

### 7.1.9 Appello del 21/06/2006

ESERCIZIO 1: Si consideri l'autonomous system di Figura 1.1 con le Aree 1 e 2 collegate all'Area 0 (o Backbone Area) tramite gli ABR R2 e R3 rispettivamente. La Figura 1.1 riporta inoltre sia i prefissi delle LIS contenute nelle tre aree dell'autonomous system sia il prefisso (11.1.1.0/24) di una LIS appartenente ad un dominio di routing RIP, esterno all'autonomous system, al quale è collegato tramite il router ASBR R1. Supponiamo che R2 sia il Designated Router per la LIS 10.0.0.0/25 e che:

- Router ID di R1: 10.0.0.1
- Router ID di R2: 10.0.0.2
- Router ID di R3: 10.0.0.3

Il candidato:

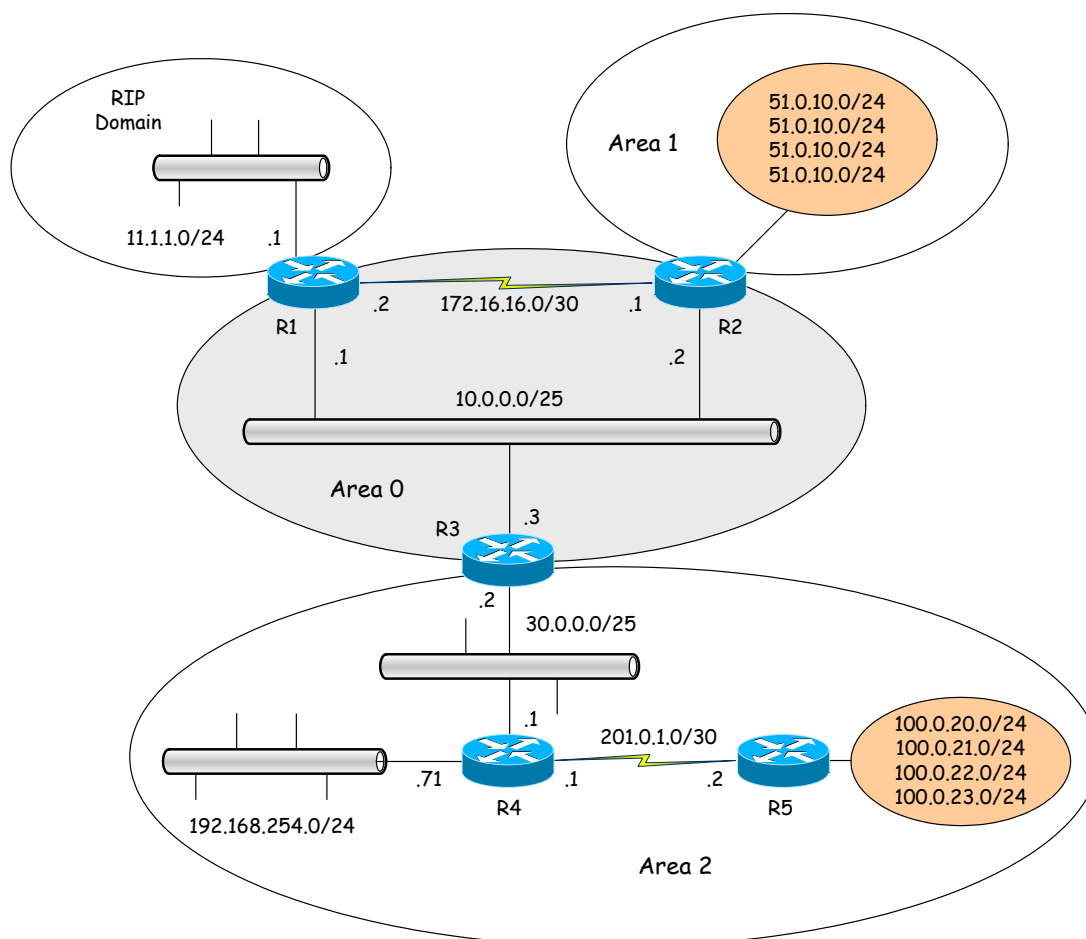


Figura 1.1: Struttura dell'autonomous system con un dominio RIP

1. specifichi la struttura della *Routing Table* di R3 (con e senza aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile);

