



Progetto di una rete IP Addressing

Mario Baldi
Flavio Marinone
Fulvio Riso



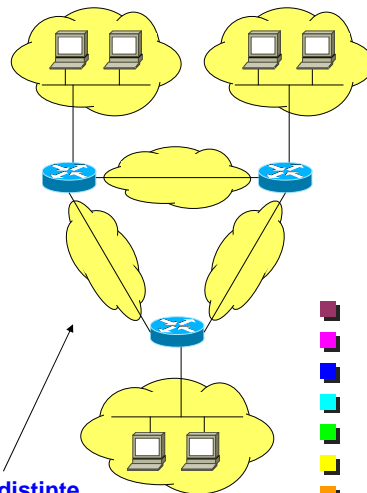
Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.



Reti e Hosts

- Host (nodo)
 - Identificato con un numero univoco all'interno della rete
 - 101, 102, ...
- Rete
 - Entità astratta
 - I membri di una rete devono essere in grado di parlarsi direttamente
 - Non si fa alcuna assunzione di come questo avvenga
 - Identificata con un "range" di indirizzi
 - 100-199, 200-299, ...



6 reti distinte



Gli indirizzi IP

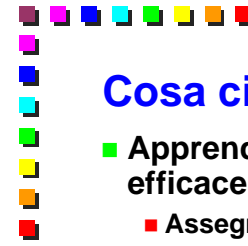
- Assegnati ad ogni *nodo* della rete IP
 - Permettono di identificare in modo univoco ogni stazione trasmittente
- Ogni nodo deve possedere un'informazione fondamentale che ricava dalla configurazione IP:
 - Appartenenza ad una rete, ovvero ad un insieme di nodi autonomamente e direttamente raggiungibili
 - Classi
 - Subnet mask
- Un nodo può appartenere a più reti
 - Un indirizzo IP per ogni rete (ed eventuale subnet mask)





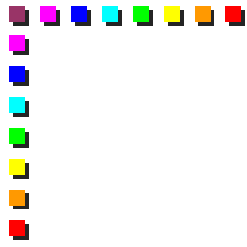
Routing IP

- IP si serve *sempre* del livello 2 ISO/OSI per comunicare con gli altri nodi della propria rete.
 - Implementazione specifica dei protocolli e dei mezzi trasmissivi (Ethernet, Token Ring, X.25, PPP, Frame Relay, ATM, ecc...)
 - Comunicazione diretta
- Debbo far dialogare tra loro anche reti diverse
 - La comunicazione verso nodi non appartenenti alla propria rete avviene tramite "gateway". Essi:
 - Sono nodi attestati su più reti
 - Dispongono delle risorse per far comunicare tra loro reti diverse
 - Hanno una conoscenza maggiore della topologia rispetto ai nodi qualunque della rete

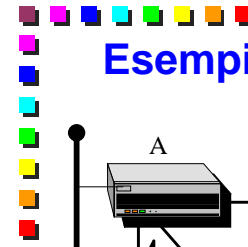


Cosa ci proponiamo

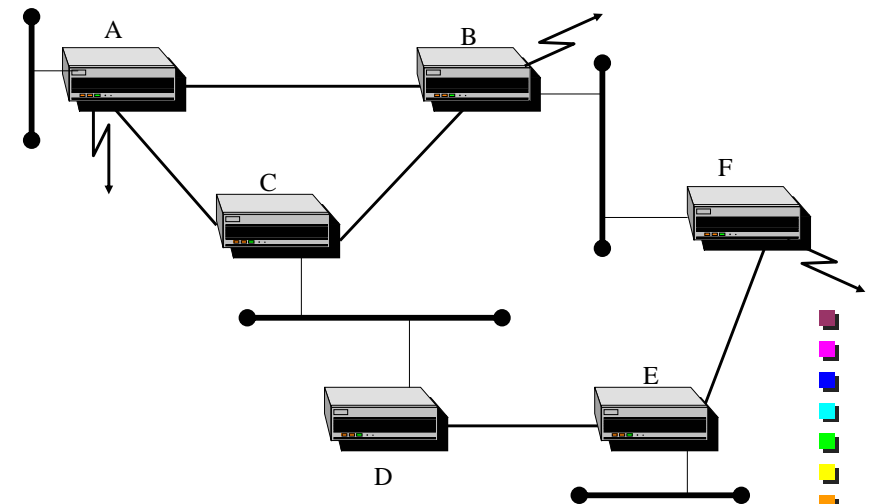
- Apprendere una metodologia di base efficace per la progettazione di una rete IP
 - Assegnazione degli indirizzi IP
 - Presenza di più reti eterogenee da interconnettere tra loro e verso internet
 - Razionalizzazione nell'indirizzamento
 - Impostazione del routing statico
 - Popolamento delle tabelle di routing per dare raggiungibilità completa a tutti i nodi
 - Contenimento del numero di route utilizzando una buona strategia di addressing
 - Robustezza



