



Marco Listanti

Esercitazione 7

"Protocolli MAC"



Esercizio 1 (1)

- Con riferimento a una LAN operante con protocollo CSMA/CD
- Calcolare la minima lunghezza L_{\min} della PDU di strato MAC in una LAN di lunghezza $d=2.5$ km nei seguenti casi:
 - Capacità: $C = 10$ Mbit/s
 - Capacità: $C = 1$ Gbit/s
- Si assuma la velocità di propagazione del segnale sul mezzo sia uguale a $v=200$ m/ μ s
- Si trascuri il tempo T_1 necessario alla rivelazione della collisione



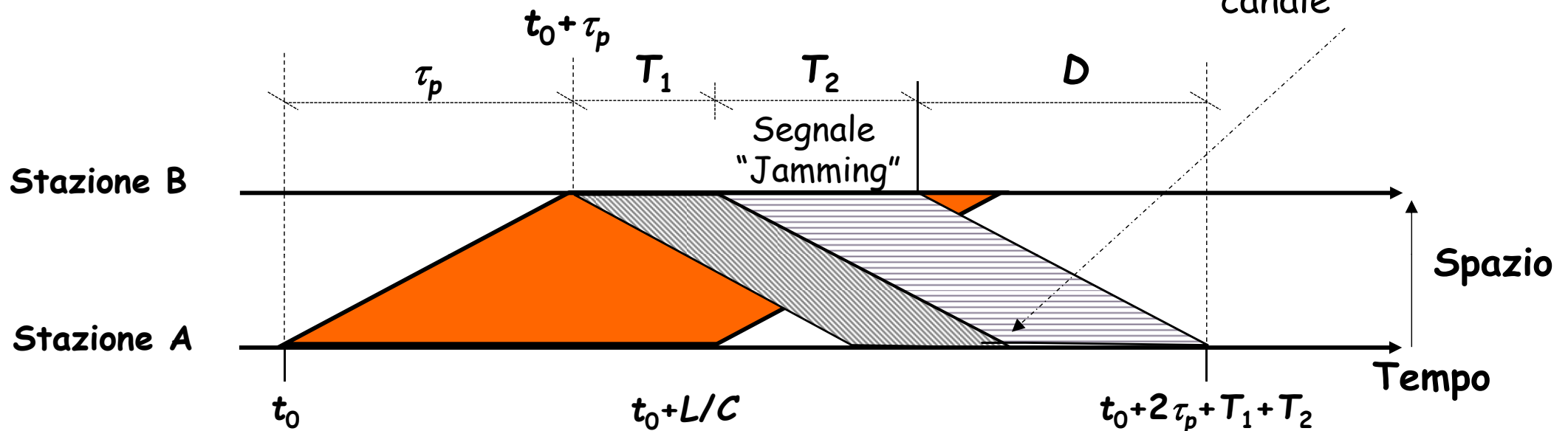
Esercizio 1 (2)

- Se C è la capacità trasmissiva, una MAC PDU non può avere lunghezza inferiore a

$$L_{\min} = (2\tau_p + T_1) \cdot C$$

B inizia l'emissione

La stazione non è più in ascolto sul canale





Esercizio 1 (2)

■ Dalla figura precedente si ottiene

■ Nel caso di capacità $C = 10 \text{ Mbit/s}$ si ha

$$L_{\min} = 2\tau_p C = 2 \frac{d}{0.2} \cdot 10 = 250 \quad \text{bit}$$

■ Nel caso di capacità $C = 1 \text{ Gbit/s}$ si ha

$$L_{\min} = 2\tau_p C = 2 \frac{d}{0.2} \cdot 10^3 = 25000 \quad \text{bit}$$



Esercizio 2 (1)

- Con riferimento a una LAN operante con protocollo CSMA/CD, calcolare la minima lunghezza L_{\min} di una PDU di strato MAC in una LAN con capacità $C=100$ Mbit/s nei seguenti casi:
 - Estensione: $d=1$ km
 - Estensione: $d=10$ km
- Si assuma la velocità di propagazione del segnale sul mezzo sia uguale a $v=200$ m/ μ s
- Si trascuri il tempo T_1 necessario alla rivelazione della collisione



Esercizio 2 (2)

