

Indirizzi IP

Lo strato IP dell'architettura TCP/IP fornisce principalmente le funzioni

- indirizzamento
- instradamento

Lo schema di indirizzamento IP svolge più o meno la stessa funzione svolta dall'indirizzo del destinatario apposto sul retro di una busta per lettere, ovvero quella di permettere l'individuazione univoca del ricevente e di fornire al servizio postale tutte le informazioni necessarie alla consegna.

Affinché ciò possa avvenire è necessario che i servizi postali dei diversi paesi interpretino correttamente i dati forniti, questa è la ragione per cui il protocollo IP nelle varie versioni è adottato universalmente e la stessa assegnazione degli indirizzi è decisa da organismi internazionali.

Lo schema di indirizzamento IPv4 (ovvero IP versione 4) riflette la natura gerarchica Internet e come vedremo, è organizzato in livelli.

La seguente figura offre una panoramica sull'evoluzione di tale schema:

CLASSFUL	2 livelli	{ FLSM (Fixed Length Subnet Mask) VLSM (Variable Length Subnet Mask)
	3 livelli	
CLASSLESS	CIDR (Classless Inter Domain Routing)	

In effetti spesso si preferisce distinguere lo schema a 3 livelli (che comporta l'introduzione del *subnetting*) da quello *classfull* standard a 2 livelli.

Pertanto si hanno i seguenti schemi di indirizzamento :

- Classfull Addressing
- Subnetting
- Classless Addressing CIDR

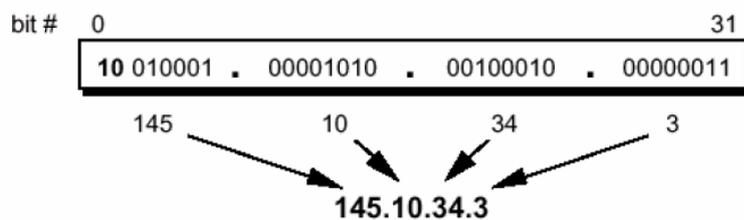
Sostanzialmente un'indirizzo IPv4 è una sequenza di 32 bit. Ne risulta che esistono più di 4 miliardi di possibili indirizzi IP distinti(2^{32}).

Usualmente tale sequenza è espressa nella forma mnemonica “decimale a punti” (*dot notation* o *dotted*) che si ottiene considerando 8 bit alla volta e convertendo il numero corrispondente in decimale.

Espresso in tale forma un indirizzo IP si traduce in una sequenza di 4 numeri decimali separati da punti.

Ad esempio l' IP 110000001010100000000000100000001 corrisponde a 11000000.10101000.00000001.00000001 = 192.168.1.1

In figura è mostrato un altro esempio di questa “conversione”:



Classfull addressing

Ogni indirizzo IP rappresenta una gerarchia a due livelli:

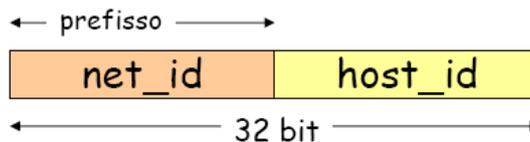
- la prima parte dell'indirizzo identifica la rete fisica a cui appartiene l'host individuato da quell'indirizzo
- la seconda parte individua l'host

171.69.210.245

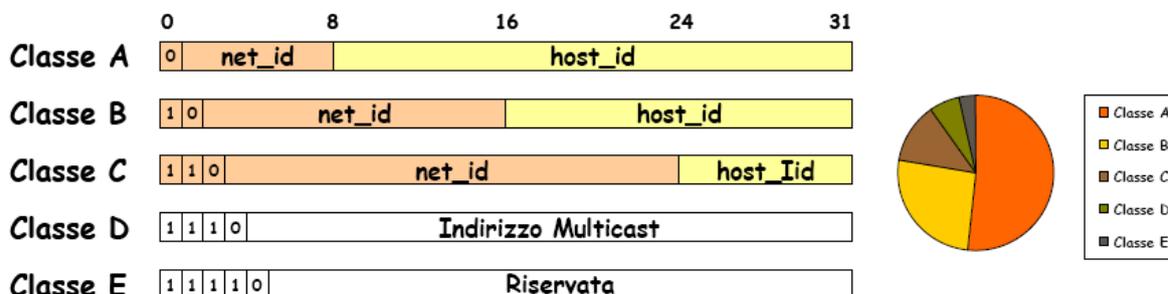
rete host

Il numero di bytes dedicati al net-id varia però in base ai bit iniziali come mostrato nella seguente figura.

■ Schema a due livelli



■ Lunghezza del prefisso implicita nell'indirizzo



Agli albori di Internet solo il primo byte era dedicato all'indirizzo di rete, ma ben presto fu evidente che era necessario trovare un modo per ampliare il numero delle reti.

La soluzione fu quella di far variare la dimensione di tale campo nel modo appena mostrato.

Il diagramma al lato mostra la distribuzione degli indirizzi totali per le diverse classi: gli indirizzi di classe A rappresentano circa il 50% dei possibili indirizzi, quelli di classe B il 25%, quelli di classe C il 12.5%, etc...

Se il bit iniziale è 0 infatti appartengono alla classe A, se pari a 1 ad una delle altre classi, ciò significa che sono di classe A la metà delle possibili combinazioni, mentre tutte le altre classi occuperanno la restante metà della torta.