Indirizzamento IP



Esempio - Rete da configurare

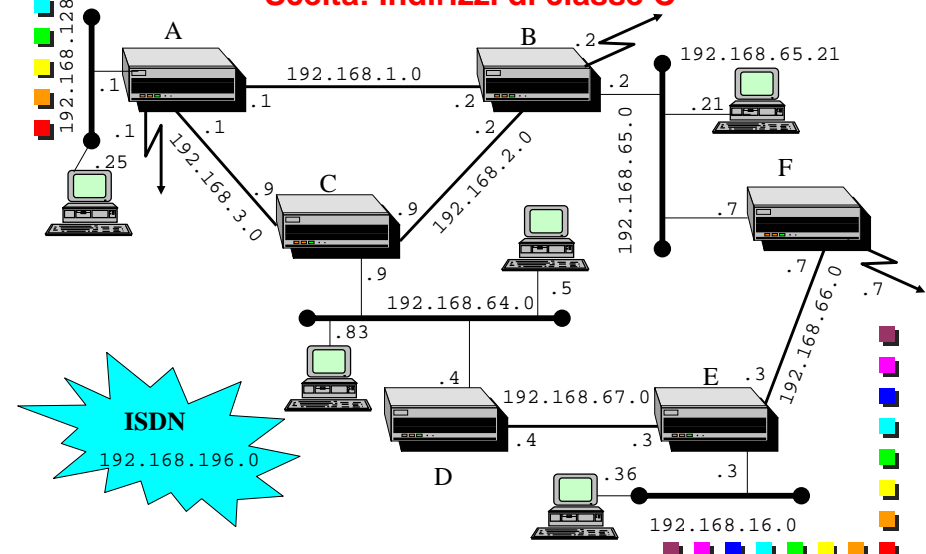


Soluzione 1: Indirizzamento classful

	0	8	16	19	31
Classe A	0	Network	Host		
	2 ⁷ reti, 2 ²⁴ host per rete – Indirizzi 0-127				
	0	1	16	31	
Classe B	10	Network	Host		
	2 ¹⁴ reti, 2 ¹⁶ host per rete – Indirizzi 128-191				
	0	1	2	24	31
Classe C	110	Network		Host	
	2 ²¹ reti, 2 ⁸ host per rete – Indirizzi 192-223				
	0	Indirizzi 224-239			31
Classe D	1110	Multicast Address			
	Indirizzi 240-255				
Classe E	1111	Reserved			
	Indirizzi 240-255				

Indirizzamento classful

Sceita: Indirizzi di classe C



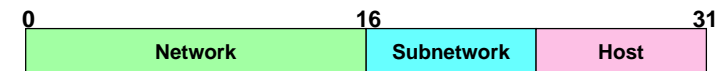
Indirizzamento classful: problemi

- Ho poche reti a disposizione
 - 128 (2⁷) reti di classe A
 - 16.384 (2¹⁴) reti di classe B
 - 2.097.152 (2²¹) reti di classe C
- Spreco molte risorse
 - Scarsa granularità
 - Es: rete punto-punto

Soluzione 2: Subnetting

Partizionamento della rete originale classful

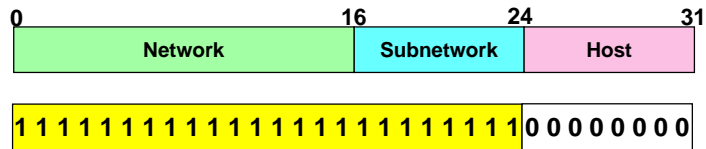
■ Esempio: classe B



- Ricavo reti di classe più piccola di quella assegnata
- Debbo sapere di quanti bit dispongo per identificare la subnet
- Subnet mask
 - Bit a 1 in corrispondenza dei campi network e subnetwork
 - Bit a 0 in corrispondenza del campo host
 - Gli "1" possono anche essere non contigui, anche se questo è fortemente sconsigliato

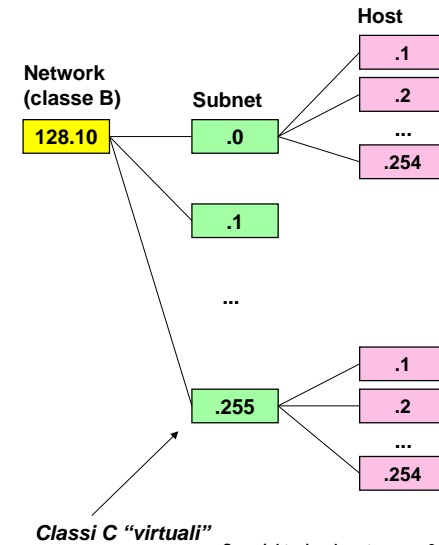
Soluzione 2: Subnetting

Esempio di subnet mask:



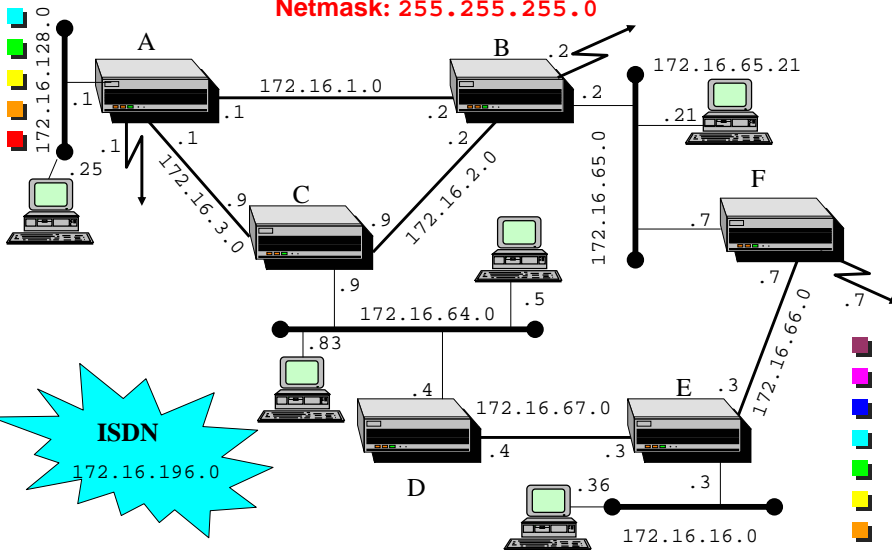
- Otengo 256 (2^{24-16}) subnet di classe C
- Una coppia {indirizzo, subnet mask} individua una sottorete (*address range*)
 - Un nodo ha soltanto bisogno del proprio indirizzo IP e della subnet mask assegnata per capire se il recapito dei pacchetti deve essere fatto direttamente o tramite un gateway

Soluzione 2: Subnetting



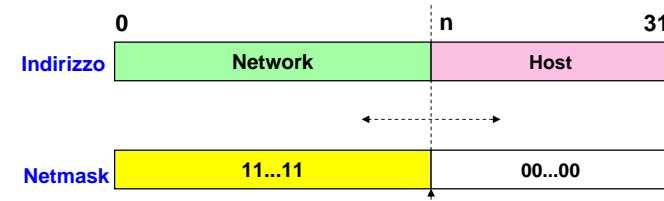
Subnetting di una rete di classe B

Netmask: 255.255.255.0



Indirizzamento classless

- Subnetting: i problemi
 - Esaurimento della classe B (o classe A)
 - Impossibilità di ottenere reti con una dimensione intermedia rispetto alle classi previste (A, B, C)
 - Difficile da capire
 - Host, subnet, network
- Indirizzamento classless
 - Idea: rendere la divisione tra network e host flessibile
 - Classi: vengono completamente abolite



Netmask: valori

- Netmask e Prefix Length: sostanzialmente la stessa cosa
- Prefix Length: più compatto, più intuitivo

Valori leciti in ognuno dei bytes che compongono la netmask:

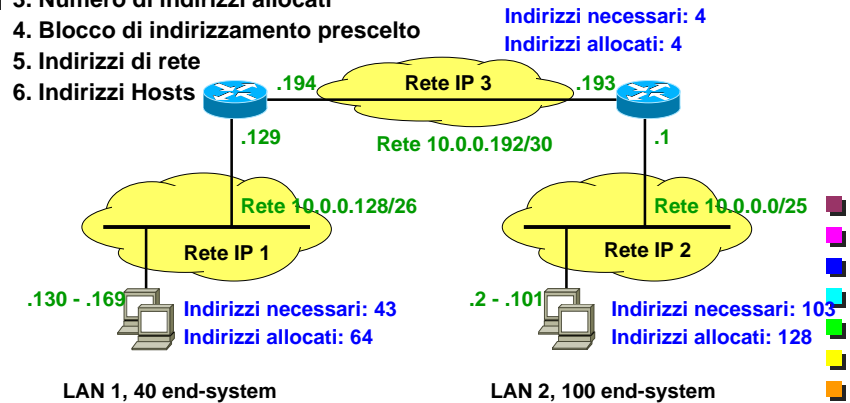
			Prefix Length (ultimo byte)
0	0000 0000	(256)	/24
128	1000 0000	(128)	/25
192	1100 0000	(64)	/26
224	1110 0000	(32)	/27
240	1111 0000	(16)	/28
248	1111 1000	(8)	/29
252	1111 1100	(4)	/30
254	1111 1110	(2)	/31
255	1111 1111	(1)	/32

non usabili nell'ultimo byte della netmask

Metodologia di progetto

Spazio di indirizzamento min: 196 indirizzi
Address range prescelto: 10.0.0/24

- Lista delle reti IP
- Numero di indirizzi necessari
- Numero di indirizzi allocati
- Blocco di indirizzamento prescelto
- Indirizzi di rete
- Indirizzi Hosts



Metodologia di progetto

- Lista delle reti IP
 - Deriva dalla topologia di rete
- Numero di indirizzi necessari
 - Censimento dei nodi presenti
 - Prospettive di espansione della rete
- Numero di indirizzi allocati
 - Granularità delle reti allocabili
 - Aggregazione
 - Se debbo indirizzare 300 nodi:
 - Rete /23 (255.255.254.0) – 510 nodi
 - Rete /24 (255.255.255.0) – 254 nodi + rete /26 (255.255.255.192) – 62 nodi = 316 nodi