2. specifichi la struttura della *Routing Table* di R4 (con aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile) nei casi in cui l'Area 2 venga configurata come *Stub Area*;
3. specifichi la struttura della *Routing Table* di R4 nel caso in cui l'Area 2 venga configurata come *Totally Stubby Area* (con aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile);
4. specifichi la struttura del *Router LSA* generato dal router R1 nella Backbone Area;
5. specifichi gli LSA che R3 trasmette nella Backbone Area per annunciare le LIS dell'Area 2 (in assenza e con aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile).

Supponiamo adesso che la LIS 192.168.254.0/24, anziché far parte dell'Area 2, faccia parte di un dominio RIP collegato all'Area 2 come illustrato in

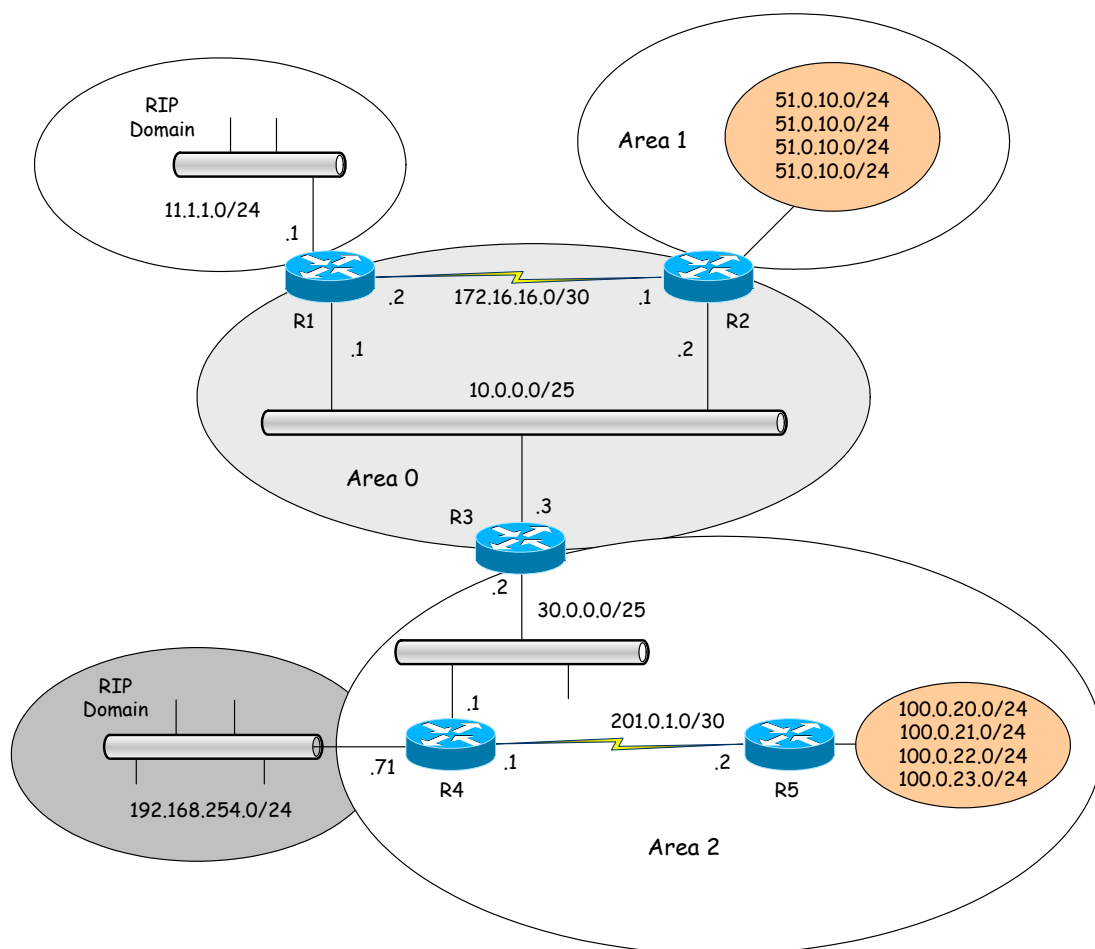


Figura 1.2: Struttura dell'autonomous system con due domini RIP

Figura 1.2. Il candidato:

6. specifichi la struttura della *Routing Table* di R5 nel caso in cui l'Area 2 venga configurata come *Totally Stubby* e, contemporaneamente, come *Not-So-Stubby-Area* o *NSSA* (con aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile).

