



Il livello rete di Internet
Tabelle di inoltro
Subnetting

Ing. Nadia Ranaldo



Indirizzamento IP sorg. → dest. (1)

- L'algoritmo di instradamento base di IP utilizza una **tabella di instradamento Internet** (detta anche **tabella di routing IP**), posta su ogni macchina, che memorizza informazioni relative a possibili destinazioni e su come raggiungerle
- Grazie alla struttura degli indirizzi IP, per la decisione di instradamento può essere usata **la parte di rete** dell'indirizzo destinazione invece dell'indirizzo completo
 - Ridotte dimensioni delle tabelle
 - Instradamento più veloce
 - Aggiornamento delle tabelle più semplice
- Tipicamente una tabella di instradamento contiene coppie (N, R) in cui N è l'indirizzo IP di una rete di destinazione ed R è l'indirizzo IP del router successivo sul percorso per la rete N
 - R è definito come il salto successivo o **next-hop**
 - Ogni riga nella tabella deve contenere l'indirizzo di un router che può essere **raggiunto attraverso la rete locale**
 - Per ogni datagram avviene **la traduzione da indirizzo IP a indirizzo fisico**
- E' possibile anche specificare percorsi verso singoli host, come casi particolari



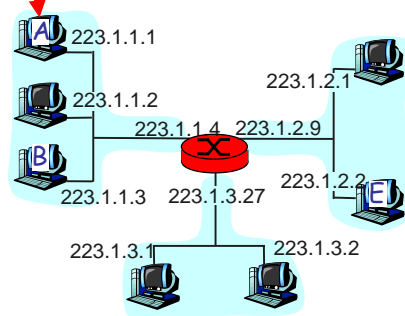
Indirizzamento IP sorg. → dest. (2)

Tabella di instradamento in A

Datagram IP:

misc	source	dest	data
fields	IP addr	IP addr	

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2



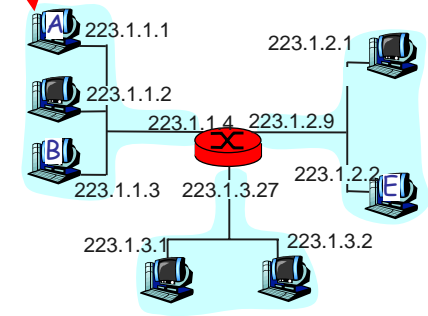
Indirizzamento IP sorg. → dest. (3)

misc	223.1.1.1	223.1.1.3	data
fields			

Un datagram creato dall'host A è destinato all'host B:

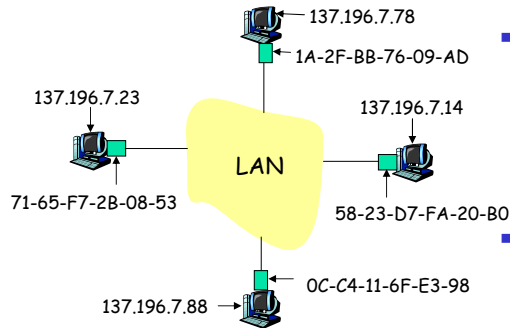
- Si estrae l'indirizzo di rete di B
- B ha lo stesso indirizzo di rete di A
- Il livello data-link invierà direttamente il datagram a B dopo averlo incapsulato in un frame
 - B ed A sono direttamente connessi
 - La trasmissione di un datagram da A a B non coinvolge i router
 - A può usare un meccanismo per ottenere l'indirizzo fisico di B
 - Ad es. il protocollo ARP

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2



ARP: Address Resolution Protocol

- Un host, per trasmettere un datagram IP ad un altro host nella rete locale, deve conoscere l'indirizzo IP e l'indirizzo fisico
- Il modulo ARP traduce un indirizzo IP di un host sulla stessa rete in un indirizzo fisico