- Per quanto detto nell'esercizio 1 si ha

$$L_{\min} = 2\tau_p C = 2 \frac{d}{0.2} C = 10 \cdot d \cdot C$$

- Nel caso di estensione $d=1$ km si ha

$$L_{\min} = 10 \cdot d \cdot C = 10 \cdot 100 = 1000 \quad \text{bit}$$

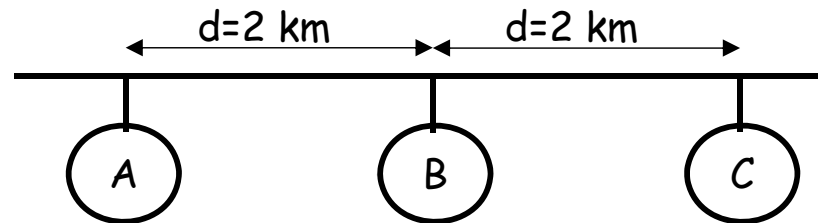
- Nel caso di estensione $d=10$ km si ha

$$L_{\min} = 10 \cdot d \cdot C = 100 \cdot 100 = 10000 \quad \text{bit}$$



Esercizio 3 (1)

- Si considerino tre stazioni A, B, C collegate ad una LAN con capacità $C=1$ Mbit/s

