ad un host di quella rete
- network address
  - ≠ Netid
  - = Netid + Hostid, con tutti 0 per Hostid
- i routers instradano i pacchetti in base al loro network address
- sufficiente analizzare i primi bit per individuare il prefisso di rete

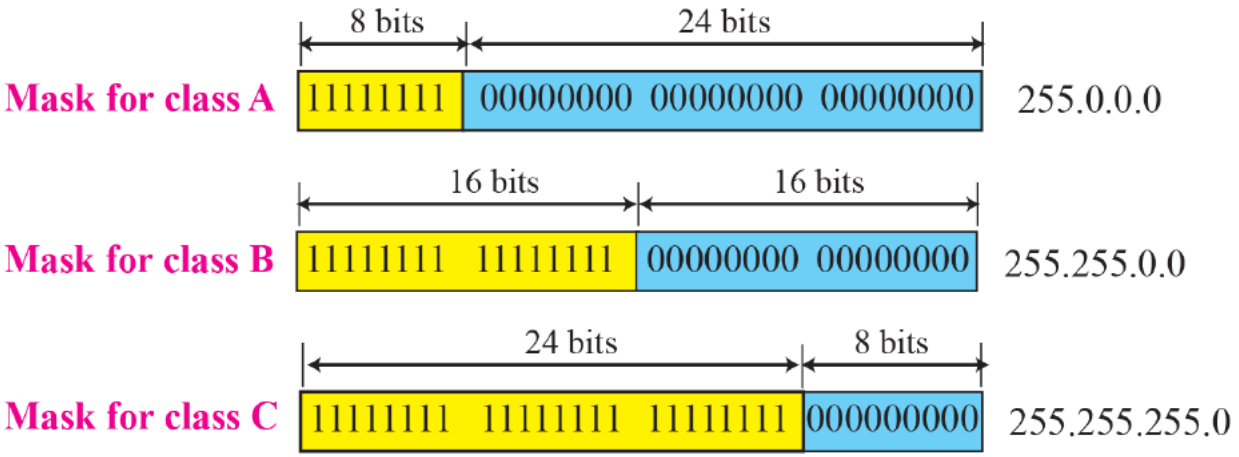


In a class-B network of network address 141.14.0.0 all hosts have IP addresses of the form 141.14.xxx.xxx.

NETMASK

- è un numero binario di 32 bit associato ad una rete IP
  - gli n bit più a sinistra sono=1, con n pari alla lunghezza del NetID
  - i restanti 32 – n bit (più a destra) sono a 0
  - indica quali bit di un indirizzo IP sono assegnati al NetID e permette una facile estrazione del network address dall'indirizzo

- Esempio:
  - IP 193.17.31.45, Netmask: 255.255.255.0, indirizzo di rete è 193.17.31.0
  - tre maschere predefinite nel classful addressing:



INDIVIDAZIONE DEL NETWORK ADDRESS

- Il procedimento per determinare il network address è estremamente semplice nel classful addressing
  - si individua la maschera da applicare analizzando i primi bit dell'indirizzo
  - si esegue un AND bit a bit tra maschera ed indirizzo

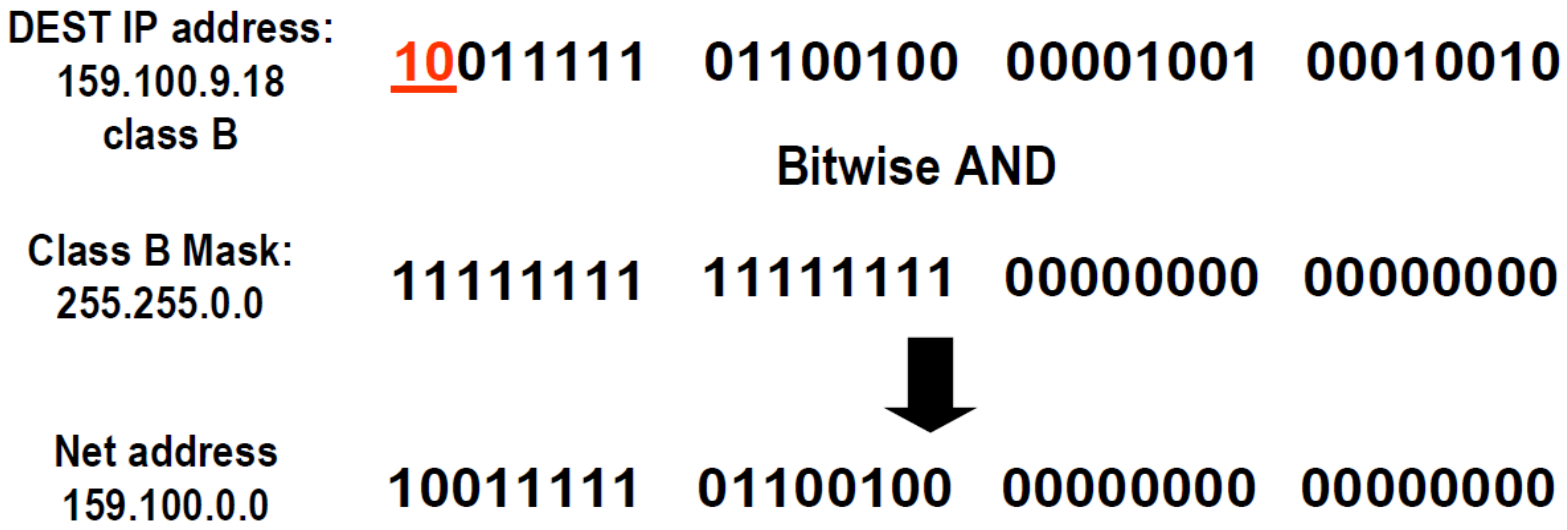
➔class mask:

⇨Depends on first bits of address (which specify class)

➔Class A mask: 255.0.0.0

➔Class B mask: 255.255.0.0

➔Class C mask: 255.255.255.0



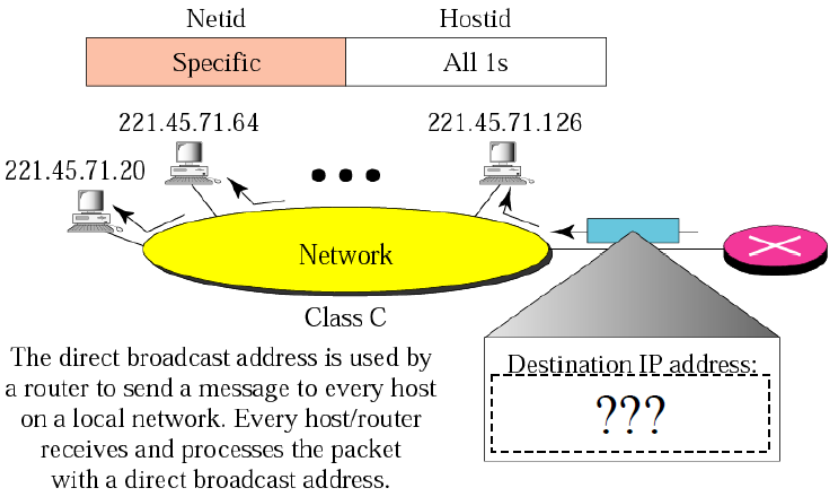
INDIRIZZI SPECIALI

- Indirizzi speciali:
  - alcuni indirizzi sono usati per scopi speciali e non possono essere assegnati ad alcun host

Special Address	*Netid*	*Hostid*	*Source or Destination*
Network Address	Specific	All 0-s	None
Direct Broadcast Address	Specific	All 1-s	Destination
Limited Broadcast Address	All 1-s	All 1-s	Destination
This host on this network	All 0-s	All 0-s	Source
Loopback Address	127	Any	Destination
Private Addresses	10 172.16 192.168	Any	Source
Local-Link Addresses	169.254	Any	Source