NOTA. Gli studenti che non hanno seguito l'edizione relativa all'a.a. 2005/2006) debbono svolgere il punto 5 in sostituzione del punto 6.

#### RISOLUZIONE

1. Nel caso in cui **non venga** effettuata aggregazione la struttura della rout-

Network Prefix	Next Hop IP Address
51.0.10.0/24	via 10.0.0.2
51.0.10.1/24	via 10.0.0.2
51.0.10.2/24	via 10.0.0.2
51.0.10.3/24	via 10.0.0.2
100.0.20.0/24	via 30.0.0.1
100.0.20.1/24	via 30.0.0.1
100.0.20.2/24	via 30.0.0.1
100.0.20.3/24	via 30.0.0.1
201.0.1.0/30	via 30.0.0.1
30.0.0.0/25	directly connected
192.168.254.0/24	via 30.0.0.1
172.16.16.0/30	via 10.0.0.2
172.16.16.0/30	via 10.0.0.1
10.0.0.0/25	directly connected
11.1.1.0/24	via 10.0.0.1

Figura 1.3: Routing Table di R3 nel caso in cui **non venga** effettuata aggregazione

ing table di R3 è illustrata in Figura 1.3. Nel caso in cui **venga** effettuata aggregazione, i quattro prefissi di rete dell'Area 2 (100.0.20.0/24,...,100.0.23.0/24) vengono aggregati nell'unico prefisso di rete 100.0.20.0/22. Analogamente, i quattro prefissi di rete dell'Area 1 (51.0.10.0/24,...,51.0.13.0/24) vengono aggregati nell'unico prefisso di rete

51.0.8.0/21. Di conseguenza gli otto entries della forwarding table di R3 (100.0.20.0/24,...,100.0.23.0/24,51.0.10.0/24,...,51.0.13.0/24) vengono rimpiazzati da due entries (100.0.20/22,51.0.8/21). Perciò, come illustrato in Figura 1.4, il numero di entries della Routing Table di R3 si riducono di 6 unità.

Network Prefix	Next Hop IP Address
51.0.8.0/21	via 10.0.0.2
100.0.20.0/22	via 30.0.0.1
201.0.1.0/30	via 30.0.0.1
30.0.0.0/25	directly connected
192.168.254.0/24	via 30.0.0.1
172.16.16.0/30	via 10.0.0.2
172.16.16.0/30	via 10.0.0.1
10.0.0.0/25	directly connected
11.1.1.0/24	via 10.0.0.1

Figura 1.4: Routing Table di R3 nel caso in cui venga effettuata aggregazione

2. Quando l'Area 2 viene configurata come *Stub Area* la struttura della Routing Table di R4, nel caso in cui non venga effettuata aggregazione, è illustrata in Figura 1.5. In essa non è presente la route esterna 128.213.64/26 poiché in una *Stub Area* non possono essere propagati gli LSA di Tipo 4 e di Tipo 5. Per poter raggiungere tali prefissi di network viene usata la route di default 0.0.0.0/0 che, infatti, è presente nella routing table.

3. Quando l'Area 2 viene configurata come *Totally Stubby* la struttura della Routing Table di R4 è illustrata in Figura 1.6. In essa non sono presenti né la route esterna 11.1.1.0/24 né le route provenienti dall'Area 1 e dalla backbone area (51.0.10.0/24,...,51.0.13.0/24,10.0.0.0/25,172.10.16.0/30) poiché, in una *Totally Stubby Area* non possono essere propagati gli LSA di Tipo 3, 4 e 5. Per poter raggiungere tali routes viene usata la route di default 0.0.0.0/0 che, infatti, è presente nella routing table.