Se il secondo bit (nel caso in cui il primo sia pari a 1) è pari a 0 è di classe B altrimenti apparterrà ad una delle altre classi dunque gli indirizzi di classe B sono la metà della metà ovvero il 25%.

Se si escludono però gli indirizzi non validi la bilancia si sposta leggermente a favore della classe A che supera il 50% di indirizzi unicast validi.

Alcuni indirizzi speciali

	Network Number	Host Number	Mittente o destinatario
Indirizzo della rete	Specifico	Tutti 0	Nessuno
Indirizzo di broadcasting diretto	Specifico	Tutti 1	Destinatario
Indirizzo di broadcasting limitato	Tutti 1	Tutti 1	Destinatario
Indirizzo di loopback	127	Qualsiasi	Destinatario

IP Address Classes					
Address Class	1st octet range (decimal)	1st octet bits (green bits don't change)	Network (N) and Host (H) parts of an address	Default subnet mask (decimal and binary)	Numbers of possible networks and hosts per network
A	1 - 127	00000000 - 01111111	N.H.H.H	255.0.0.0 11111111.00000000.00000000.00000000	126 nets (2^7-2) 16,777,214 hosts per net ($2^{24}-2$)
B	128 - 191	10000000 - 10111111	N.N.H.H	255.255.0.0 11111111.11111111.00000000.00000000	16,382 nets ($2^{14}-2$) 65,534 hosts per net ($2^{16}-2$)
C	192 - 223	11000000 - 11011111	N.N.N.H	255.255.255.0 11111111.11111111.11111111.00000000	2,097,150 nets ($2^{21}-2$) 254 hosts per net (2^8-2)
D	224 - 239	11100000 - 11101111	Not for commercial use as a host		
E	240 - 255	11110000 - 11111111	Not for commercial use as a host		

^^ All zeros (0) and all ones (1) are invalid host addresses.

La crescita esponenziale di Internet ha finito per mettere però presto in evidenza anche i limiti di tale schema che presenta diversi svantaggi come sarà illustrato in seguito.

La suddivisione rigida in poche classi fa sì che le reti risultino sovradimensionate e la maggior parte degli indirizzi assegnati non sia effettivamente utilizzata.

Esempio: una struttura universitaria possiede due reti dipartimentali con 180 hosts e una con 260 hosts, sono necessari:

- due indirizzi in classe C diversi per le prime due reti (inutilizzati 152 indirizzi IP)
- un indirizzo in classe B per la terza rete (inutilizzati più di 64000 indirizzi)

Gli indirizzi in classe B sono molto richiesti in quanto è difficile prevedere l'espansione futura di una rete con un centinaio di hosts pertanto si richiede un indirizzo in classe B per evitare di riconfigurare in seguito gli indirizzi IP di tutti gli hosts.

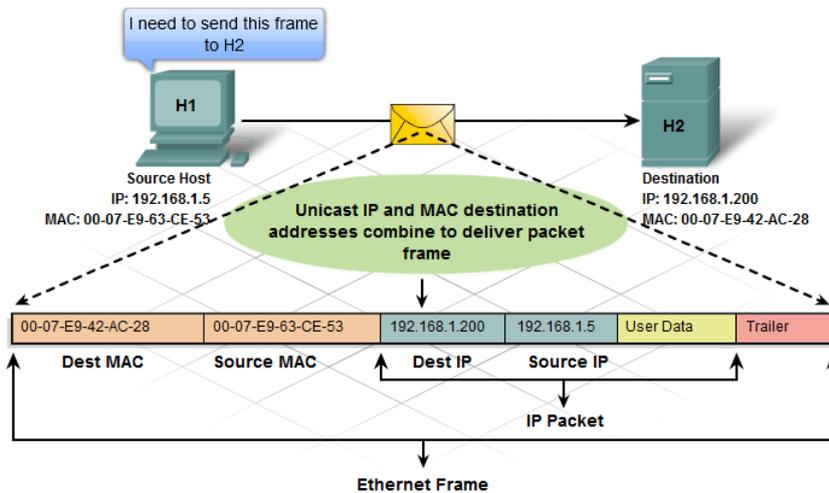
Inoltre il fatto di dover assegnare un diverso indirizzo di rete per ogni rete fisica comporta la crescita della dimensione delle tabelle di routing e tempi di inoltro maggiori.

Indirizzi unicast, broadcast, multi cast

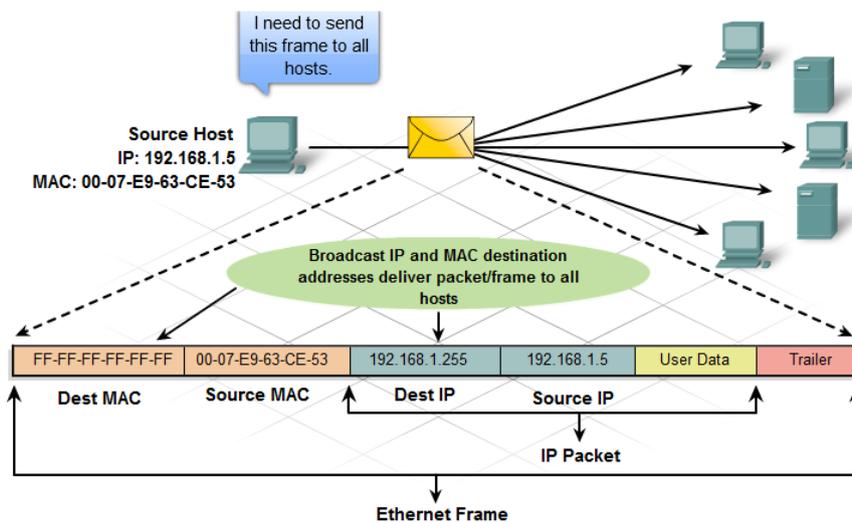
Esistono diversi tipi di indirizzi IP:

- unicast : un solo destinatario
- multi cast : più destinatari (associati ad uno stesso indirizzo IP di classe D)
- broadcast : il pacchetto è destinato a tutti gli host della LAN

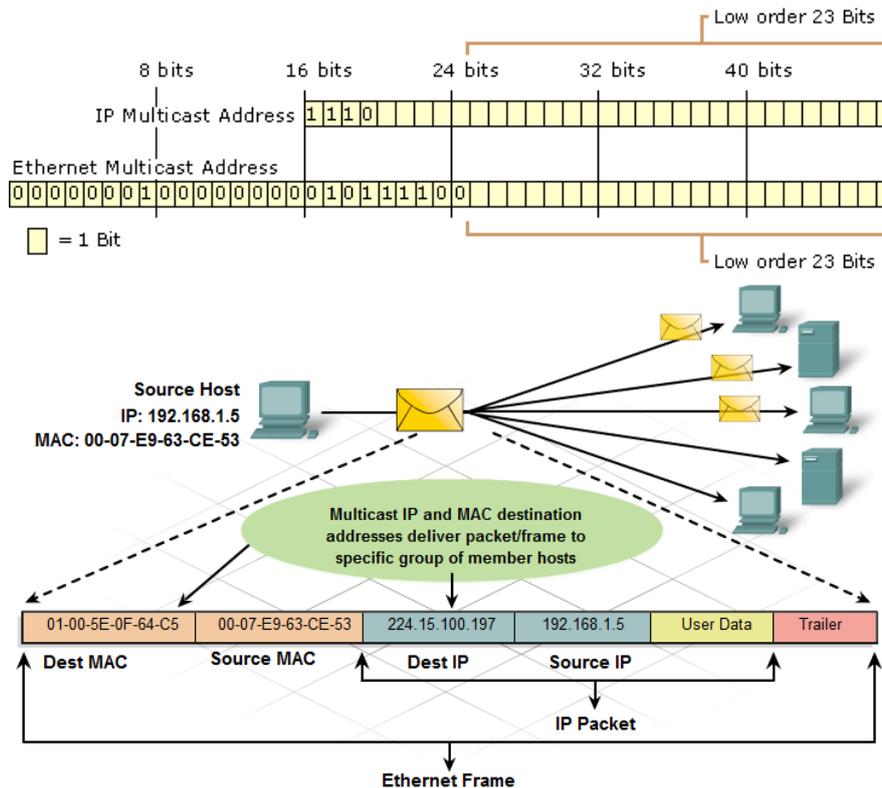
Nelle seguenti figure vengono mostrati degli esempi delle varie modalità di indirizzamento nel caso in cui gli hosts appartengano ad una LAN Ethernet.



Broadcast IP: tutti 1 nell' host-id
Broadcast MAC : tutti 1



Multicast IP: classe D
Multicast MAC : 01-00-5E + 1 bit pari a 0 + 23bit dell'IP multicast
Intervallo MAC multicast : 01-00-5E-00-00-00 to 01-00-5E-7F-FF-FF



Per prevenire l'esaurimento dello spazio di indirizzamento disponibile sono state pertanto elaborate varie strategie:

- *NAT*: si utilizzano indirizzi privati per gli host di una LAN, tali indirizzi verranno poi all'occorrenza sostituiti da quelli pubblici del router della LAN
- *Subnetting*: assegna un numero di rete unico per un insieme di reti fisiche
- *CIDR (Classless InterDomain Routing)*: aggrega più indirizzi di rete assegnati ad uno stesso sistema in un unico indirizzo visibile dall'esterno

Indirizzi Pubblici e Privati

Per prevenire l'esaurimento degli indirizzi IPv4 si è deciso di riservare una parte degli indirizzi disponibili per uso privato.

Tali indirizzi possono essere utilizzati all'interno di una LAN, ma non possono essere utilizzati per comunicare attraverso Internet a meno che non venga effettuata un'apposita "traduzione".

Di seguito vengono mostrati gli indirizzi riservati:

Address Class	Number of Network Numbers Reserved	Network Addresses
A	1	10.0.0.0
B	16	172.16.0.0 - 172.31.0.0
C	256	192.168.0.0 - 192.168.255.0

NAT (Network Address Translation)

Vantaggi:

- Limita il numero di indirizzi IP pubblici necessari per collegare una LAN a Internet
- Mantiene inalterati la configurazione di rete e il funzionamento dei protocolli e delle applicazioni
- Maggiore sicurezza per i calcolatori della rete locale

