IP Addressing

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Foreword

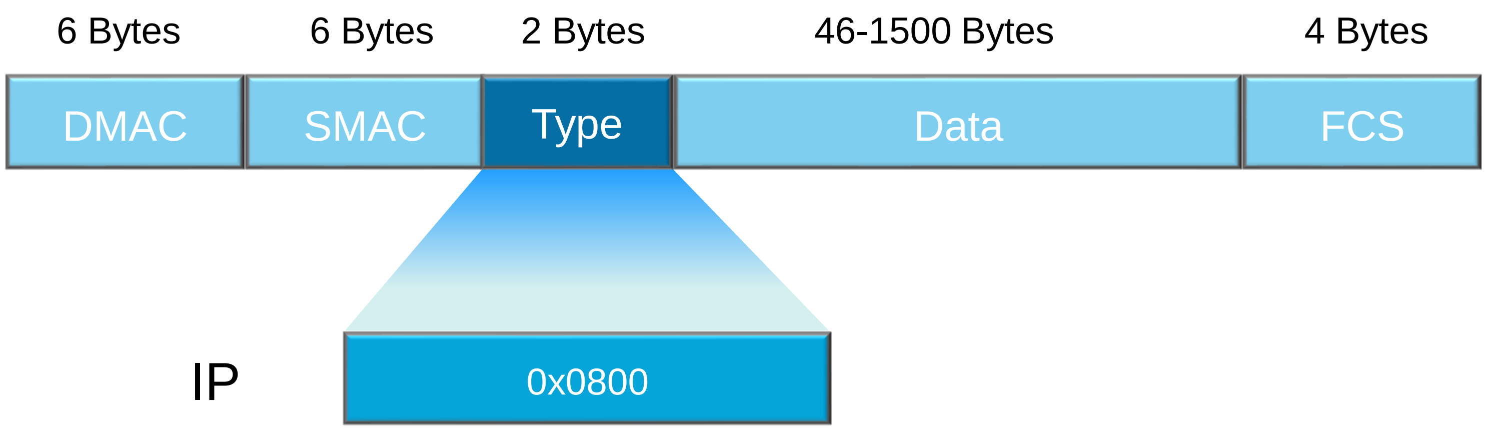
The Internet Protocol (IP) is designed to provide a means for internetwork communication that is not supported by lower layer protocols such as Ethernet. The implementation of logical (IP) addressing enables the Internet Protocol to be employed by other protocols for the forwarding of data in the form of packets between networks. A strong knowledge of IP addressing must be attained for effective network design along with clear familiarity of the protocol behavior, to support a clear understanding of the implementation of IP as a routed protocol.

Objectives

Upon completion of this section, trainees will be able to:

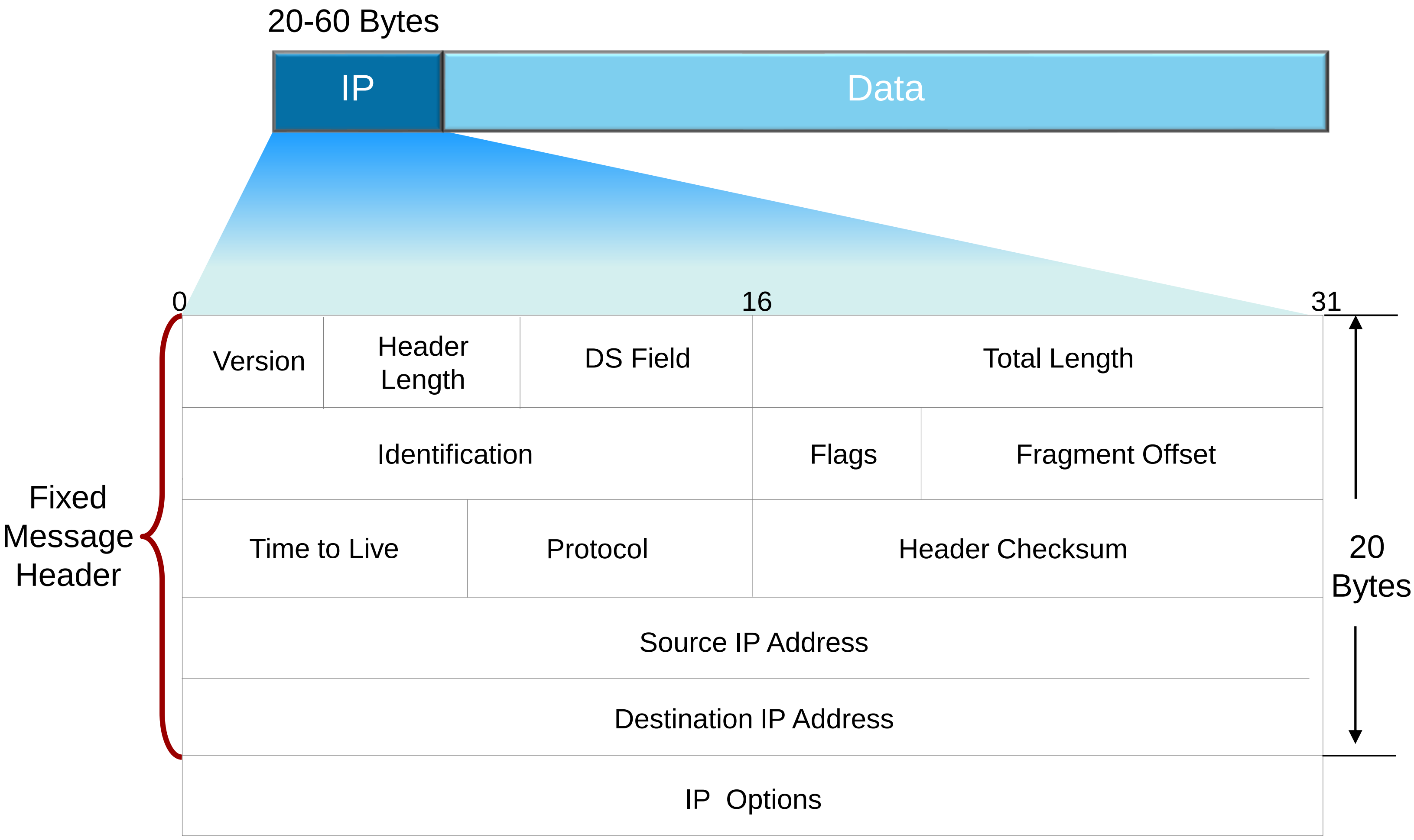
- Describe the fields and characteristics contained within IP.
- Distinguish between public, private and special IP address ranges.
- Successfully implement VLSM addressing.
- Explain the function of an IP gateway.

Next Header Processing



- The next set of instructions for processing are referenced in the type field of the frame header.

IP Packet Header



IP Packet Header

<table>
<tr><td>Version</td><td>Header Length</td><td>DS Field</td><td colspan="2">Total Length</td><td rowspan="5">20 Bytes</td></tr>
<tr><td colspan="3">Identification</td><td>Flags</td><td>Fragment Offset</td></tr>
<tr><td colspan="2">Time to Live</td><td>Protocol</td><td colspan="2">Header Checksum</td></tr>
<tr><td colspan="5">Source IP Address</td></tr>
<tr><td colspan="5">Destination IP Address</td></tr>
<tr><td colspan="5">IP Options</td><td></td></tr>
</table>

- Version (4 bit) : indica la versione del protocollo in uso;
- HLEN (4 bit) : numero delle parole a 32bit che compongono il pacchetto;
- Differentiate Service (8 bit): gestione della priorità dei dati.
- Total Lenght (16 bit): lunghezza complessiva del pacchetto. Dati inclusi.
- TTL (8 bit): contatore per la vita utile del pacchetto.
- Protocol (8 bit): indica il livello superiore che gestirà i dati del pacchetto.
- Header Checksum (16 bit): controllo di errore sull’header;

IP Packet Header

Version	Header Length	DS Field	Total Length		20 Bytes
Identification			Flags	Fragment Offset	
Time to Live	Protocol		Header Checksum		
Source IP Address					
Destination IP Address					
IP Options					

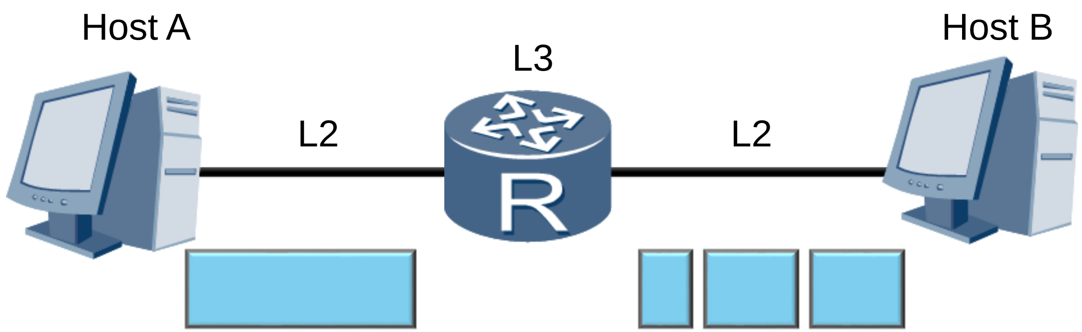
Campo **Flags** (3 bit)

Reserved : non utilizzato;

Don’t Fragment: il pacchetto non deve essere frammentato;

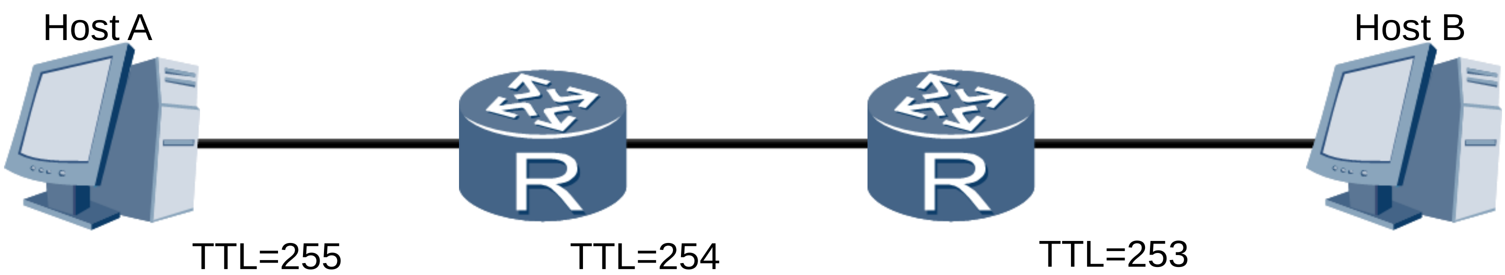
More Frangments: se settato a 0 il corrente frammento è l’ultimo o l’unico dell’insieme. Se settato ad 1 ci sono altri frammenti.