- Ogni nodo IP (Host, Router) sulla LAN ha una **tabella ARP**
 - Mapping tra indirizzi IP e indirizzo MAC
 - < IP address; MAC address; TTL >
 - TTL (Time To Live): tempo entro il quale il mapping è considerato valido (tipicamente 20 minuti)
- Se la tabella non possiede il mapping per B, il nodo invia un pacchetto ARP (incapsulato in un frame fisico) a tutti gli host della rete utilizzando l'indirizzo broadcast della rete (FF-FF-FF-FF-FF-FF)
 - Solo il nodo B riconosce il proprio indirizzo IP e invia una risposta contenente il proprio indirizzo MAC

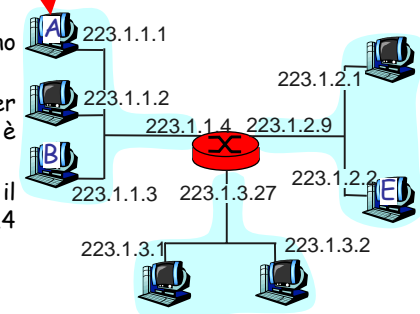
Indirizzamento IP sorg. → dest. (4)

misc fields	223.1.1.1	223.1.2.2	data
-------------	-----------	-----------	------

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1.0		1
223.1.2.0	223.1.1.4	2
223.1.3.0	223.1.1.4	2

Partenza in A, dest. E:

- Si estrae l'indirizzo di rete di E
- E è su una rete differente
 - A ed E non sono direttamente connessi
- Tabella di routing: il router utile per arrivare ad E è 223.1.1.4
- Il livello data-link invia il datagram al router 223.1.1.4 impiegando un frame
- Il datagram arriva a 223.1.1.4
-continua...



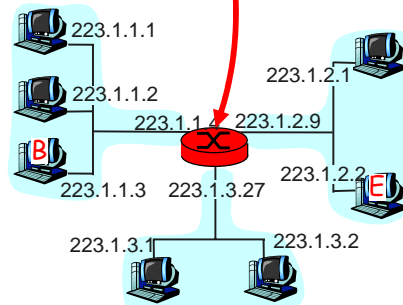
Indirizzamento IP sorg. → dest. (5)

misc fields	223.1.1.1	223.1.2.2	data
-------------	-----------	-----------	------

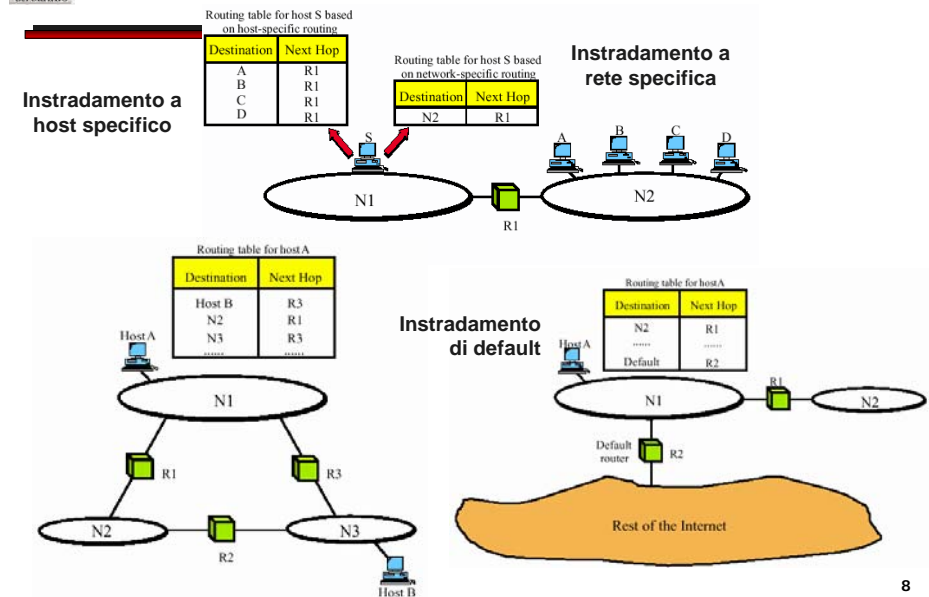
Dest. network	next router	Nhops	interface
223.1.1.0	-	1	223.1.1.4
223.1.2.0	-	1	223.1.2.9
223.1.3.0	-	1	223.1.3.27