Network Prefix	Next Hop IP Address
51.0.8.0/21	via 30.0.0.2
100.0.20.0/22	via 201.0.1.2
201.0.1.0/30	directly connected
30.0.0.0/25	directly connected
192.168.254.0/24	directly connected
172.16.16.0/30	via 30.0.0.2
172.16.16.0/30	via 30.0.0.2
10.0.0.0/25	via 30.0.0.2
0.0.0.0/0	via 30.0.0.2

Figura 1.5: Routing Table di R4 quando l'Area 2 è configurata come *Stub Area*

Network Prefix	Next Hop IP Address
100.0.20.0/22	via 201.0.1.2
201.0.1.0/30	directly connected
30.0.0.0/25	directly connected
192.168.254.0/24	directly connected
0.0.0.0/0	via 30.0.0.2

Figura 1.6: Routing Table di R4 quando l'Area 2 è configurata come *Totally Stubby*

4. R1 gestisce un link punto-punto verso R2 e contemporaneamente è collegato alla LIS 10.0.0.0/25 broadcast. Di conseguenza, il Router LSA trasmesso da R1 nella Backbone Area ha la struttura illustrata in Figura 1.7.

5. La struttura del Summary Network LSA (Type 3) che R3 trasmette nella Backbone Area per annunciare le LIS aggregate dell'Area 2 è riportata in Figura 1.8. Nel caso di non aggregazione R3 deve annunciare le singole LIS (100.0.20.0/24,...,100.0.23.0/24) in modo separato. In tal caso si hanno perciò 4 LSA di Tipo 3 che R3 deve trasmettere nella Backbone Area e non un solo LSA come avviene quando si aggregano i prefissi di rete. L'annuncio delle altre LIS (30.0.0.0/25, 192.168.254.0/24, 201.0.1.0/30) avviene tramite altrettanti LSA di Tipo 3.

Link State Header	
LS Type = 1	This is a Router LSA
Link State ID = 10.0.0.1	Router ID of R1
Advertising Router = 10.0.0.1	Router ID of R1
# Links = 3	

Link State Data		
Link ID = 10.0.0.2	Router ID of the neighbor R2	} Link R1/R2
Link Data = 172.16.16.2	Interface address of R2	
Link Type = 1	This is a point-to-point connection	
Link ID = 172.16.16.0	IP network prefix	
Link Data = /30	Subnet mask of the interface	} Link R1/DR
Link Type = 3	This is a connection to a stub network	
Link ID = 10.0.0.2	IP interface address of the Designated Router	
Link Data = 10.0.0.1	IP interface address of R1	
Link Type = 2	This is a connection to a transit (broadcast) network	

Figura 1.7: Router LSA trasmesso da R1 nella Backbone Area

Link State Header	
LS Type = 3	This is a Network Summary LSA
Link State ID = 100.0.20.0	IP network prefix being advertised
Advertising Router = 10.0.0.3	Router ID of R3

Link State Data	
Network Mask = /22	Network mask of the LIS being advertised

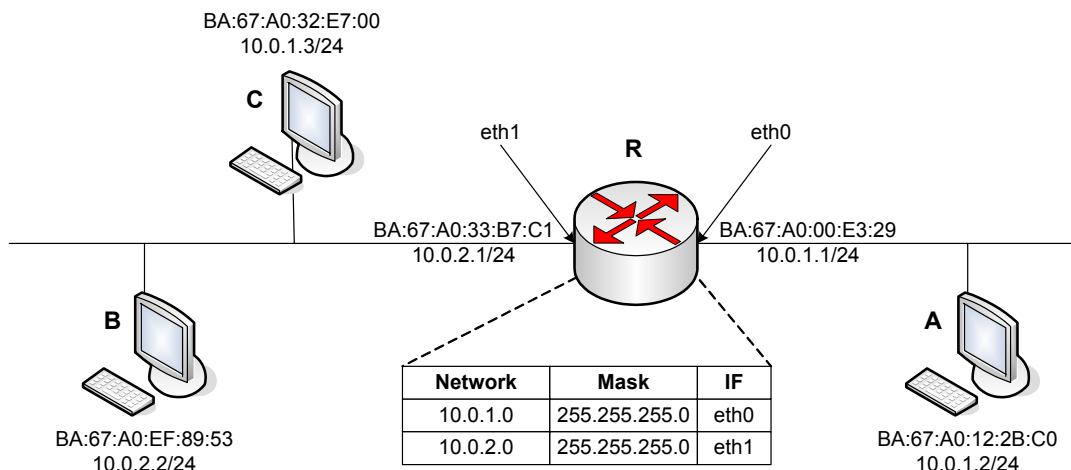
Figura 1.8: LSA di Tipo 3 per annunciare il prefisso aggregato 100.0.20.0/22