DIRECT BROADCAST ADDRESS

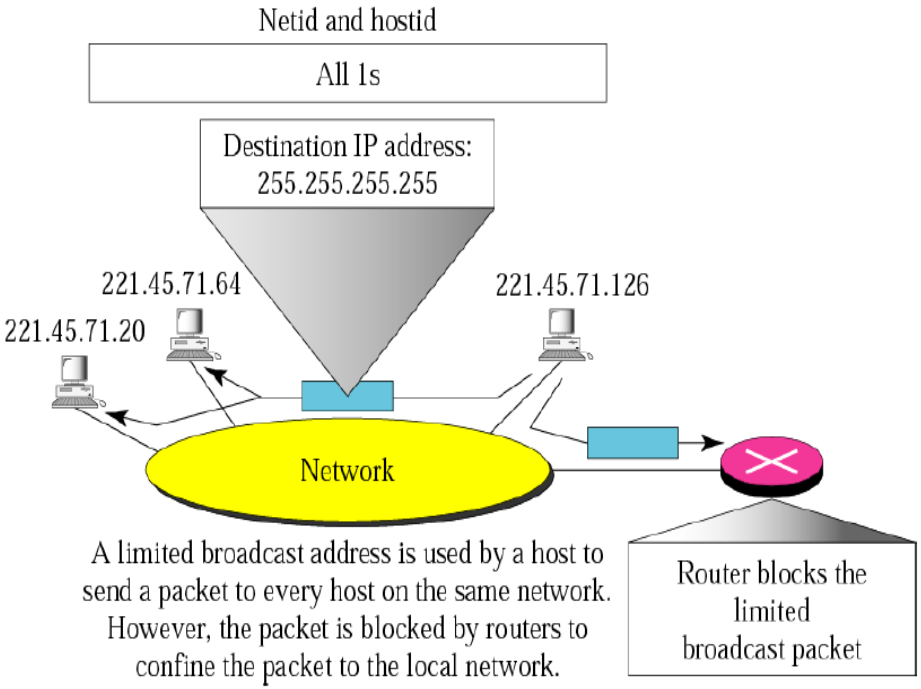
- Il campo hostid = sequenza di 1
  - ultimo indirizzo in un blocco di indirizzi
- Il campo NetId identifica la rete
- usato da un router per inviare pacchetti a tutti gli host di una rete specifica
  - un singolo indirizzato a tutti gli host di una LAN
- riduce ulteriormente di 1 il numero degli indirizzi disponibili
- per evitare problemi potenziali, molti sistemi configurano i routers in modo che rifiutino tutti i pacchetti in broadcast



The direct broadcast address is used by a router to send a message to every host on a local network. Every host/router receives and processes the packet with a direct broadcast address.

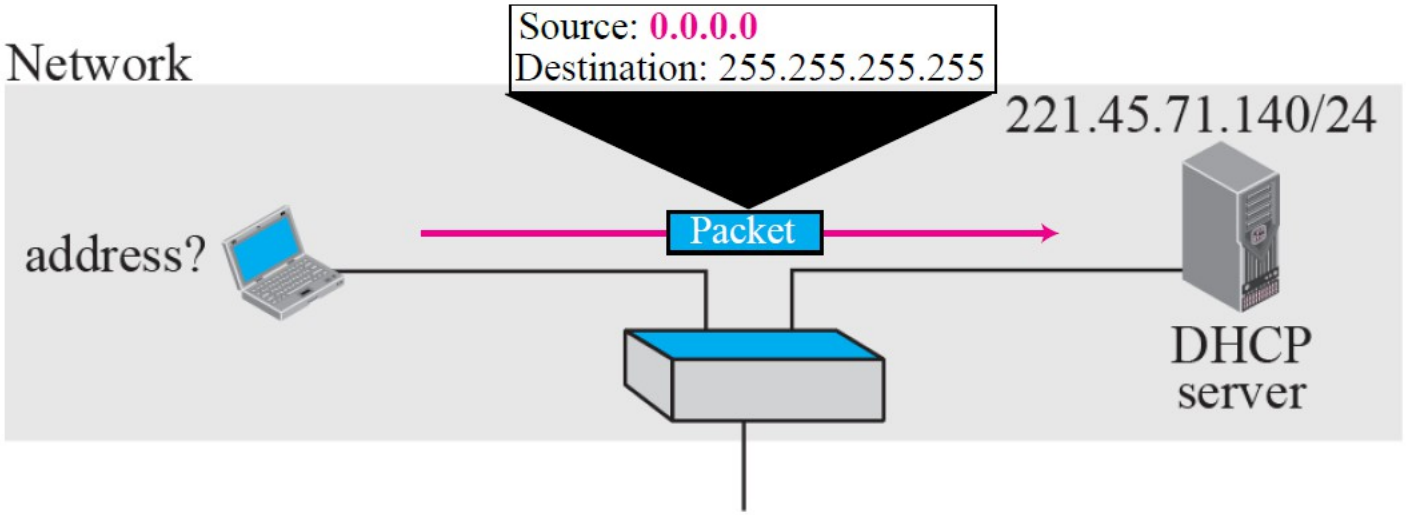
LIMITED BROADCAST ADDRESS

- sia il campo NetId che il campo HostId contengono una sequanza di uni
- utilizzato da un host per inviare pacchetti ad ogni altro host nella sua LAN
- limited broadcast: perchè il pacchetto non viene inoltrato ai router, rimane confinato all'interno della LAN



ALL ZEROS ADDRESS

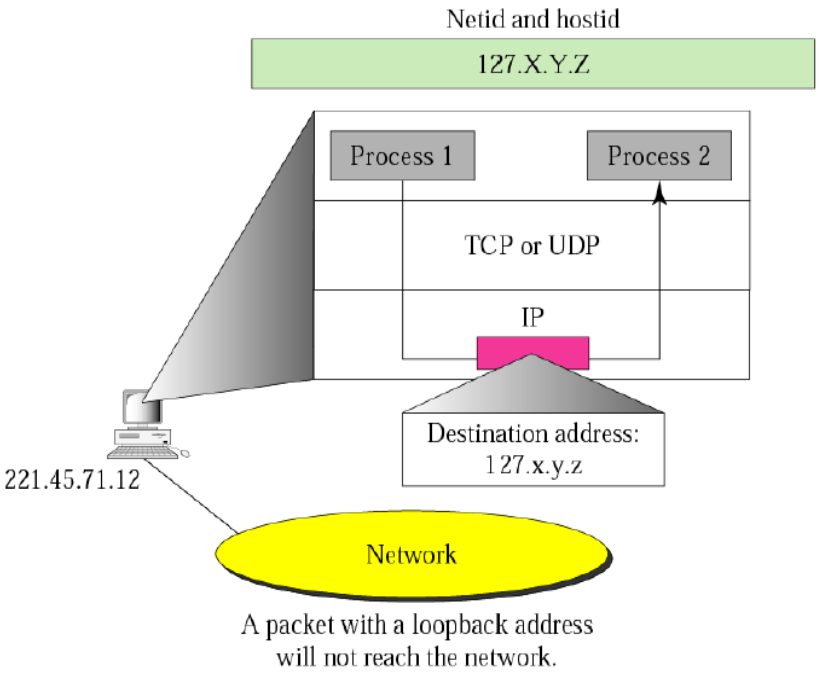
- riservato per la comunicazione nel caso in cui un host debba inviare un pacchetto IP, ma ancora non conosce/non ha un indirizzo IP nella rete locale
- usato normalmente in fase di bootstrap per inviare una richiesta ad un server DHCP (da vedere nelle prossime lezioni)



From "TCP/IP Protocol Suite" by B. Forouzan, 4/e, pp. 147

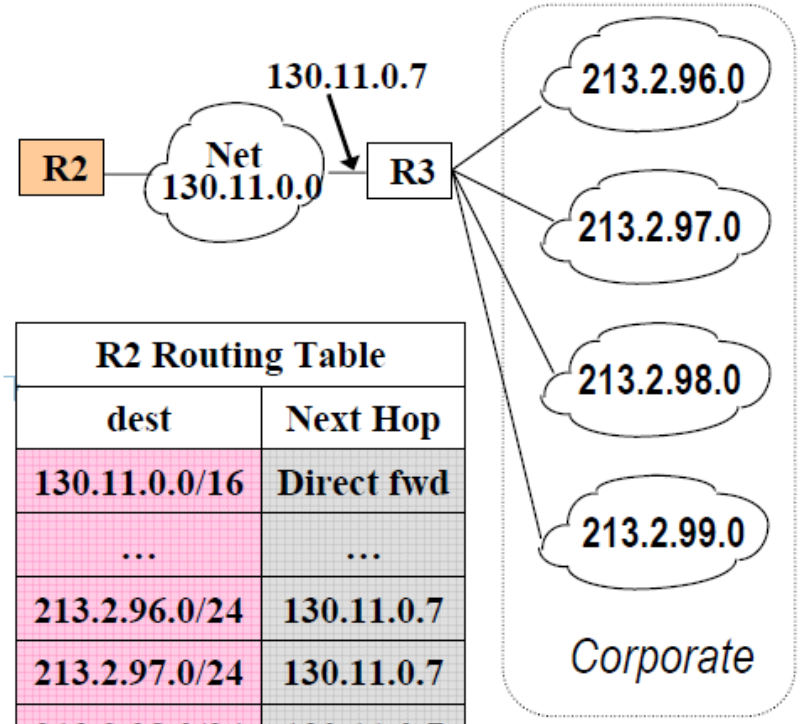
LOOPBACK ADDRESS

- primo byte = 127
- usato in fase di debug per testare un programma distribuito su una sola macchina
- un pacchetto con un indirizzo di loopback come destinazione non lascia mai l'host da cui è inviato
  - per testare se la macchina è connessa in rete, "*ping 127.x.y.z*"
  - può essere usato da un client per inviare un messaggio ad un server in esecuzione sullo stesso host
  - Lo utilizzeremo per debuggare i programmi che svilupperemo in laboratorio