IP Fragmentation



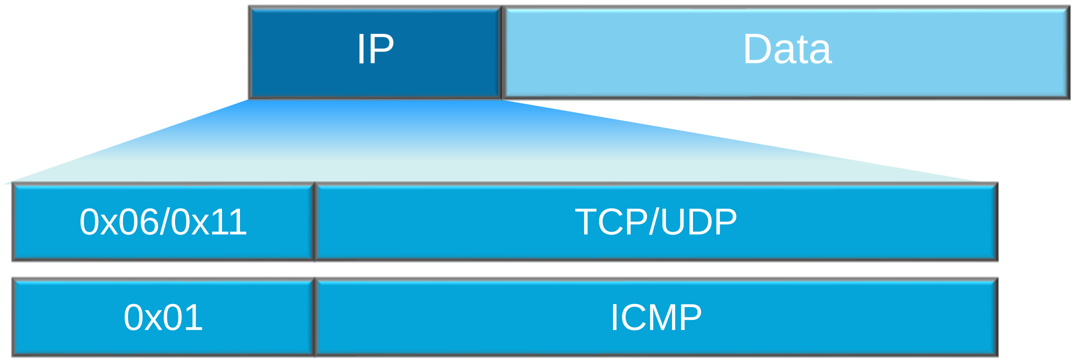
Version	Header Length	DS Field	Total Length	
Identification			**Flags**	**Fragment Offset**
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source IP Address				
Destination IP Address				
IP Options				

Time To Live



Version	Header Length	DS Field	Total Length		
Identification			Flags	Fragment Offset	
Time to Live	Protocol		Header Checksum		
Source IP Address					
Destination IP Address					
IP Options					

Protocol Field



Version	Header Length	DS Field	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
Time to Live	**Protocol**	Header Checksum	
Source IP Address			
Destination IP Address			
IP Options			

Protocolli:
0x01: ICMP
0x06: TCP
0x011: UDP
0x89: OSPF
0x47:GRE

IP Fragmentation – In dettaglio

- La dimensione del pacchetto IP eccede quella del payload L2.
- Il pacchetto viene «spezzettato» in modo da «entrare» nel payload;
- La presenza di frammenti viene notificata con i flags MF;
- Ogni frammento viene identificato con un codice.

```
⊟ Internet Protocol, Src: 192.168.188.11 (192.168.188.11), Dst: 192.168.188.250 (192.168.188.250)
    Version: 4
    Header length: 20 bytes
  ⊞ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
    Total Length: 1500
    Identification: 0x1f59 (8025)
  ⊞ Flags: 0x01 (More Fragments)
    Fragment offset: 0
    Time to live: 64
    Protocol: ICMP (1)
  ⊞ Header checksum: 0x3b71 [correct]
    Source: 192.168.188.11 (192.168.188.11)
    Destination: 192.168.188.250 (192.168.188.250)
```

```
⊟ Internet Protocol, Src: 192.168.188.11 (192.168.188.11), Dst: 192.168.188.250 (192.168.188.250)
    Version: 4
    Header length: 20 bytes
  ⊞ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
    Total Length: 48
    Identification: 0x1f59 (8025)
  ⊞ Flags: 0x00
    Fragment offset: 1480
    Time to live: 64
    Protocol: ICMP (1)
  ⊞ Header checksum: 0x6064 [correct]
    Source: 192.168.188.11 (192.168.188.11)
    Destination: 192.168.188.250 (192.168.188.250)
  ⊞ [IP Fragments (1508 bytes): #16(1480), #17(28)]
⊞ Internet Control Message Protocol
```

```
⊟ [IP Fragments (1508 bytes): #16(1480), #17(28)]
    [Frame: 16, payload: 0-1479 (1480 bytes)]
    [Frame: 17, payload: 1480-1507 (28 bytes)]
    [Reassembled IP length: 1508]
```

IP Addressing

Network	Host
192.168.1	.1
11000000.10101000.00000001	.00000001

- The IP address identifies networks, and network hosts.
- Binary is the base numbering system used for IP addressing.

IP Addressing

Network Address

192.168.1	.0
11000000.10101000.00000001	.00000000

Broadcast Address

192.168.1	.255
11000000.10101000.00000001	11111111

- The upper and lower most host address values are reserved.

Decimal, Binary and Hexadecimal

Format	Value Range	Base Value
Binary	0 — 1	2
Decimal	0 — 9	10
Hexadecimal	0 — F	16

- Binary and Hexadecimal are common numbering systems used within IP networks.

Binary vs. Decimal Conversion

Bit Order	1	1	1	1	1	1	1	1
Binary Power	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Binary	128	64	32	16	8	4	2	1

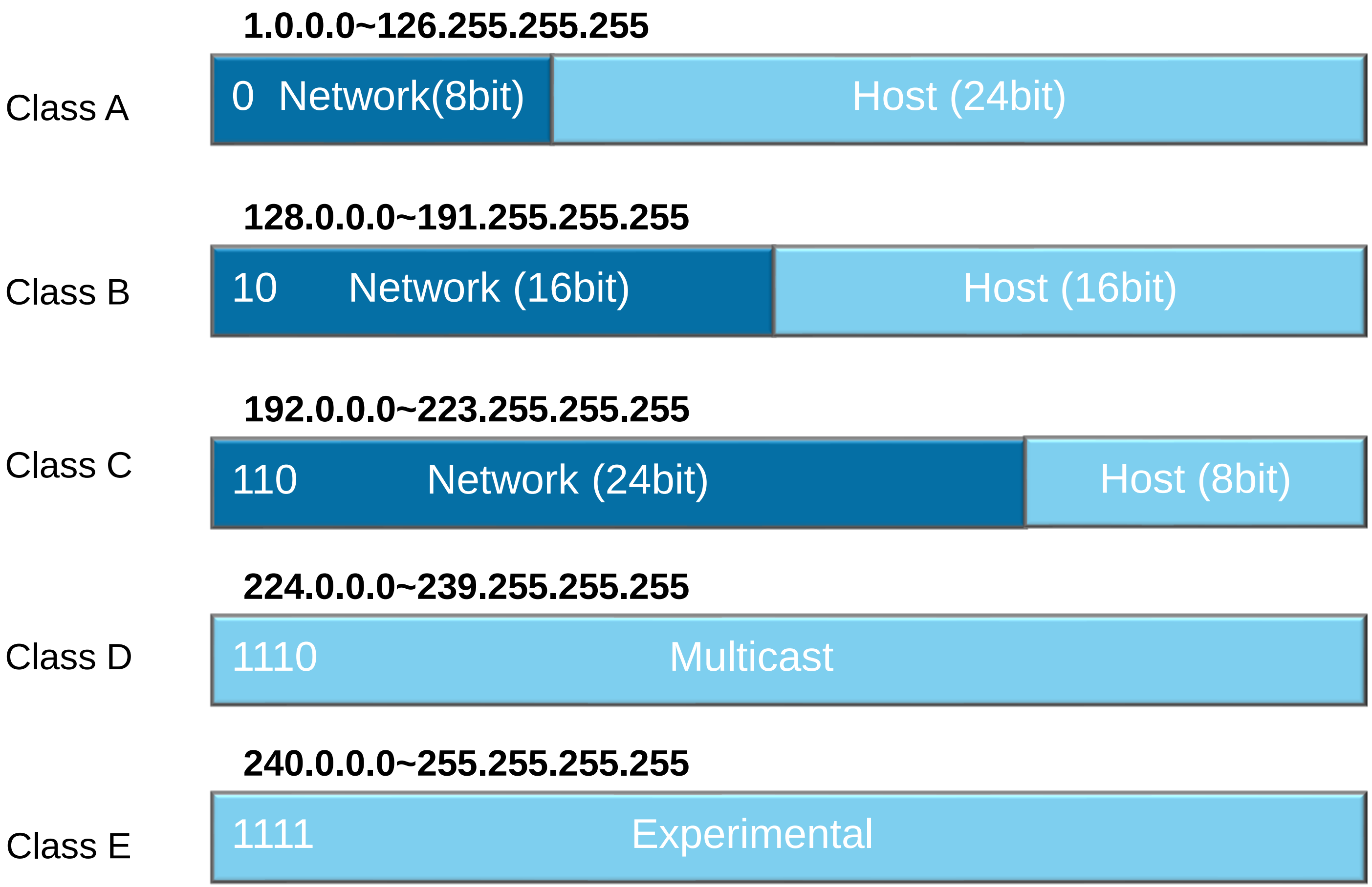
Decimal	Binary	Hexadecimal
0	00000000	00
1	00000001	01
2	00000010	02
3	00000011	03
4	00000100	04
5	00000101	05
6	00000110	06
7	00000111	07
8	00001000	08

Decimal	Binary	Hexadecimal
9	00001001	09
10	00001010	0A
11	00001011	0B
12	00001100	0C
13	00001101	0D
14	00001110	0E
15	00001111	0F
…	…	…
255	11111111	FF

Binary Conversion

	Network			Host
Binary	11000000	10101000	00000001	00000001
	2^7+2^6	$2^7+2^5+2^3$	2^0	2^0
Decimal	192	168	1	1

IP Address Classes



IP Address Classes

Reti		Host per rete
126	Classe A 1/2 Address Space 1-126	16777214
16384	Classe B 1/4 Address Space 128-191	65534
2097152	Classe C 1/8 Address Space 192-223	254

IP Address Classes

Address Block	Name	RFC	Allocation Da
0.0.0.0/8	"This host on this network"	[RFC1122], Section 3.2.1.3	1981-09
10.0.0.0/8	Private-Use	[RFC1918]	1996-02
100.64.0.0/10	Shared Address Space	[RFC6598]	2012-04
127.0.0.0/8	Loopback	[RFC1122], Section 3.2.1.3	1981-09
169.254.0.0/16	Link Local	[RFC3927]	2005-05
172.16.0.0/12	Private-Use	[RFC1918]	1996-02
192.0.0.0/24 [2]	IETF Protocol Assignments	[RFC6890], Section 2.1	2010-01
192.0.0.0/29	IPv4 Service Continuity Prefix	[RFC7335]	2011-06
192.0.0.8/32	IPv4 dummy address	[RFC7600]	2015-03
192.0.0.9/32	Port Control Protocol Anycast	[RFC7723]	2015-10
192.0.0.10/32	Traversal Using Relays around NAT Anycast	[RFC8155]	2017-02
192.0.0.170/32, 192.0.0.171/32	NAT64/DNS64 Discovery	[RFC7050], Section 2.2	2013-02
192.0.2.0/24	Documentation (TEST-NET-1)	[RFC5737]	2010-01
192.31.196.0/24	AS112-v4	[RFC7535]	2014-12
192.52.193.0/24	AMT	[RFC7450]	2014-12
192.88.99.0/24	Deprecated (6to4 Relay Anycast)	[RFC7526]	2001-06
192.168.0.0/16	Private-Use	[RFC1918]	1996-02
192.175.48.0/24	Direct Delegation AS112 Service	[RFC7534]	1996-01
198.18.0.0/15	Benchmarking	[RFC2544]	1999-03
198.51.100.0/24	Documentation (TEST-NET-2)	[RFC5737]	2010-01
203.0.113.0/24	Documentation (TEST-NET-3)	[RFC5737]	2010-01
240.0.0.0/4	Reserved	[RFC1112], Section 4	1989-08
255.255.255.255/32	Limited Broadcast	[RFC8190] [RFC919], Section 7	1984-10