6. In questo caso la routing table di R5 è illustrata in Figura 1.9. Da notare che per la LIS 192.168.254.9/24 vi è un entry esplicito nella routing table di R5 mentre alla LIS 11.1.1.0/24, anch'essa appartenente ad un domino RIP, si accede tramite la route di default.

Network Prefix	Next Hop IP Address
100.0.20.0/22	directly connected
201.0.1.0/30	directly connected
30.0.0.0/25	via 201.0.1.1
192.168.254.0/24	via 201.0.1.1
0.0.0.0/0	via 201.0.1.1

Figura 1.9: Routing Table di R5 quando l'Area 2 è configurata come *NSSA Totally Stubby*

ESERCIZIO 2: Si consideri la rete in figura sottostante.



Il candidato risolva i seguenti quesiti.

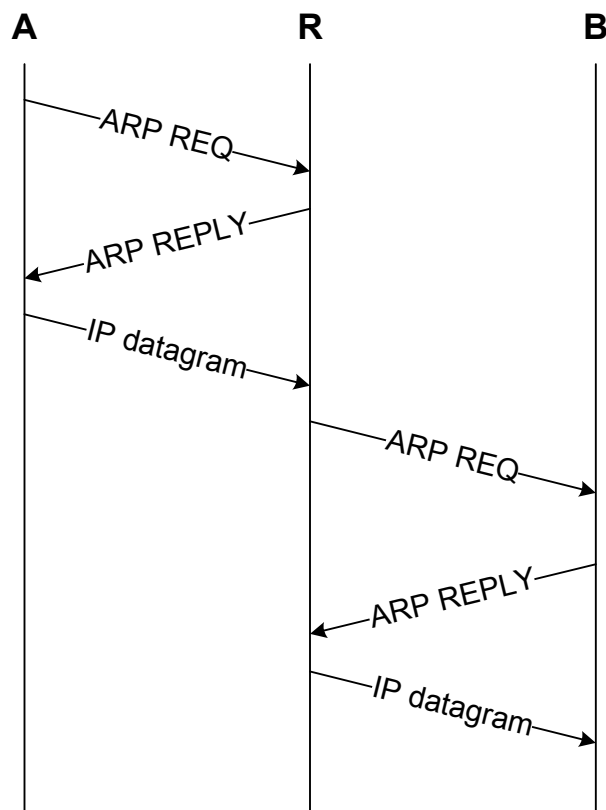
1. Si indichi la sequenza completa dei messaggi di ARP scambiati nella rete al fine di consentire l'invio di un IP datagram dall'host A all'host B. In particolare, venga riportato il contenuto dei campi significativi di ciascun messaggio scambiato. Si supponga che le ARP cache su tutti i dispositivi della rete siano inizialmente vuote. Sia la tecnologia di accesso al mezzo per entrambe le sottoreti in figura Ethernet.
2. Si consideri il caso in cui la rete mostrata supporti *mobile IP*. L'host C, la cui *home network* è 10.0.1.0/24, sia attualmente collegato alla rete ospite 10.0.2.0/24, come mostrato in figura. Si discuta la motivazione per cui, a meno di una configurazione opportuna del router R, l'host A non è in grado di scambiare IP datagrams con l'host C.
3. Si descriva una soluzione al problema precedente che consenta agli host A e C di scambiare IP datagrams, agendo esclusivamente sulla configurazione del router R.
4. Si supponga ora che le ARP cache su tutti i dispositivi siano state correttamente riempite in precedenza. Sia la rete 10.0.2.0/24 completamente inutilizzata. Si calcoli il tempo necessario al trasferimento di un IP datagram di dimensione pari a  $S$  bytes ( $S \leq \text{Ethernet MTU}$ ) dall'host B al router R, nelle ipotesi che il rate trasmissivo del canale sia  $C$  bit/s e che la latenza del mezzo sia costante e pari a  $\tau$ . I tempi di elaborazione siano trascurabili rispetto alle altre grandezze considerate.



