

Prova Scritta del 9/2/2012

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 RTB e RTC rispettivamente. La Figura 1.1 riporta inoltre sia i prefissi delle LIS contenute nelle tre aree dell'autonomous system sia il prefisso (128.213.64/26) di una LIS appartenente ad un dominio di routing RIP esterno all'autonomous system e a questo collegato tramite il router ASBR RTA. Supponiamo che:

- Router ID di RTA: 127.32.94.29
- Router ID di RTB: 127.32.94.28
- Router ID di RTC: 127.32.94.27
- Router ID di RTD: 127.32.94.26
- Router ID di RTE: 127.32.94.30

Il candidato:

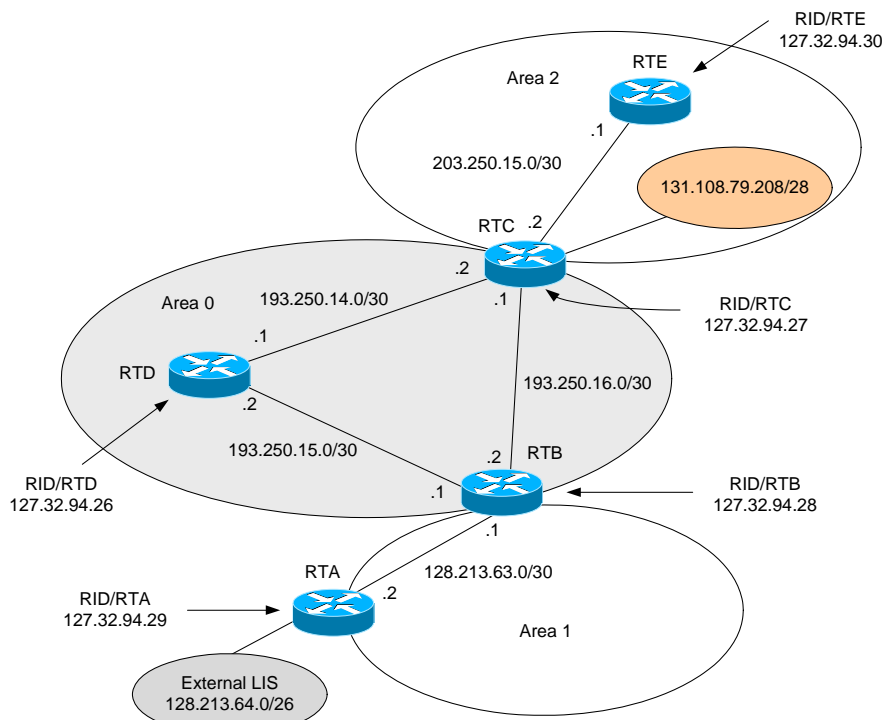


Figura 1.1: Struttura dell'autonomous system

1. specifichi la struttura della *Forwarding Table* di RTE (con e senza aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile);
2. specifichi la struttura della *Forwarding Table* di RTE nel caso in cui l'Area 2 venga configurata come Stub Area (con e senza aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile);
3. specifichi la struttura della *Forwarding Table* di RTE nel caso in cui l'Area 2 venga configurata come Totally Stubby Area (con e senza aggregazione dei prefissi di rete, laddove possibile);
4. specifichi la struttura del *Router LSA* generato da RTB nella Backbone Area.

Nel caso in cui la *External LIS* faccia parte di un dominio RIP, il candidato:

5. dica qual è l'approccio utilizzato da OSPF per propagare il prefisso della LIS nell'Area 1 e nell'Area 0 rispettivamente;
6. Specifichi la struttura del Link State Database di RTD.

RISOLUZIONE

1. La struttura della forwarding table di RTE è illustrata in Figura 1.2. Nel caso in cui venga effettuata aggregazione, il router RTC:
 - aggrega i tre prefissi di rete della backbone area (193.250.14.0/30, 193.250.15.0/30, 193.250.16.0/30) nell'unico prefisso di rete 193.250.0.0/19;
 - tramite un LSA di Tipo 3 propaga il prefisso aggregato nell'Area 2.