IP Address Types – RFC1918

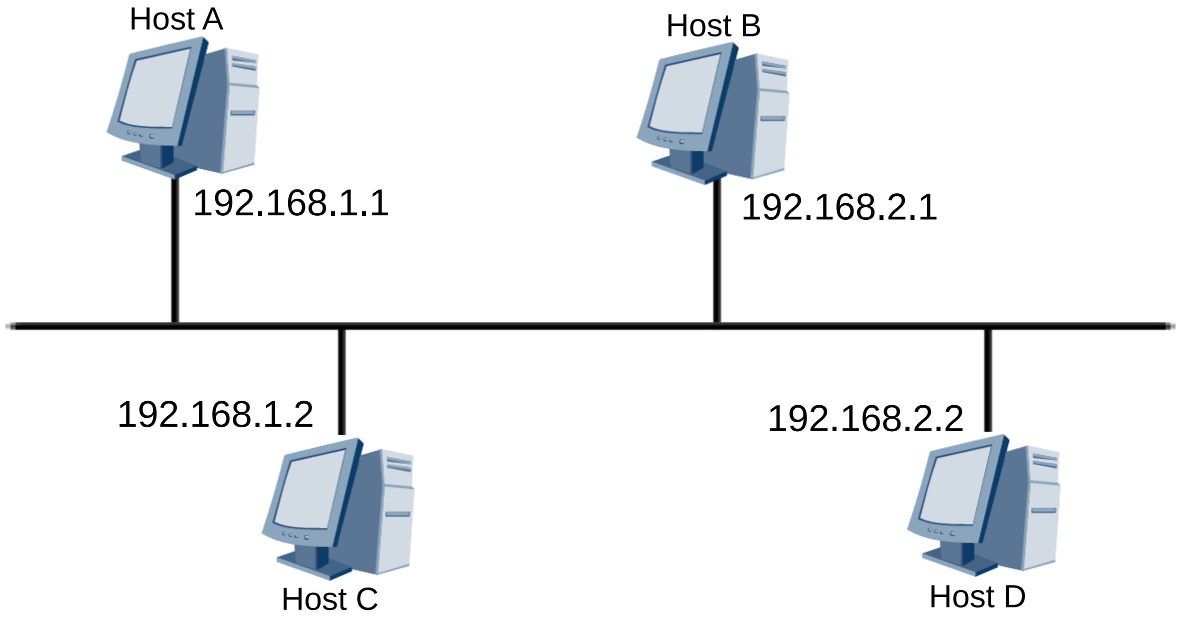
Private Address Ranges		N° di reti
Class A	10.0.0.0~10.255.255.255	1
Class B	172.16.0.0~172.31.255.255	31
Class C	192.168.0.0~192.168.255.255	255

Special Addresses	
Diagnostic	127.0.0.0 ~ 127.255.255.255
Any Network	0.0.0.0
Network Broadcast	255.255.255.255

Special Addresses	
Link Local	169.254.1.0 – 169.254.255.255

- The IP network address range has been divided, and certain addresses and ranges assigned special functions in the network.

IP Communication



Network			Host
192	168	1	0
192	168	2	0

Subnet Mask

Network	Host
192.168.1	0
11000000.10101000.000000001	00000000

Subnet	
255.255.255	0
11111111.11111111.11111111	00000000

- Subnet masks distinguish between the binary values that represent each (sub)network and those that represent each host.

Default Subnet Mask

Class A	255	0	0	0
Class B	255	255	0	0
Class C	255	255	255	0

- Certain subnet masks are applied to address ranges by default to denote the fixed range that is used for each network class.

Classful Network Analysis

Procedura:

- Determinare la classe sulla base del valore del primo ottetto;
- Dividere la parte network e la parte host;
- Network Number: tutta la porzione host posta a 0;
- First Address: Network Address + 1;
- Broadcast Number: tutta la porzione host posta ad 1;
- Last Address: Broadcast Address -1;

Classful Network Analysis - Esercizio

	Network	Host
	10	17 18 21
Tutto il campo host a 0		
Network ID		
Tutto il campo host ad 1		
Broadcast Address		

	Network	Host
	10	17 8 9
Tutto il campo host a 0		
Network ID		
Tutto il campo host ad 1		
Broadcast Address		

Classful Network Analysis - Verifica

	Network	Host		
	10	17	18	21
Tutto il campo host a 0	10	0	0	0
Primo Host	10	0	0	1
Tutto il campo host ad 1	10	255	255	255
Broadcast Address	10	255	255	255

	Network	Host		
	10	17	8	9
Tutto il campo host a 0	10	0	0	0
Primo Host	10	0	0	1
Tutto il campo host ad 1	10	255	255	255
Broadcast Address	10	255	255	255

Address Planning

IP Address	192	168	1	7
Subnet Mask	255	255	255	0
	11000000	10101000	00000001	00000111
	11111111	11111111	11111111	00000000
Network Address (Binary)	11000000	10101000	00000001	00000000
Network Address	192	168	1	0
Host Addresses: 2^n	256			
Valid Hosts: $2^n - 2$	254			

Case Scenario

IP Address	172	16	1	7
Subnet Mask	255	255	0	0
Network Address	?	?	?	?
Host Addresses: 2^n	?			
Valid Hosts: $2^n - 2$	?			

- Determine the network for the given IP address, and the number of actual, and valid host addresses in the network.

Classful Network Analysis

Esercizi:

- 192.168.23.0 255.255.255.0
- 172.16.31.4 /16
- 8.9.10.23 /8
- 193.205.130.240 /24
- 10.0.48.1 255.0.0.0

Subnet Mask

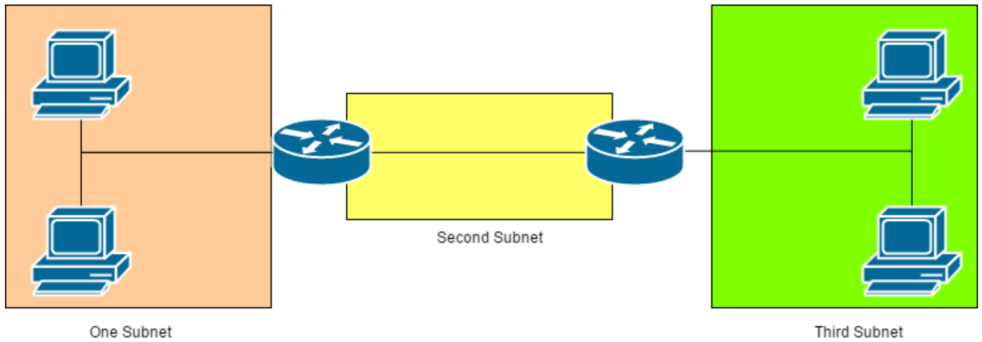
Subnetting:

E’ un metodo per suddividere ulteriormente lo spazio **classful** degli indirizzi IPV4 in modo da ottenere dei gruppi più piccoli.

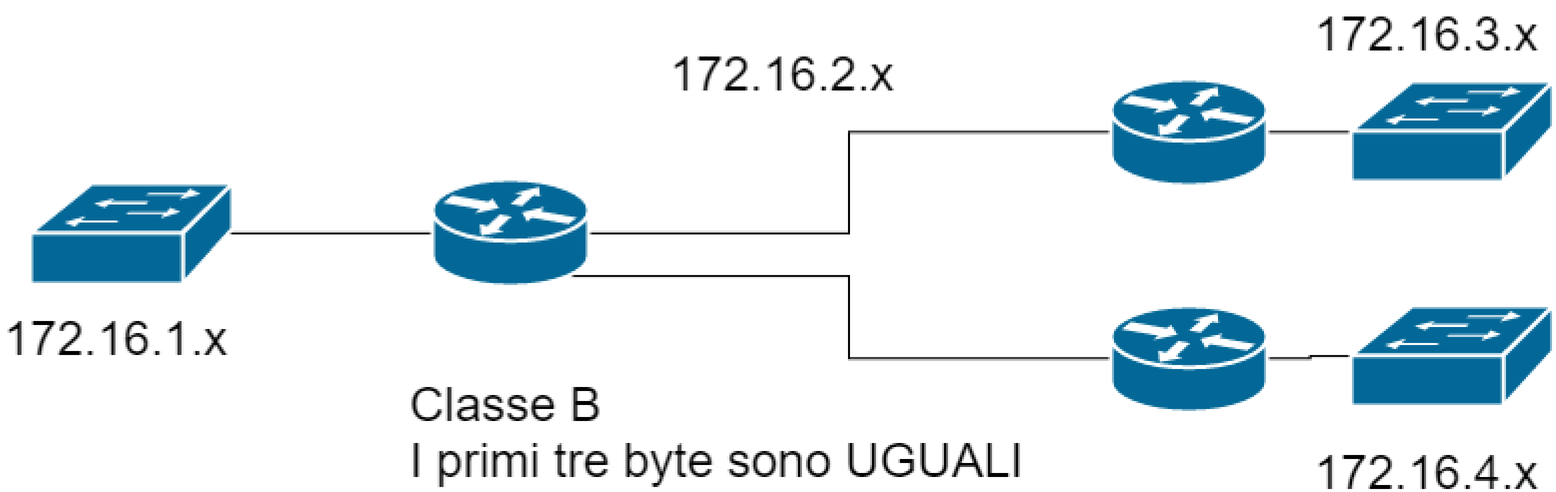
Possiamo quindi prendere una “classe di indirizzi” (A,B,C) e suddividerla in gruppi più piccoli che siano **consecutivi**.

Pensiamo a SUBNET -> SUBSET!

Subnet Mask



Rete di riferimento: 172.16.0.0 (Classe B) /16



Subnet Mask

Subnet Planning

- Quante subnet dobbiamo implementare?
- Quali (e quanti) hosts debbono appartenere alla stessa subnet?
- Quanti IP sono necessari in ogni subnet?
- Utilizzeremo la stessa dimensione di subnet per tutta la rete?

