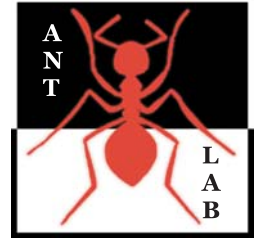




Politecnico di Milano

Advanced **N**etwork **T**echnologies **L**aboratory

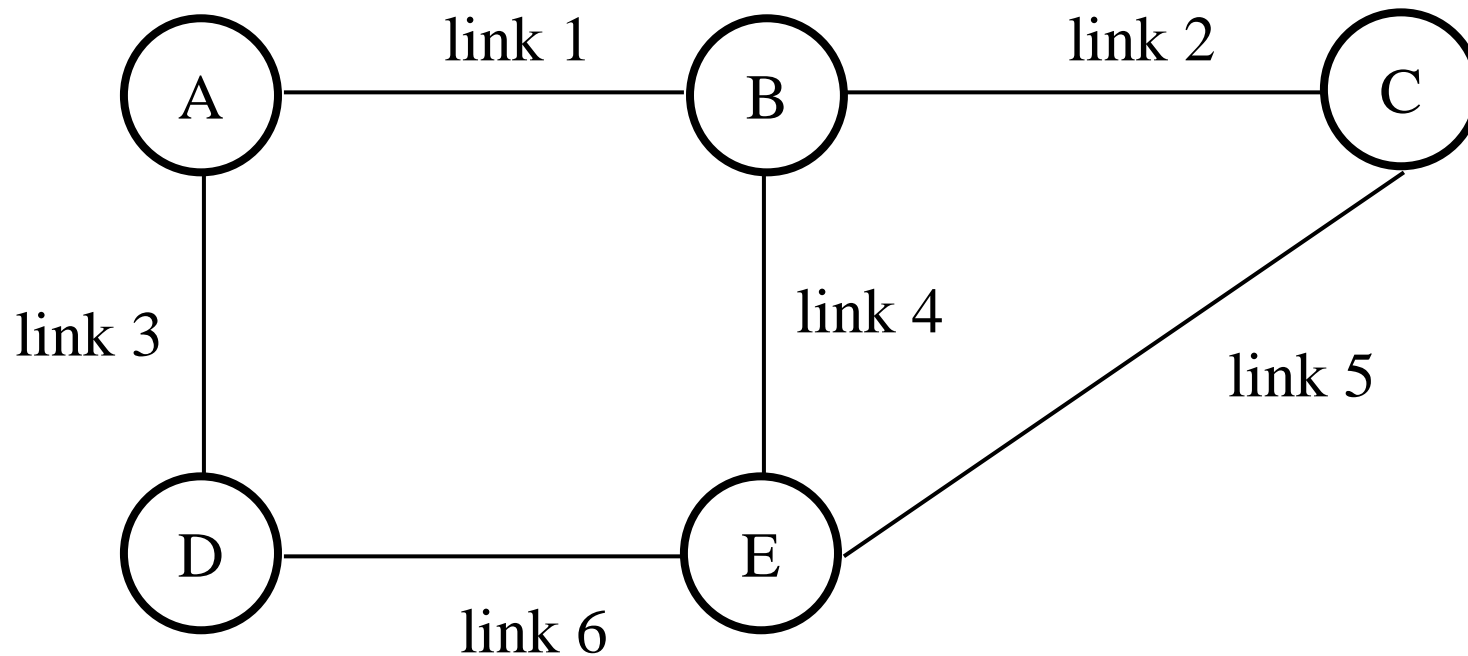


ESERCIZI: Routing

Infrastrutture e Protocolli per Internet

Esercizio 2

□ Considerare la rete in figura:



□ dove:

- il link 4 ha costo 1.5
 - il link 5 ha costo 10
 - gli altri link hanno costo 1
-

Esercizio 2

- a) utilizzando l'algoritmo di *Bellman-Ford* trovare i cammini minimi tra il nodo C e tutti gli altri nodi e disegnare l'albero dei cammini minimi
- La procedura di *cold start* inizia all'istante $t = 0$ ed utilizza un protocollo di routing della famiglia *Distance Vector*:
- i nodi A ed E trasmettono il primo DV all'istante $t = 0$ e poi ad intervalli regolari di 2τ ($t = 0, 2\tau, 4\tau, \dots$)
 - i nodi B, C ed D trasmettono il primo DV all'istante $t = \tau$ e poi ad intervalli regolari di 2τ ($t = \tau, 3\tau, 5\tau, \dots$)
-

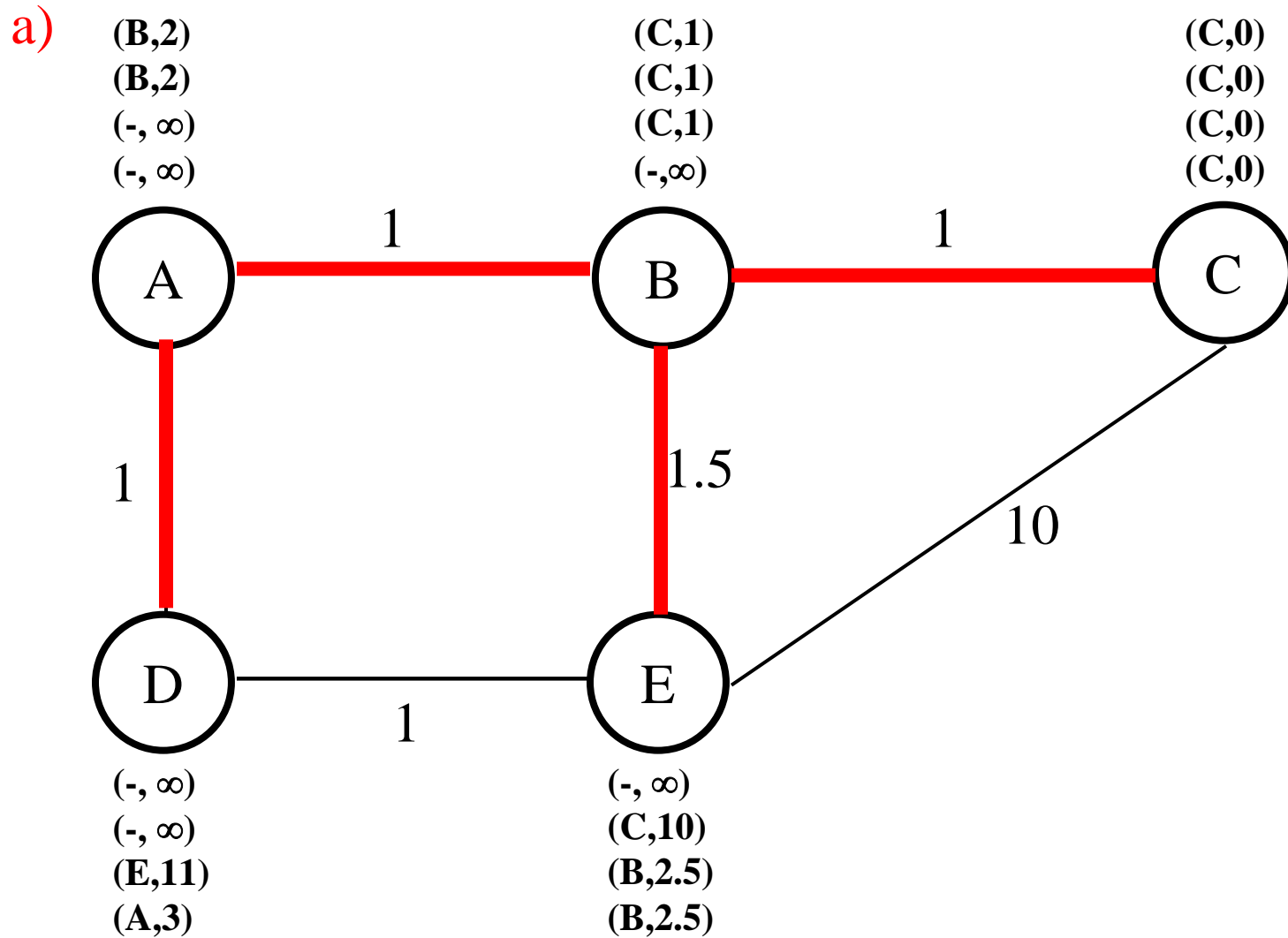
Esercizio 2

- Ogni nodo trasmette un DV che è la copia della propria tabella di routing (cioè non viene implementato alcun meccanismo di protezione) ed il nodo di destinazione riceve ed elabora il DV allo stesso istante in cui è stato trasmesso
- b) compilare la seguente tabella agli istanti in cui avviene la trasmissione dei DV ($t = 0, \tau, 2\tau, \dots, t_1$) e trovare qual'è l'istante $t = t_1$ in cui le route da ogni nodo verso il nodo C sono stabili

	Da	Link	Costo
t=...	A verso C		
	B verso C		
	C verso C		
	D verso C		
	E verso C		