Arrivo a 223.1.1.4, destinazione 223.1.2.2

- Il router estrae l'indirizzo di rete di E
- E è sulla stessa rete dell'interfaccia 223.1.2.9 del router
 - Il router ed E sono direttamente connessi
- Il livello data-link invia il datagram a 223.1.2.2 usando un frame spedito dall'interfaccia 223.1.2.9
- Il datagram arriva a 223.1.2.2



Esempi di tabelle di instradamento



Instradamento in IP in presenza di classi

- L'algoritmo eseguito da host e router per instradare i datagram IP è:
 - Estrai dal datagram l'indirizzo IP, D, del destinatario e calcola il prefisso di rete, N;
 - Se N corrisponde ad un indirizzo di rete direttamente connessa
 - consegna il datagram al destinatario D su quella rete
 - Altrimenti se la tabella contiene un percorso specifico per l'host D
 - invia un datagram al next-hop specificato in tabella
 - Altrimenti se la tabella contiene un percorso per la rete N
 - invia il datagram al next-hop specificato in tabella
 - Altrimenti se la tabella contiene un percorso di default
 - invia il datagram al router di default specificato nella tabella
 - Altrimenti dichiara un errore di instradamento

9

Introduzione al subnetting

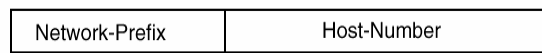
- La suddivisione degli indirizzi IP in prefisso di rete e host consente di introdurre una gerarchia a due livelli per l'instradamento
- La gerarchia a due livelli **non sempre è soddisfacente**
 - Si consideri un'organizzazione avente una rete di classe B
 - Con lo schema a due livelli, gli host non possono essere organizzati in gruppi
 - Si è costretti ad **usare un'unica rete fisica**
 - D'altra parte se l'organizzazione usasse più reti di classe C determinerebbe **la crescita delle tabelle di instradamento nei router a monte della rete stessa**
- Una soluzione al problema è basata sulla tecnica del **subnetting**
 - Permette di limitare solo ai router locali la conoscenza dell'esistenza di più reti fisiche e come instradare il traffico tra esse
 - I router degli altri sistemi autonomi indirizzano tutto il traffico come se fosse diretto ad una singola rete fisica

10

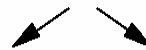
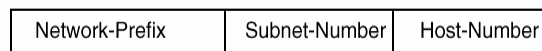
Il subnetting (1)

- Ogni rete di classe A, B o C può essere suddivisa in sottoreti
- L'idea chiave consiste nell'introdurre un altro livello gerarchico controllato in un modo più flessibile rispetto al meccanismo con classi
 - Gli indirizzi che impiegano il subnetting sono suddivisi in tre parti
- Tecnica standardizzata (spesso usata su reti di classe B)

Two-Level Classful Hierarchy



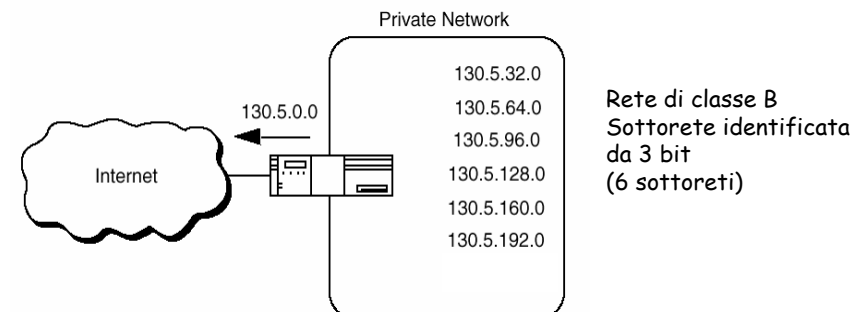
Three-Level Subnet Hierarchy



11

Il subnetting (2)