CLASSFULL ADDRESSING: SVANTAGGI

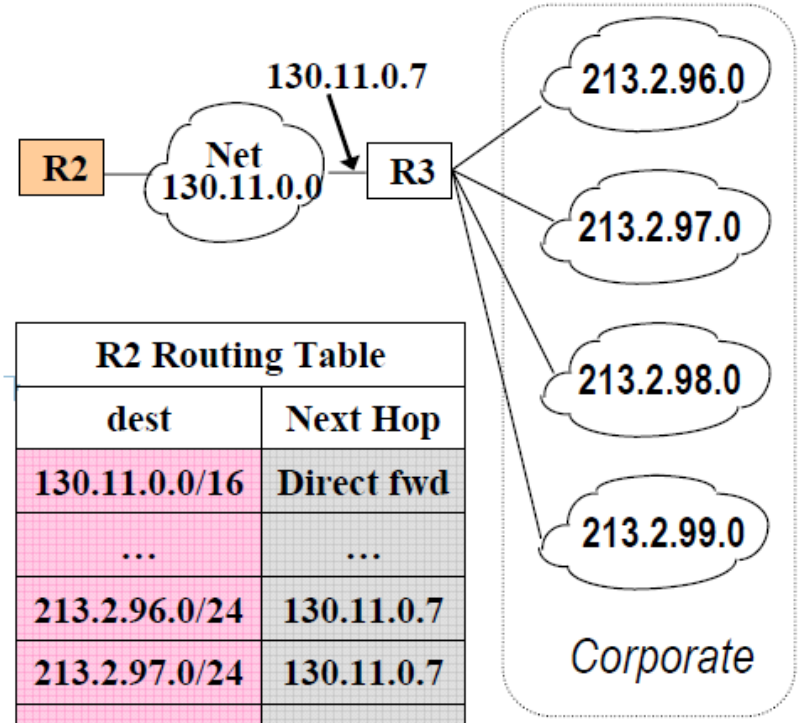
- un'organizzazione di media dimensione richiede 500 indirizzi, per i propri host
- si usa uno schema di indirizzamento classfull
  - un singolo indirizzo di classe C non è sufficiente (254 hosts)
  - indirizzi di classe B (~65K hosts): più di quanto necessario
  - N x indirizzi di classe C: crescita esponenziale delle tabelle di routing
- risultato: preferenza per indirizzi in classe B



R2 Routing Table	
dest	Next Hop
130.11.0.0/16	Direct fwd
…	…
213.2.96.0/24	130.11.0.7
213.2.97.0/24	130.11.0.7
213.2.98.0/24	130.11.0.7
213.2.99.0/24	130.11.0.7

CLASSFULL ADDRESSING: SVANTAGGI

- situazione nel 1996: erano stati assegnati:
  - 100 % degli indirizzi di classe A
  - 61.95 % degli indirizzi di classe B (quasi esauriti)
  - 36.44 % degli indirizzi di classe C



R2 Routing Table	
dest	Next Hop
130.11.0.0/16	Direct fwd
…	…
213.2.96.0/24	130.11.0.7
213.2.97.0/24	130.11.0.7
213.2.98.0/24	130.11.0.7
213.2.99.0/24	130.11.0.7

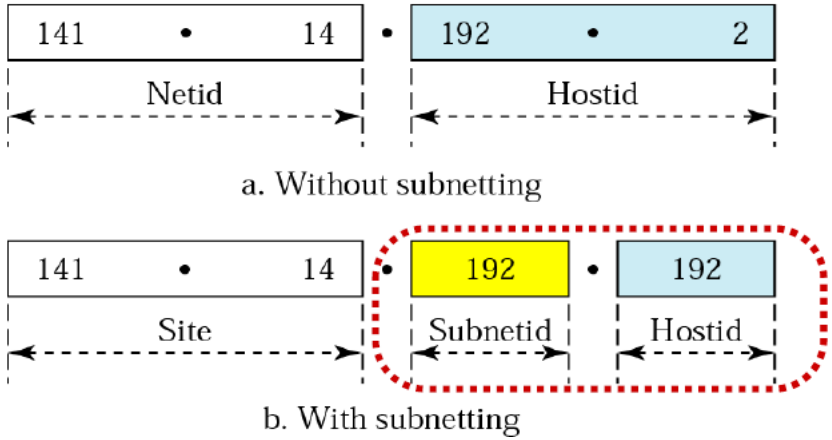
CLASSFULL ADDRESSING: SVANTAGGI

- Soluzioni adottate:
  - Subnetting
  - Supernetting
    - Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

SUBNETTING

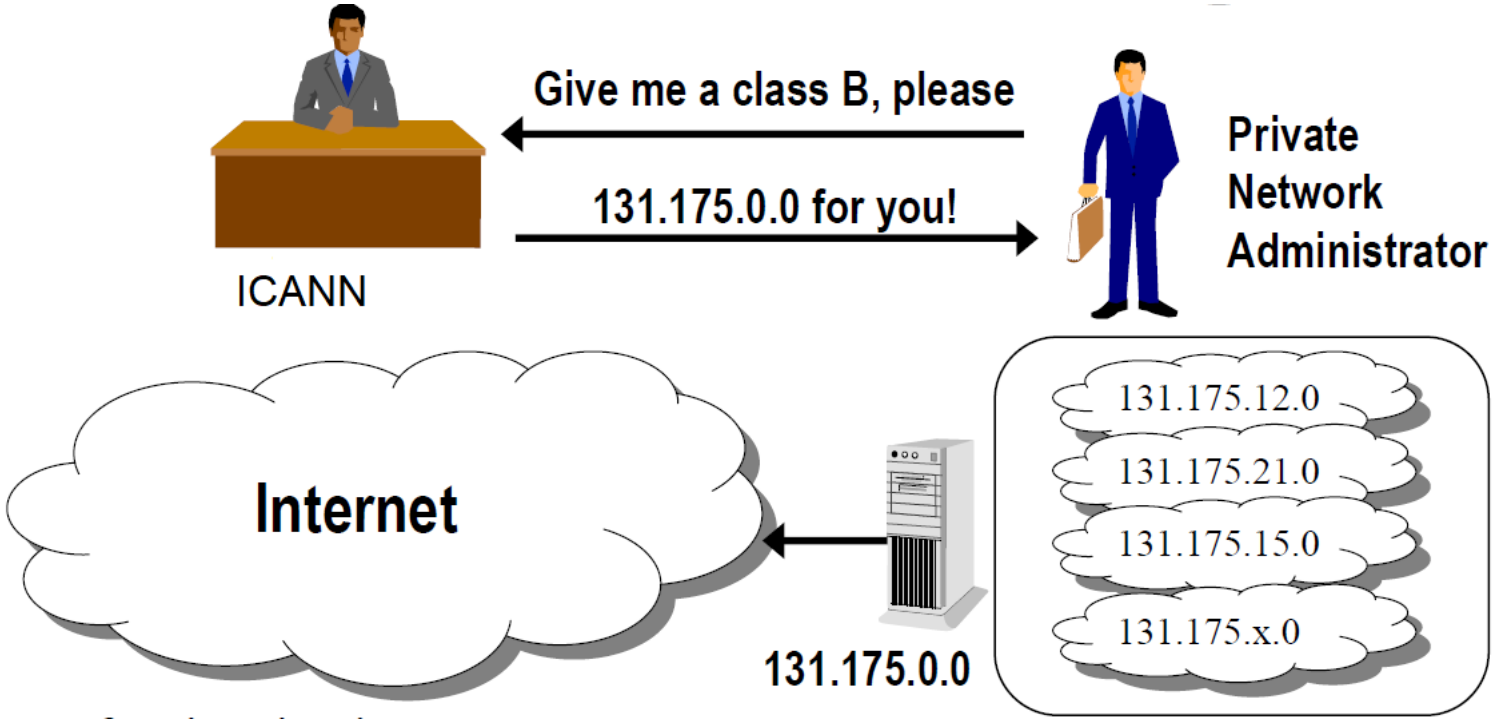
- Subnetted Network
  - rete divisa in reti più piccole, ognuna con il proprio (sub)network address
  - internamente, ogni rete è individuata dal suo indirizzo di sottorete
  - ...ma, al resto di Internet (ai router) la rete appare come una singola rete