Subnet Mask

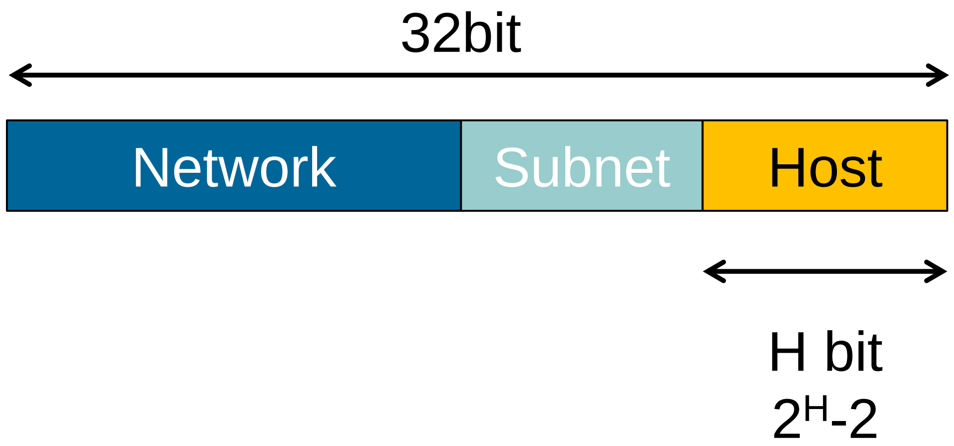
Subnet Planning - Quante subnet dobbiamo implementare?

- Accesso ai diagrammi di rete;
- Analisi della topologia fisica
- Analisi della organizzazione logica della rete.

Subnet Mask

Subnet Planning - Quanti IP sono necessari in ogni subnet?

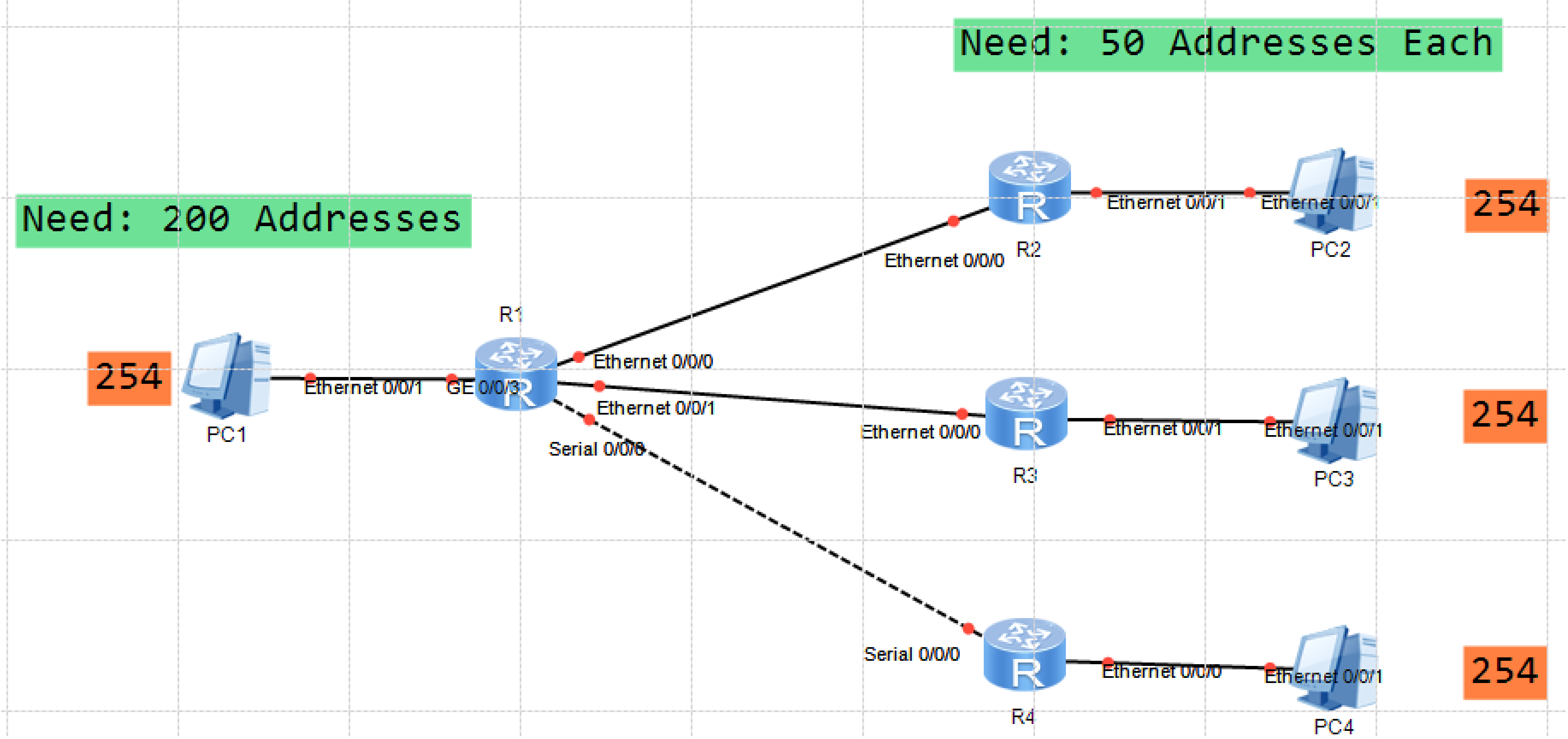
- Ricognizione sul numero di dispositivi presenti in ogni gruppo;
- Determinazione della dimensione in bit della SUBNET MASK



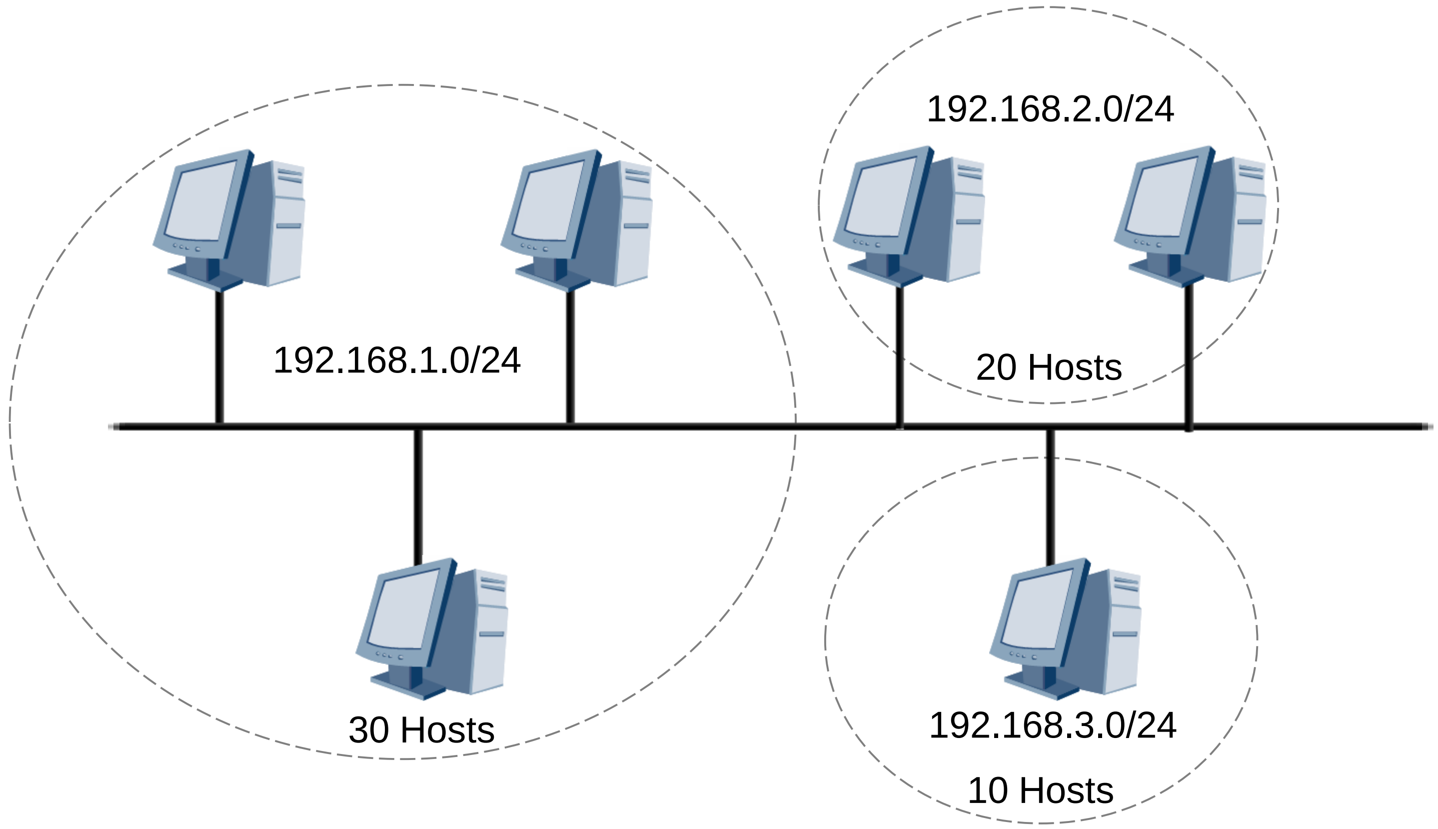
Subnet Mask

Subnet Planning - Quanti IP sono necessari in ogni subnet?