- c) qual'è il DV trasmesso dal nodo C per $t > t_1$

Soluzione 2



T=0

□ A: A, Local

□ E: E, Local

A

A	Local	0
---	-------	---

B

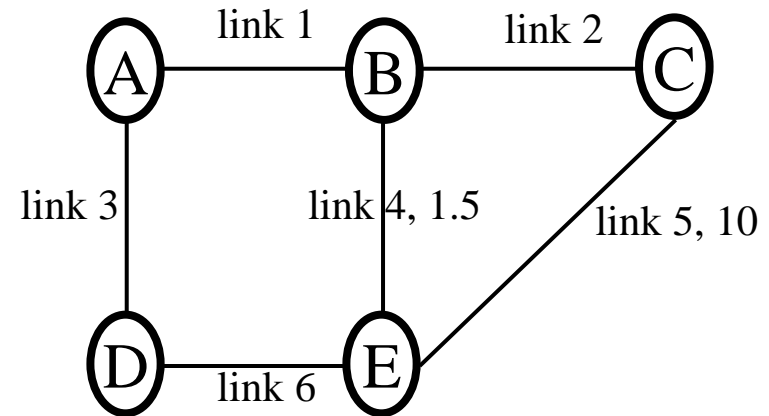
A	1	1
B	Local	0
E	4	1.5

C

C	Local	0
E	5	10

D

A	3	1
D	Local	0
E	6	1



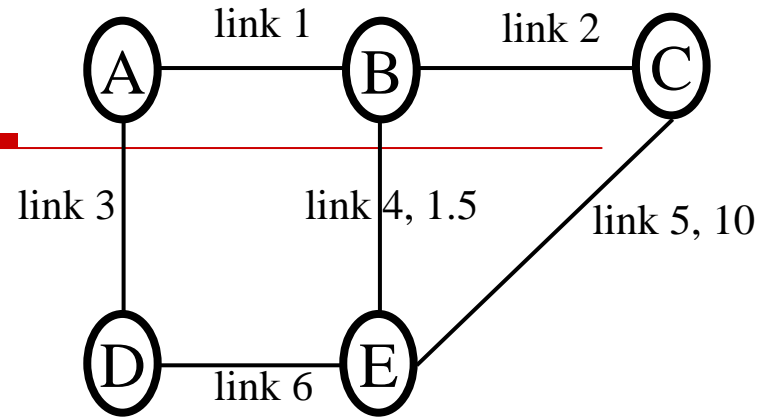
A verso C		
B verso C		
C verso C	Local	0
D verso C		
E verso C		

E	Local	0
---	-------	---

E

T=t

- B: A-1, B-0, E-1,5
- C: C-0, E-10
- D: A-1, D-0, E-1



A

A	Local	0
B	1	1
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	2	1
E	4	1.5

A verso C		
B verso C	2	1
C verso C	Local	0
D verso C		
E verso C	5	10

C

A	2	2
B	2	1
C	Local	0
E	5 -> 2	10 -> 2.5

D

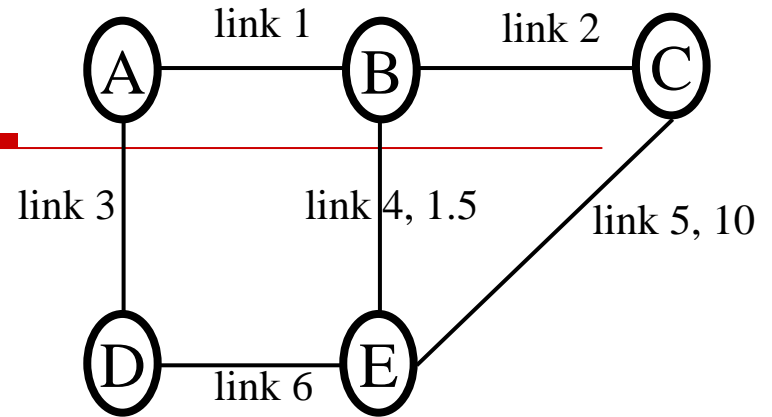
A	3	1
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	5	10
D	6	1
E	Local	0

T=2t

- A: A-0, B-1, D-1, E-2
- E: A-2, B-1.5, C-10, D-1, E-0



A

A	Local	0
B	1	1
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	2	1
D	1	2
E	4	1.5

A verso C		
B verso C	2	1
C verso C	Local	0
D verso C	6	11
E verso C	5	10

C

A	2	2
B	2	1
C	Local	0
D	5	11
E	2	2.5

D

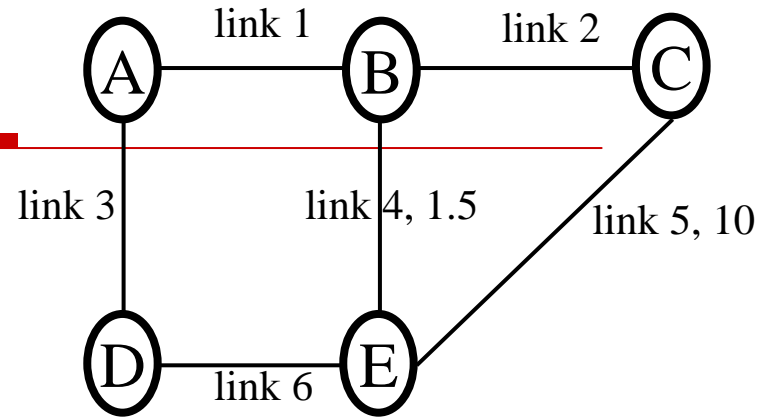
A	3	1
B	3	2
C	6	11
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	5	10
D	6	1
E	Local	0

T=3t

- B: A-1, B-0, C-1, D-2, E-1.5
- C: A-2, B-1, C-0, D-11, E-2.5
- D: A-1, B-2, C-11, D-0, E-1



A

A	Local	0
B	1	1
C	1	2
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	2	1
D	1	2
E	4	1.5

A verso C	1	2
B verso C	2	1
C verso C	Local	0
D verso C	6	11
E verso C	4	2.5

C

A	2	2
B	2	1
C	Local	0
D	5->2	11->3
E	2	2.5

D

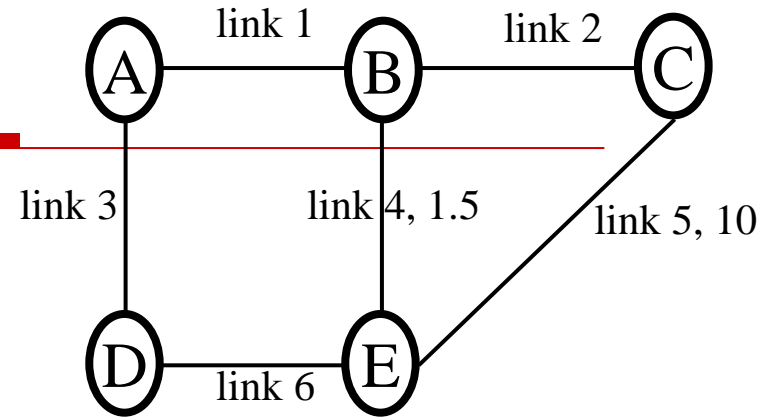
A	3	1
B	3	2
C	6	11
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	5->4	10->2.5
D	6	1
E	Local	0

T=4t

- A: A-0, B-1, C-2, D-1, E-2
- E: A-2, B-1.5, C-2.5, D-1, E-0



A

A	Local	0
B	1	1
C	1	2
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	2	1
D	1	2
E	4	1.5

A verso C	1	2
B verso C	2	1
C verso C	Local	0
D verso C	3	3
E verso C	4	2.5

C

A	2	2
B	2	1
C	Local	0
D	2	3
E	2	2.5

D

A	3	1
B	3	2
C	6->3	11->3
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	4	2.5
D	6	1
E	Local	0

Soluzione 2

b)

t=0	Da	Link	Costo
	A verso C	-	-
	B verso C	-	-
	C verso C	local	0
	D verso C	-	-
	E verso C	-	-

t=τ	Da	Link	Costo
	A verso C	-	-
	B verso C	2	1
	C verso C	local	0
	D verso C	-	-
	E verso C	5	10

t=2τ	Da	Link	Costo
	A verso C	-	-
	B verso C	2	1
	C verso C	local	0
	D verso C	6	11
	E verso C	5	10

t=3τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	2	1
	C verso C	local	0
	D verso C	6	11
	E verso C	4	2,5