- Organizzazione dello spazio degli indirizzi in una Subnetted network
  - un certo numero di bit vengono "presi in prestito" dall'HostId per identificare la sottorete
  - con m bits, possono essere create 2^m sottoreti
  - numero di host in ogni sottorete: $\mathbf{2^{Hostid\ -m}}$



hostid is divided into 2 parts:
1) subnet number: m bits
2) host number on that subnet: (HostID – m) bits

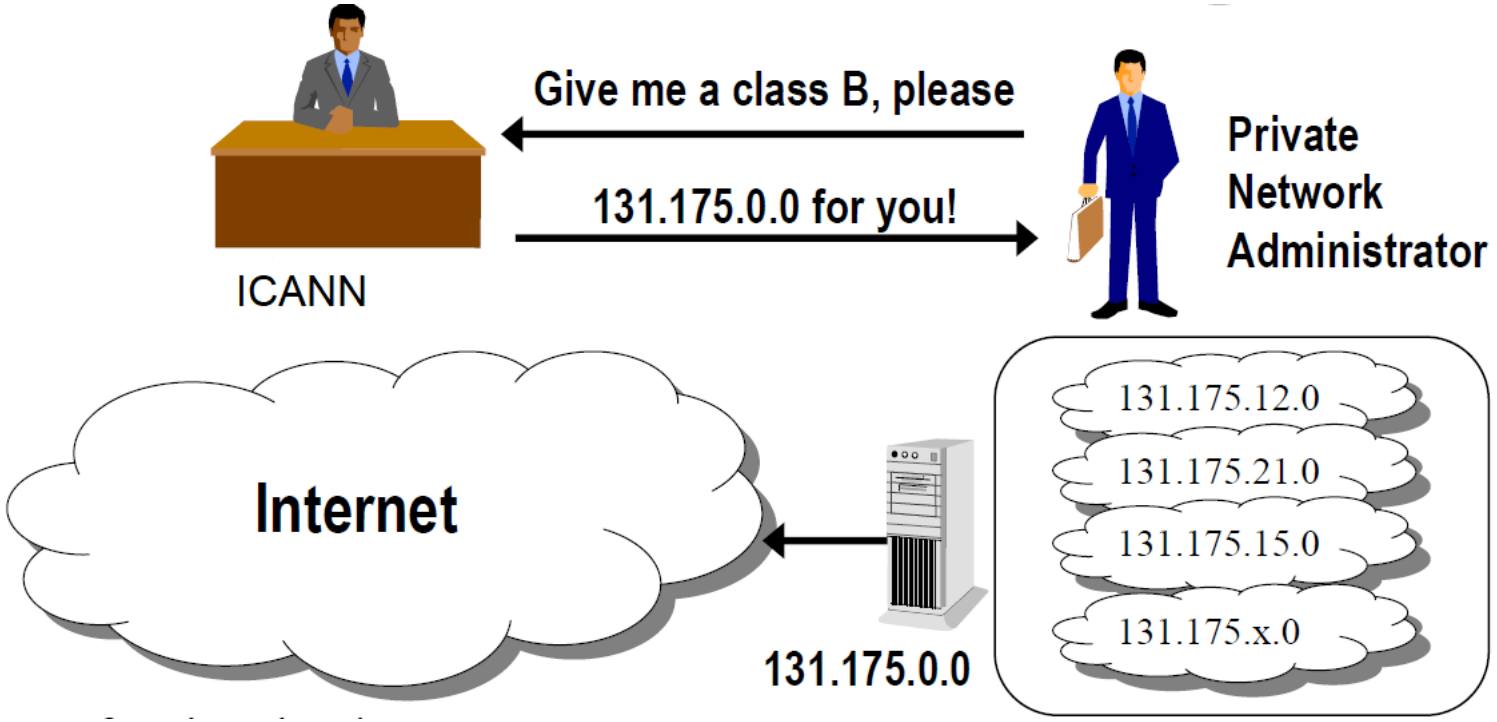
SUBNETTING



Idea di base:

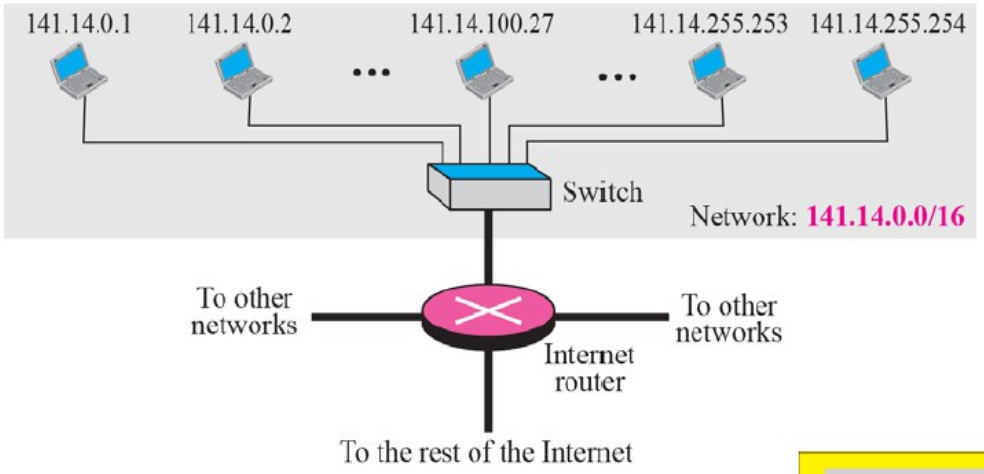
- utilizzare alcuni bit del Host-ID per identificare la sottorete
- "spostare" la delimitazione tra Net-ID ed Host-Id più a destra, all'interno dell' indirizzo.
- nell'esempio: creazione di più reti identificate utilizzando alcuni bit del terzo ottetto dell'indirizzo in classe B

SUBNETTING



- soluzione migliore per l'amministratore locale
  - flessibilità di creare nuove reti locali senza chiedere all'amministratore globale nuovi indirizzi
- soluzione migliore per Internet:
  - una singola entrata nelle tabelle di routing dei core routers di Internet
  - strategia di routing confinata alla singola amministrazione

SUBNETTING

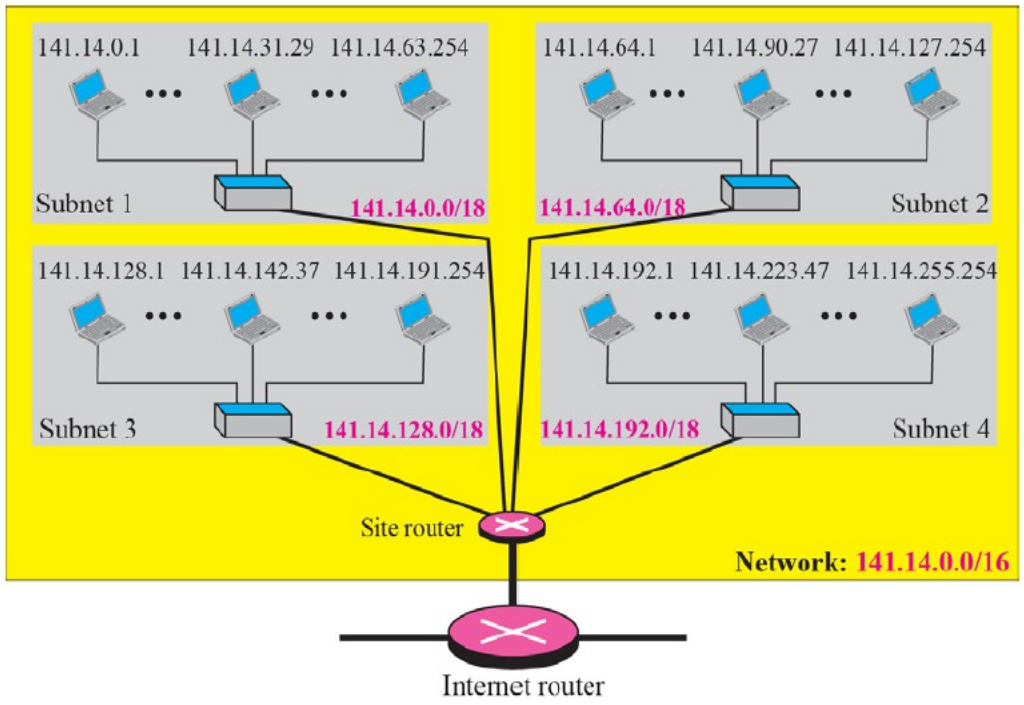


Rete di classe B senza subnetting

- ogni pacchetto viene inviato all'intera rete
- gerarchia di routing a due livelli
  - inoltro alla rete
  - inoltro all'host