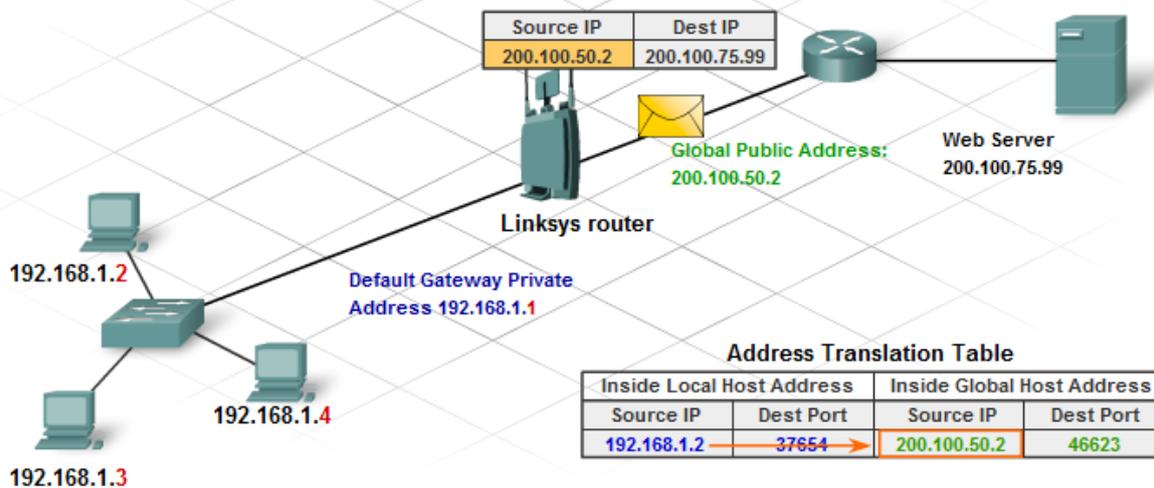
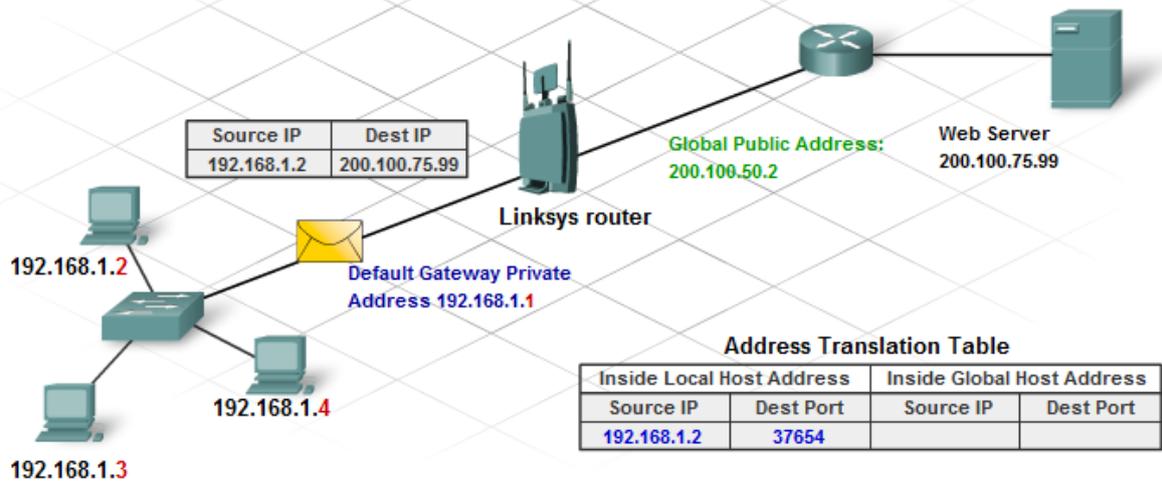
Nella seguente figura viene mostrato un esempio di applicazione del NAT e del PAT(port address translation) .

L'host 192.168.1.2 vuole comunicare con un server esterno.

L'indirizzo privato dell'host è sostituito con quello pubblico del router.

Viene “tradotto” anche il numero di porta e viene aggiunta un nuovo record alla tabella di Dynamic NAT.

Il numero della porta trasmesso nel pacchetto nell'intestazione TCP/UDP (non mostrata in figura) permette di riconoscere l'host mittente a cui andrà consegnata la risposta del server.



Subnetting

Idea base: **uno stesso indirizzo di rete** (che per brevità indicheremo con NA: *Network Address*) di classe A, B o C, individua una **rete logica formata da più reti fisiche** (subnets)

Le reti fisiche fanno parte di una stessa organizzazione (esempio: una struttura universitaria, una grossa azienda,...) e sono gestite dallo stesso **border router** ovvero l'organizzazione comunica con l'esterno mediante un unico router "di confine".

Ciò implica una diminuzione della dimensione delle tabelle di instradamento dei routers esterni che contengono un solo indirizzo IP invece di decine per indirizzare ogni singola sottorete.