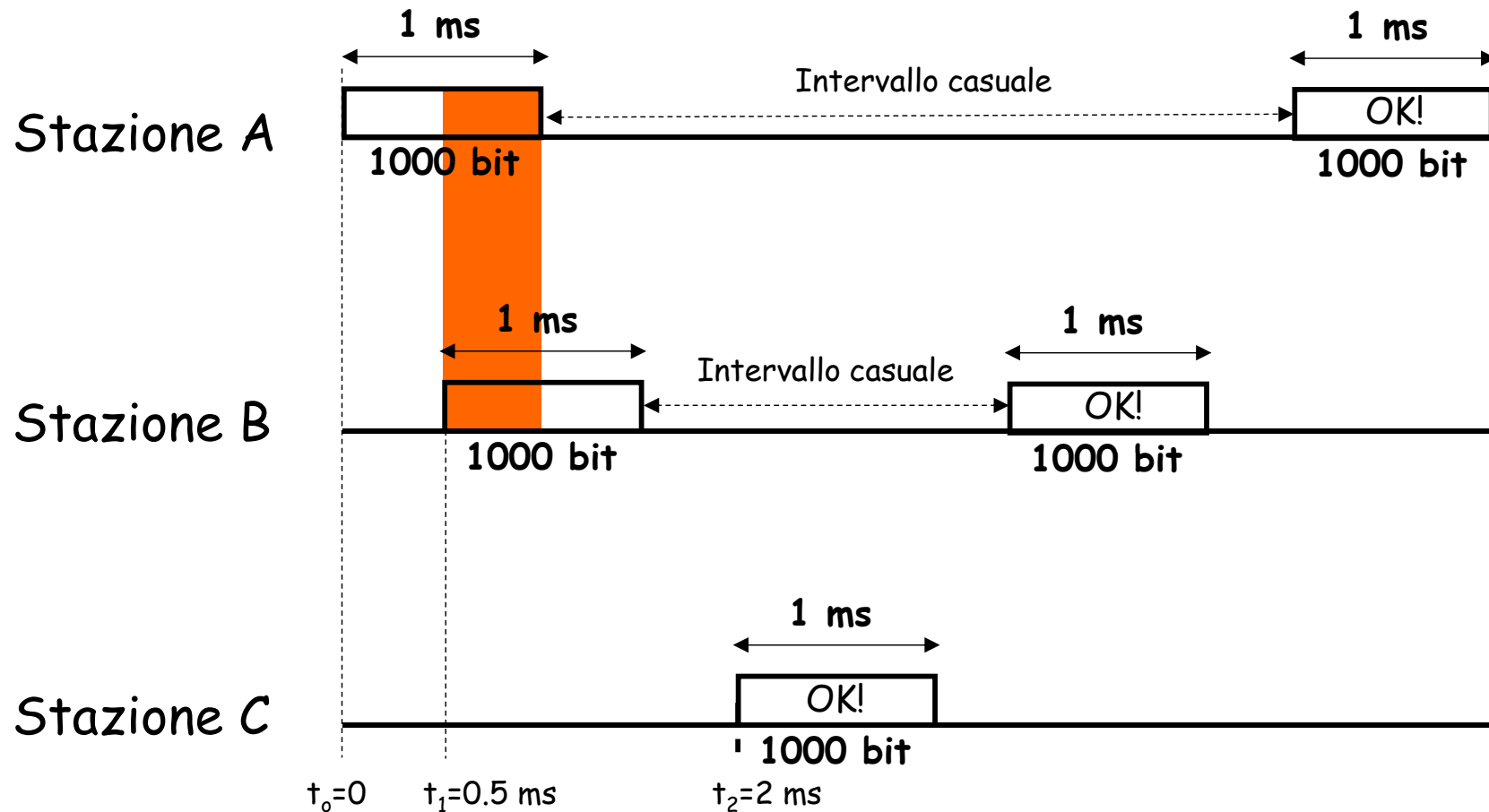


- Si assuma che
 - la stazione A riceva un messaggio dagli strati superiori di lunghezza $L=980$ bit nell'istante $t_0=0$
 - la stazione B riceva un messaggio dagli strati superiori di lunghezza $L=980$ bit nell'istante $t_1=0.5$ ms
 - la stazione C riceva un messaggio dagli strati superiori di lunghezza $L=980$ bit nell'istante $t_2=2$ ms
- Si tracci un POSSIBILE diagramma spazio-temporale della trasmissione delle MAC PDU (lunghezza intestazione $H=20$ bit) da parte delle stazioni nel caso si adotti
 - Aloha
 - Slotted Aloha ($T_{\text{slot}} = 1.1$ ms)
 - CSMA-CD 1-persistent



Esercizio 3 (2)