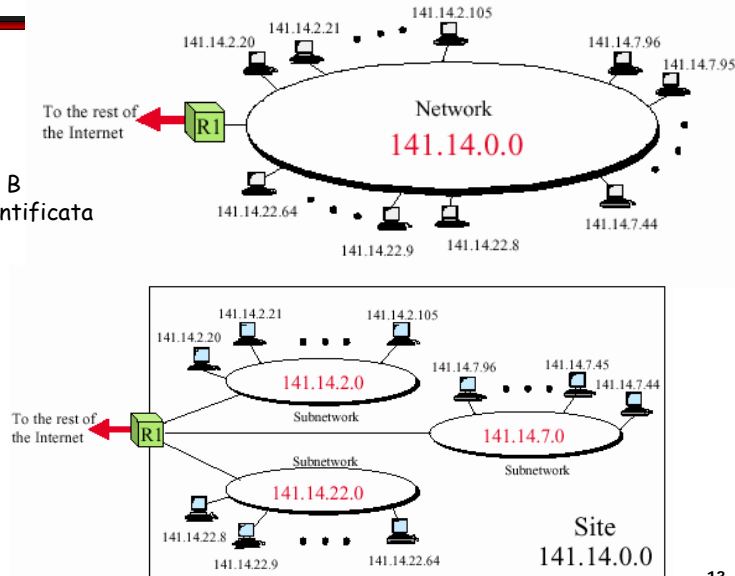
- La sottorete, individuata a partire dall'indirizzo dell'host, è un'informazione non nota ai router esterni alla rete in cui è usato il subnetting
 - Le tabelle di instradamento esterne non aumentano di dimensione
 - I router esterni instradano usando il prefisso di rete dell'indirizzo IP di destinazione



12

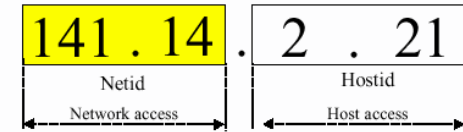
Esempio di subnetting (1)

Rete di classe B
Sottorete identificata da 8 bit

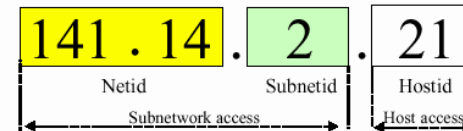


13

Esempio di subnetting (2)



a. Without subnetting



b. With subnetting

14

Implementazione di sottoreti con le maschere (1)

- La divisione dell'indirizzo host tra una parte che identifica una rete fisica e un host in tale rete è **flessibile**, in base alle esigenze interne
- Possibili dimensioni di sottorete per un indirizzo di classe B

Bit di sottorete	N. di sottoreti	Host per sottorete
0	1	65534
2	2	16382
3	6	8190
4	14	4096
5	30	2046
8	254	254
...

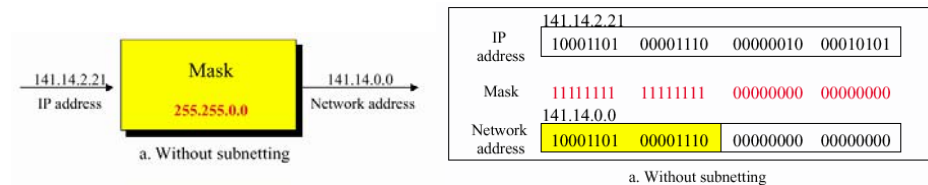
Nota: Non si usano indirizzi di sottorete e di host di tutti 0 e di tutti 1

- Per specificare la divisione viene usata **una maschera a 32 bit**
- I bit della maschera sono posti a 1 se le macchine sulla rete trattano i bit corrispondenti nell'indirizzo IP come prefisso di sottorete e a 0 tutti gli altri
- E' indicata spesso con la notazione decimale a punti, con uno "/" seguito dal numero di bit usati per la parte di rete e sottorete (es. /22)