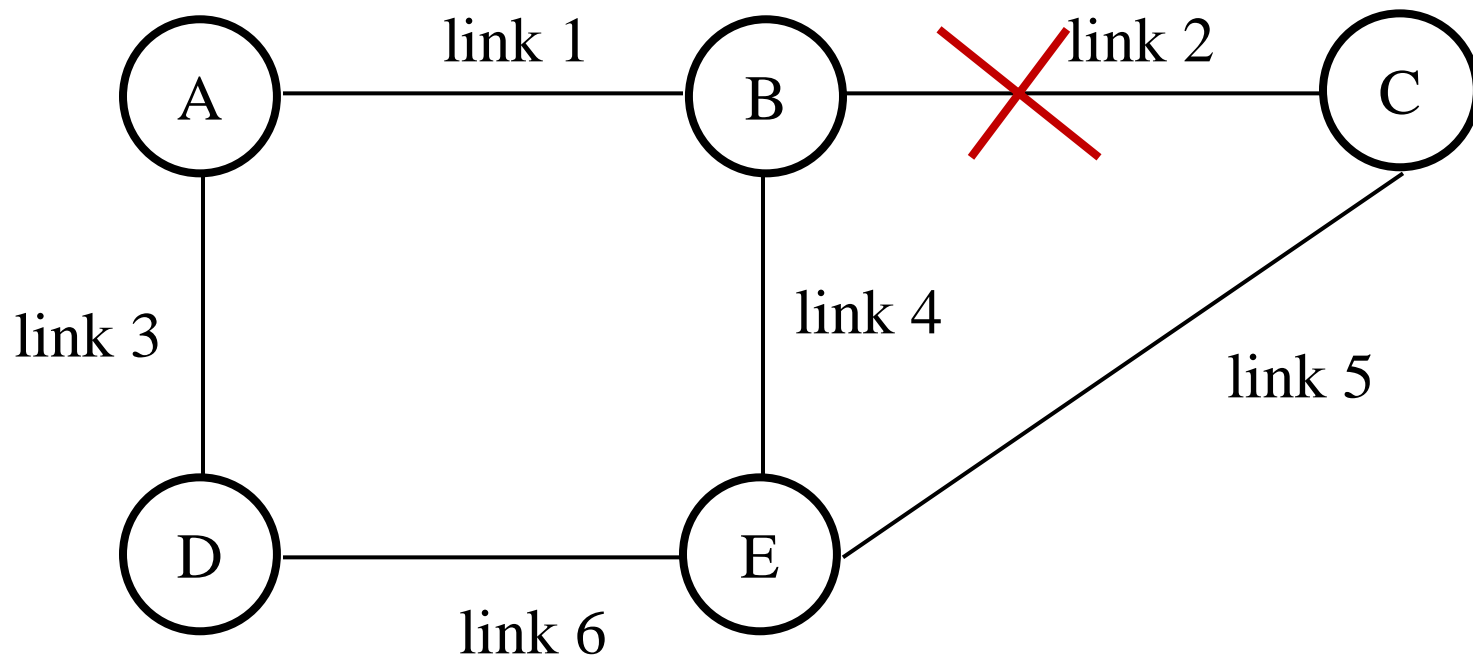
t=4τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	2	1
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	4	2,5

$$\Rightarrow t_1 = 4\tau$$

c) **A=2, B=1, C=0, D=3, E=2.5**

Esercizio 3

- Supponiamo che il link 2 si rompa all'istante $t=13.5\tau$ e che i nodi B,C ne riscontrino istantaneamente la rottura

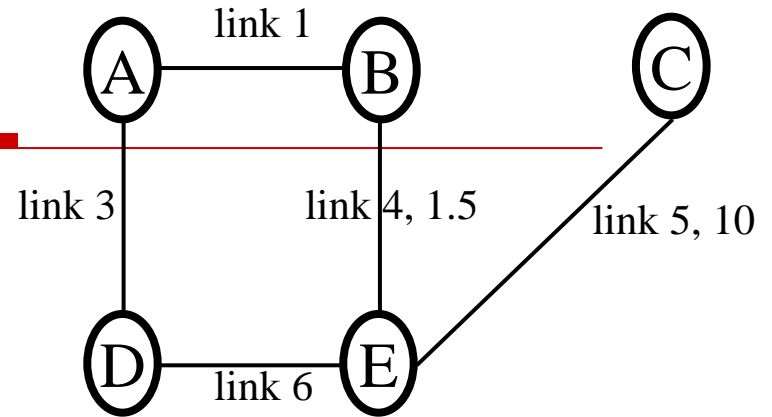


Esercizio 3

- a) mostrare la tabella precedente all'istante $t=13.5\tau$
 - b) mostrare agli istanti in cui avviene la trasmissione dei DV ($t=n\tau$ con $n\geq 14$) come viene modificata la tabella ottenuta all'istante $t=13.5\tau$ (ricordo che non viene implementato alcun meccanismo di protezione ed il DV viene ricevuto ed elaborato dal nodo di destinazione allo stesso istante in cui è stato trasmesso)
 - c) qual'è l'istante $t=t_2$ in cui le route da ogni nodo verso il nodo C sono stabili
 - d) giustificare cosa accade durante questo intervallo di tempo
-

T=14t

- A: A-0, B-1, C-2, D-1, E-2
- E: A-2, B-1.5, C-2.5, D-1, E-0



A

A	Local	0
B	1	1
C	1	2
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	2->1	Inf->3
D	1	2
E	4	1.5

A verso C	1	2
B verso C	1	3
C verso C	Local	0
D verso C	3	3
E verso C	4	2.5

C

A	2->5	Inf->12
B	2->5	Inf->11.5
C	Local	0
D	2->5	Inf->11
E	2->5	Inf->10

D

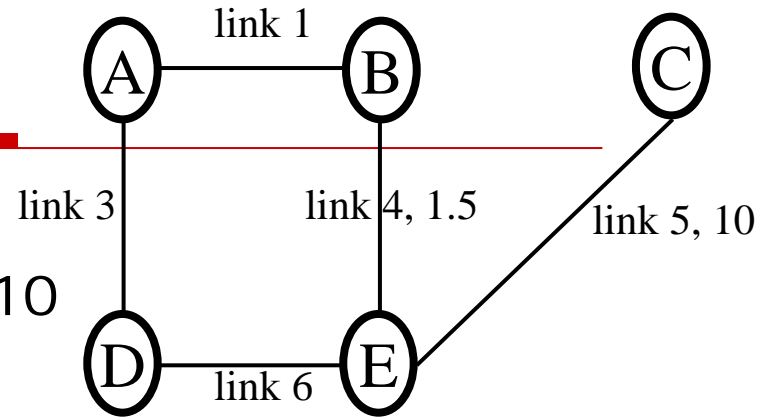
A	3	1
B	3	2
C	3	3
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	4	2.5
D	6	1
E	Local	0

T = 15t

- B: A-1, B-0, C-3, D-2, E-1.5
- C: A-12, B-11.5, C-0, D-11, E-10
- D: A-1, B-2, C-3, D-0, E-1



A

A	Loc	0
B	1	1
C	1	2->4
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	1	3
D	1	2
E	4	1.5

A verso C	1	4
B verso C	1	3
C verso C	Local	0
D verso C	3	3
E verso C	6	4

C

A	5	12
B	5	11.5
C	Local	0
D	5	11
E	5	10

D

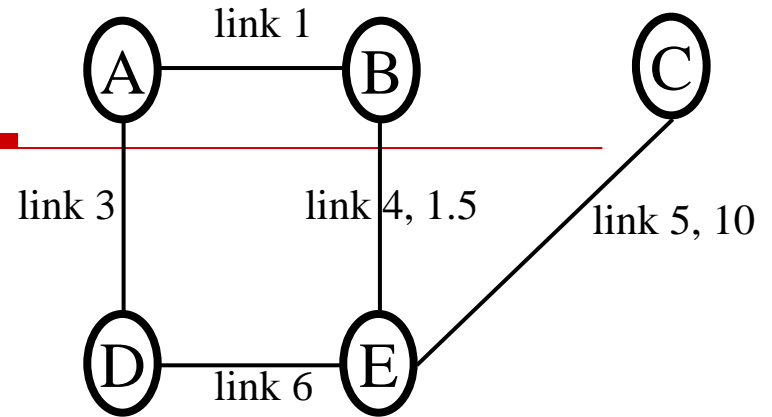
A	3	1
B	3	2
C	3	3
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	6	4
D	6	1
E	Local	0

T=16t

- A: A-0, B-1, C-4, D-1, E-2
- E: A-2, B-1.5, C-4, D-1, E-0



A

A	Local	0
B	1	1
C	1	4
D	3	1
E	3	2

B

A	1	1
B	Local	0
C	1	3->5
D	1	2
E	4	1.5

A verso C	1	4
B verso C	1	5
C verso C	Local	0
D verso C	3	5
E verso C	6	4

C

A	5	12
B	5	11.5
C	Local	0
D	5	11
E	5	10

D

A	3	1
B	3	2
C	3	3->5
D	Local	0
E	6	1

E

A	6	2
B	4	1.5
C	6	4
D	6	1
E	Local	0

Problema di convergenza

- Il tutto prosegue fino al punto in cui i costi per raggiungere C attraverso il percorso "sbagliato" superano i costi per raggiungere C attraverso il link 5
-

Soluzione 3

a)

t=13,5τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	2⇒1	1⇒inf
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	4	2,5

b)

t=14τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	1	3
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	4	2,5

t=15τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	4
	B verso C	1	3
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	6	4

t=16τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	4
	B verso C	1	5
	C verso C	local	0
	D verso C	3	5
	E verso C	6	4

t=17τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	6
	B verso C	1	5
	C verso C	local	0
	D verso C	3	5
	E verso C	6	6

t=18τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	6
	B verso C	1	7
	C verso C	local	0
	D verso C	3	7
	E verso C	6	6

t=19τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	8
	B verso C	1	7
	C verso C	local	0
	D verso C	3	7
	E verso C	6	8