Caso del protocollo ALOHA

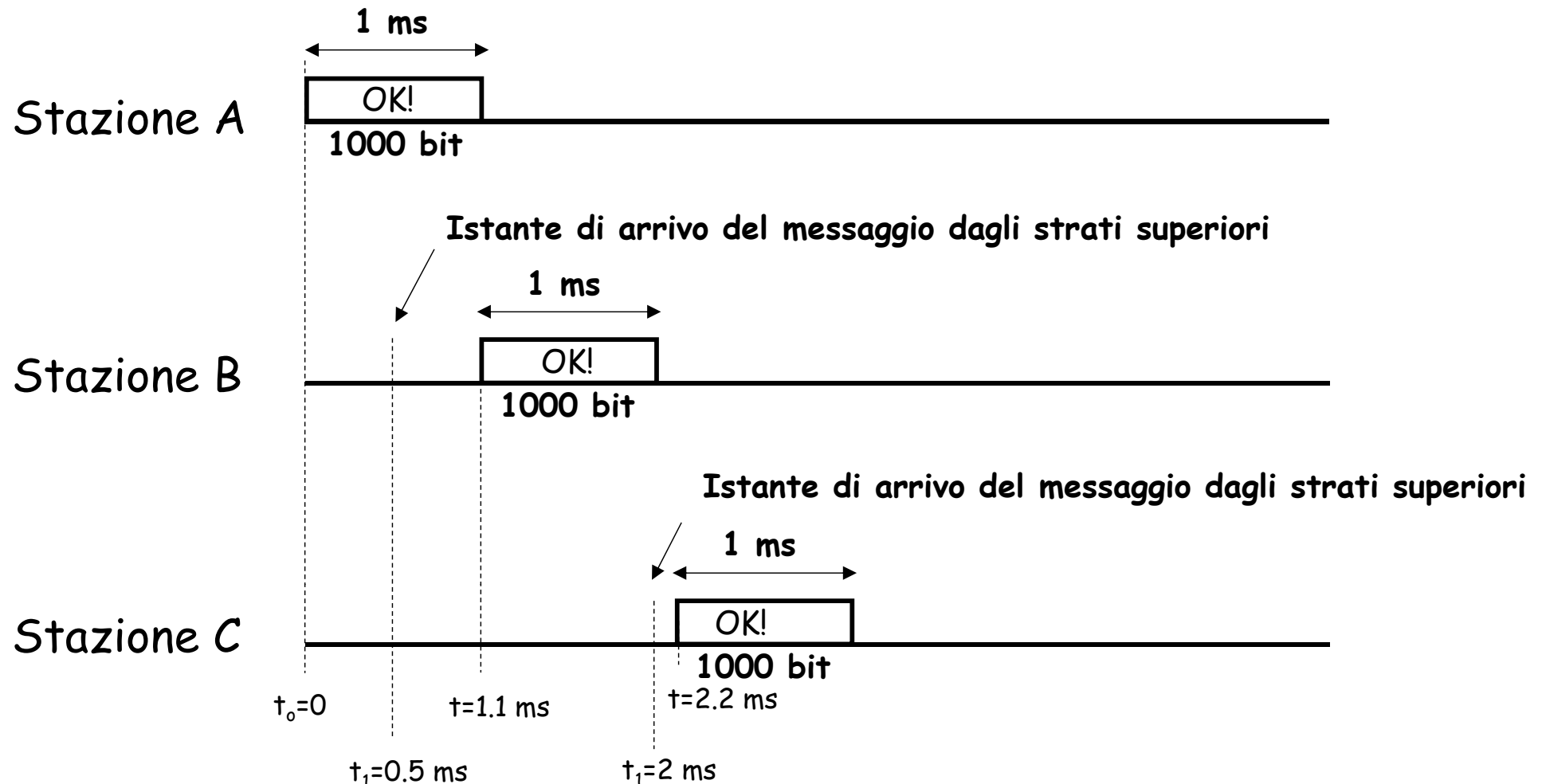


Sono trascurati i ritardi di propagazione



Esercizio 3 (3)