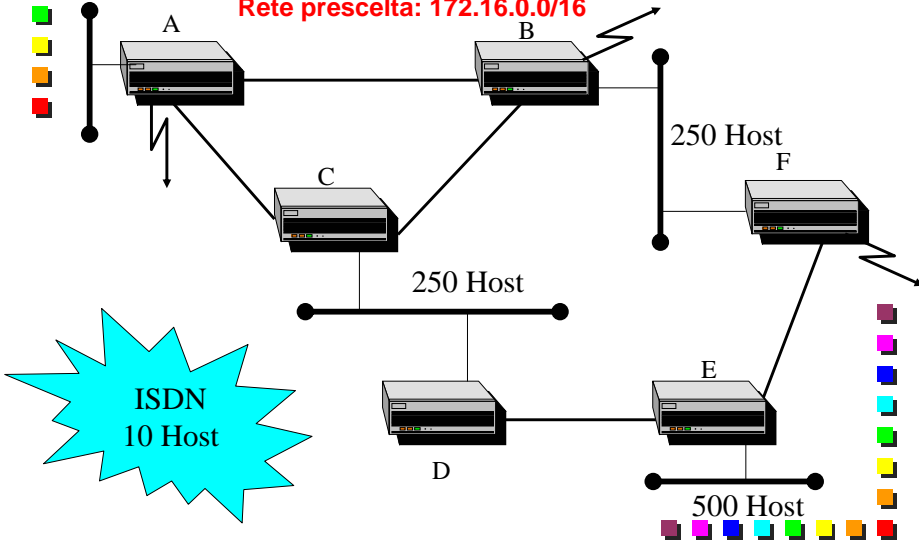
Metodologia di progetto

- Blocco di indirizzamento prescelto
 - Se è un blocco di indirizzi pubblici, questi sono forniti dal provider o dalla IANA (www.iana.org)
 - Se non ho bisogno di indirizzi IP pubblici posso scegliere un pool di indirizzi IP appropriato tra quelli privati
- Indirizzi di rete
 - Ripartire gli indirizzi IP disponibili tra le reti è il lavoro vero e proprio
 - Non bisogna allocare indirizzi inutilmente
 - Gli address range NON debbono essere sovrapposti → Devo fare routing
- Indirizzi degli host
 - Convenzioni locali



Soluzione 3: Indirizzamento classless

250 Host Prefisso di classe B e netmask variabile
 Rete prescelta: 172.16.0.0/16



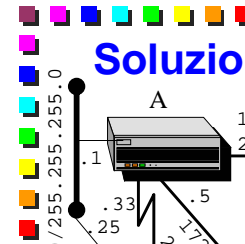
Soluzione 3: scelta dei prefissi

- Alloco dalla subnet più grande (con più host) a scalare
 - Uso efficiente delle risorse
- Debbo mantenere separati gli spazi di indirizzamento
 - Confrontando a due a due le reti, queste debbono avere un networkID diverso per entrambe le subnet mask
 - I nodi di entrambe le reti debbono poter capire se il recapito è locale o remoto
 - Prevale sempre la maschera con meno "1"
 - Con la pratica è possibile svolgere il lavoro sia in binario che in notazione decimale

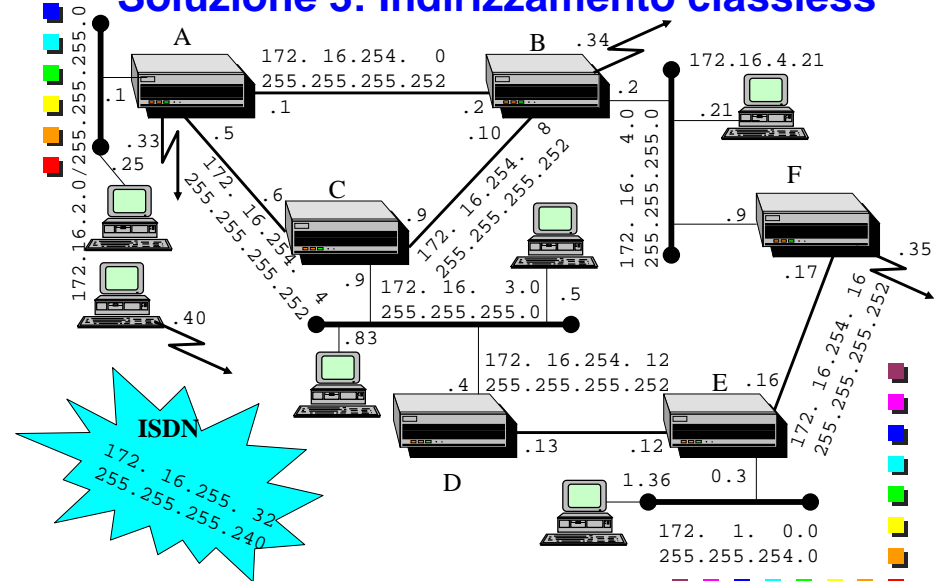


Soluzione 3: Scelta prefissi

LIS e Netmask		Tipo di impiego	
Notazione binaria	Notazione decimale puntata		
1111 1111.1111 1111.1111 1110.0000 0000	255.255.254.0	Rete locale con 500 host	
1010 1100.0001 0000.0000 0000.0000 0000	172.16.0.0		
1111 1111.1111 1111.1111 1111.0000 0000	255.255.255.0		Reti locali con 250 host
1010 1100.0001 0000.0000 0010.0000 0000	172.16.2.0		
1010 1100.0001 0000.0000 0011.0000 0000	172.16.3.0		
1010 1100.0001 0000.0000 0100.0000 0000	172.16.4.0		
1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	255.255.255.240	Rete ISDN	
1010 1100.0001 0000.1111 1111.0000 0000	172.16.255.0	Linee punto-punto	
1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100	255.255.255.252		
1010 1100.0001 0000.1111 1110.0000 0000	172.16.254.0		
1010 1100.0001 0000.1111 1110.0000 0100	172.16.254.4		
1010 1100.0001 0000.1111 1110.0000 1000	172.16.254.8		
1010 1100.0001 0000.1111 1110.0000 1100	172.16.254.12		
1010 1100.0001 0000.1111 1110.0001 0000	172.16.254.16		