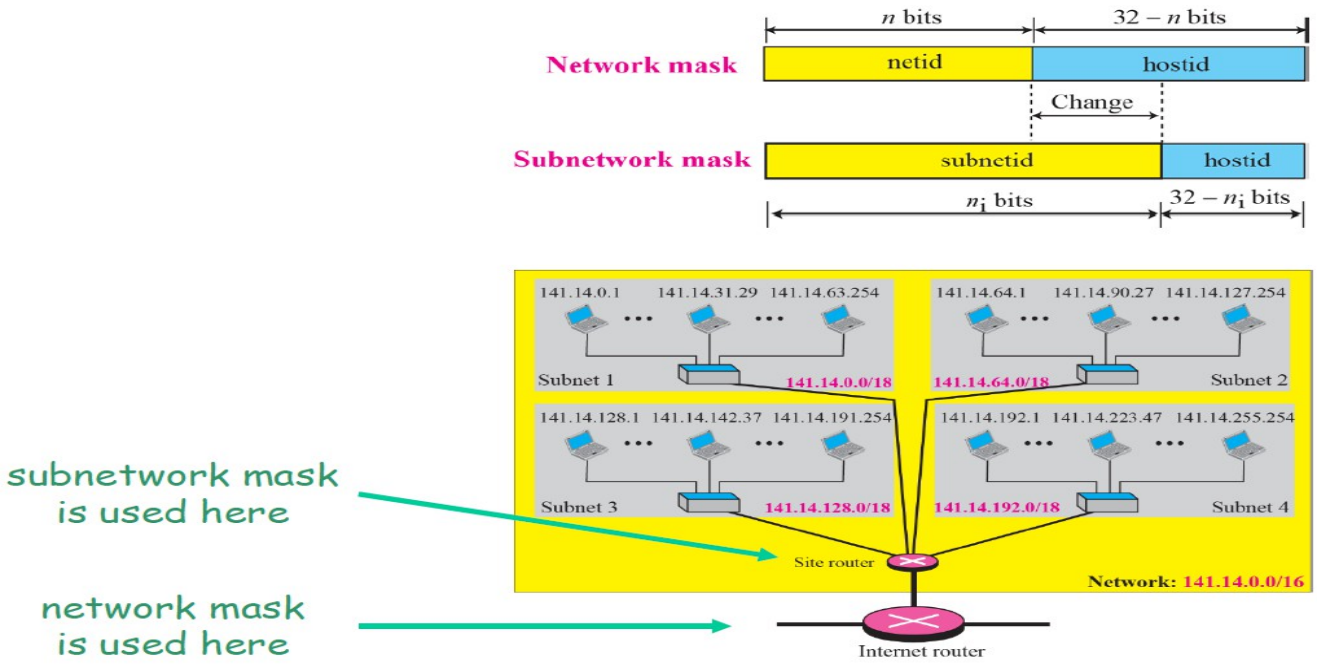
Rete di classe B con subnetting

- i pacchetti vengono inviati solamente alla rete appropriata
- gerarchia di routing a tre livelli
  - inoltro alla rete
  - inoltro alla sottorete
  - inoltro all'host



SUBNET MASK

- indica il limite tra l'indirizzo della sottorete e la parte dedicata all'host
- più lunga della class mask
  - # of 1-s in subnet mask > # of 1-s in classmask
- lunghezza decisa dall'amministratore
- usata per estrarre l'indirizzo della sottorete mettendo la maschera in AND con l'indirizzo IP del blocco



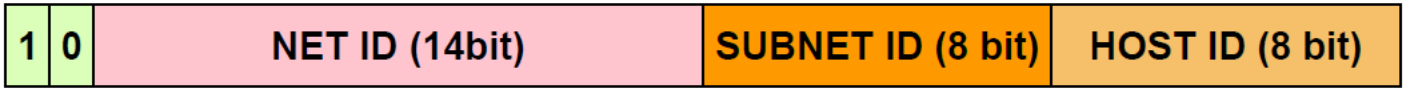
SUBNET ADDRESS E MASK

- Host IP address: 159.100.9.18 — 10011111.01100100.00001001.00010010
- Class B - network mask: 255.255.0.0 — 11111111.11111111.00000000.00000000
- Indirizzo di classe B con 5 bits subnet_id
  - subnet mask = /21 — 11111111.11111111.11111000.00000000
    - prefix-length notation
    - indirizzo in formato "barra" x.y.z.w/n dove n è il # di bits del prefisso di rete o il numero di 1 nella corrispondente maschera di rete
  - subnet mask = 255.255.248.0
    - dot decimal notation
- 159.100.0.0 = network address — 10011111.01100100.00001000.00000000
- 159.100.8.0 = extended network address (net_id+subnet_id)
- Per evitare ambiguità: 159.100.8.0/21

SUBNETTING DI INDIRIZZO IN CLASSE B

- Class B address = /16 network prefix
  - Network address = 131.175.0.0
  - Class mask = 255.255.0.0

- Per semplificare la lettura, spesso si effettua subnetting con una rete /24
  - conveniente per la lettura. Il limite subnet/address coincide con la separazione in dotted notation.
  - subnet coincide con il terzo ottetto

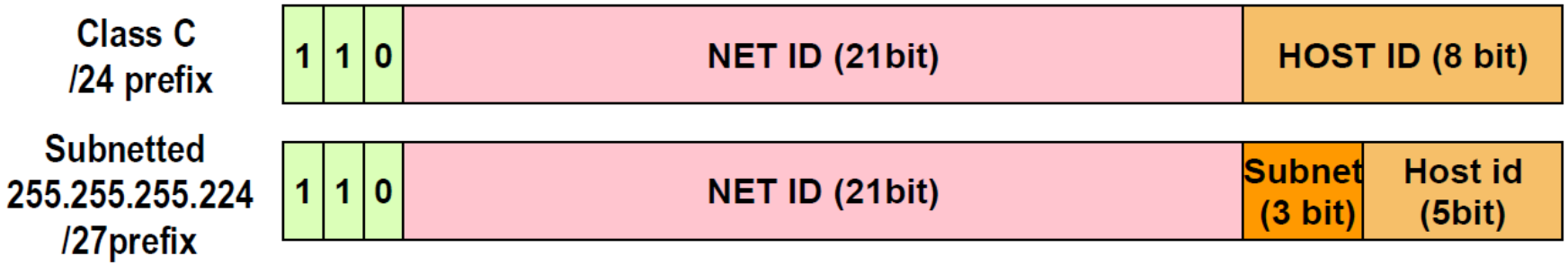


- 255.255.255.0 subnet mask
- subnet ID = terzo numero nella dotted notation

  131.175.***21***.0
- nessuna ragione tecnica per utilizzare /24 subnets

SUBNETTING INDIRIZZO 193.1.1.0 DI CLASSE C

Base net 11000001.00000001.00000001.00000000 193.1.1.0/24



Subnet # 0	11000001.00000001.00000001.**000**00000	**193.1.1.0/27**
Subnet # 1	11000001.00000001.00000001.**001**00000	**193.1.1.32/27**
Subnet # 2	11000001.00000001.00000001.**010**00000	**193.1.1.64/27**
Subnet # 3	11000001.00000001.00000001.**011**00000	**193.1.1.96/27**
Subnet # 4	11000001.00000001.00000001.**100**00000	**193.1.1.128/27**
Subnet # 5	11000001.00000001.00000001.**101**00000	**193.1.1.160/27**
Subnet # 6	11000001.00000001.00000001.**110**00000	**193.1.1.192/27**
Subnet # 7	11000001.00000001.00000001.**111**00000	**193.1.1.224/27**

Remember: maximum 30(2^5-2) hosts attachable to each subnet

ROUTING DI 193.205.102.36

193								205								102								36							
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0

Class C address;
Outside private domain routed with mask 255.255.255.0

network																				host							
193								205								102				36							
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0

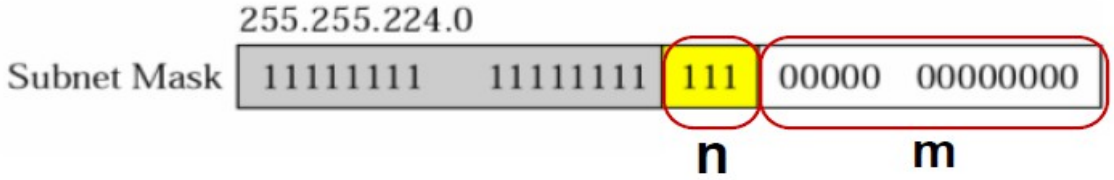
Inside private domain, administrator has set netmask 255.255.255.248