Caso del protocollo Slotted ALOHA

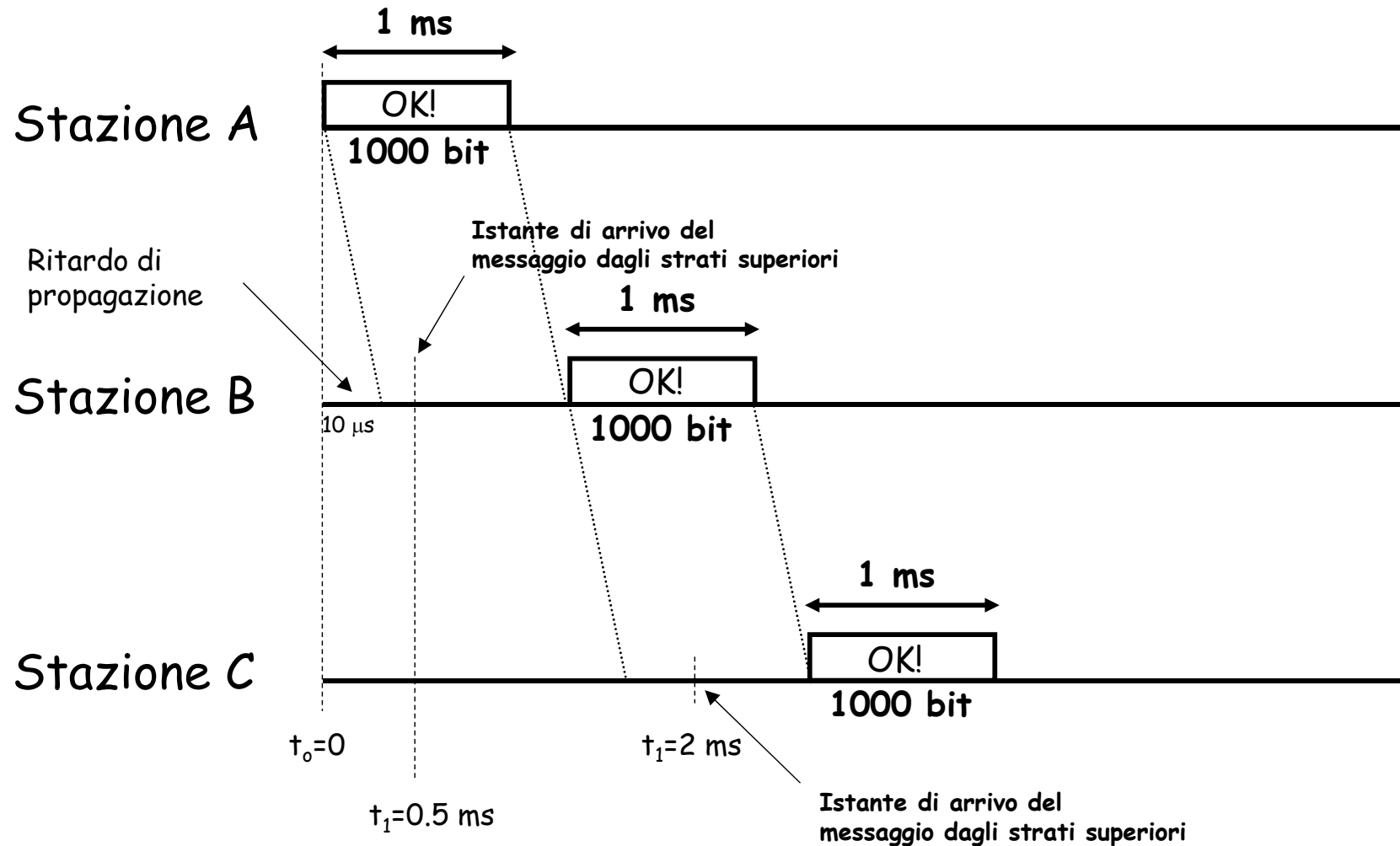


Sono trascurati i ritardi di propagazione



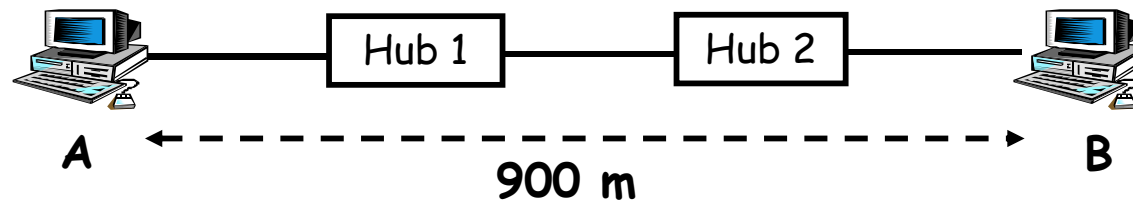
Esercizio 3 (4)

Caso del protocollo CSMA - CD



Esercizio 4 (1)

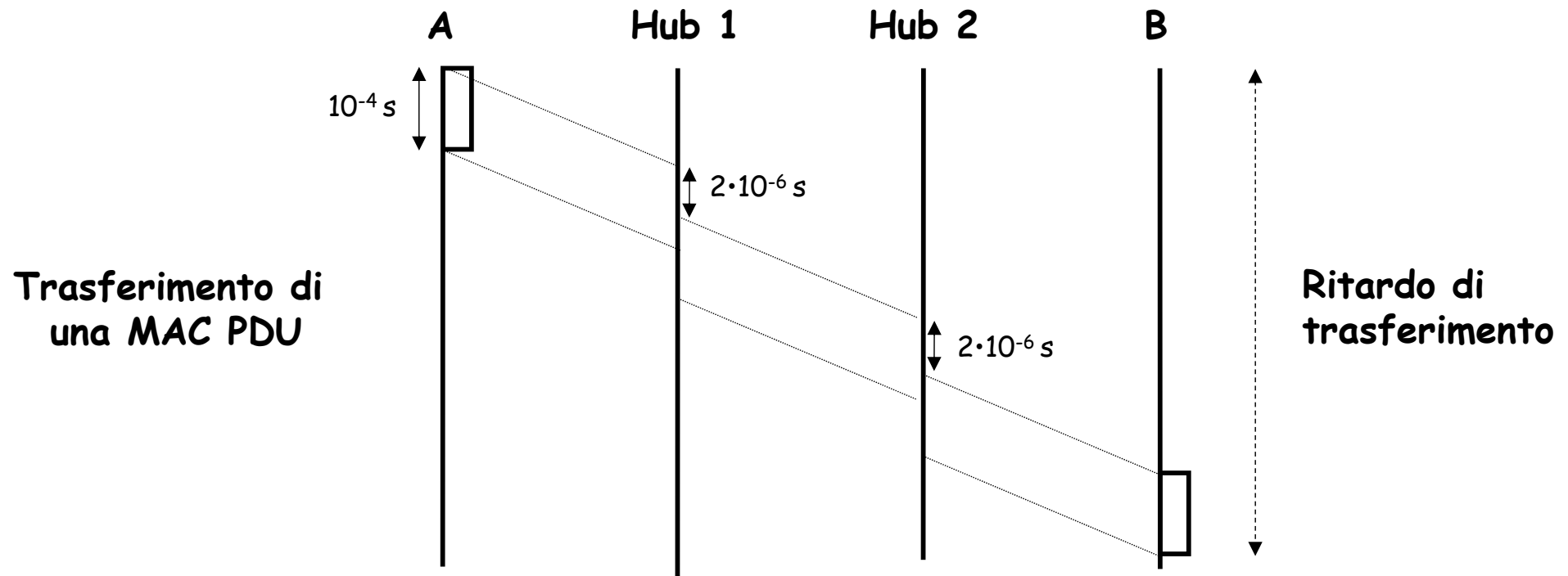
- Si consideri la sezione di LAN mostrata in figura:



- Si assuma che:
 - La lunghezza di una MAC PDU è $L=1000$ bit
 - La capacità trasmissiva è $C=10$ Mbit/s e gli hubs introducono un ritardo di attraversamento costante di $t_{\text{hub}}=2 \mu\text{s}$
- Si calcoli il ritardo di trasferimento T_{trasf} in assenza di collisioni di una MAC_PDU dalla stazione A alla stazione B
- Si calcoli il ritardo di trasferimento T_{trasf} in assenza di collisioni per $N=7$ MAC PDU dalla stazione A alla stazione B



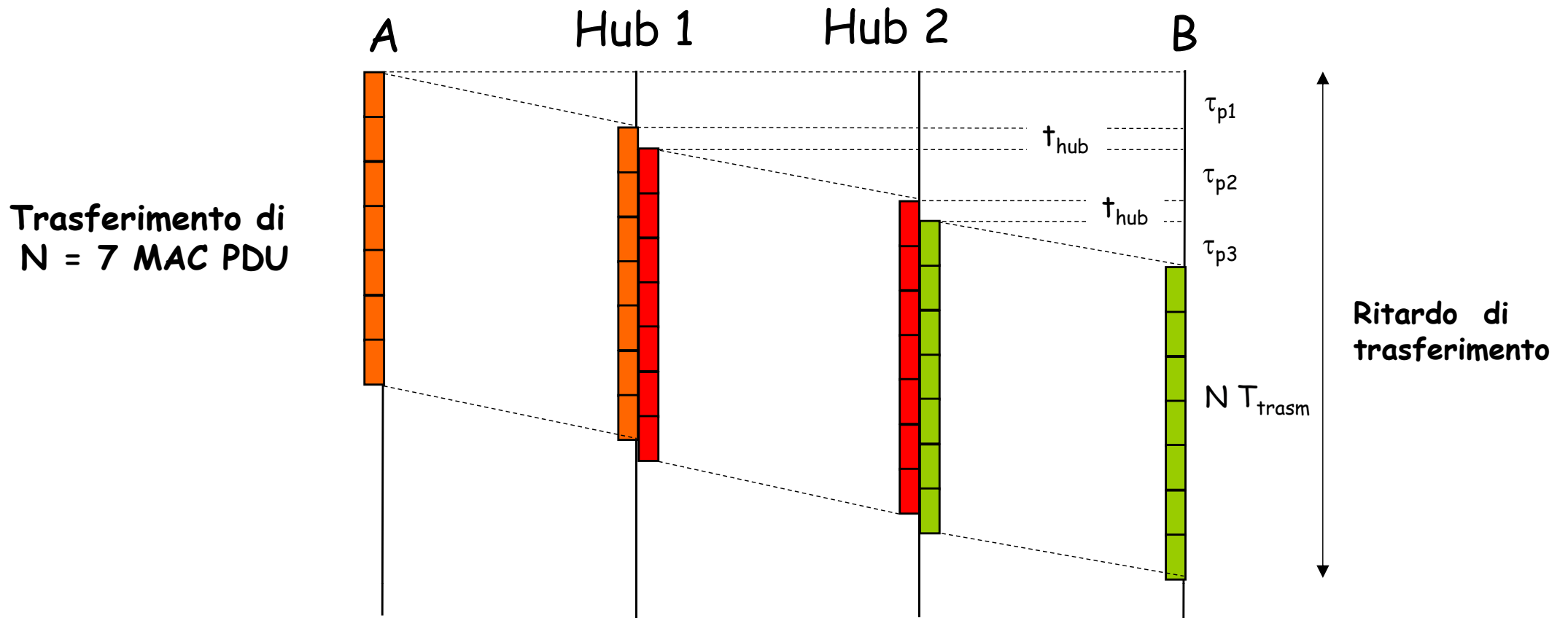
Esercizio 4 (2)



$$T_{trasf} = t_{trasm} + \tau_p + 2t_{hub} = \frac{1000}{10} + 0.9 \cdot 5 + 2 \cdot 2 = 108.5 \quad \mu s$$



Esercizio 4 (2)