Soluzione 3

a)

t=13,5τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	2⇒1	1⇒inf
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	4	2,5

b)

t=14τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	2
	B verso C	1	3
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	4	2,5

t=15τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	4
	B verso C	1	3
	C verso C	local	0
	D verso C	3	3
	E verso C	6	4

t=16τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	4
	B verso C	1	5
	C verso C	local	0
	D verso C	3	5
	E verso C	6	4

t=17τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	6
	B verso C	1	5
	C verso C	local	0
	D verso C	3	5
	E verso C	6	6

t=18τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	6
	B verso C	1	7
	C verso C	local	0
	D verso C	3	7
	E verso C	6	6

t=19τ	Da	Link	Costo
	A verso C	1	8
	B verso C	1	7
	C verso C	local	0
	D verso C	3	7
	E verso C	6	8

Soluzione 3

$t=20\tau$	Da	Link	Costo
	A verso C	1	8
	B verso C	1	9
	C verso C	local	0
	D verso C	3	9
	E verso C	6	8

$t=21\tau$	Da	Link	Costo
	A verso C	1	10
	B verso C	1	9
	C verso C	local	0
	D verso C	3	9
	E verso C	6	10

$t=22\tau$	Da	Link	Costo
	A verso C	1	10
	B verso C	1	11
	C verso C	local	0
	D verso C	3	11
	E verso C	6	10

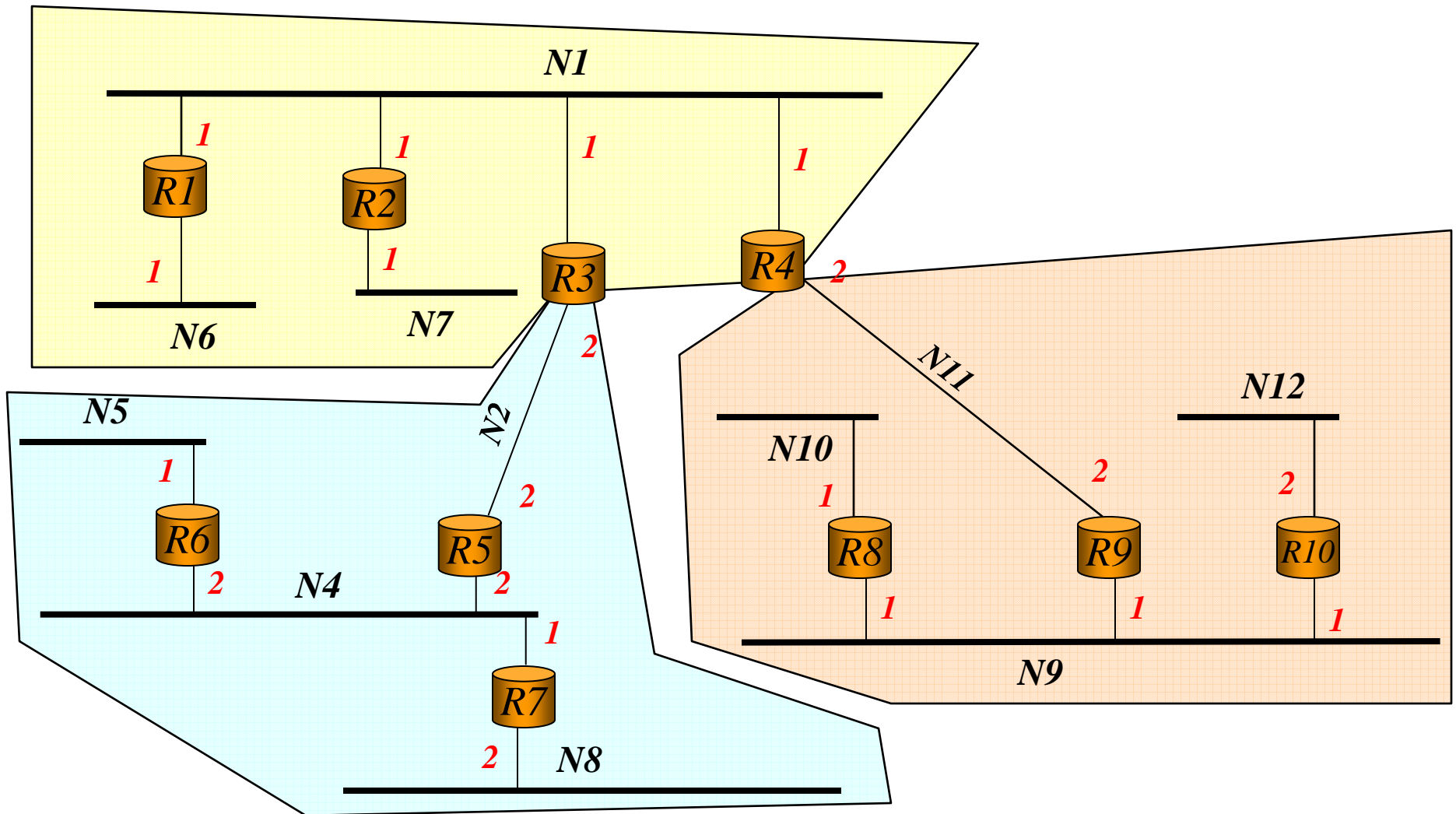
$t=23\tau$	Da	Link	Costo
	A verso C	1	12
	B verso C	1	11
	C verso C	local	0
	D verso C	3	11
	E verso C	5	10

$t=24\tau$	Da	Link	Costo
	A verso C	1	12
	B verso C	4	11,5
	C verso C	local	0
	D verso C	6	11
	E verso C	5	10

c) $t_2 = 24\tau$

Esercizio 4

- Si consideri la rete in figura dove sono indicati router, reti e costo associato alle interfacce dei router.

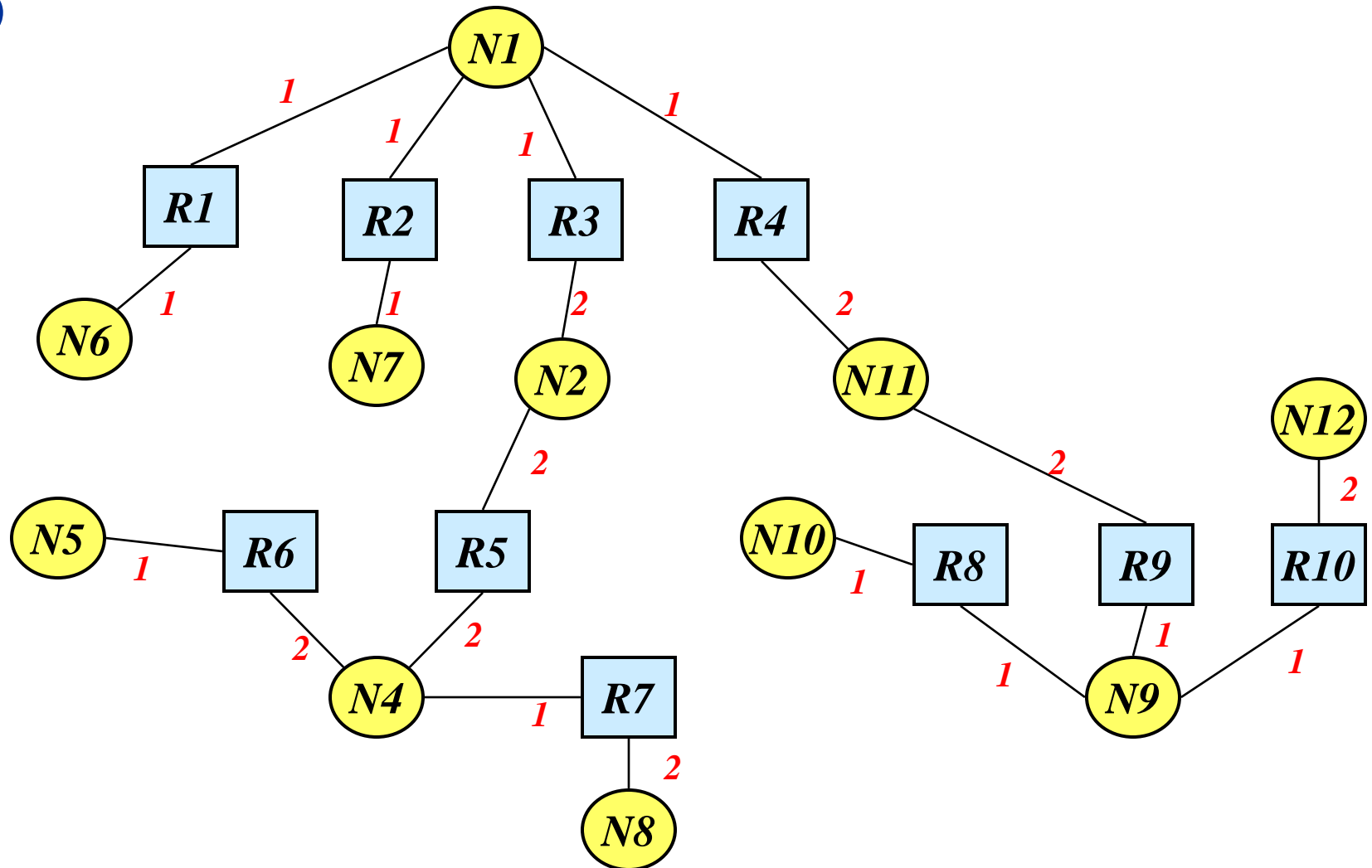


Esercizio 4

- Si supponga di utilizzare il protocollo di routing OSPF
 - a) Si disegni il grafo della rete nell'ipotesi che si utilizzi una sola area per l'intera rete (si indichi un nodo per ogni router – quadrato - e per ogni rete –tondo)
 - b) Si divida come mostrato in figura la rete in tre aree (area 0, area 1 e area 2) e si disegnino i grafi che rappresentano la rete vista dal router R1, R7 ed R10
-