Di conseguenza i tre entries della forwarding table di RTE (193.250.14.0/30, 193.250.15.0/30, 193.250.16.0/30) vengono sostituiti da un unico entry (193.250.0.0/19) con lo stesso *Interface IP address* (203.250.15.1). Perciò il numero di entries della Forwarding Table di RTE passa da 7 a 5.

2. Quando l'Area 2 viene configurata come Stub Area la struttura della Forwarding Table di RTE, nel caso in cui non venga effettuata aggregazione, è illustrata in Figura 1.3. 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 routes viene usata la route di default 0.0.0.0/0 che, infatti, è presente nella forwarding table. Nel caso in cui venga effettuata aggregazione valgono le stesse considerazioni fatte nel punto 1.

Network	Interface IP Address
203.250.15.0/30	directly connected
131.108.79.208/28	via 203.250.15.1
193.250.14.0/30	via 203.250.15.1
193.250.15.0/30	via 203.250.15.1
193.250.16.0/30	via 203.250.15.1
128.213.63.0/30	via 203.250.15.1
128.213.64.0/26	via 203.250.15.1

Figura 1.2: Forwarding Table di RTE

Network	Interface IP Address
203.250.15.0/30	directly connected
131.108.79.208/28	via 203.250.15.1
193.250.14.0/30	via 203.250.15.1
193.250.15.0/30	via 203.250.15.1
193.250.16.0/30	via 203.250.15.1
128.213.63.0/30	via 203.250.15.1
0.0.0.0/0	via 203.250.15.1

Figura 1.3: Forwarding Table di RTE quando l'Area 2 è configurata come Stub

3. Quando l'Area 2 viene configurata come Totally Stubby la struttura della Forwarding Table di RTE è illustrata in Figura 1.4. In essa non sono presenti né la route esterna 128.213.64/26 né le route provenienti dalle altre aree dell'autonomous system (203.250.14/24, 128.213.63.0/30) in quanto, in una Totally Stubby Area non possono essere propagati gli LSA di Tipo 3, di Tipo 4 e di Tipo 5. Per poter raggiungere tali routes viene usata la route di default

Network	Interface IP Address
203.250.15.0/30	directly connected
131.108.79.208/28	via 203.250.15.1
0.0.0.0/0	via 203.250.15.1

Figura 1.4: Forwarding Table di RTE quando l'Area 2 è configurata come Totally Stubby

0.0.0.0/0 che, infatti, è presente nella forwarding table. In questo caso la forwarding table è la stessa sia che si faccia aggregazione oppure no.

4. RTB genera nell'Area 0 un Router LSA la cui struttura è riportata in Figura 1.5.

Link State Header	
LS Type = 1	This is a router LSA
Link State ID = 127.32.94.28	Router ID of RTB
Advertising Router = 127.32.94.28	Router ID of RTB
Bit E = 0	Not an ASBR
Bit B = 1	This is an ABR
# Links = 4	

Link State Data		
Link ID = 127.32.94.26	Router ID of the neighbor RTD	} Link RTD/RTB
Link Data = 193.250.15.1	Interface address of RTB	
Link Type = 1	This is a point-to-point connection	
Link ID = 193.250.15.0	IP network prefix	
Link Data = 255.255.255.252	Subnet mask of the interface	
Link Type = 3	This is a connection to a stub network	} Link RTD/RTC
Link ID = 127.32.94.27	Router ID of the neighbor RTC	
Link Data = 193.250.16.2	Interface address of RTB	
Link Type = 1	This is a point-to-point connection	
Link ID = 193.250.16.0	IP network prefix	
Link Data = 255.255.255.252	Subnet mask of the interface	
Link Type = 3	This is a connection to a stub network	

Figura 1.5: Struttura dell'LSA generato da RTB nell'Area 0

5. L'OSPF considera l'Area 1 come Not-So-Stubby Area (NSSA) con RTA che propaga il prefisso 128.213.64/26 tramite un LSA di Tipo 7. Questo LSA, prima di venir trasmesso nell'Area 0, viene mappato da RTB in un LSA di Tipo 5.