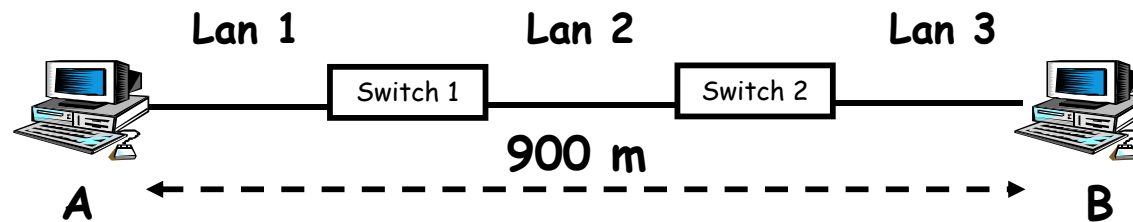


$$T_{trasf} = N \cdot t_{trasm} + \tau_p + 2t_{hub} = 7 \frac{1000}{10} + 0.9 \cdot 5 + 2 \cdot 2 = 708.5 \quad \mu s$$



Esercizio 5 (1)

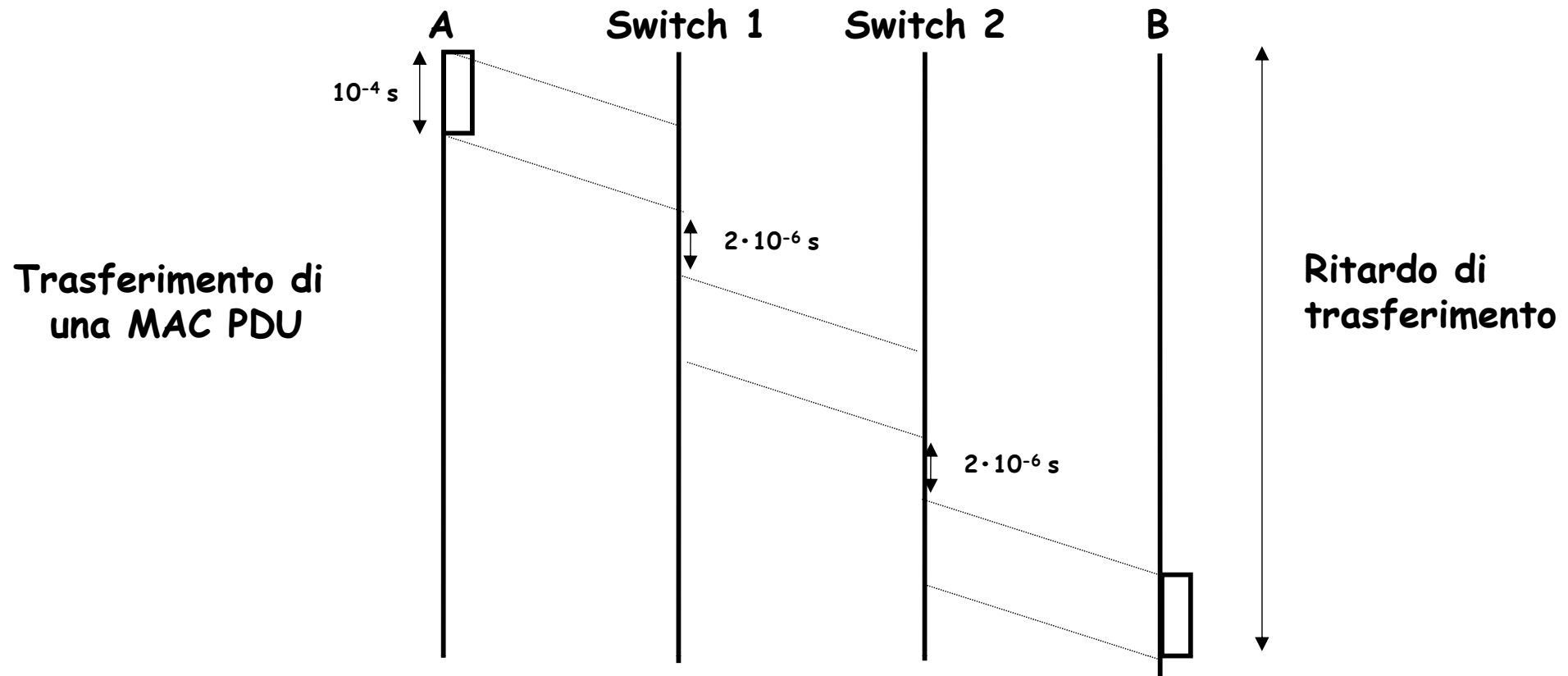
- Si consideri la stessa configurazione dell'esercizio precedente, ma al posto dei 2 hub sono ora presenti 2 switch



- Si calcoli il tempo di trasferimento "ideale" T_{trasf} (senza attese) da A a B di una PSU e di 7 PDU, assumendo che gli switch abbiano un ritardo di elaborazione di $t_{sw} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$