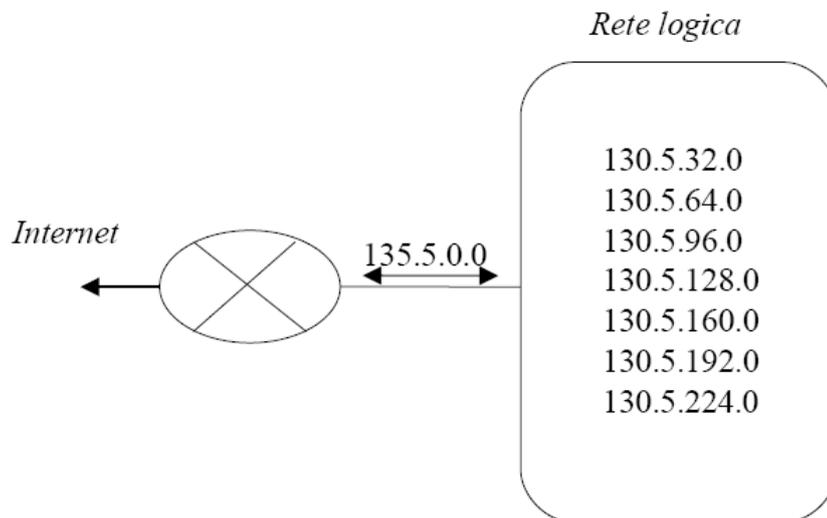
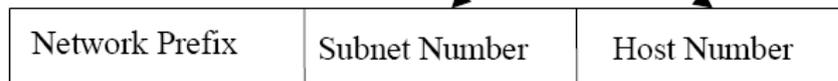
Problema : Come individuare le singole reti fisiche che fanno parte di una rete logica ?

Soluzione: alcuni bits riservati per l'indirizzo dell'host vengono utilizzati per individuare la sottorete.

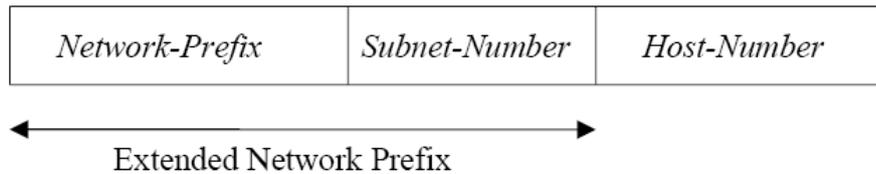
Classfull Addressing: gerarchia a due livelli



Subnetting: gerarchia a tre livelli



- un singolo indirizzo in classe B (130.5.0.0) per la rete logica
- il *terzo ottetto* individua la sottorete



- *Network Prefix*: utilizzato dai routers esterni
- *Extended Network Prefix*: utilizzato dai routers interni
- *Problema*: come individuare i bit che fanno parte dell'extended network prefix?

Allo scopo di individuare quanti bit compongono il prefisso di rete “esteso” viene introdotta la maschera di sottorete (*subnet mask*).

Come l'IPv4, la *subnet mask* è composta da 32 bit di cui i primi n posti a 1 (dove n è la dimensione del prefisso esteso) e i rimanenti a 0.

In questo modo è possibile ricavare l'indirizzo della subnet effettuando un AND bit a bit tra i bit dell'IP host e quella della sua subnet mask

Subnet Mask: individua l'extended network prefix

10000010 00000101	00000101	00011001			
Network prefix	Subnet number	Host number			
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; padding: 5px;">11111111 11111111</td> <td style="width: 25%; padding: 5px;">11111111</td> <td style="width: 25%; padding: 5px;">00000000</td> </tr> </table>			11111111 11111111	11111111	00000000
11111111 11111111	11111111	00000000			

- maschera di sottorete (255.255.255.0)
- i bit della maschera posti ad 1 individuano il network prefix
- l'AND bit a bit tra un indirizzo e la maschera restituisce l'extended network prefix

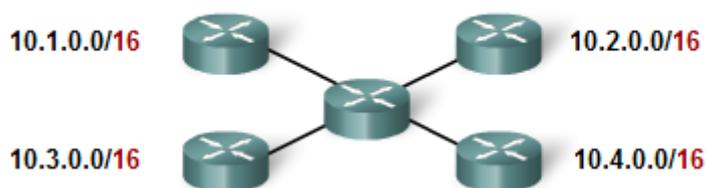
La maschera risulta “trasparente” dove i bit sono pari a 1 e “opaca” dove i bit sono pari a 0.

La prima strategia è detta *Fixed Length Subnet Mask* o FLSM, mentre la seconda *Variable Length Subnet Mask* o VLSM.

In pratica nel FLSM si suddivide lo spazio di indirizzamento disponibile (l'insieme degli indirizzi disponibili) in parti uguali, nel VLSM invece no.

Variable Length Subnet Mask(VLSM)

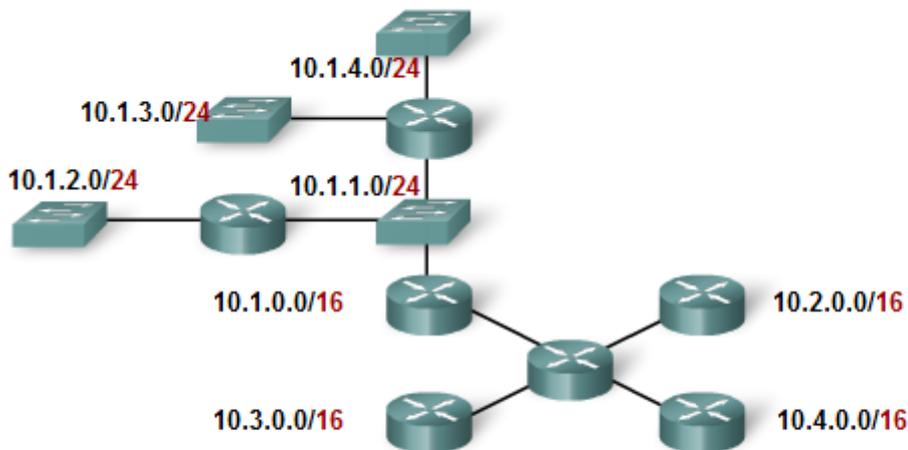
Il vantaggio di utilizzare un subnet mask variabile a seconda della dimensione della sottorete risiede nel fatto che in questa maniera si riduce ulteriormente lo spreco di indirizzi poiché la dimensione di ogni sottorete può essere scelta in maniera adeguata alle esigenze (ovvero al numero previsto di hosts della subnet tenendo conto anche le possibilità di estenderla in futuro).