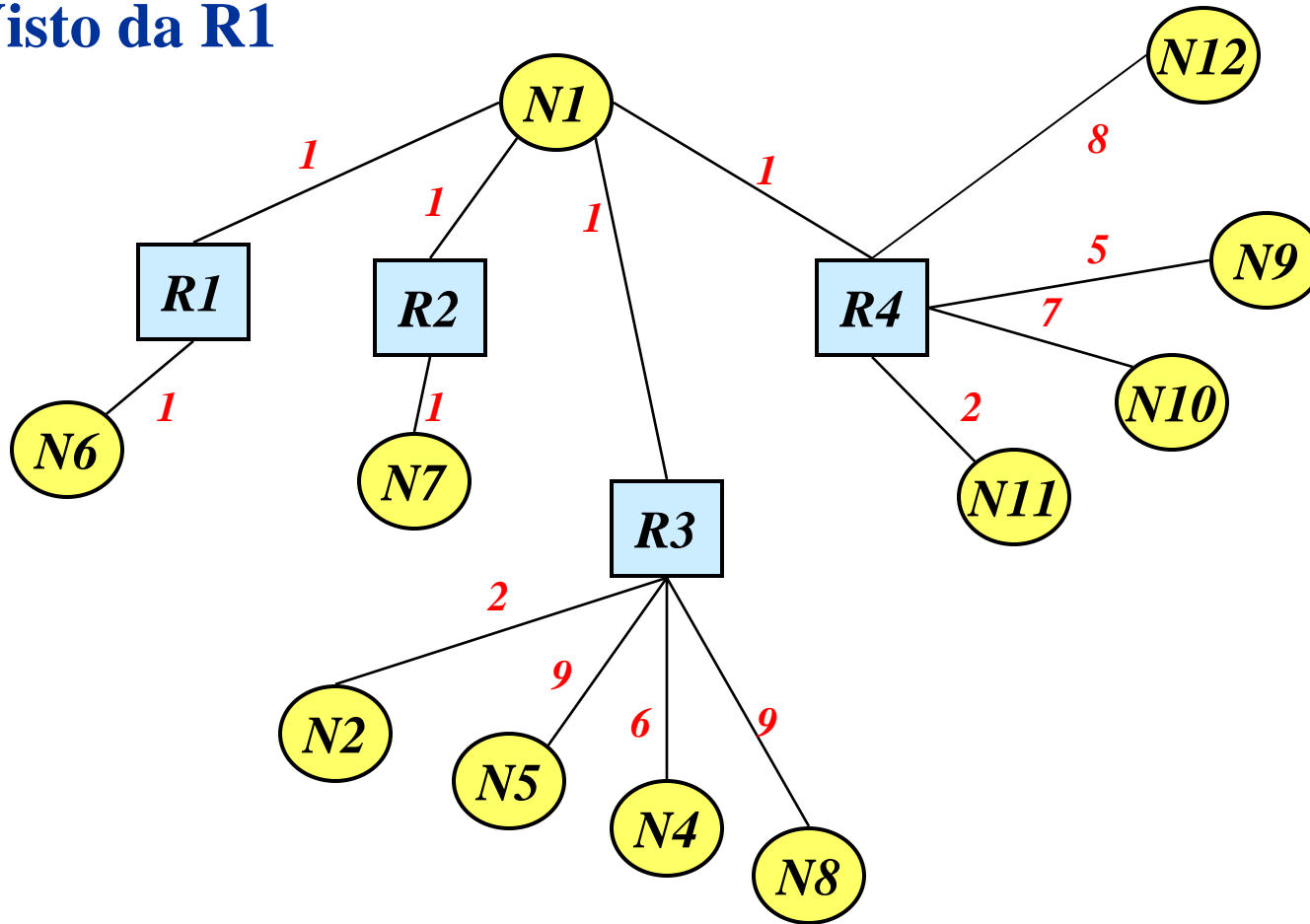
Soluzione 4

a)