- Subnet Mask Size: single size



Addressing Limitations

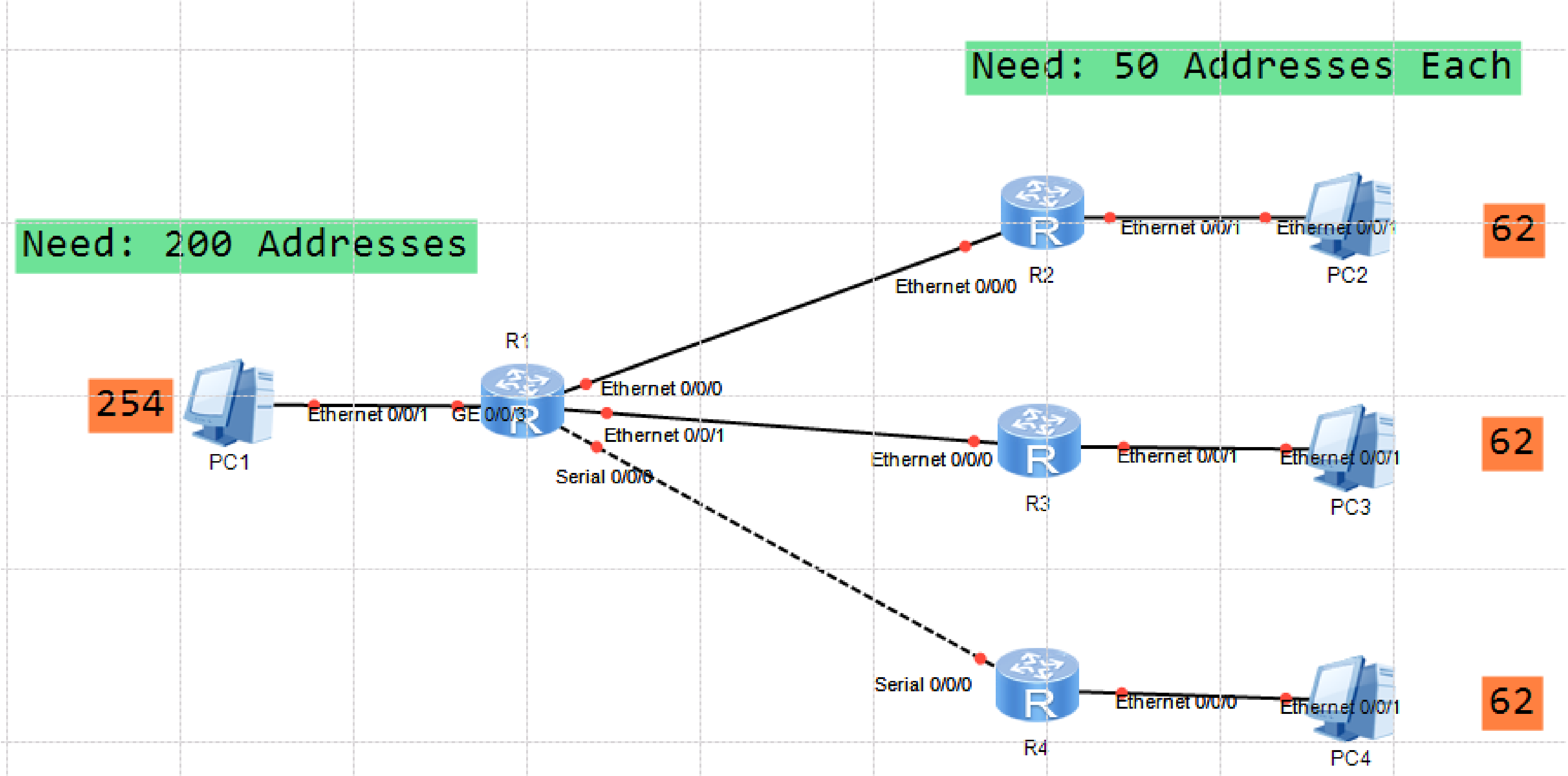


- Network design using the default subnet mask results in address wastage.

Subnet Mask

Subnet Planning - Quanti IP sono necessari in ogni subnet?

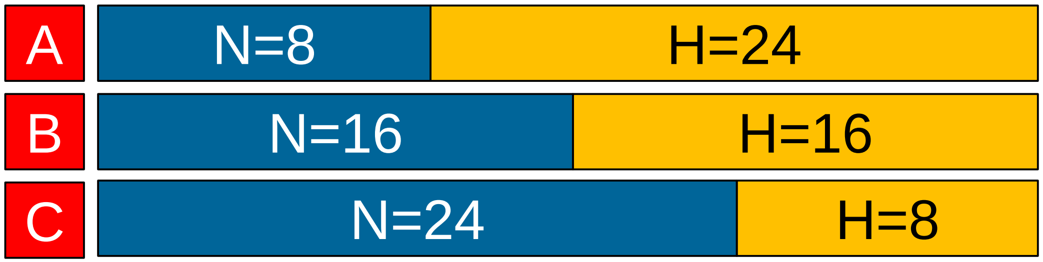
- Subnet Mask Size: multiple size (VLSM)



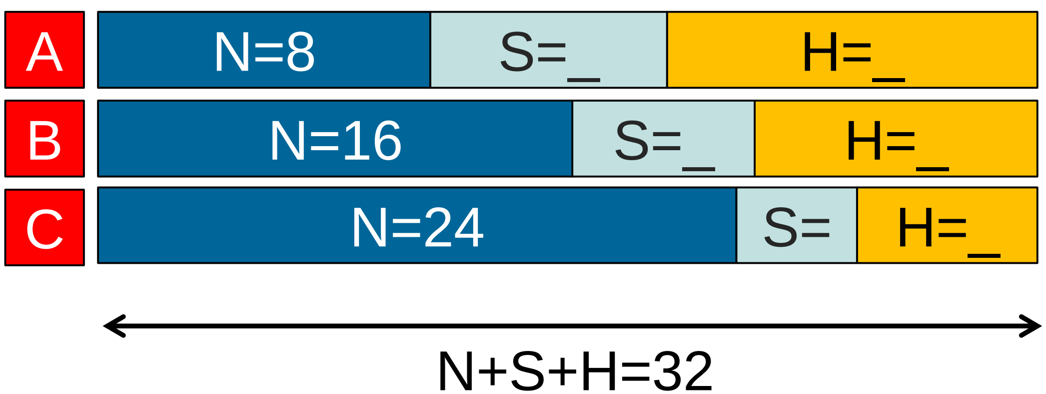
Subnet Mask

Subnet Planning – Scelta della maschera di sottorete

Networking con Classful Networks



Introduzione della subnet: prendere in prestito bit dalla host part!



Subnet Mask

Subnet Planning – Scelta della maschera di sottorete

- Scelta di compromesso!

Ho bisogno di X subnet
$2^S >= X$??

Ho bisogno di Y
Hosts per ogni subnet
$2^H-2 >= Y$??

- Determinazione numerica della subnet mask

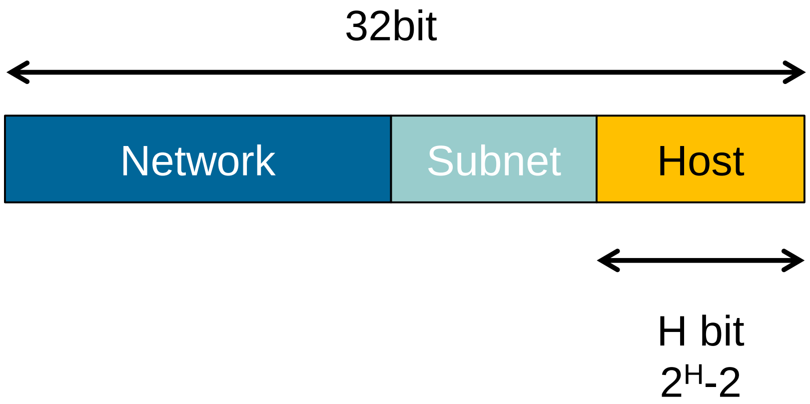
N=16	S=8	H=8
11111111 11111111	11111111	0
255.255	255	0

Addressing Limitations

Esercizi

Data la rete 172.16.0.0 suddividerla in sottoreti di dimensione fissa che possano accomodare:

- 10 sottoreti con 532 ip
- 252 sottoreti con 44 ip
- 40 sottoreti con 159 ip
- 513 sottoreti con 550 ip



Addressing Limitations - Soluzione

Esercizi

Data la rete 172.16.0.0 suddividerla in sottoreti di dimensione fissa che possano accomodare:

- 10 sottoreti con 532 ip

Partiamo con il “sistemare gli ip”. Per accomodare 532 ip abbiamo bisogno di 10 bit. Pertanto H=10, N=16, S=6. La configurazione è realizzabile e possiamo addirittura configurare 64 sottoreti di queste diemensioni.

Addressing Limitations - Soluzione

Esercizi

Data la rete 172.16.0.0 suddividerla in sottoreti di dimensione fissa che possano accomodare:

- 252 sottoreti con 44 ip

Partiamo con il “sistemare gli ip”. Per accomodare 44 ip abbiamo bisogno di 6 bit. Pertanto H=6, N=16, S=10. Possiamo in tutto realizzare 1024 sottoreti di quete dimensioni.

Addressing Limitations - Soluzione

Esercizi

Data la rete 172.16.0.0 suddividerla in sottoreti di dimensione fissa che possano accomodare:

- 40 sottoreti con 159 ip

Partiamo con il “sistemare gli ip”. Per accomodare 159 ip abbiamo bisogno di 8 bit. Pertanto H=8, N=16, S=8. Possiamo in tutto realizzare 256 sottoreti di quete dimensioni.

Addressing Limitations - Soluzione

Esercizi

Data la rete 172.16.0.0 suddividerla in sottoreti di dimensione fissa che possano accomodare:

- 513 sottoreti con 550 ip

Partiamo con il “sistemare gli ip”. Per accomodare 550 ip abbiamo bisogno di 10 bit. Pertanto H=10, N=16, S=6. Possiamo realizzare al Massimo 64 sottoreti. Il problema non ammette soluzione!

Addressing Limitations

Esercizi:

Rete 193.205.130.0/24 - dividerla in due parti uguali.

Rete 192.168.16.0/24 – dividerla in blocchi da 14 ip.

Rete 192.168.40.0/28 – determinare i limiti di ogni sottorete.

Rete 192.168.88.9/30 – quanti ip posso allocare in questa subnet?

Addressing Limitations

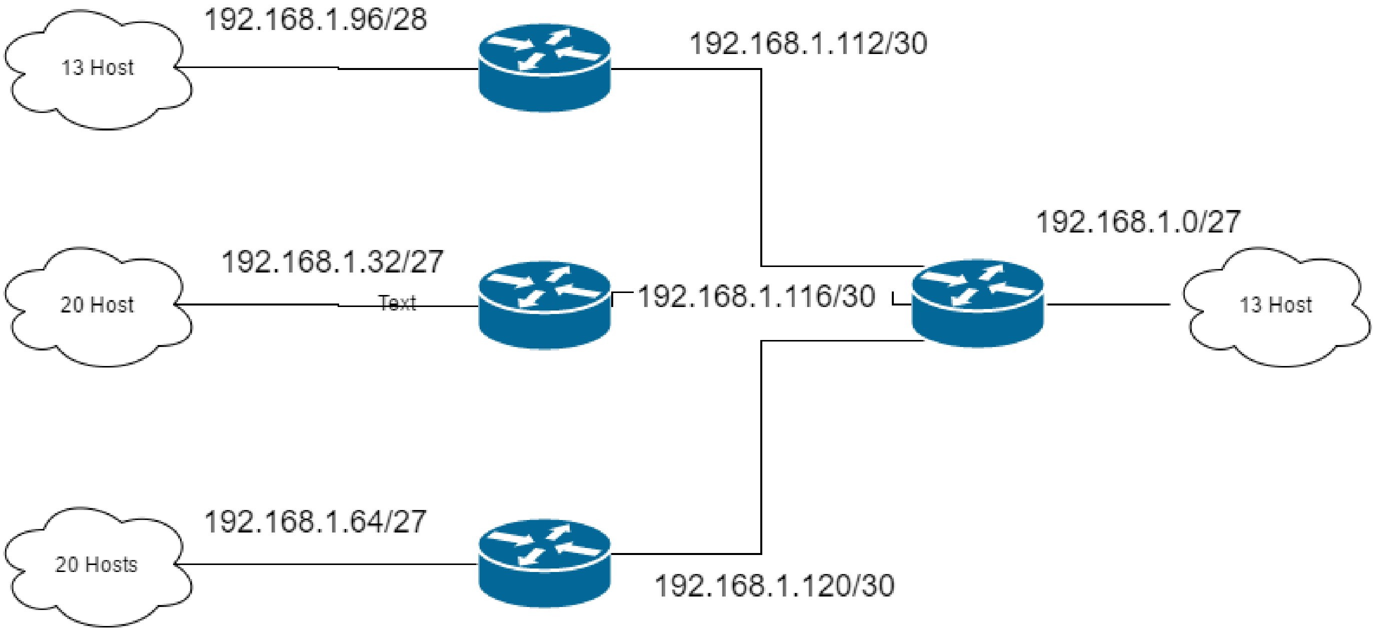
Esempi con il simulatore (02-ip_address_01)

- Assegnazione ip a due host e wireshark.
- Verifica dell'indirizzo ip assegnato ad un calcolatore.