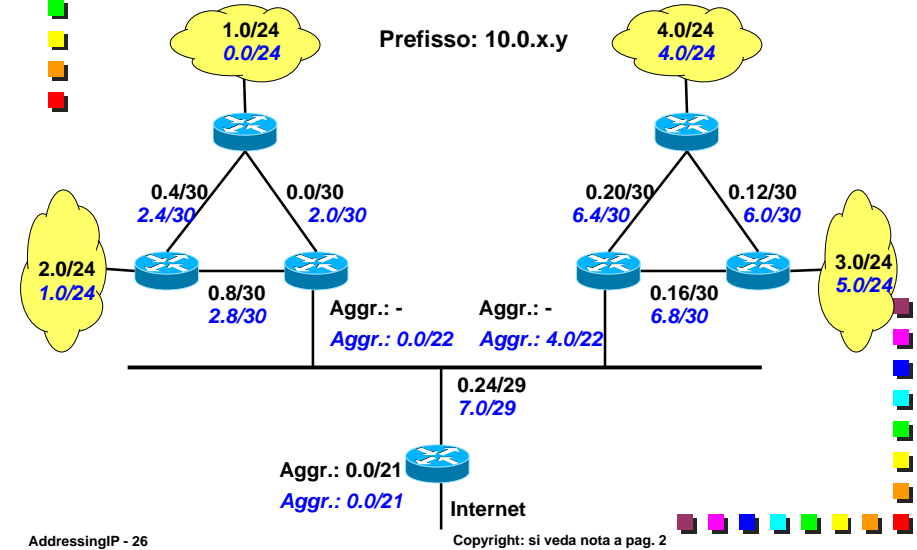
Soluzione 3: Indirizzamento classless



Aggregabilità

- Permette di identificare aree (composte da nodi su reti diverse) come un'unica entità
 - Una sola coppia {indirizzo base, subnet mask} per area
 - Posso vedere le reti aggregate come isole, senza badare a quel che succede "dentro"
 - Deve essere conservata la separazione tra gli spazi di indirizzamento delle reti.
- Si usa per facilitare il compito di chi recapita i pacchetti
 - Semplificazione delle tabelle di instradamento

Aggregabilità

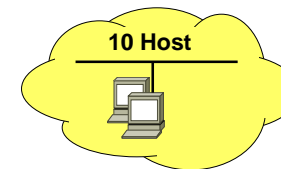


Esercizi

Addressing IP

Determinazione della netmask ottima

- Rete con 10 host
- Soluzione
 - 12 indirizzi richiesti (10 + *directed broadcast* + *network*)
 - Rete /28 (16 indirizzi), netmask 255.255.255.240



Minimizzazione degli indirizzi allocati

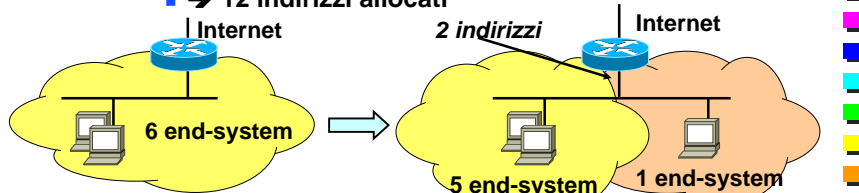
■ Rete con 6 host, 1 router

■ Soluzione

■ 9 indirizzi richiesti (6 + *directed broadcast* + *network* + *router*) → 16 indirizzi allocati, prefix length /28

■ Creazione di due reti:

- Rete A: 5 host (+ router) → /29
- Rete B: 1 host (+ router) → /30
- → 12 indirizzi allocati