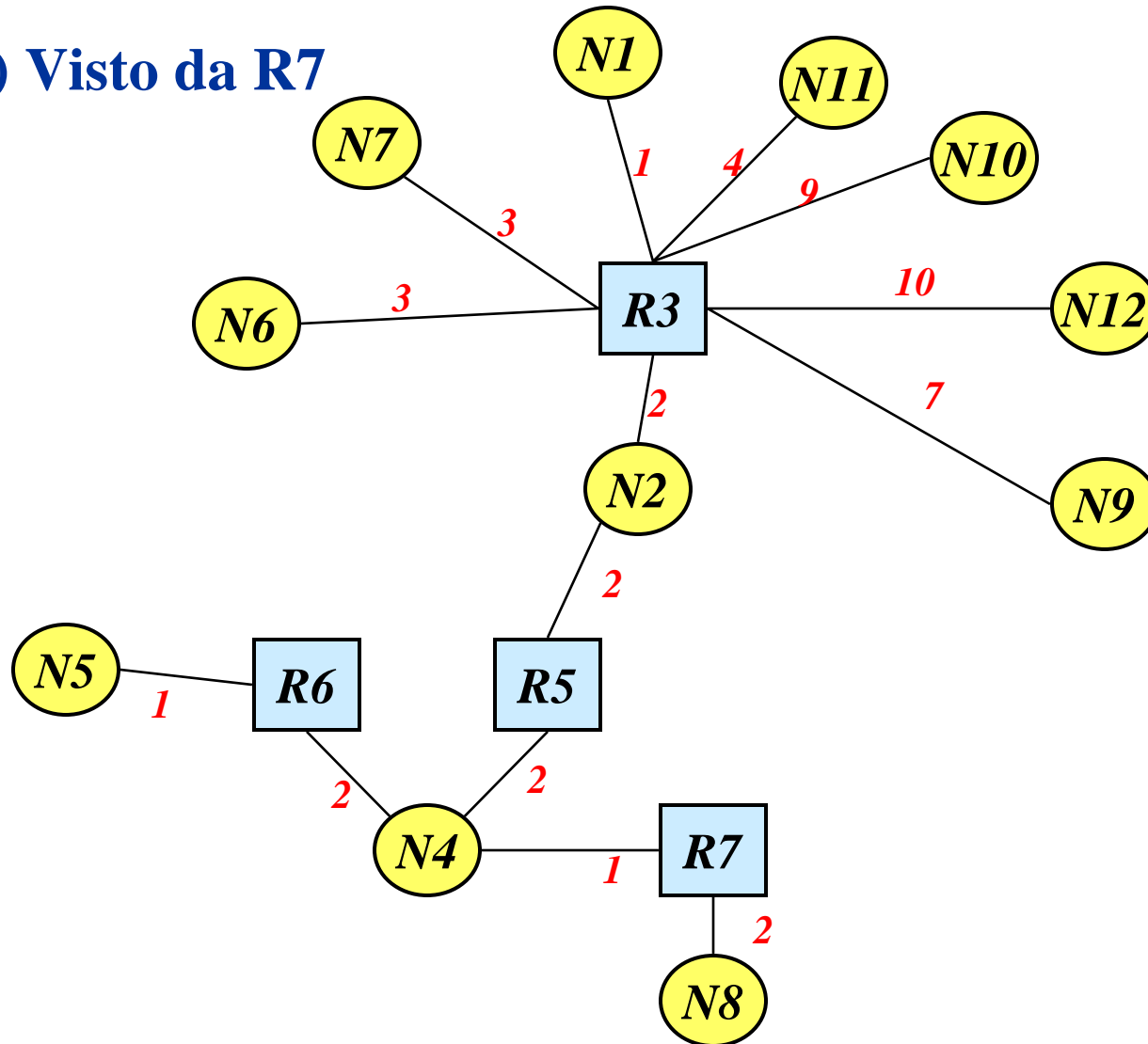
Soluzione 4

b) Visto da R1



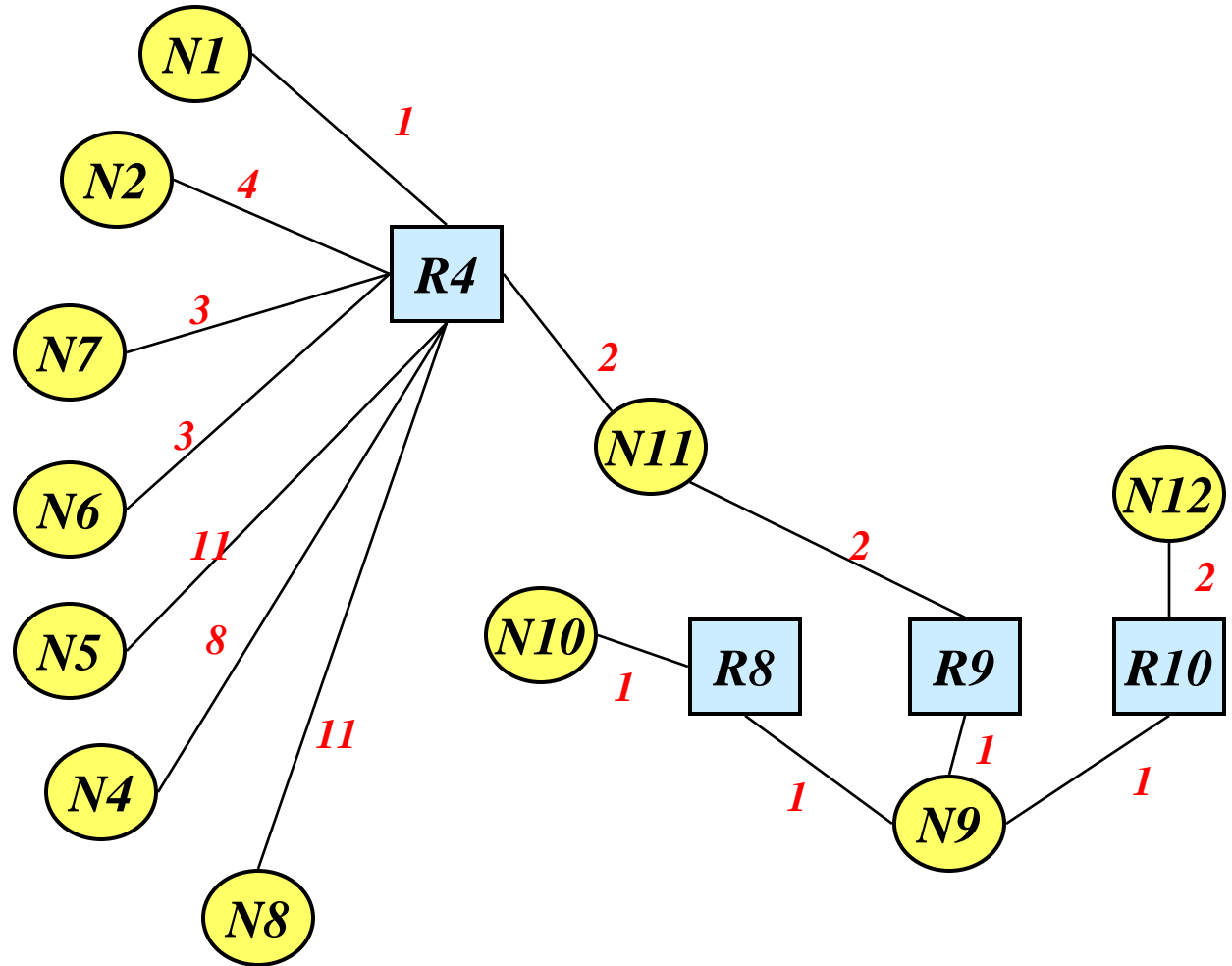
Soluzione 4

b) Visto da R7



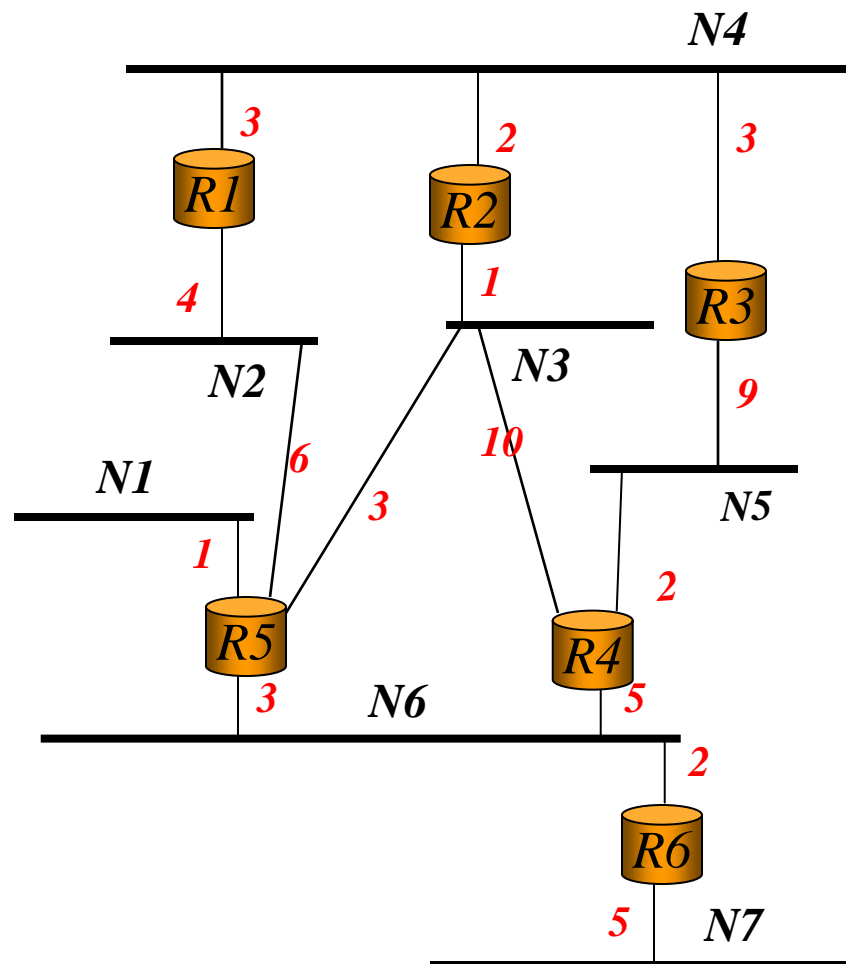
Soluzione 4

b) Visto da R10



Esercizio 5

- Si consideri la rete in figura

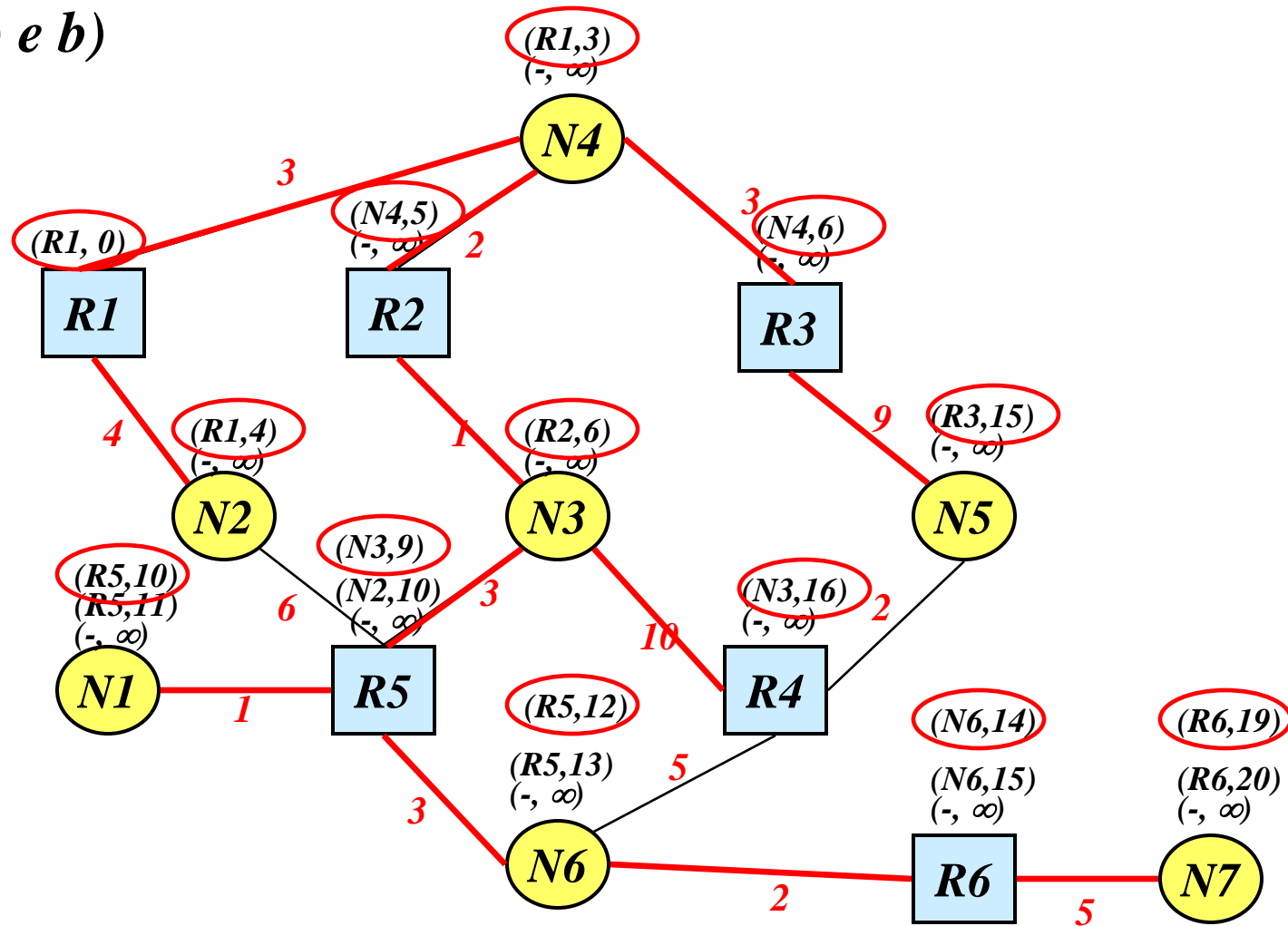


Esercizio 5

- a) Si ipotizzi di utilizzare il protocollo OSPF e si disegni il grafo della rete supponendo di usare un'unica area
 - b) Si calcoli il cammino minimo da R1 a tutte le reti
 - c) Nell'ipotesi che la capacità delle reti siano le seguenti: N1 5, N2 4, N3 2, N4 3, N5 2, N6 4, N7 9, si calcoli il cammino minimo con capacità minima almeno pari a 3
-