255								255								255								248							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Hence, route to subnet address and then to host id, computed as:

network																				subnet					host		
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
193.205.102.32 /29																									4		

SUBNETTING: PROGETTTAZIONE



- quante subnets sono necessarie alla organizzazione e quante saranno necessarie nel futuro? devono essere $<2^n$
  - calcolare il massimo numero di sottoreti necessarie e calcola la prima potenza del 2 maggiore
- quanti host ci sono nella sottorete più grande della organizzazione e quante ce ne saranno nel futuro? devono essere $<2^m$
  - assicurarsi che ci siano abbastanza indirizzi per coprire la più grande sottorete
- non sempre possibile soddisfare tutte le esigenze

SUBNETTING: UN ESEMPIO

- ad una organizzazione viene attribuito l'indirizzo IP 128.100.0.0 (un indirizzo di classe B)
- l'organizzazione vuole creare 3 sottoreti con il numero massimo di connessioni per ogni rete.
- i primi due ottetti 128.100 sono fissati, poiché l'indirizzo è in classe B.
- per il subnetting si hanno a disposizione gli ultimi due ottetti

Prima Soluzione

- si usano i primi 2 bit del terzo ottetto come identificatore della sottorete

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
10000000	01100100	00000000	00000000
128.	100.	0.	0

00 = 0 -> 128.100.0.0
01 = 64 -> 128.100.64.0
10 = 128 -> 128.100.128.0
11 = 192 -> 128.100.192.0

- ma...11 e 00 non possono essere utilizzati come indirizzi di sottorete, poiché combinati con tutti 1 e tutti 0 sono indirizzi speciali
- la soluzione non soddisfa le specifiche: richieste 3 reti

SUBNETTING: UN ESEMPIO

Seconda Soluzione

- si usano i primi 3 bit del terzo ottetto come identificatore della sottorete

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
10000000	01100100	00000000	00000000
128.	100.	0.	0

000 = 0 -> 128.100.0.0
001 = 32 -> 128.100.32.0
010 = 64 -> 128.100.64.0
011 = 96 -> 128.100.96.0
100 = 128 -> 128.100.128.0
101 = 160 -> 128.100.160.0
110 = 192 -> 128.100.192.0
111 = 224 -> 128.100.224.0

- 128.100.194.23 è l'indirizzo di un host che si trova nella sottorete 128.100.192.0
  - anche se sembra non avere nulla a che vedere con l'indirizzo di rete, diamo un'occhiata più attenta alla rappresentazione binaria dei due indirizzi

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4	
10000000	01100100	11100000	00000000	Subnet 6
128.	100.	192.	0	
10000000	01100100	11100010	00010111	Host on Subnet 6
128.	100.	194.	23	

CIDR

Classless Inter-Domain Routing

RFC 1517 to 1520 (1993)

CIDR

- Classless
  - elimina completamente i concetti tradizionali di Classi A, B e C, per superare la scarsa flessibilità dell'indirizzamento
  - divisione tra indirizzo di rete ed indirizzo di host può avvenire in un qualsiasi punto
  - una organizzazione può suddividere lo spazio degli indirizzi che ha avuto assegnato in blocchi di dimensione diversa

- sviluppato negli anni '90 e introdotto in via definitiva nel settembre 1993
  - RFC 1517, 1518, 1519, 1520

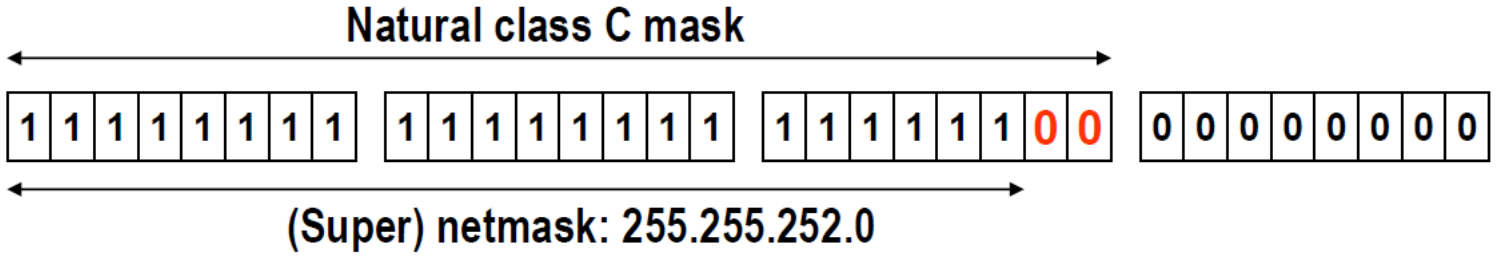
- eliminazione delle classi comporta:
  - i router non possono fare alcuna assunzione sulla base dei primi bit dell'indirizzo
  - richiedono la conoscenza di un prefisso esplicito per determinare il punto di divisione tra net_id and host_id
  - i protocolli di routing devono essere modificati per supportare la notifica dei prefissi

CIDR: MOTIVAZIONI

- se si usa CIDR
  - si può allocare un singolo indirizzo /23: sufficiente per coprire gli indirizzi di 500 computers
  - ridurre lo spreco del classful routing
- CIDR concepito per
  - rallentare l'esaurimento degli indirizzi IP (raddoppio del numero di host ogni anno)
  - ridurre la dimensione delle tabelle di routing
  - aumentare la velocità del processo di routing
  - compatibile con classfull addressing

CIDR: SUPERNETTING

- supponiamo che ad una organizzazione siano assegnati 2^n indirizzi in classe C
  - con spazio degli indirizzi contiguo!
- Idea di base:
  - aggregare diverse reti in modo che all'esterno appaiano come una unica rete
  - individuare il prefisso comune
  - una parte dei bit del prefisso di rete, vengono "nascosti" al'esterno
  - l'opposto del subnetting: supernetting!
  - Spostare a sinistra la demarcazione tra parte di rete e parte host
- esempio: 4 indirizzi di classe C compaiono rispetto alla rete globale come un unico indirizzo



CIDR: SUPERNETTING

4 address-contiguous networks:

⇨213.2.96.0 11010101.00000010.011000*00*.00000000

⇨213.2.97.0 11010101.00000010.011000*01*.00000000

⇨213.2.98.0 11010101.00000010.011000*10*.00000000

⇨213.2.99.0 11010101.00000010.011000*11*.00000000

supernet mask:

⇨255.255.252.0

supernet address: 213.2.96.0/22

⇨11010101 . 00000010 . 011000 00 . 00000000

- la divisione tra parte di rete ed host è ora variabile e dipende dal numero di reti aggregate
- la divisione variabile tra Net-Id ed Host-Id è ora visibile nella rete globale