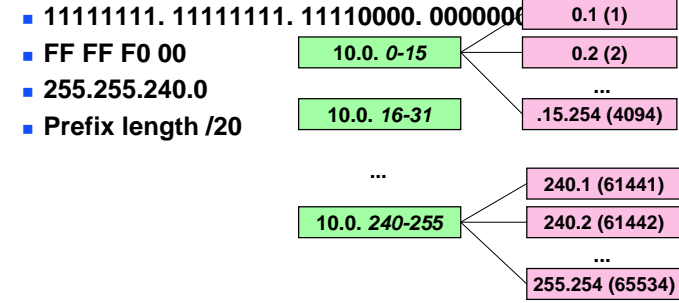


Partizionamento di una rete

■ Riorganizzare una rete /16 in 16 reti distinte

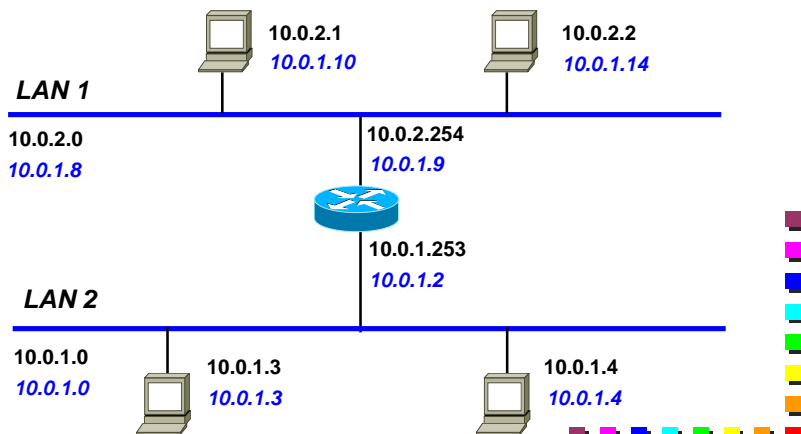
■ Soluzione

- Classe B → 64k hosts
- 16 reti → 2¹² host/rete
- Netmask: venti "1", dodici "0"



Riassegnazione di indirizzi

Netmask: 255.255.255.0
255.255.255.248

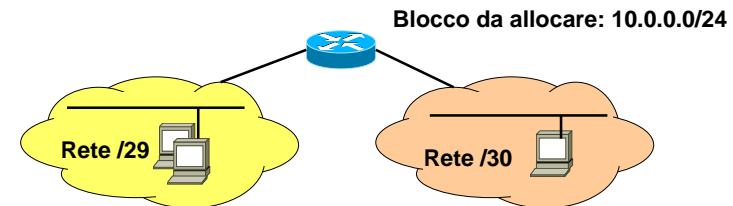


Assegnazione di indirizzi IP (1)

■ Due reti: /29 e /30, da allocare in una /24

■ Soluzione

- 10.0.0.0/29
- 10.0.0.8/30

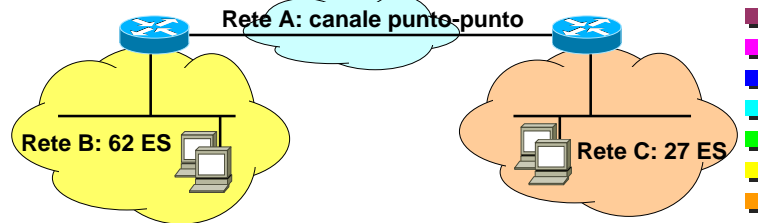


Assegnazione di indirizzi IP (2)

- Rete A (punto-punto), B (62 end-system), C (27)

■ Soluzione

- Indirizzi richiesti: $4 + 65 + 30$
- Indirizzi da allocare: $4 + 128 + 32 = 164$
- Prefix Length: /30, /25, /27
- Indirizzi 10.0.0.160/30, 10.0.0.0/25, 10.0.0.128/2

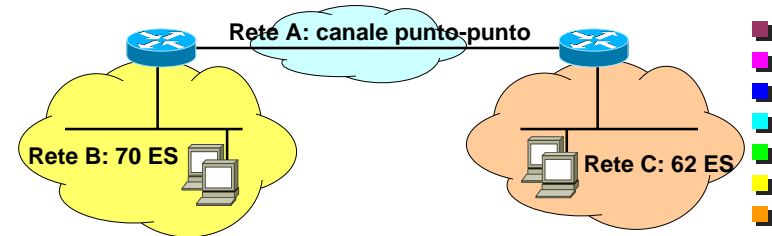


Partizionamento

- Rete A (punto-punto), B (70 end-system), C (62)

■ Soluzione

- Indirizzi richiesti: $4 + 73 + 65$
- Indirizzi da allocare: $4 + 128 + 128 = 260$
 - Con partizionamento di C: $4 + 128 + (64 + 32) = 232$
- Prefix Length: /30, /25, (/27 + /28)
- Indirizzi 10.0.0.224/30, 10.0.0.0/25, (10.0.0.128/26 + 10.0.0.192/27)