6. Le informazioni richieste sono illustrate in Figura 1.6.

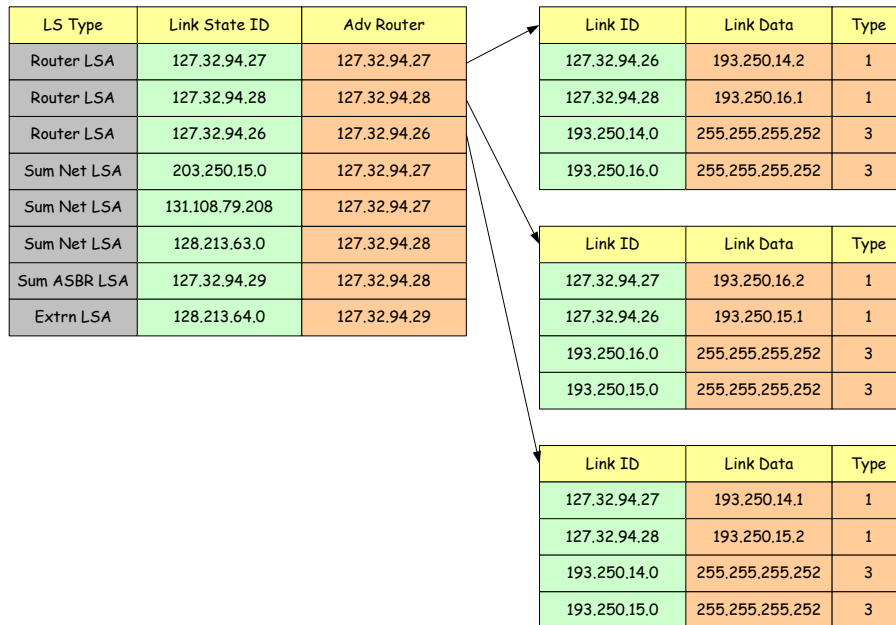


Figura 1.6: Link State Database di RTD

ESERCIZIO 2: Un router di Internet riceve in ingresso datagrams che il router segmenta in pacchetti e quindi trasmette su una linea di uscita con tasso μ . Ciascun datagramm contiene un numero aleatorio $n \{n = 1, 2, 3, \dots\}$ di pacchetti con probabilità $1/2^n$. Supponiamo che il router possa accettare solo un datagramm alla volta, che il processo degli arrivi dei datagramms sia poissoniano con tasso λ e che il diagramma dei tassi di transizione del sistema a coda con cui il router viene modellato sia rappresentato in Figura 2.1. Il candidato:

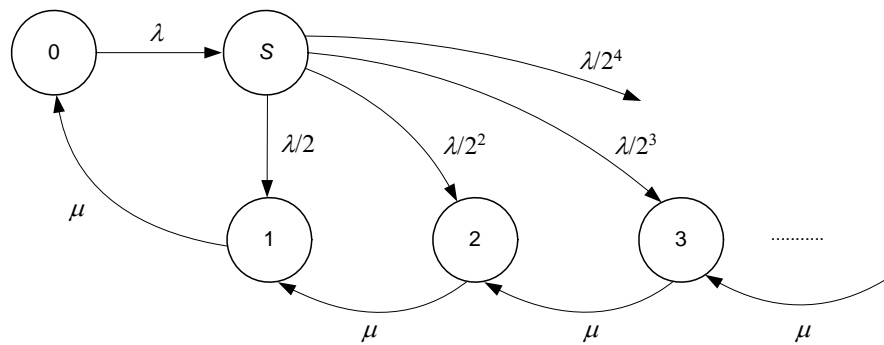


Figura 2.1: Diagramma dei tassi di transizione

1. scriva le equazioni di bilanciamento globale relativamente agli stati $\{0\}$ ed $\{S\}$ ed esprima p_S e p_1 in funzione di p_0 ;
2. scriva le equazioni di bilanciamento globale intorno agli altri stati e dimostri che vale la relazione

$$p_n = p_1 - \rho p_S \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{n-1} \right], \quad \forall n \geq 2, \quad \rho = \lambda / \mu \quad (2.1)$$