10.0.0.0/8 has been subnetted using the subnet mask /16.

10.1.0.0/16

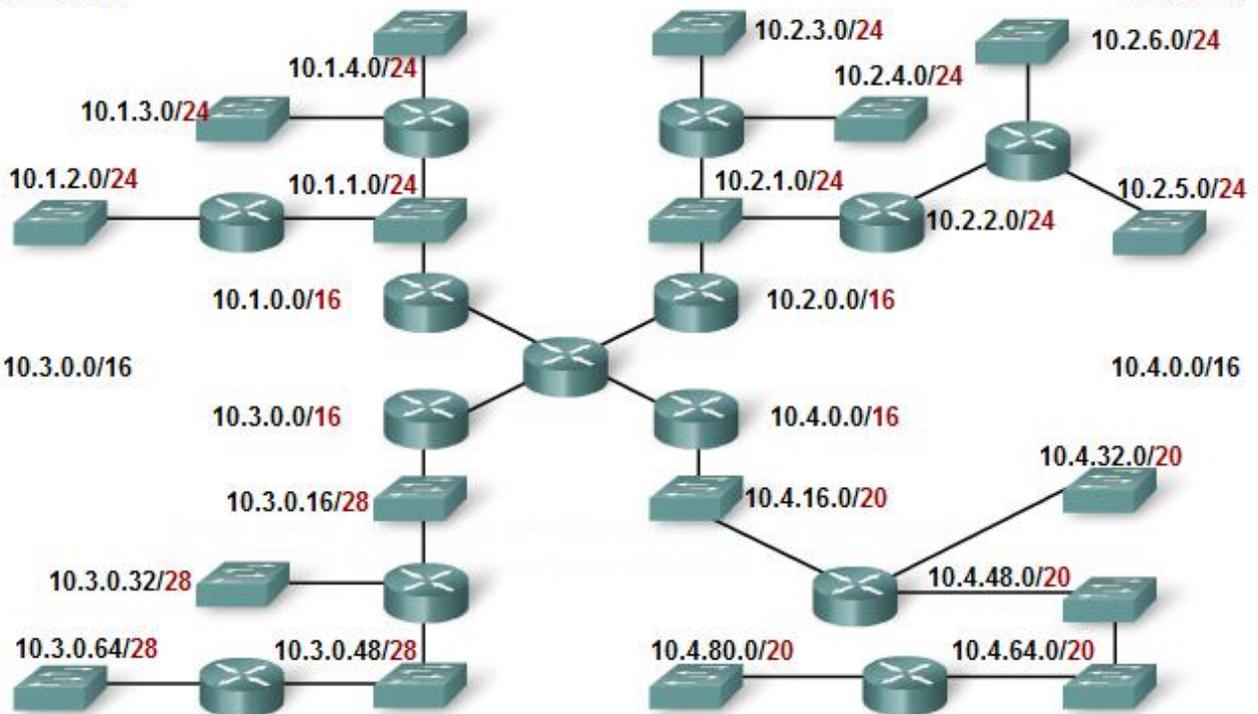
VLSM Subnets

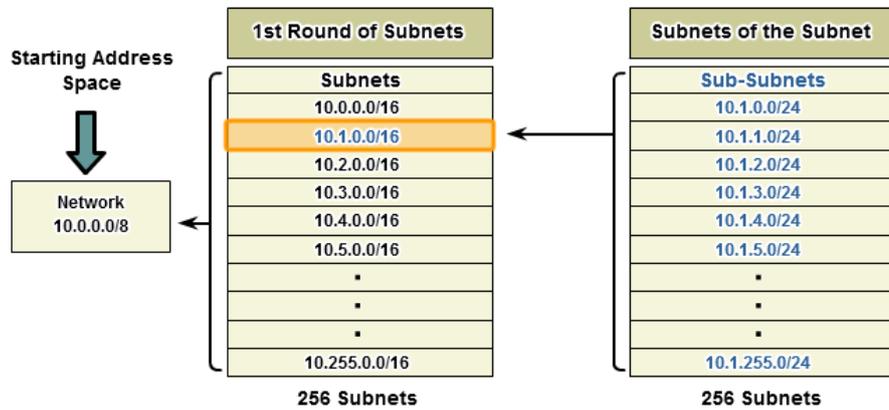
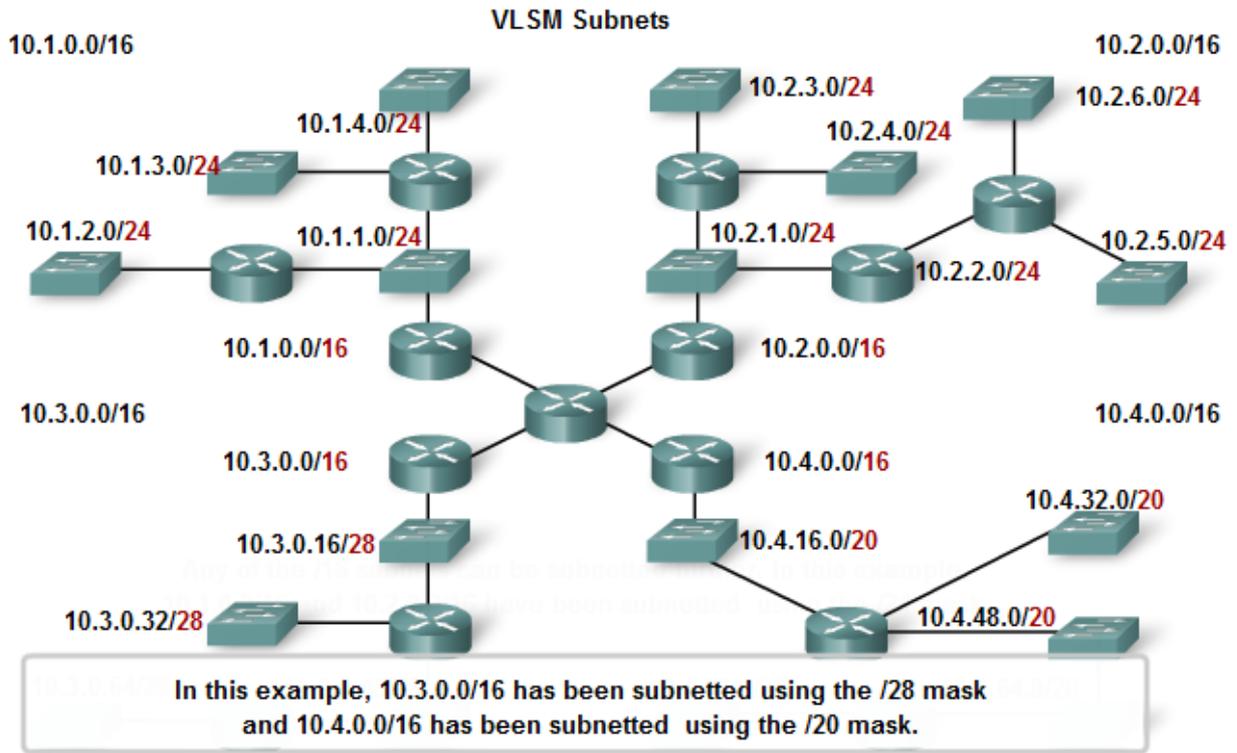