CIDR: MODIFICHE NEL ROUTING

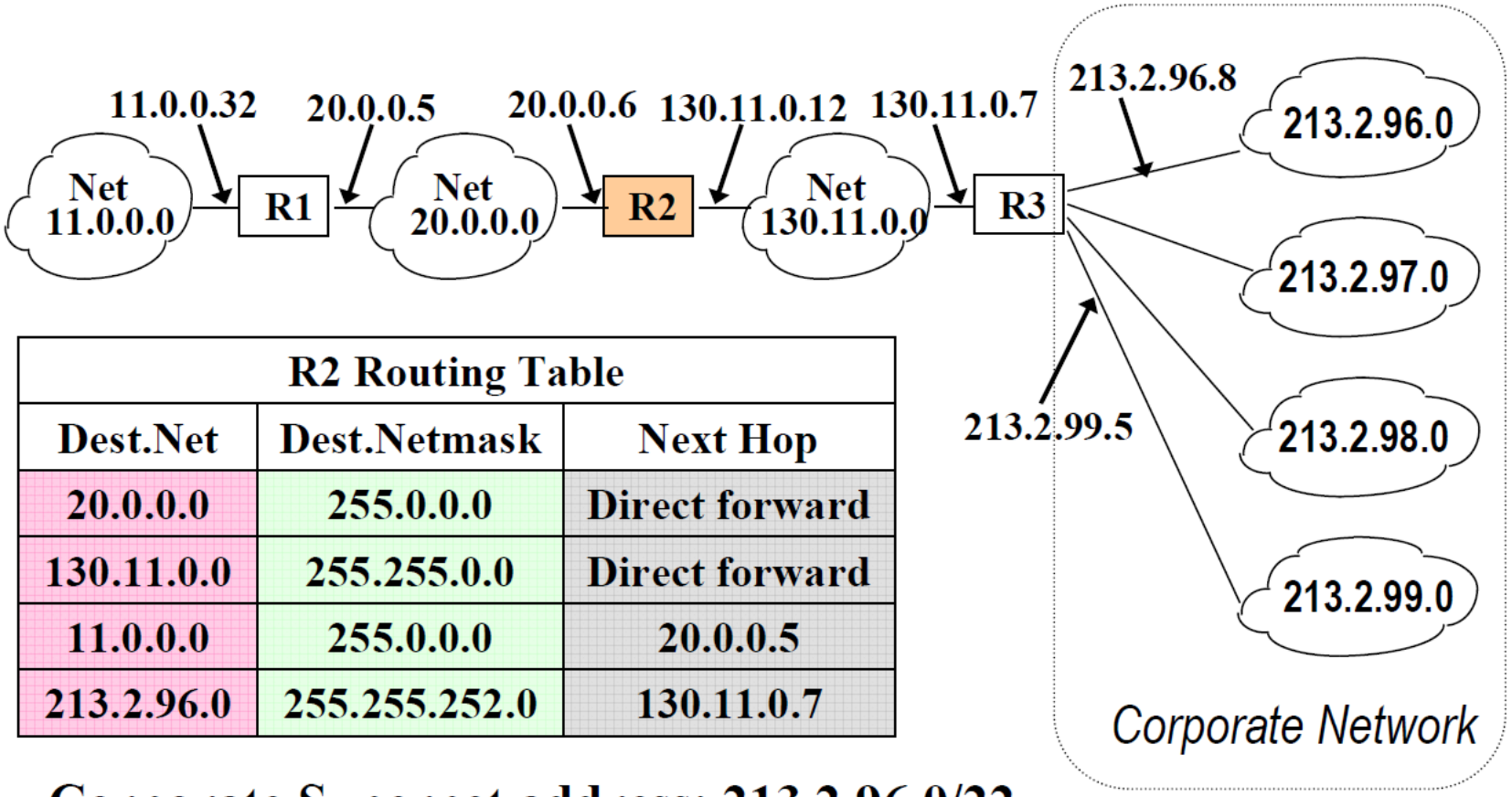
- necessario modificare il routing
  - router devono gestire prefissi di lunghezza variabile
  - alla maggior flessibilità corrisponde un maggior costo nel routing

https://tools.ietf.org/html/rfc1519

"*With the change from classful network numbers to classless prefixes, it is not possible to infer the network* ***mask*** *from the initial bit pattern of an* ***IPv4*** *address. This has implications for how routing information is stored and propagated. Network masks or prefix lengths must be explicitly carried in routing protocols …*

Similarly, routing and forwarding tables in layer-3 network equipment must be organized to store both prefix and prefix length or ***mask****. Equipment which organizes its routing/forwarding information according to legacy class A/B/C network/subnet conventions cannot be expected to work correctly … "*

CIDR: SUPERNETTING

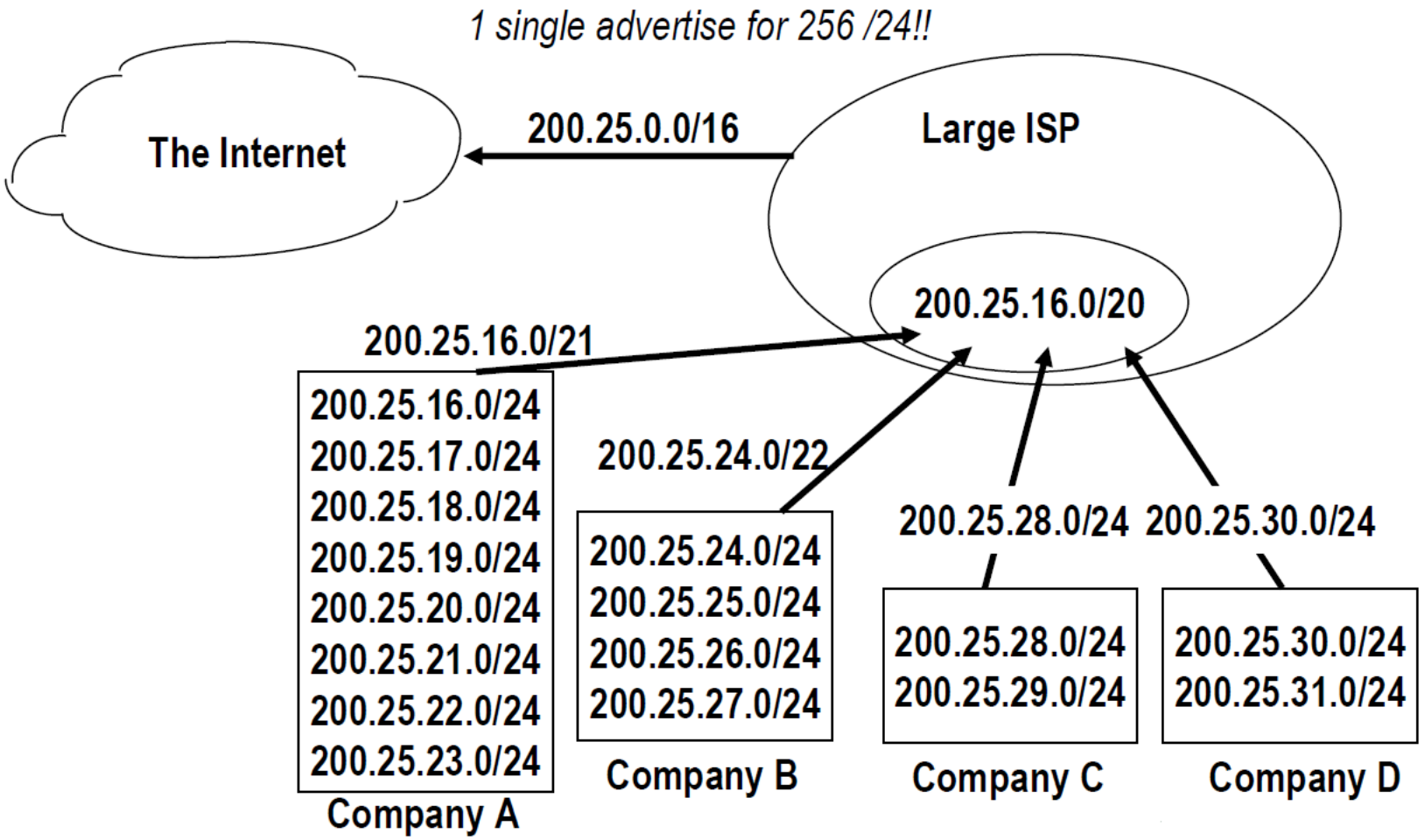


R2 Routing Table		
Dest.Net	Dest.Netmask	Next Hop
20.0.0.0	255.0.0.0	Direct forward
130.11.0.0	255.255.0.0	Direct forward
11.0.0.0	255.0.0.0	20.0.0.5
213.2.96.0	255.255.252.0	130.11.0.7

Corporate Supernet address: 213.2.96.0/22

11010101 . 00000010 . 011000 00 . 00000000

ROUTE AGGREGATION: RISPARMIO TABELLE DI ROUTING



UN ESEMPIO

- un Internet Service Provider può suddividere lo spazio di indirizzi che gli è stato assegnato ed attribuire blocchi di dimensione variabile ai clienti
- esempio: ad un ISP è assegnato l'indirizzo 14.24.74.0/24.
  - una /24
  - ci sono 2^{32-24}=256 indirizzi in questo blocco
- l'organizzazione deve definire 11 sottoreti, con 256 host, in totale
  - 2 sottoreti, ognuna con 64 addresse: 6-bit hostIDs
  - 2 sottoreti, ognuna con 32 indirizzi: 5-bit hostIDs
  - 3 sottoreti, ognuna con 16 indirizzi: 4-bit hostIDs
  - 4 sottoreti, ognuna con 4 indirizzi: 2-bit hostIDs
- definire le subnet masks
  - per semplicità supporre che siano ammesse subnet ID composte da tutti 0 e tutti 1

UN ESEMPIO

14.24.74.00/24 = 00001110 00011000 01001010 / 00000000

/24 bits — remaining 8 bits

1) With first 2 out of 8 available bits, we can create 4 networks (i.e. 4 blocks of addresses) each with 64 host. We use the first of the two blocks for the first two subnets.