## RISOLUZIONE

1. La sequenza dei messaggi scambiati da A a B tramite il router R è riportata in Figura 2.1. Infatti, l'host A determina che l'indirizzo IP dell'host B non appartiene alla propria sottorete, per cui inoltra l'IP datagram tramite il router R. L'host A determina l'indirizzo MAC del router R tramite uno scambio di messaggi ARP. Ricevuto l'IP datagram, il router R determina poi l'instradamento di quest'ultimo sulla interfaccia fisica eth1 in base alla propria tabella di forwarding. Tramite il secondo scambio di messaggi ARP il router R viene a conoscenza dell'indirizzo MAC dell'host B.

Figura 2.1: Sequenza dei messaggi ARP



I messaggi ARP scambiati sono riportati in Figura 2.2 e Figura 2.3 (per una maggiore leggibilità sono stati riportati solo gli ultimi tre ottetti degli indirizzi MAC).

Da A a R		Da R a A	
HW type	Ethernet	HW type	Ethernet
Protocol type	IPv4	Protocol type	IPv4
Operation	REQUEST	Operation	REPLY
Sender HA	12:2B:C0	Sender HA	00:E3:29
Sender IP	10.0.1.2	Sender IP	10.0.1.1
Target HA	FF::FF	Target HA	12:2B:C0
Target IP	10.0.1.1	Target IP	10.0.1.2

Figura 2.2: Contenuto messaggi ARP tra host A e router R

Da R a B		Da B a R	
HW type	Ethernet	HW type	Ethernet
Protocol type	IPv4	Protocol type	IPv4
Operation	REQUEST	Operation	REPLY
Sender HA	33:B7:C1	Sender HA	EF:89:53
Sender IP	10.0.2.1	Sender IP	10.0.2.2
Target HA	FF::FF	Target HA	33:B7:C1
Target IP	10.0.2.2	Target IP	10.0.2.1

Figura 2.3: Contenuto messaggi ARP tra host B e router R

2. Siccome gli indirizzi IP degli host A e C appartengono alla medesima sottorete (10.0.1.0/24), ciascuno dei due host tenterà di trasmettere gli IP datagrams direttamente tramite la tecnologia di accesso sottostante. In mancanza dell'indirizzo MAC, dunque, essi invieranno messaggi ARP request in broadcast. Tali messaggi non verranno ricevuti dall'host interessato, in quanto il router R non inoltra messaggi ARP.
3. Lo scambio di IP datagrams tra gli host A e C è reso possibile tramite la configurazione del router R come *proxy ARP*. In questa maniera, il router R risponde agli ARP request inviati da A (C) comunicando il proprio indirizzo MAC sulla interfaccia 00:E3:29 (33:B7:C1 a C). Quindi, A (C) incapsula l'IP datagram diretto a C (A) in una trama Ethernet diretta al router R. Quest'ultimo, infine, riceve correttamente l'IP datagram incapsulato e lo inoltra all'host C (A).
4. Essendo la rete inutilizzata, la NIC dell'host B troverà sicuramente il mezzo libero, per cui trasmetterà immediatamente la trama Ethernet che incapsula l'IP datagram. Il fronte della trama giungerà alla NIC del router R dopo un tempo pari a  $\tau$ . Il tempo di trasmissione è il seguente:

$$\frac{26 + \max\{46, S\}}{C/8} + \tau$$

in quanto la dimensione dell'header Ethernet è 26 bytes. Inoltre, l'operatore di massimo tiene in conto che la dimensione minima di una trama è 46 bytes.