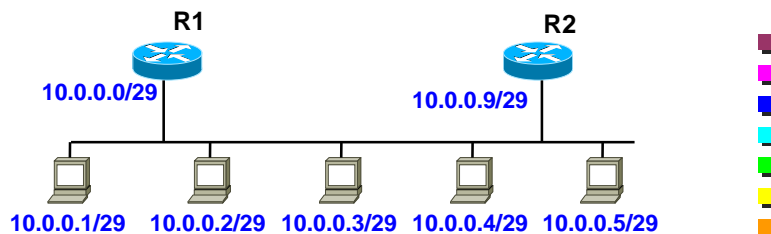


Ricerca degli errori di progettazione

- Si determinino gli errori di progettazione contenuti nella rete seguente

■ Soluzione

- Netmask troppo piccola
- Indirizzo di R1
- Indirizzo di R2



Esercizio

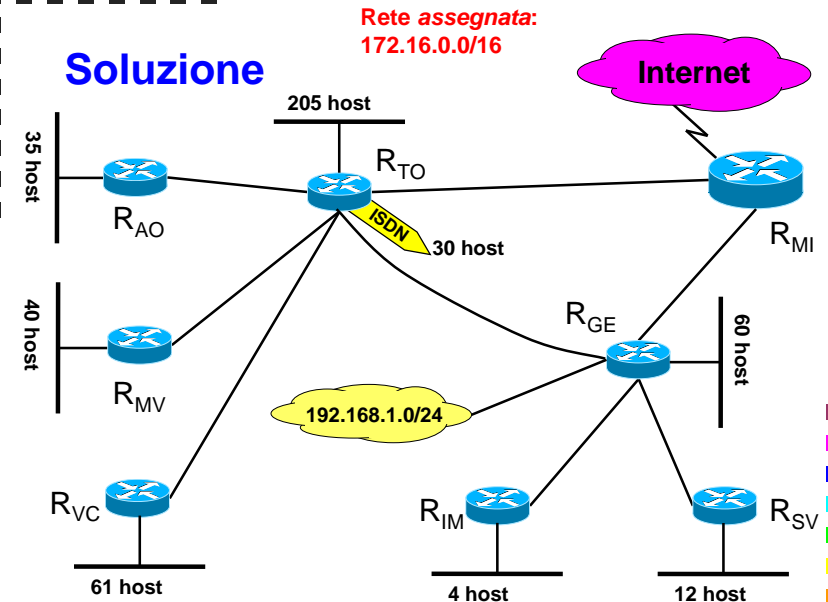
- Una società di servizi possiede la rete qui descritta

- Router di accesso a Internet presso Milano (R_{MI}) collegato a
 - Sede di Genova → espansione prevista
 - Sede di Torino
 - Le sedi di Genova e Torino sono connesse tra loro
- Sede di Genova → 60 client, connessa a
 - Uffici di Savona → 12 host
 - Uffici di Imperia → 4 host
 - Fornitore di servizi esterni accessibile da tutte le sedi - rete 192.168.1.0/24
- Sede di Torino → 205 client, connessa a
 - Flusso primario ISDN → 30 connessioni dial-up
 - Uffici di Aosta → 35 host
 - Uffici di Mondovì → 40 host
 - Uffici di Vercelli → 61 host

Esercizio

- Rete assegnata
 - 172.30.0.0/16
- Si realizzi un progetto ottimizzando lo spazio di indirizzamento
- I router non riescono a smaltire il traffico in modo adeguato: si realizzi un piano che preveda la riduzione delle route nella routing table
 - Quali gateway beneficiano del riassetto degli indirizzi?

Soluzione



Soluzione

- Assegnamo uno spazio di indirizzamento ad ogni rete
 - Suddividiamo lo spazio di indirizzamento globalmente assegnato (172.16.0.0/16) in modo efficiente. Evitiamo:
 - di sprecare indirizzi lasciando "buchi" non assegnati ad alcuna rete
 - di creare reti troppo grandi lasciando molti IP inutilizzati

Soluzione

- Rete TO: 205 client → 208 IP
 - 205 IP_{client} + 1 IP_{router} + 2 IP_{rete+broadcast}
 - Abbiamo bisogno di una rete con maschera /24 → 8bit per gli host = 254 IP disponibili per host e router
 - Possiamo fare di meglio?
 - Usando una rete /25 allochiamo 126 host. Ne restano 79.
 - Non ce la facciamo aggiungendo una sola rete /26 (62 host). Restano 17 host
 - Aggiungiamo una ulteriore rete /27 (30 host allocabili)
 - Soluzione possibile: reti (/25 + /26 + /27) → *il gioco può non valere la candela*



Soluzione

- Rete GE: 60 client → >63 IP
 - 60 IP_{client} + 1 IP_{router} + 2 IP_{rete+broadcast} + espansione
 - A seconda delle stime di espansione si può giungere a soluzioni diverse. In questo caso si ritiene necessaria e sufficiente una rete /25 = 126 host
- Rete VC: 61 client → 64 IP
 - Basta una rete con maschera /26
 - In un caso reale dovremmo essere ragionevolmente certi di non avere alcuna espansione



Soluzione

- Rete MV: 40 client
 - Sarebbe necessaria una rete /26 → 62 host
 - Possiamo suddividere i client in due reti: /27 + /28 = 30 + 14 host
- Rete AO: 35 client
 - Situazione identica alla rete MV
- Rete ISDN_{TO}: 30 client
 - Un IP per client dial-up: rete /27



Soluzione

- Rete SV: 12 client
 - Rete /28 → 14 IP disponibili
- Rete IM: 4 client
 - Rete /29 → 6 IP disponibili
 - NB: non basta una /30!