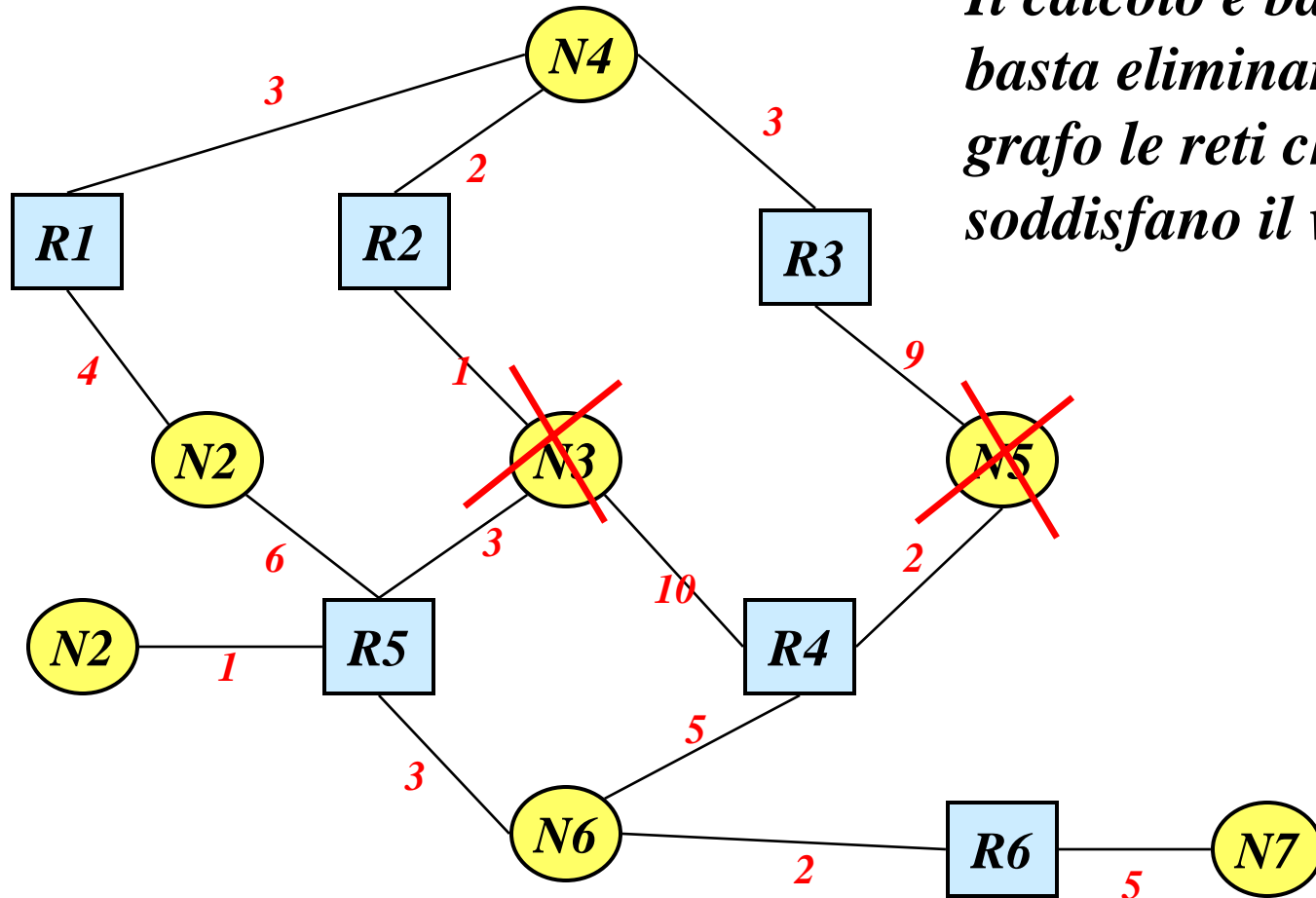
Soluzione 5

a) e b)



Soluzione 5

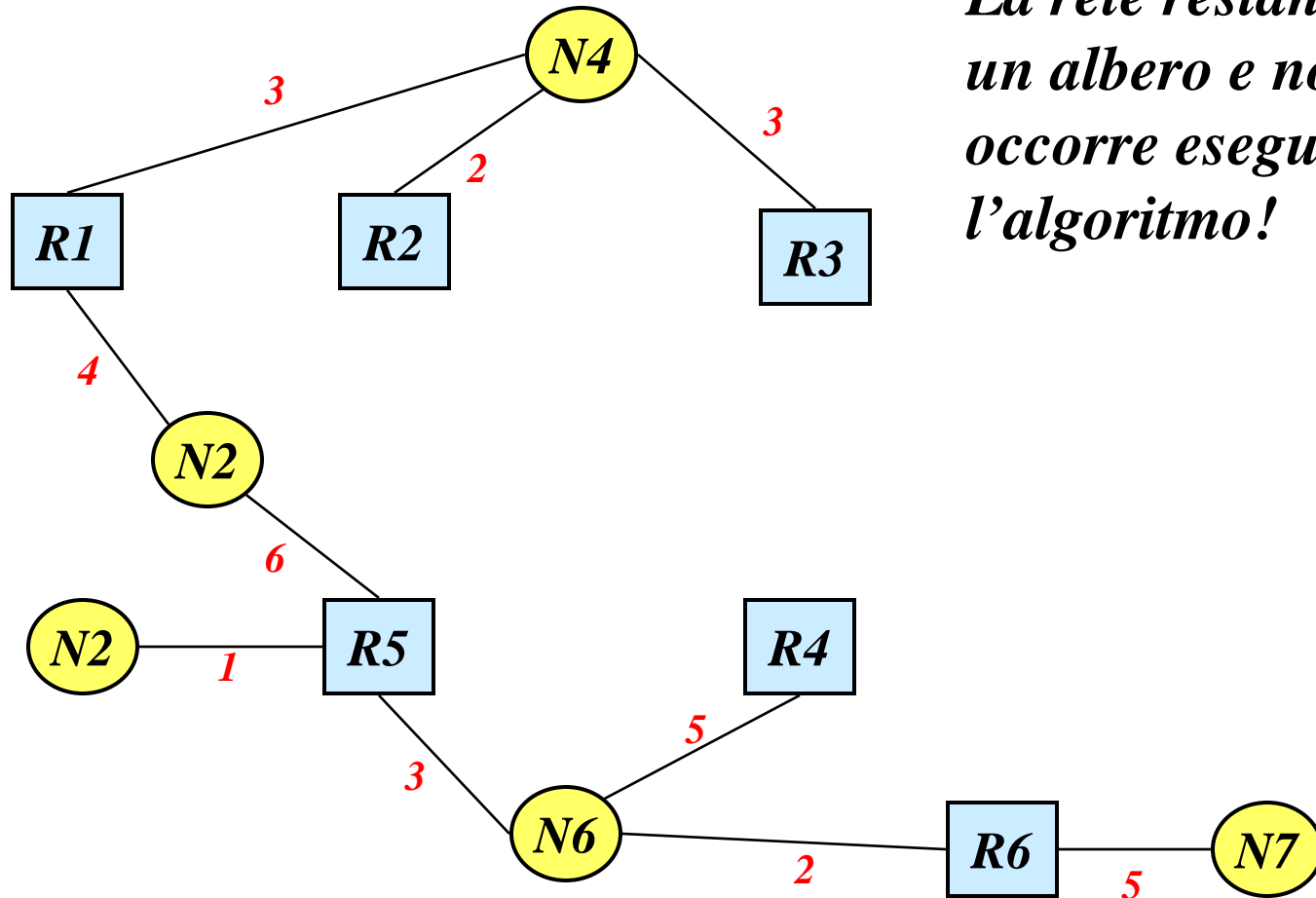
c)



*Il calcolo è banale
basta eliminare dal
grafo le reti che non
soddisfano il vincolo*