3. utilizzando la (2.1) e le equazioni del punto 1 precedente dimostri che il sistema è sempre stabile e ricavi per esso le probabilità stazionarie di stato;
4. ricavi la probabilità D_L che un Datagramm in arrivo venga scartato, calcoli il tasso $\lambda_{acc}^{(datagram)}$ con cui i Datagramms vengono accettati nel sistema ed esprima $\lambda_{acc}^{(datagram)}$ in funzione di λ e D_L ;
5. ricavi il throughput con cui il sistema serve i pacchetti;

6. calcoli il numero medio di pacchetti nel sistema $E[N]$ ed il tempo medio di risposta del sistema $E[R]$.

RISOLUZIONE

1. Dal diagramma di Figura 2.1 è semplice dedurre

$$\lambda p_0 = \mu p_1 \quad (2.2)$$

$$\lambda p_0 = \lambda \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} \dots \right) p_s \quad (2.3)$$

Poichè $\sum_{n=1}^{\infty} (1/2^n) = 1$

dalla (2.3) segue

$$\lambda p_0 = \lambda p_s \quad (2.4)$$

Da (2.2) e (2.4) si ha perciò

$$p_1 = \rho p_0, \rho = \lambda / \mu \quad (2.5)$$

$$p_s = p_0 \quad (2.6)$$

2. Dal diagramma dei tassi di transizione riportato in Figura 2.1 segue

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu p_1 = \left(\frac{\lambda}{2} \right) p_s + \mu p_2 \\ \mu p_2 = \left(\frac{\lambda}{2^2} \right) p_s + \mu p_3 \\ \mu p_3 = \left(\frac{\lambda}{2^3} \right) p_s + \mu p_4 \\ \dots \\ \mu p_{n-1} = \left(\frac{\lambda}{2^{n-1}} \right) p_s + \mu p_n \\ \dots \end{array} \right. \quad (2.7)$$

da cui segue

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \mu p_2 = \mu p_1 - \left(\frac{\lambda}{2}\right) p_s \\
 \mu p_3 = \mu p_2 - \left(\frac{\lambda}{2^2}\right) p_s = \mu p_1 - \lambda p_s \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2}\right) \\
 \mu p_4 = \mu p_3 - \left(\frac{\lambda}{2^3}\right) p_s = \mu p_1 - \lambda p_s \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3}\right) \\
 \dots \\
 \mu p_n = \mu p_{n-1} - \left(\frac{\lambda}{2^{n-1}}\right) p_s = \mu p_1 - \lambda p_s \sum_{h=1}^{n-1} \frac{1}{2^h} \\
 \dots
 \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Il sistema (2.8) può perciò essere espresso nella seguente forma compatta

$$\mu p_n = \mu p_1 - \lambda p_s \sum_{h=1}^{n-1} \frac{1}{2^h}, \quad \forall n \geq 2 \quad (2.9)$$

Sostituendo

$$\sum_{h=1}^{n-1} \frac{1}{2^h} = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}, \quad \forall n \geq 2 \quad (2.10)$$

la (2.8) diventa

$$p_n = p_1 - \rho p_s \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} \right], \quad \forall n \geq 2 \quad (2.11)$$

Sostituendo (2.5) ed (2.6) nella (2.11), dopo alcuni passaggi algebrici si ottiene

$$p_n = \rho p_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}, \quad \forall n \geq 2 \quad (2.12)$$