6 bits for host IDs

Subnet 1:	14.24.74.00/26 =	00001110	00011000	01001010	00000000
Subnet 2:	14.24.74.64/26 =	00001110	00011000	01001010	01000000
unused 1:	14.24.74.128/26 =	00001110	00011000	01001010	10000000
unused 2:	14.24.74.192/26 =	00001110	00011000	01001010	11000000

2) We use the third block of 64 addresses (unused 1) for the next two subnets, each with 32 hosts.

5 bits for host IDs

Subnet 3:	14.24.74.128/27 =	00001110	00011000	01001010	10000000
Subnet 4:	14.24.74.160/27 =	00001110	00011000	01001010	10100000

3) We split the fourth block of 64 addresses (unused 2) into 4 sub-blocks, each with each with 16 hosts.

4 bits for host IDs

Subnet 5:	14.24.74.192/28 =	00001110	00011000	01001010	11000000
Subnet 6:	14.24.74.208/28 =	00001110	00011000	01001010	11010000
Subnet 7:	14.24.74.224/28 =	00001110	00011000	01001010	11100000
unused 3:	14.24.74.224/28 =	00001110	00011000	01001010	11110000

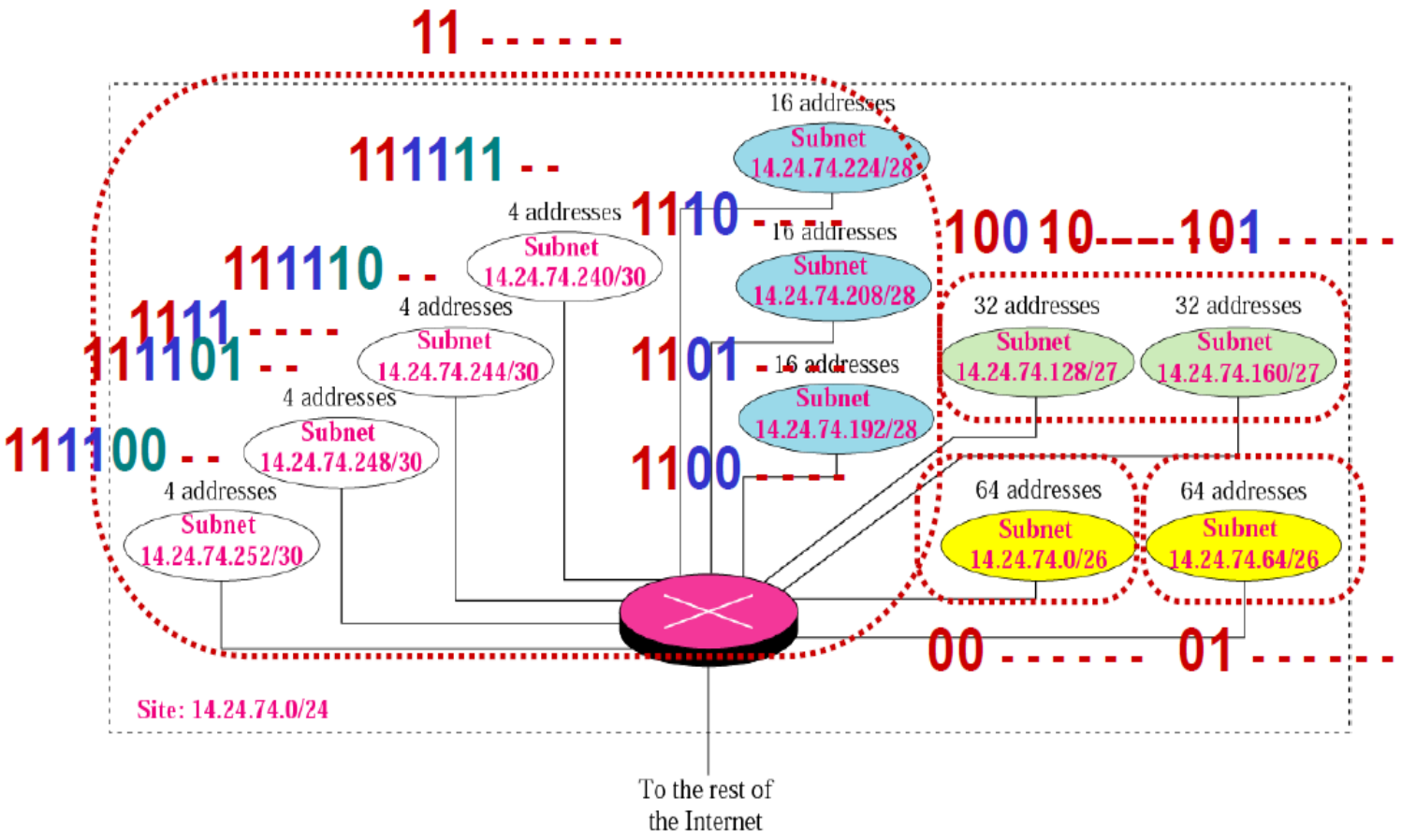
UN ESEMPIO

4) We use the last available sub-block for the last four subnets, each with 4 addresses.

2 bits for host IDs

Subnet 8:	14.24.74.240/30 =	00001110	00011000	01001010	11110000
Subnet 9:	14.24.74.244/30 =	00001110	00011000	01001010	11110100
Subnet 10:	14.24.74.248/30 =	00001110	00011000	01001010	11111000
Subnet 11:	14.24.74.252/30 =	00001110	00011000	01001010	11111100

UN ESEMPIO


11 - - - - - -
16 addresses
Subnet
14.24.74.224/28
111111 - -
4 addresses
1110 - - - -
16 addresses
Subnet
14.24.74.240/30
111110 - -
Subnet
14.24.74.208/28
4 addresses
1111 - - - -
32 addresses
32 addresses
Subnet
14.24.74.128/27
Subnet
14.24.74.160/27
11101 - -
Subnet
14.24.74.244/30
1101 - - - -
16 addresses
4 addresses
Subnet
14.24.74.192/28
111100 - -
Subnet
14.24.74.248/30
1100 - - - -
4 addresses
64 addresses
64 addresses
Subnet
14.24.74.252/30
Subnet
14.24.74.0/26
Subnet
14.24.74.64/26
100 10 - - - 101 - - - - -
00 - - - - - -
01 - - - - - -
Site: 14.24.74.0/24
To the rest of
the Internet

INDIRIZZI GERARCHICI

- La struttura gerarchica degli indirizzi si riflette nel modo con cui vengono allocati
- Anche la allocazione degli indirizzi viene effettuata in modo gerarchico
  - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN) assegna grandi blocchi di indirizzi a....
  - Regional Internet Registries: organizzazione che sovrintende all'assegnamento e alla registrazione degli indirizzi in una specifica area geografica (RIPE NCC per Europa, Medio Oriente ed Asia Centrale,...) assegna indirizzi a....
  - Internet Service Providers che assegnano indirizzi a:
  - Individui e istituzioni di dimensioni più piccole...

ESAURIMENTO DELLO SPAZIO DI INDIRIZZI

- Subnetting e Classless Inter-domain Routing (CIDR) sono tecniche che hanno consentito
  - l'ottimizzazione nell'uso degli indirizzi IP
  - di limitare la crescita delle tabelle di routing
- ...ma, è stato ben presto chiaro che, ad un certo punto, queste tecniche non sarebbero state più sufficienti
  - necessari più di 32 bits per gli indirizzi IP
- problema già esaminato a partire dal 1991 e rimandato ripetutamente
  - l'espansione del numero degli indirizzi IP implica
    - il cambiamento dell'header di ogni pacchetto IP
    - l'installazione di nuovo software su ogni host ed ogni router che supporta lo stack protocollare IP
    - un cambiamento non banale!

IPV6

- inizialmente conosciuto come IP Next Generation (Ipng), in seguito Ipv6
- soluzione definitiva al problema della penuria degli indirizzi
  - indirizzi a 128 bit
  - progettato per essere il più possibile vicino ad IPV4
- occasione per risolvere altri problemi, ragione ulteriore che ne rallenta la crescita
  - supporto per servizi real time
  - problemi di sicurezza
  - autoconfigurazione
  - routing support per mobile host

IPV6: FORMATO DEGLI INDIRIZZI

- indirizzo IPv6 address: 16 bytes rappresentati come 8 gruppi di 4 cifre esadecimali separate da due punti

8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF

- poiché molti indirizzi hanno molti zero al loro interno,
  - omettere gli zero iniziali in ogni gruppo
    - 0123 $\rightarrow$ 123
  - rimpiazzare uno o più gruppi di 0 da una coppia di due punti
    - 8000::123:4567:89AB:CDEF
  - gli indirizzi Ipv4 sono scritti come una coppia di : seguita dalla classica notazione decimale
    - ::192.31.20.46

- non avremo tempo di dire molto di più riguardo a IPv6....