Any of the /16 subnets can be subnetted further. In this example, 10.1.0.0/16 and 10.2.0.0/16 have been subnetted using the /24 mask.

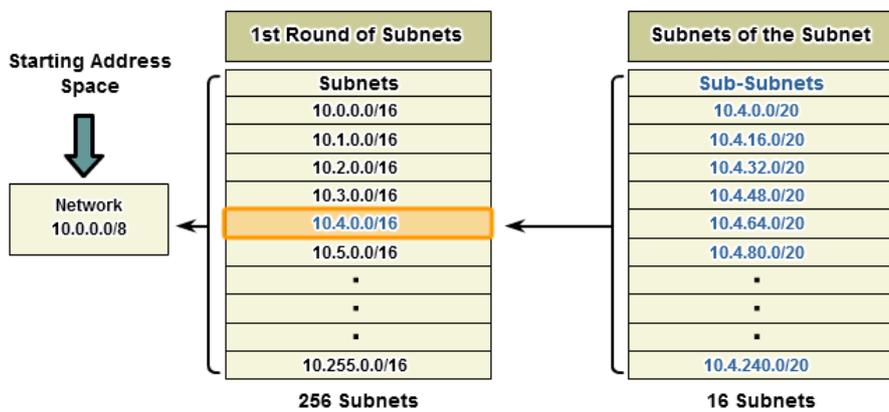
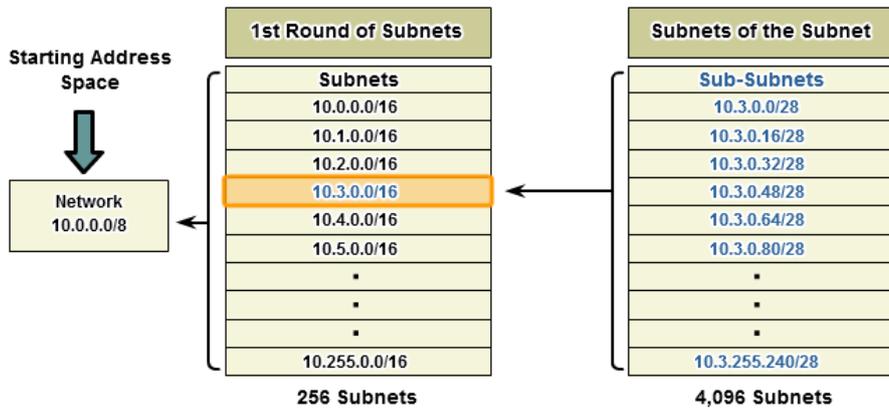
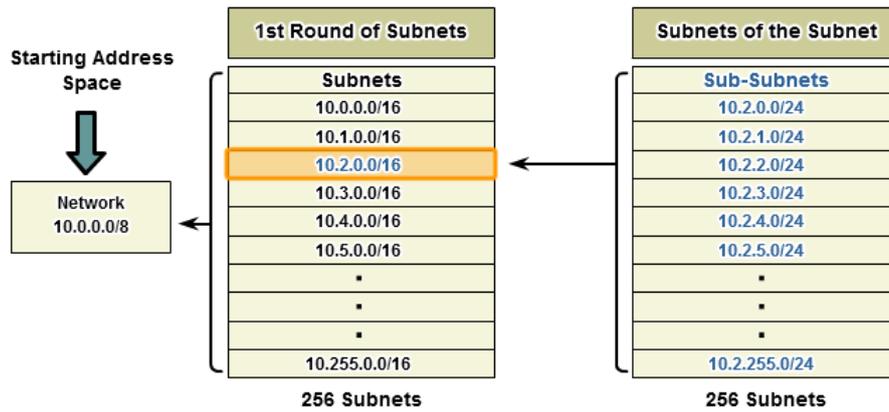
10.1.0.0/16