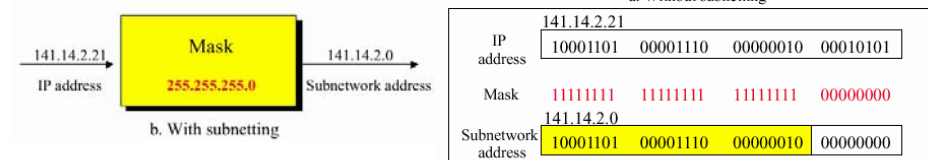
15

Implementazione di sottoreti con le maschere (2)

- Effettuare il **masking** consiste nell'eseguire un'operazione di bit-wise-and (**and bit a bit**) tra l'indirizzo IP a 32 bit e la maschera (mask)



a. Without subnetting



b. With subnetting

16

Indirizzi speciali

- La logica seguita nel riservare gli indirizzi IP in assenza di sottoreti è applicata anche alle sottoreti
- La figura mostra gli indirizzi riservati

Subnetid	Hostid
Any	All 0s
Subnetwork address	
Any	All 1s
Broadcast to all hosts in a specific subnet	
All 0s	Any
Subnetid all 0s	
All 1s	Any
Subnetid all 1s	

17

Esempio n.2

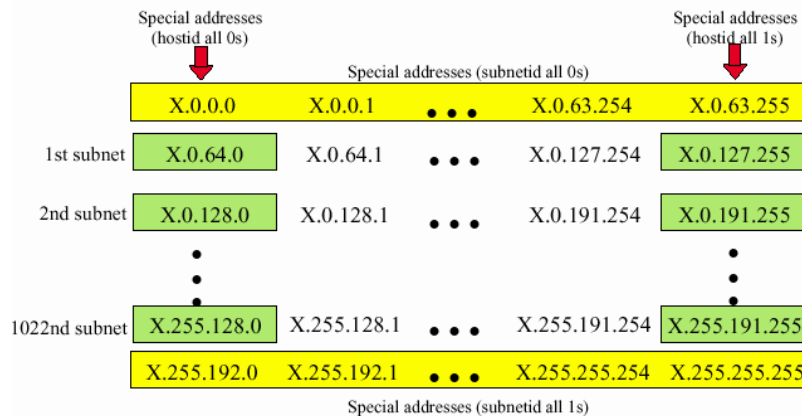
- Subnetting nella classe A
- Si supponga che un'organizzazione abbia bisogno di 1000 sottoreti in una rete di classe A



18

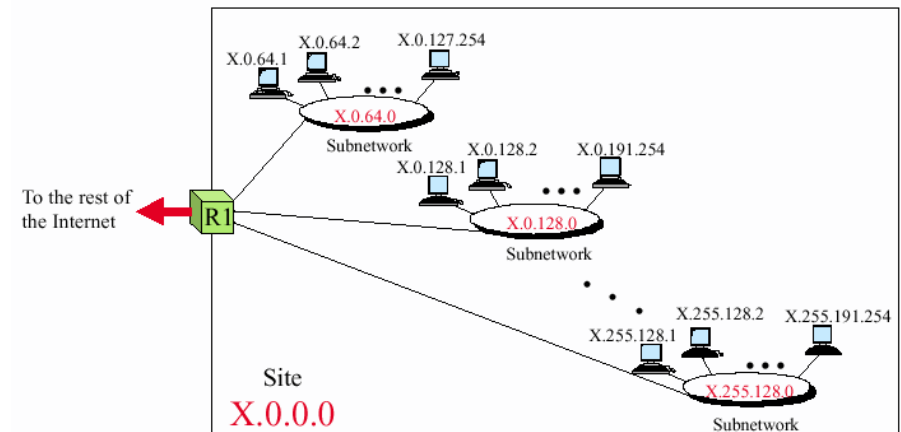
Esempio n.2

- Applicando la maschera, l'indirizzo di classe A è suddiviso in 1022 intervalli, ognuno con 16384 indirizzi
- Di cui 16382 utilizzabili