La (2.12) per $n = 1$ fornisce lo stesso risultato di (2.5). Quindi

$$p_n = \rho p_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}, \quad \forall n \geq 1 \quad (2.13)$$

I risultati finora ottenuti sono

$$\begin{cases} p_s = p_0 \\ p_n = \rho p_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} \quad \forall n \geq 1 \end{cases} \quad (2.14)$$

3. Per il calcolo di p_0 si impone la condizione di normalizzazione.

$$p_0 + p_s + \sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1 \quad (2.15)$$

Sostituendo la (2.14) nella (2.15)

$$p_0 + p_0 + \rho p_0 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = 1 \quad (2.16)$$

ossia

$$2p_0 + \rho p_0 \sum_{h=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^h = 1 \quad (2.17)$$

Poiché $\sum_{h=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^h = 2$ dopo semplici passaggi algebrici si ottiene

$$p_0 = \frac{1}{2(1+\rho)} \quad (2.18)$$

Il sistema risulta perciò sempre stabile. In conclusione

$$\begin{cases} p_0 = \frac{1}{2(1+\rho)} \\ p_s = p_0 \\ p_n = \rho p_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} \quad \forall n \geq 1 \end{cases} \quad (2.19)$$

4. Per calcolare la probabilità di perdita di un datagram in ingresso basta tener presente che il sistema scarta datagram in tutti gli stati diversi dallo stato $\{0\}$. Di conseguenza

$$D_L = P_S + \sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1 - p_0 \quad (2.20)$$

Sostituendo i risultati (2.19) in (2.20)

$$D_L = \frac{1 + 2\rho}{2(1 + \rho)} \quad (2.21)$$

Il tasso dei Datagrams accettati $\lambda_{acc}^{(datagram)}$ risulta

$$\lambda_{acc}^{(Datagram)} = \lambda p_0 = \frac{\lambda}{2(1 + \rho)} \quad (2.22)$$

Riscrivendo la (2.22) nel modo seguente

$$\lambda_{acc}^{(Datagram)} = \lambda \left[1 - \frac{1 + 2\rho}{2(1 + \rho)} \right] \quad (2.23)$$

e tenendo conto della (2.21) si ottiene

$$\lambda_{acc}^{(Datagram)} = \lambda(1 - D_L) \quad (2.24)$$

5. Per il calcolo del throughput con cui il sistema serve i pacchetti si parte dalla relativa definizione.

$$\gamma = \mu \sum_{n=1}^{\infty} p_n \quad (2.25)$$

Da notare, nella (2.25), che la sommatoria viene effettuata soltanto sugli stati $\{1, 2, 3, \dots\}$ ossia sugli stati in cui i pacchetti vengono serviti. Nello stato $\{0\}$ il sistema è scarico mentre nello stato $\{S\}$ non viene servito nessun pacchetto. Tenendo conto delle probabilità di stato (2.19), la (2.25) può essere riscritta come segue:

$$\gamma = \mu \rho p_0 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = \mu \rho p_0 \sum_{h=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^h = 2\mu \rho p_0 \quad (2.26)$$

e quindi

$$\gamma = \frac{\lambda}{1 + \rho} \quad (2.27)$$

6. Per calcolare il numero medio di pacchetti nel sistema $E[N]$ si parte dalla relativa definizione

$$E[N] = \sum_{n=1}^{\infty} np_n = \rho p_0 \sum_{n=1}^{\infty} n \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = 4\rho p_0 \quad (2.28)$$

Tenendo conto dei risultati (2.19), la (2.28) può essere riscritta

$$E[N] = \frac{2\rho}{1+\rho} \quad (2.29)$$

Il tempo medio di risposta del sistema $E[R]$ si calcola utilizzando il Teorema di Little.

$$E[R] = \frac{E[N]}{\gamma} \quad (2.30)$$

Sostituendo i risultati (2.28) e (2.27) in (2.30) si ottiene

$$E[R] = \frac{2}{\mu} \quad (2.31)$$