Soluzione

- Assegnamento
 - Si inizia dalla rete con più host andando a scalare verso le reti più piccole
 - LIS_{TO}: 172.16.0.0/24
 - LIS_{GE}:
 - Qual'è il primo IP libero?
 - Gli indirizzi della rete TO vanno da 172.16.0.0 a 172.16.0.255

In binario:
 172.16.0.255 + 1 = 1010 1100.0001 0000.0000 0000.1111 1111 + 1 =
 172.16.1.0 1010 1100.0001 0000.0000 0001.0000 0000

- Primo IP disponibile: 172.16.1.0
- Rete assegnata: 172.16.1.0/25





Soluzione

- LIS_{VC}:
 - Primo IP da assegnare?
 - Metodo alternativo ed equivalente al precedente: confronto dei network ID
 - Ogni LIS deve avere network ID distinto rispetto a tutte le altre
 - Verifichiamo a due a due tutte le coppie (indirizzo di rete, subnet mask) e costruiamo un network ID diverso dai precedenti per la nuova LIS
 - NB: prevale sempre la subnet mask con meno "1"



Soluzione

■ Rete TO:	1111 1111.1111 1111.1111 1111 0000 0000	255.255.255.0
	1010 1100.0001 0000.0000 0000 0000 0000	172. 16. 0.0
■ Rete GE:	1111 1111.1111 1111.1111 1111 0000 0000	255.255.255.128
	1010 1100.0001 0000.0000 0001 0000 0000	172. 16. 1.0
■ Rete VC:	1111 1111.1111 1111.1111 1111 1000 0000	255.255.255.128
	1010 1100.0001 0000.0000 0001 0000 0000	172. 16. 1.128

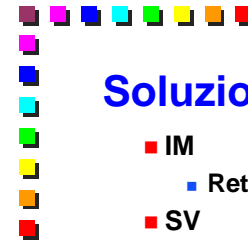


NetworkID diversi per ogni subnet mask → gli host di tutte le reti vedono correttamente le diverse LIS



Soluzione

- LIS_{VC}:
 - Rete assegnata: 172.16.1.128/26
 - LIS_{ISDN}:
 - Rete assegnata: 172.16.1.192/27
 - LIS_{MV} + LIS_{AO}
 - LIS_{MV1}: 172.16.1.224/27
 - LIS_{AO1}: 172.16.2.0/27
 - LIS_{MV2}: 172.16.2.32/28
 - LIS_{AO2}: 172.16.2.48/28
 - Volendo mantenere l'adiacenza della numerazione nelle singole sedi:
 - LIS_{MV1}: 172.16.1.224/27
 - LIS_{MV2}: 172.16.2.0/28
 - LIS_{AO2}: 172.16.2.16/28
 - LIS_{AO1}: 172.16.2.32/27
 - NB: non possiamo aggregare. Due route per sede come prima
- } /27 → non abbiamo sprecato indirizzi



Soluzione

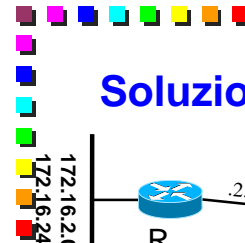
- IM
 - Rete assegnata: 172.16.2.64/28
- SV
 - Rete assegnata: 172.16.2.80/29
- Restano le reti punto-punto → subnet mask /30
 - MI-TO → 172.16.2.88/30
 - MI-GE → 172.16.2.92/30
 - TO-GE → 172.16.2.96/30
 - TO-AO → 172.16.2.100/30
 - TO-MV → 172.16.2.104/30
 - TO-VC → 172.16.2.108/30





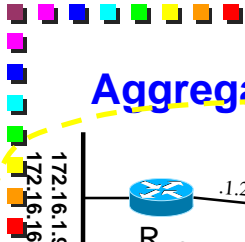
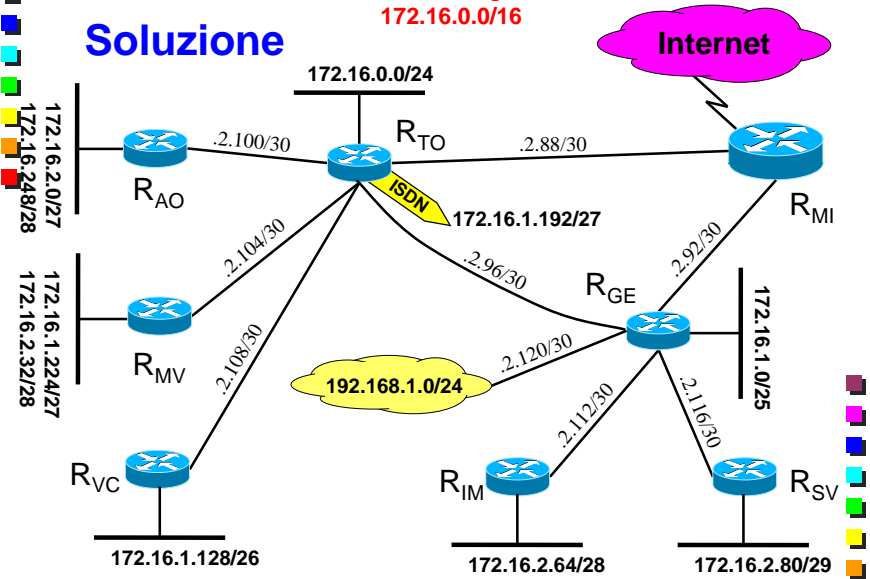
Soluzione

- GE-IM → 172.16.2.112/30
- GE-SV → 172.16.2.116/30
- GE-EXT → 172.16.2.120/30



Soluzione

Rete assegnata: 172.16.0.0/16



Aggregazione

Rete assegnata: 172.16.0.0/16