19

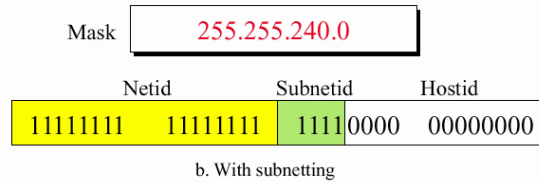
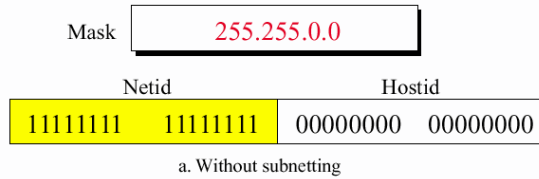
Esempio n.2



20

Esempio n.3

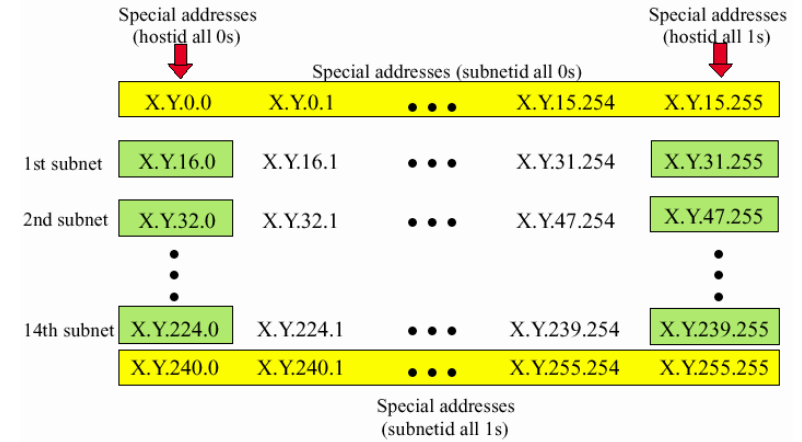
- Subnetting nella classe B
- Si supponga che un'organizzazione abbia bisogno di 12 sottoreti in una rete di classe B



21

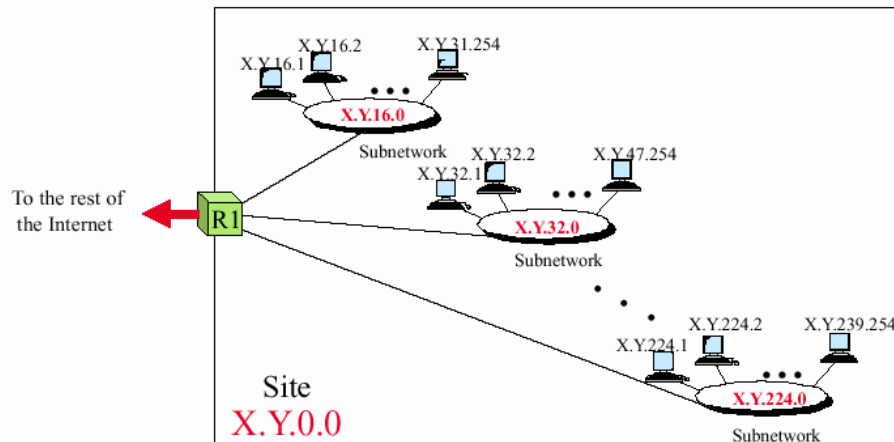
Esempio n.3

- Applicando la maschera, l'indirizzo di classe B è suddiviso in 14 intervalli, ognuno con 4096 indirizzi
 - Di cui 4094 utilizzabili



22

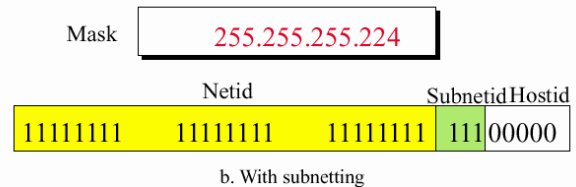
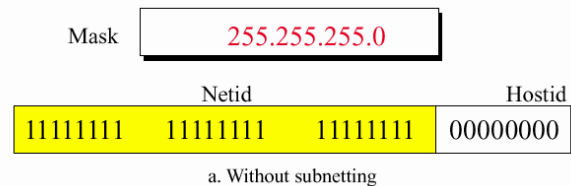
Esempio n.3