VLSM Calculation

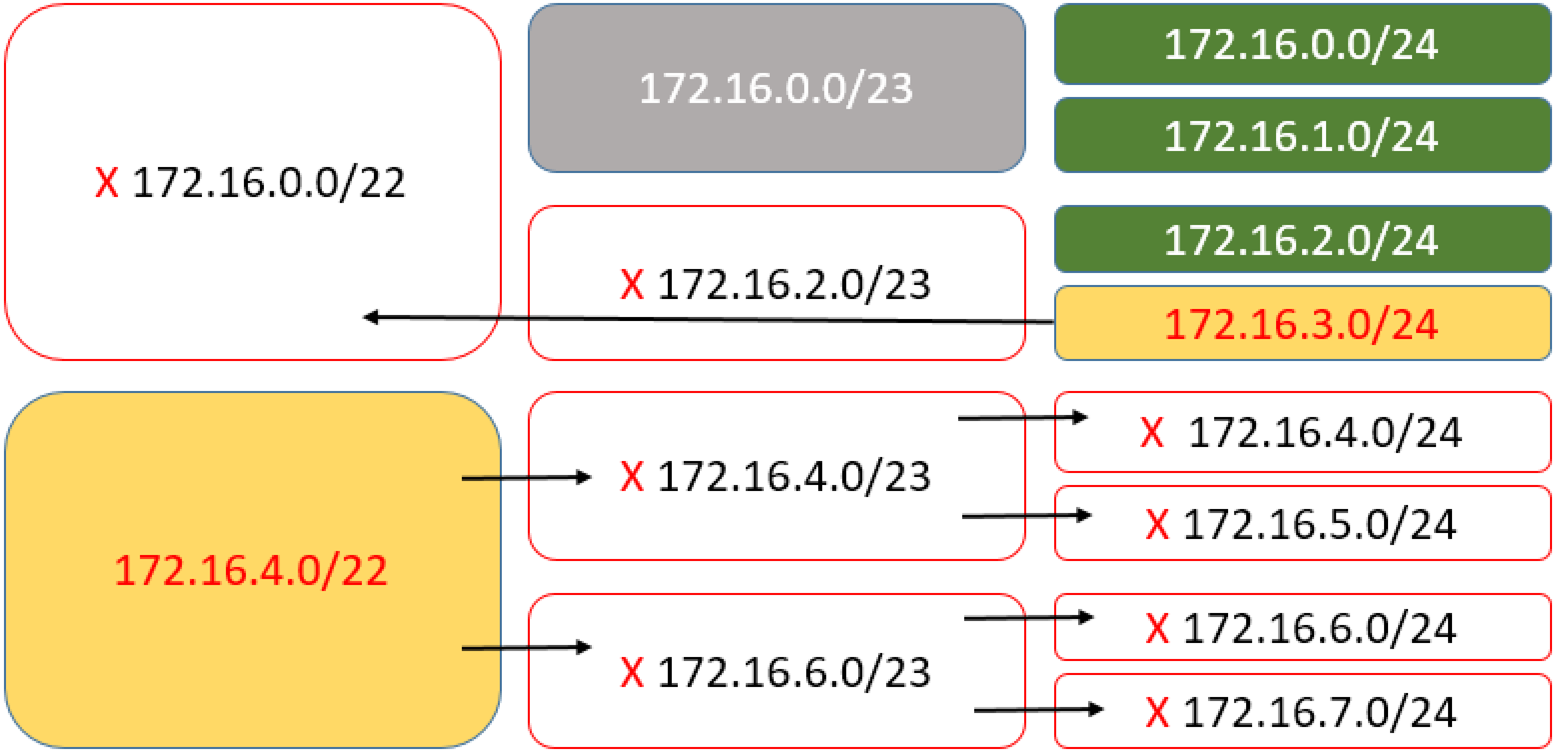
Stiamo utilizzando VLSM quando in una rete utilizziamo più **subnet masks differenti per una singola classe** A, B o C.

Attenzione: utilizzo di più di una maschera di sottorete per una SINGOLA CLASSFUL NETWORK!



VLSM Calculation

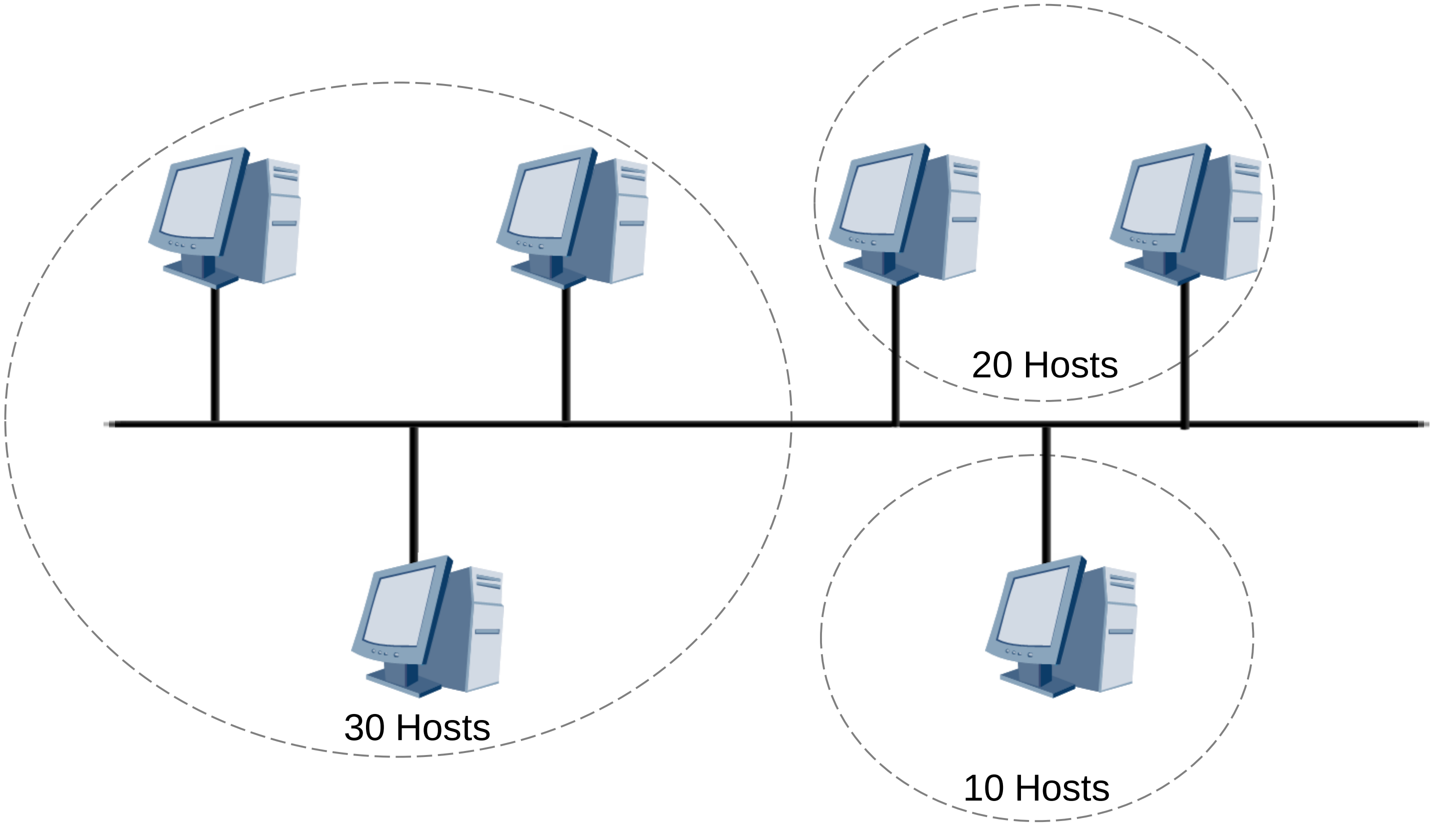
Quando si implementa VLSM in una rete occorre evitare che le subnet siano OVERLAPPING.