VLSM Subnets





- 10.1.0.0/16
- 10.2.0.0/16
- 10.3.0.0/16
- 10.4.0.0/16



Classless InterDomain Routing(CIDR)

Questa strategia, come già anticipato, si basa sull'aggregazione di gruppi di indirizzi IP contigui in un unico indirizzo IP , per tale motivo essa è anche nota come “supernetting”.

Esempio: per contenere il problema dell'uso inefficiente degli indirizzi IP, ad un'organizzazione vengono assegnati 16 indirizzi in classe C contigui, ad esempio gli indirizzi nell'intervallo 192.4.16 -192.4.31, piuttosto che un indirizzo in classe B.

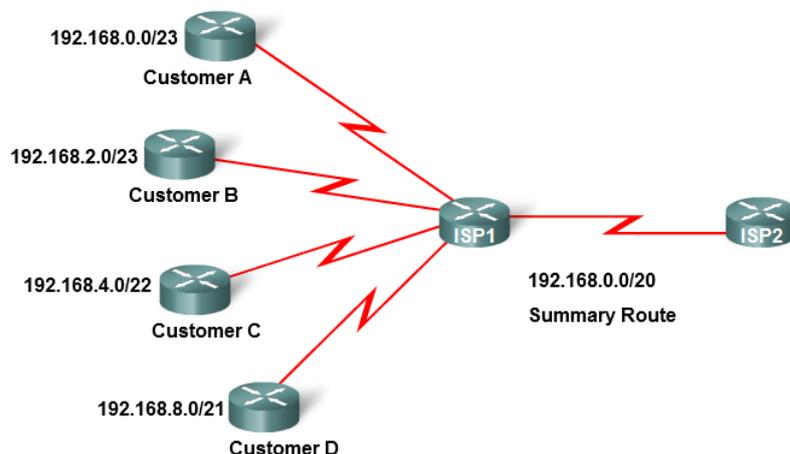
In questo caso i primi 20 bits di tutti gli indirizzi nell'intervallo sono uguali a 11000000 00000100 0001.

CIDR considera l'insieme di reti dell'organizzazione come un'unica rete di indirizzo 11000000 00000100 0001.

I routers esterni all'organizzazione vedono le reti di un'organizzazione come una unica rete aggregata (supernetting).

Il numero di bits necessari per individuare la rete aggregata varia a seconda della sua dimensione. Poiché i routers esterni utilizzano per l'instradamento l'indirizzo della rete aggregata, devono gestire indirizzi con network-prefix di dimensione variabile.

I router non utilizzano le classi per l'instradamento, ma piuttosto le maschere di sottorete per l'instradamento.



Il vantaggio del CIDR è quello di ridurre l'esigenza di indirizzi di classe A e B e di ridurre parallelamente anche la dimensione delle tabelle di routing.

Questa tecnica semplifica anche l'instradamento in quanto gli indirizzi di classe C vengono assegnati all'interno di un blocco di indirizzi disponibili per quella regione.

Multi regional	192.0.0.0 - 193.255.255.255
Europe	194.0.0.0 - 195.255.255.255
Others	196.0.0.0 - 197.255.255.255
North America	198.0.0.0 - 199.255.255.255
Central/South America	200.0.0.0 - 201.255.255.255
Asia/Pacific	202.0.0.0 - 203.255.255.255
Others	204.0.0.0 - 205.255.255.255
Others	206.0.0.0 - 207.255.255.255

Da questo deriva che tutte le reti appartenenti ad una regione geografica condividono un prefisso in comune.

Es. Europa 194.0.0.0 – 195.255.255.255

da **11000010.0.0.0** a **11000011.255.255.255**

i bit del prefisso comune sono i primi 7 e la mask è
254.0.0.0 (11111110 00000000 00000000 00000000)

a un'organizzazione europea vengono assegnati gli indirizzi
da 195.15.0.0 a 195.28.255.255, ovvero

11000011.00001111.0.0 - 11000011.00011100.255.255

i bit del prefisso comune sono i primi 11 e la mask è 255.224.0.0
(11111111 11100000 00000000 00000000)

Prefissi più lunghi corrispondono a mask con più bit 1

Il router quando dovrà decidere il *next hop* la entry della propria routing table che ha il più lungo prefisso comune (parte iniziale del proprio indirizzo di rete) con l'indirizzo di destinazione (*longest match*).