23

Esempio n.4

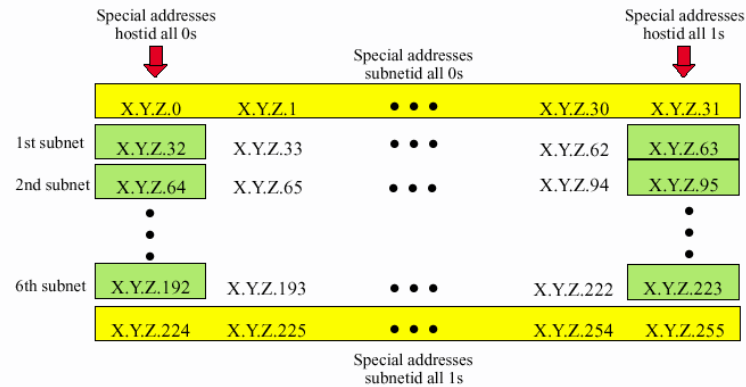
- Subnetting nella classe C
- Si supponga che un'organizzazione abbia bisogno di 5 sottoreti in una rete di classe C



24

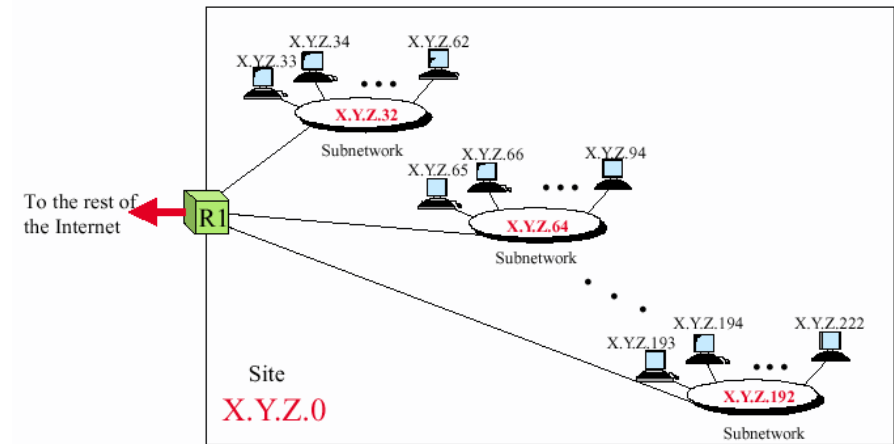
Esempio n.4

- Applicando la maschera, l'indirizzo di classe C è suddiviso in 6 intervalli, ognuno con 32 indirizzi
 - Di cui 30 utilizzabili



25

Esempio n.4



26

L'algoritmo d'instradamento della sottorete

- Con le sottoreti non è possibile individuare dal solo indirizzo quali bit corrispondono alla rete a quali all'host
- Nella tabella di instradamento occorre un campo aggiuntivo che specifica la maschera di sottorete usata per la rete di quella voce
- (maschera di sottorete, indirizzo di rete, indirizzo del router successivo, interfaccia di rete)
- Dopo aver eseguito un'operazione di and bit a bit tra l'indirizzo del datagram e la maschera, se il risultato equivale al valore del campo indirizzo di rete di quella riga, inoltre il datagram all'indirizzo specificato nel campo indirizzo del salto successivo
- Le maschere permettono di gestire gli instradamenti verso host specifici, i percorsi predefiniti, e quelli verso indirizzi convenzionali con classi
 - Per creare un percorso verso un singolo host si può usare una maschera di tutti 1 e un indirizzo di rete uguale all'indirizzo IP dell'host
 - Per creare un percorso predefinito, si può utilizzare una maschera di sottorete di tutti 0 e un indirizzo di rete di tutti 0 (tutti 0)
 - Per creare un percorso verso un ind. di rete di classe B (senza sottoreti) si specifica una maschera con due ottetti di tutti 1 e due ottetti di tutti 0₂₇