Soluzione 5

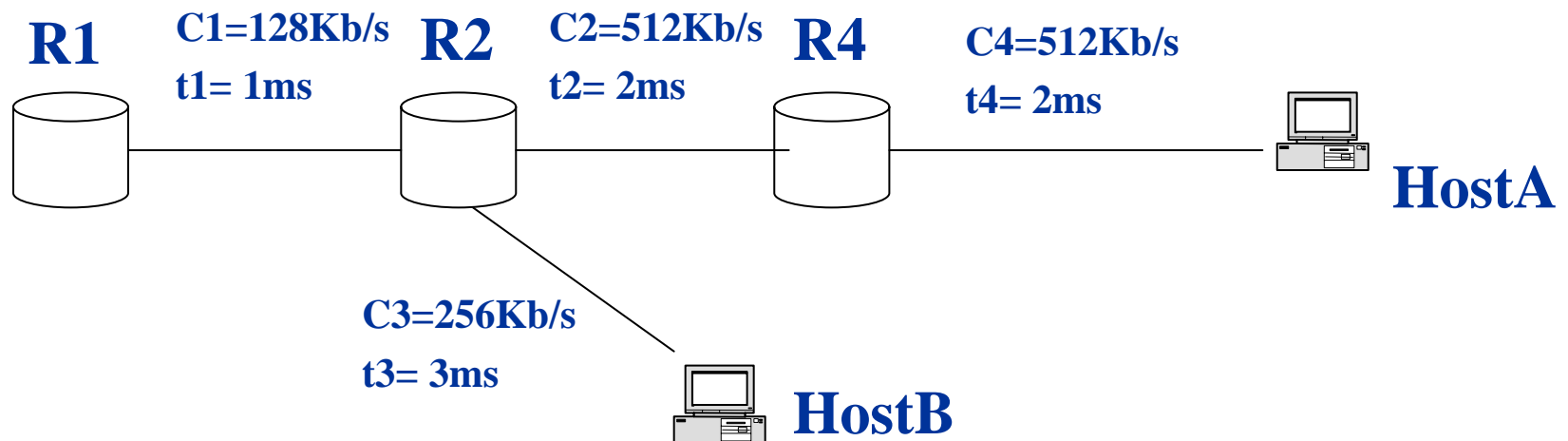
c)



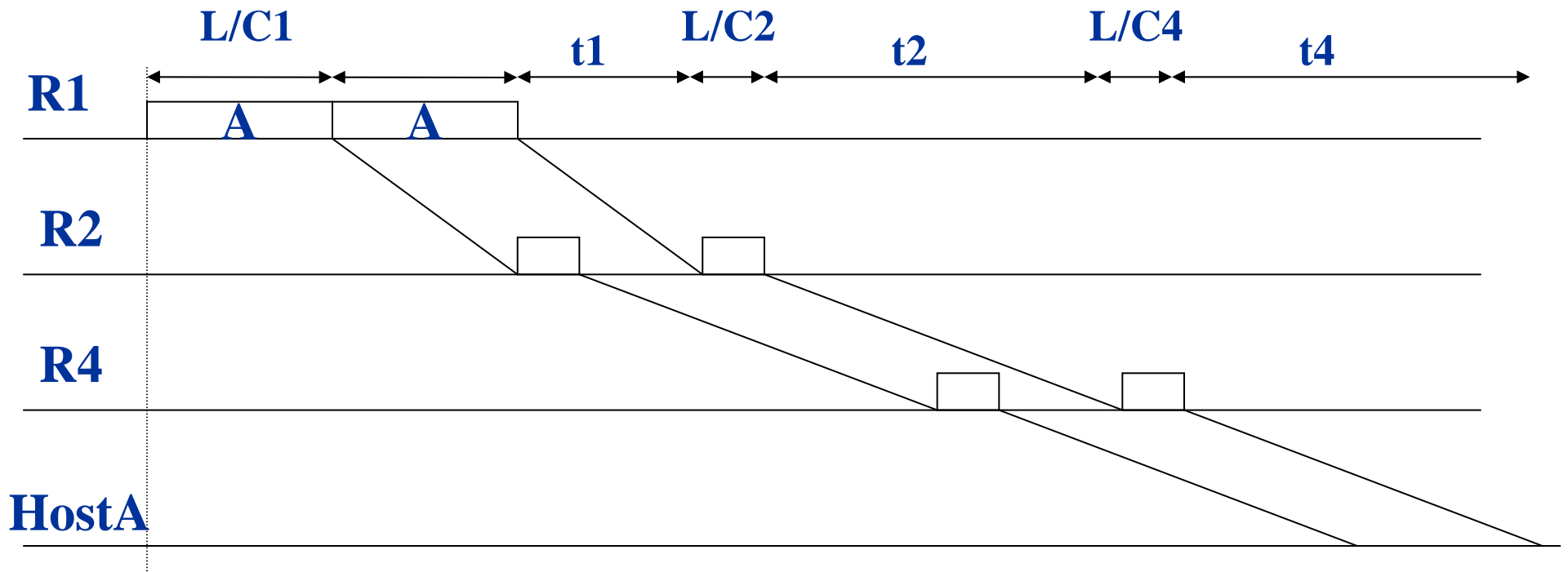
La rete restante è già un albero e non occorre eseguire l'algoritmo!

Esercizio 6

- Si consideri la rete in figura. All'istante $t=0$ la coda d'uscita di R1 contiene 4 pacchetti diretti nell'ordine verso A, A, B, B, e il canale è libero. Nell'ipotesi che i primi due pacchetti siano lunghi $L1=L2=L=128$ bit, il terzo $L3=256$ bit e il quarto $L4=512$ bit, si indichi per ciascuno di essi l'istante in cui viene completamente ricevuto dalla destinazione.



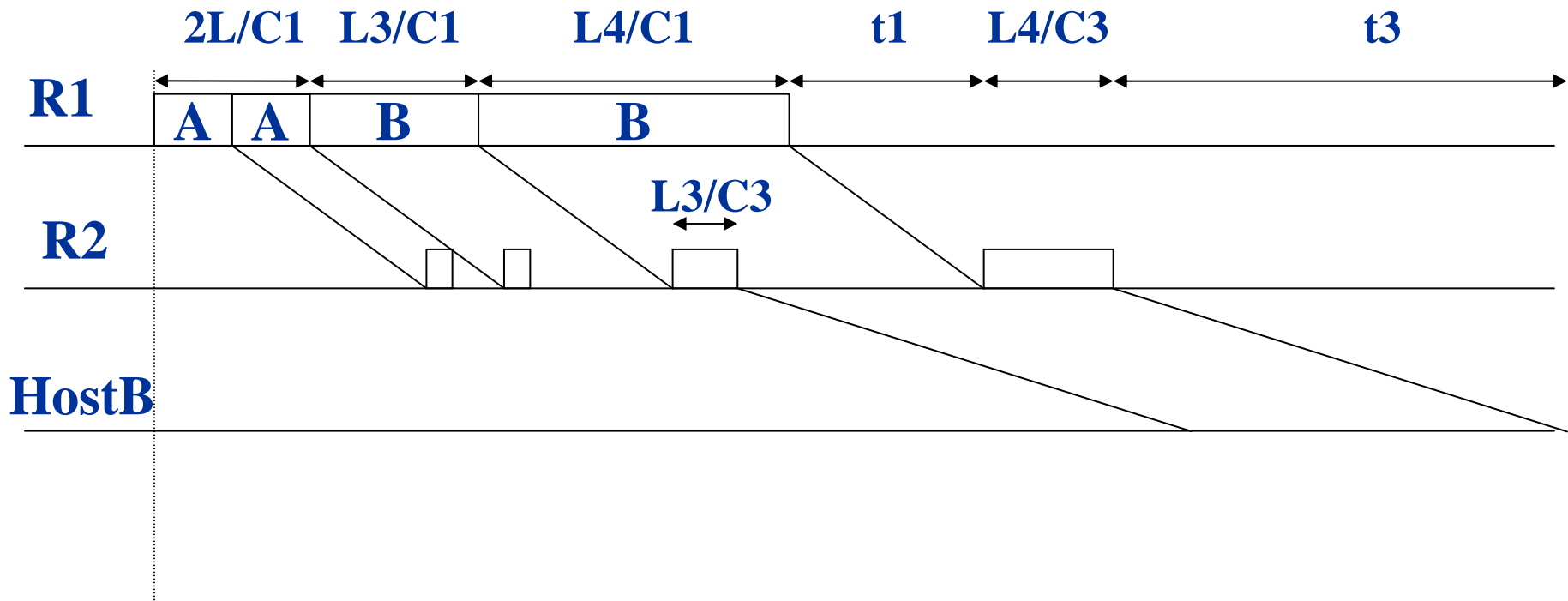
Soluzione 6: 1° e 2° pacchetto



1° pack: $T = L/C1 + t1 + L/C2 + t2 + L/C4 + t4 = 6.5\text{ms}$

2° pack: $T = 2 L/C1 + t1 + T2 + t2 + T4 + t4 = 7.5\text{ms}$

Soluzione 6: 1° e 2° pacchetto



$$3^{\circ} \text{ pack: } T = 2L/C1 + L3/C1 + t1 + L3/C3 + t3 + = 9\text{ms}$$

$$4^{\circ} \text{ pack: } T = 2L/C1 + L3/C1 + L4/C1 + t1 + L4/C3 + t3 = 14\text{ms}$$