VLSM Calculation

IP Address	192	168	1	7
Subnet Mask	255	255	255	128
	11000000	10101000	00000001	00000111
	11111111	11111111	11111111	10000000
	11000000	10101000	00000001	00000000
Network Address	192	168	1	0
Host Addresses: 2^n	128			
Valid Hosts: $2^n - 2$	126			

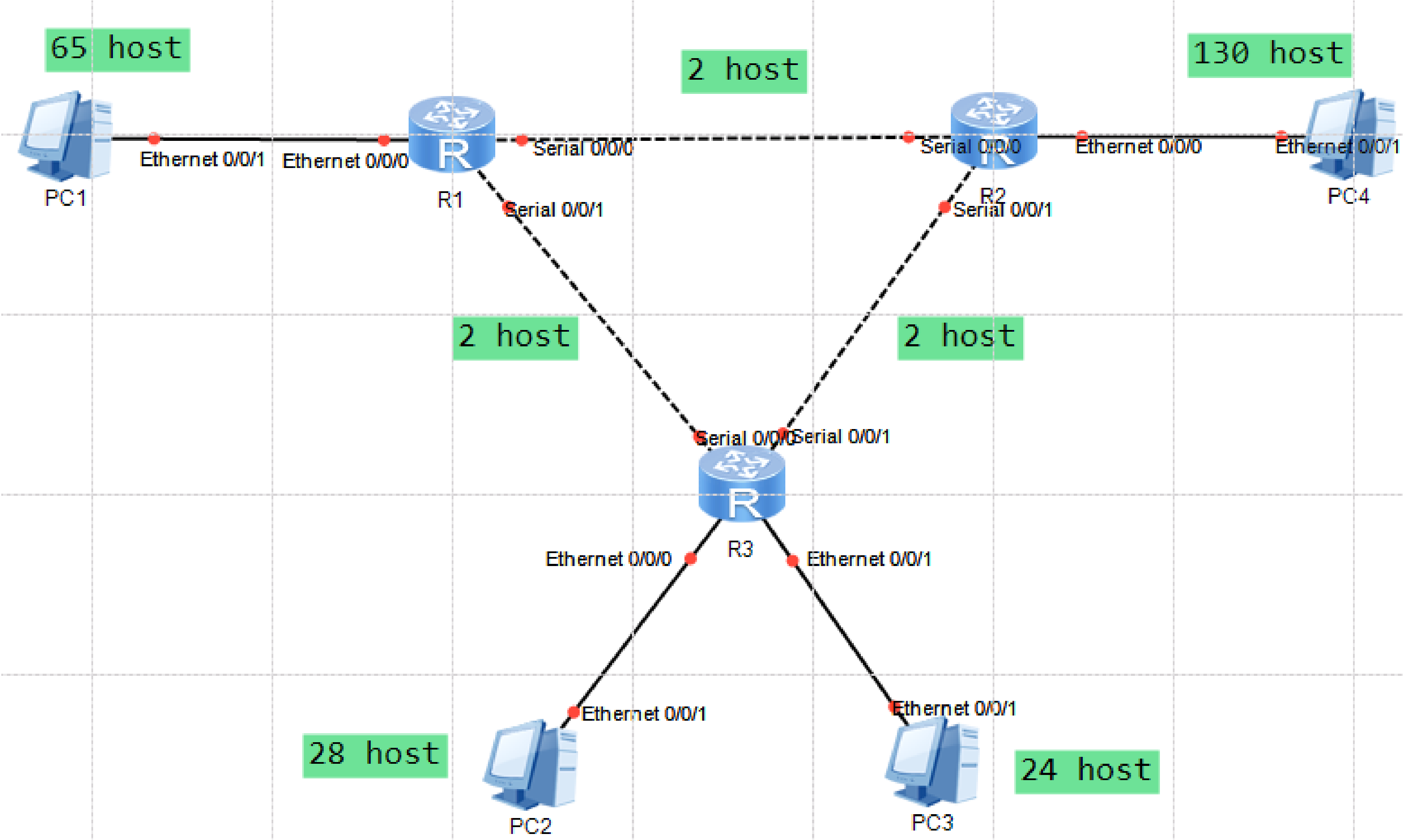
VLSM Case Scenario



- Using only the network 192.168.1.0/24, implement VLSM for the given number of hosts in each network segment.

VLSM Case Scenario

- Esercizi Rete 172.16.0.0



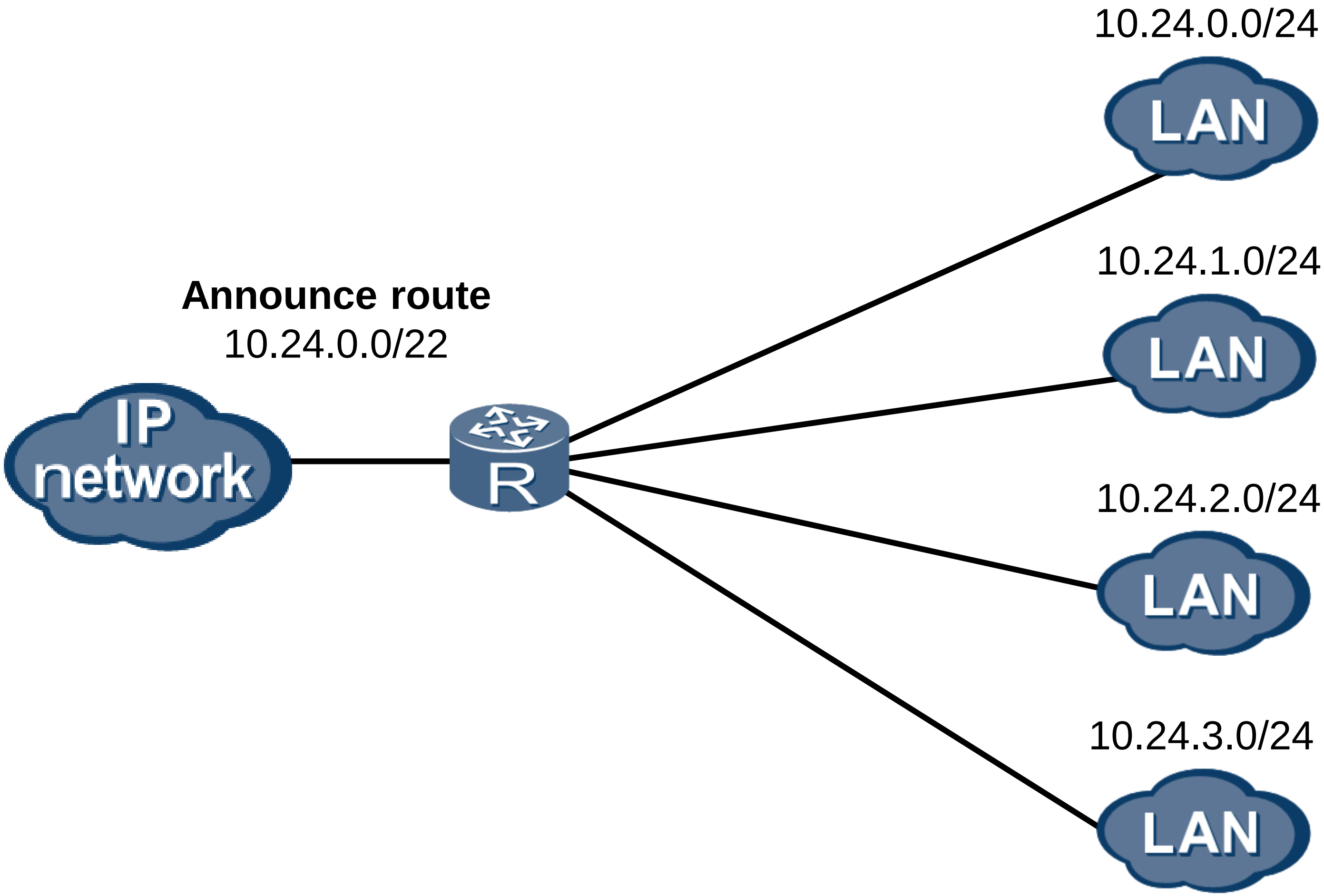
Classless Inter-Domain Routing

- **CIDR è una convenzione** per l’assegnazione degli indirizzi IP pubblici da parte di IANA.
- Definito il RFC 4632 con lo scopo di
  - Favorire l’aggregazione delle rotte;
  - Ridurre lo spreco degli IP

In pratica:

Consente l’assegnazione al cliente di un blocco di indirizzi IP consecutivi in numero pari ad una potenza di 2.

Classless Inter-Domain Routing



Classless Inter-Domain Routing

In dipartimento abbiamo assegnato una rete classe C per ogni laboratorio:

192.168.16.0 /24 elettronica

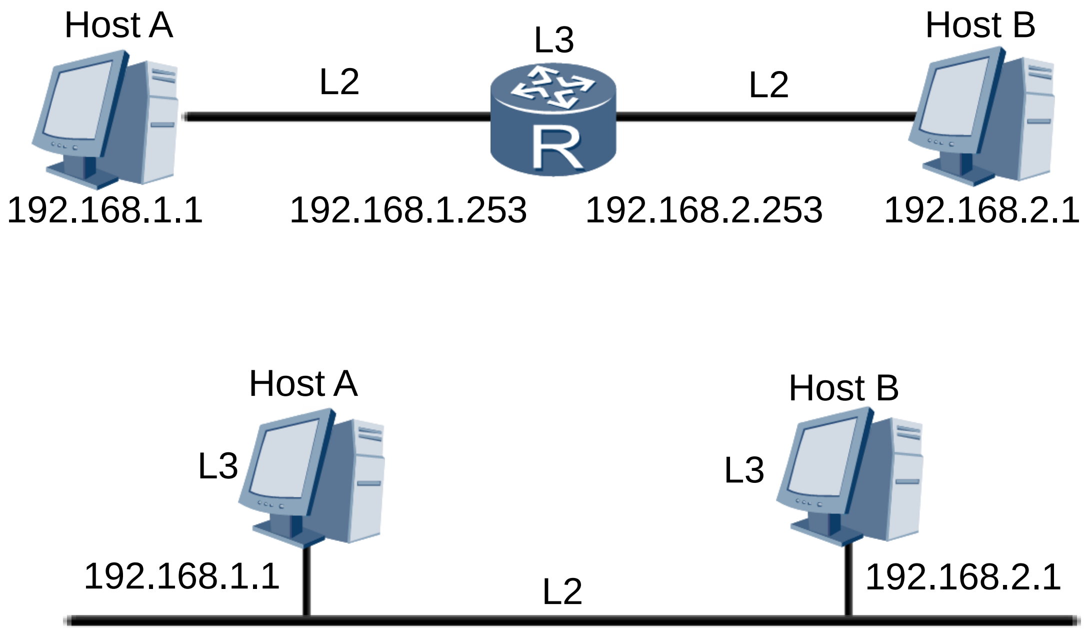
192.168.17.0 /24 cad

….

192.168.31.0 /24 test

Come possiamo aggregare queste reti?

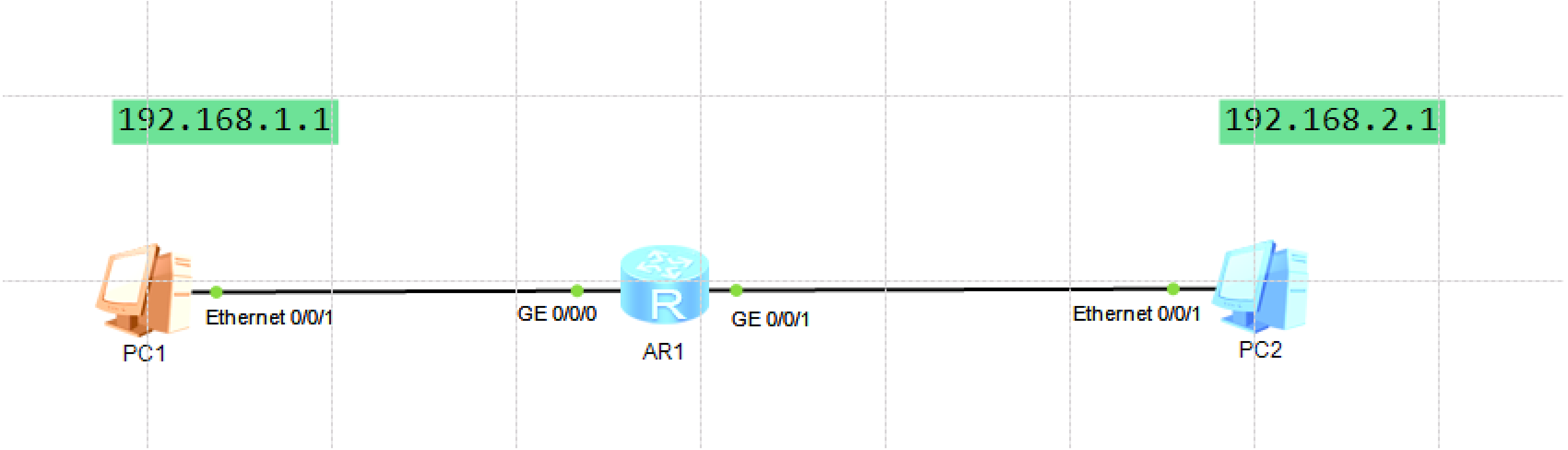
IP Gateways



- Gateways use IP to forward packets between networks.
- Hosts may act as gateways between networks in a LAN.

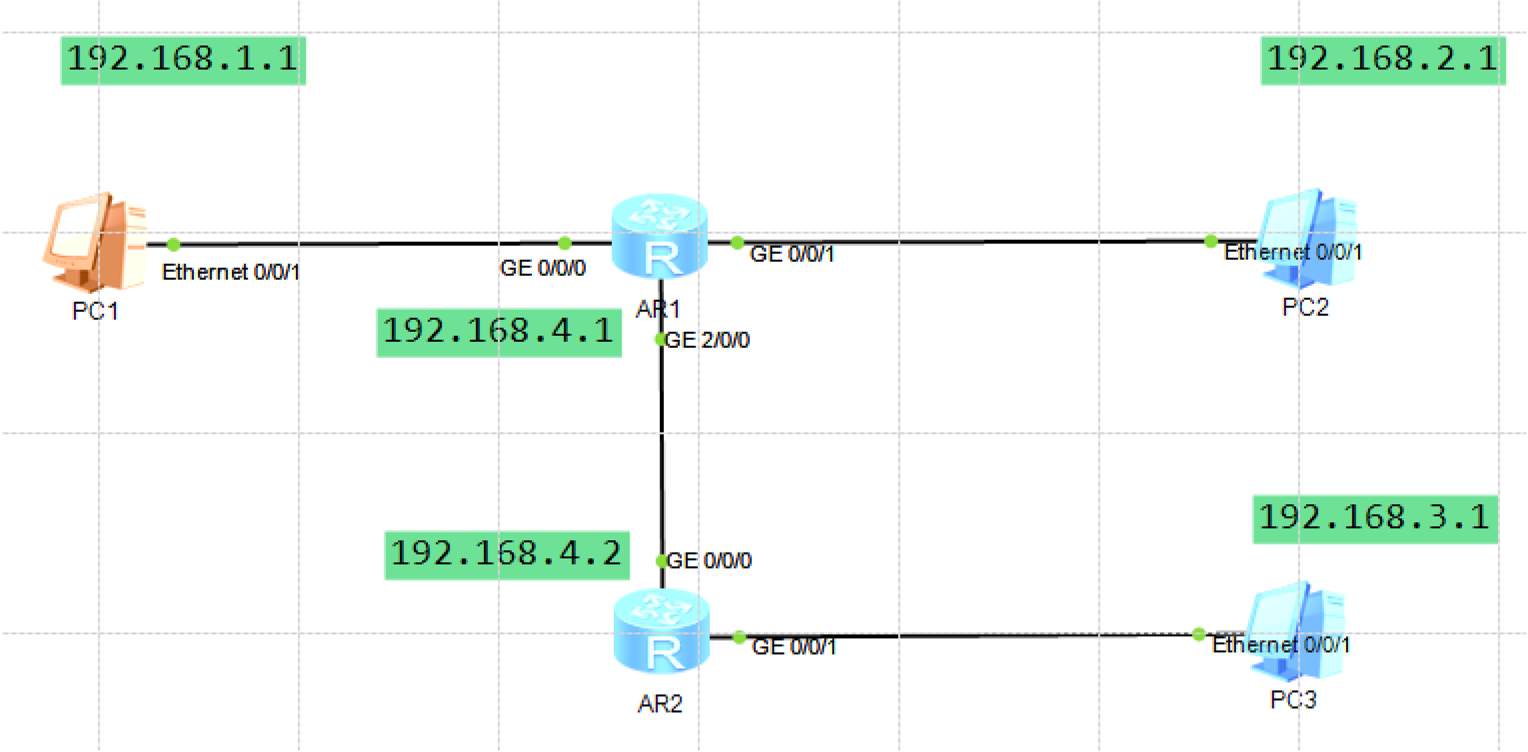
IP Gateways

- Esempio al simulatore utilizzo di un router per veicolare i pacchetti
- Mini-Lab_basic: 02-ip_address_02



IP Gateways

- [Esempio al simulatore utilizzo di un router per veicolare i pacchetti]()
- Mini-Lab_basic: 02-ip_address_03



Subnet Mask Analysis – Tips 'n Tricks!

Le subnet mask in formato DDN possono assumere solo 9 valori decimali:

Maschera in binario	**Equivalente Decimale**	**Numero degli 1 binari**
0000 0000	0	0
1000 0000	128	1
1100 0000	192	2
1110 0000	224	3
1111 0000	240	4
1111 1000	248	5
1111 1100	252	6
1111 1110	254	7
1111 1111	255	8

Esempio /18
11111111 11111111 11000000 00000000
255 255 192 0
Numero degli 1 binari:
8 8 2 0
255 255 192 0

Esempio /13
11111111 11111000 00000000 00000000
255 248 0 0
Numero degli 1 binari:
8 5 0 0
255 248 0 0

Subnet Mask Analysis – Tips ‘n Tricks!

Come possiamo risalire al subnetting definito dalla maschera di sottorete?

- Convertire la maschera in prefisso (DDN -> /P);
- Determinare N sulla base della classe;
- Calcolare S=P-N;
- Calcolare H=32-P
- Calcolare gli hosts per subnet: $2^{H}-2$
- Calcolare il numero delle sottoreti: 2^{S}

Subnet Mask Analysis – Tips 'n Tricks!

Esempio: 8.1.4.5 mask 255.255.0.0

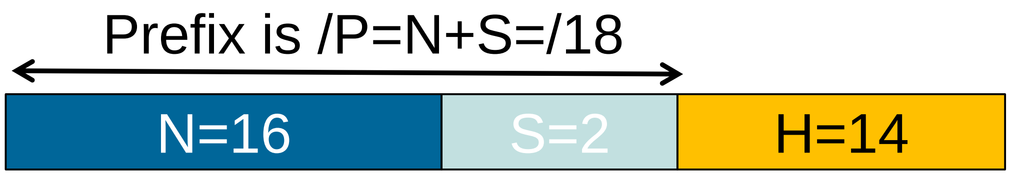
- 255.255.0.0 -> /16
- Classe A -> N=8
- S=P-N=8
- H=32-P=16
- 65534 host per subnet
- 256 subnet

N=8	S=16-8=8	H=16
11111111	11111111	0.0
255	255	0.0

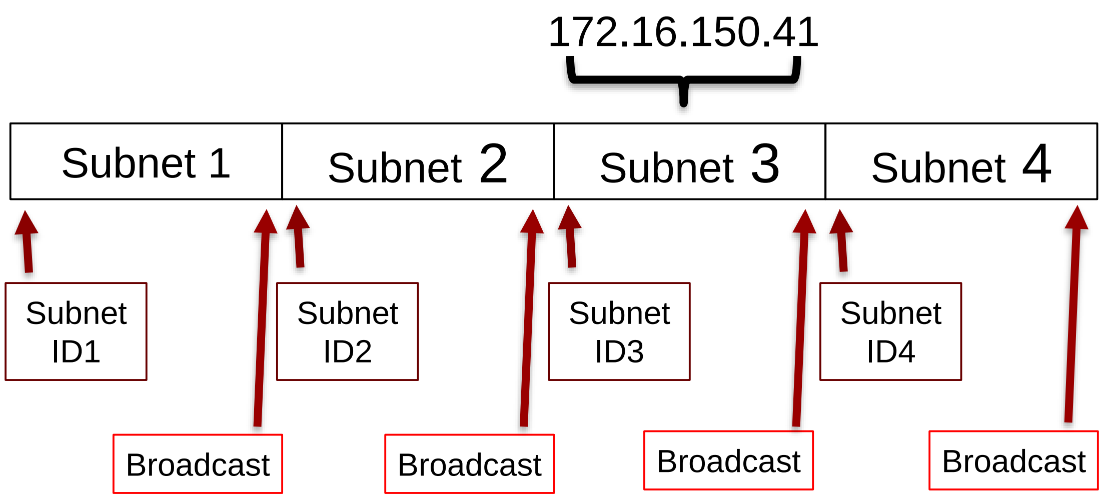
Subnet Analysis – Tips ‘n Tricks!

Il problema: determinare gli address range delle subnet.

Caso 172.16.0.0 mask 255.255.192.0



Subnets=2^2 Hosts=2^{14}-2



Subnet Analysis – Tips 'n Tricks!

Byte Notevole: è il byte in cui la maschera non ha tutti i bit a valore 1 o tutti i bit a valore 0

255.255.**192**.0

Tutti i calcoli sono concentrate su questo byte!

Easy Math!

Subnet Analysis – Tips 'n Tricks!

Procedura (130.4.102.1 mask 255.255.240.0):

- Se la maschera è 255, copia l'indirizzo decimale;
- Se la maschera è 0, metti uno zero decimale;
- Identifica il *byte notevole*:
  - Calcola il numero magico: 256 – (valore_del_byte)
  - Il subnet ID è il multiplo del numero magico più vicino all'indirizzo ip, che non lo supera di valore.
- Numero Magico: 256-240= 16 multipli 32, 64,**96**,112

  Subnet ID: 130.4.96.0

  Subnet Broadcast: 130.4.111.255

Subnet Analysis – Tips ‘n Tricks!

Esempio (grafico) 192.168.5.77 mask 255.255.255.224

Mask	255	255	255	224
Azione	Copy	Copy	Copy	
IP	192	168	5	77
Sub ID	192	168	5	64

Numero Magico
256-224= 32

0	32	64	96	128	160	196

HUAWEI

Summary

- What is the IP subnet mask used for?
- What is the purpose of the TTL field in the IP header?
- How are gateways used in an IP network?

Thank you

www.huawei.com