Esercizio 5 (2)

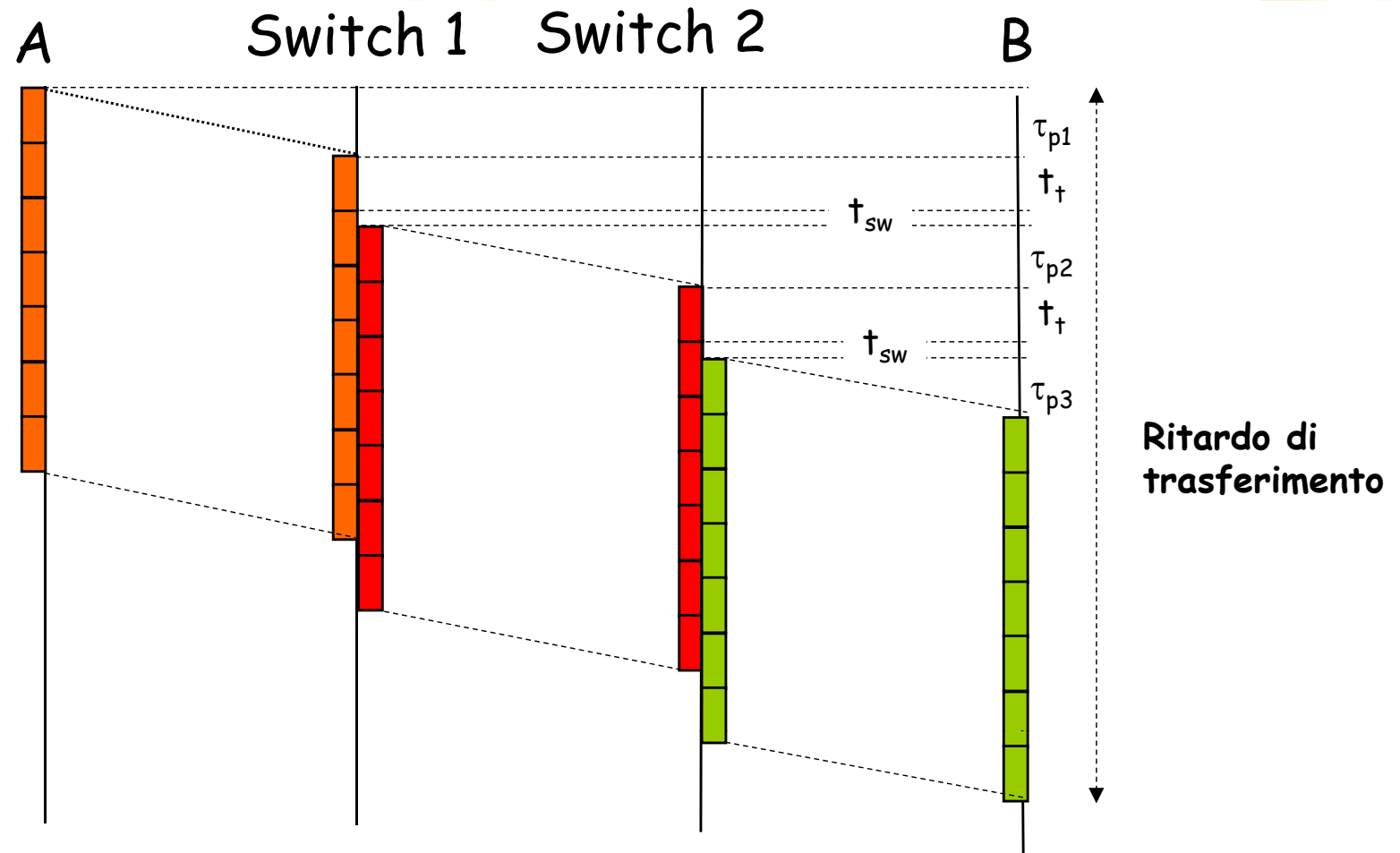


$$T_{trasf} = 3t_{trasm} + \tau_p + 2t_{sw} = 3 \frac{1000}{10} + 0.9 \cdot 5 + 2 \cdot 2 = 308.5 \quad \mu s$$



Esercizio 5 (3)

Trasferimento di
 $N = 7$ MAC PDU



$$T_{trasf} = 2 \cdot t_t + \tau_p + 2t_{sw} + N \cdot t_t = 9 \frac{1000}{10} + 0.9 \cdot 5 + 2 \cdot 2 = 908.5 \mu s$$



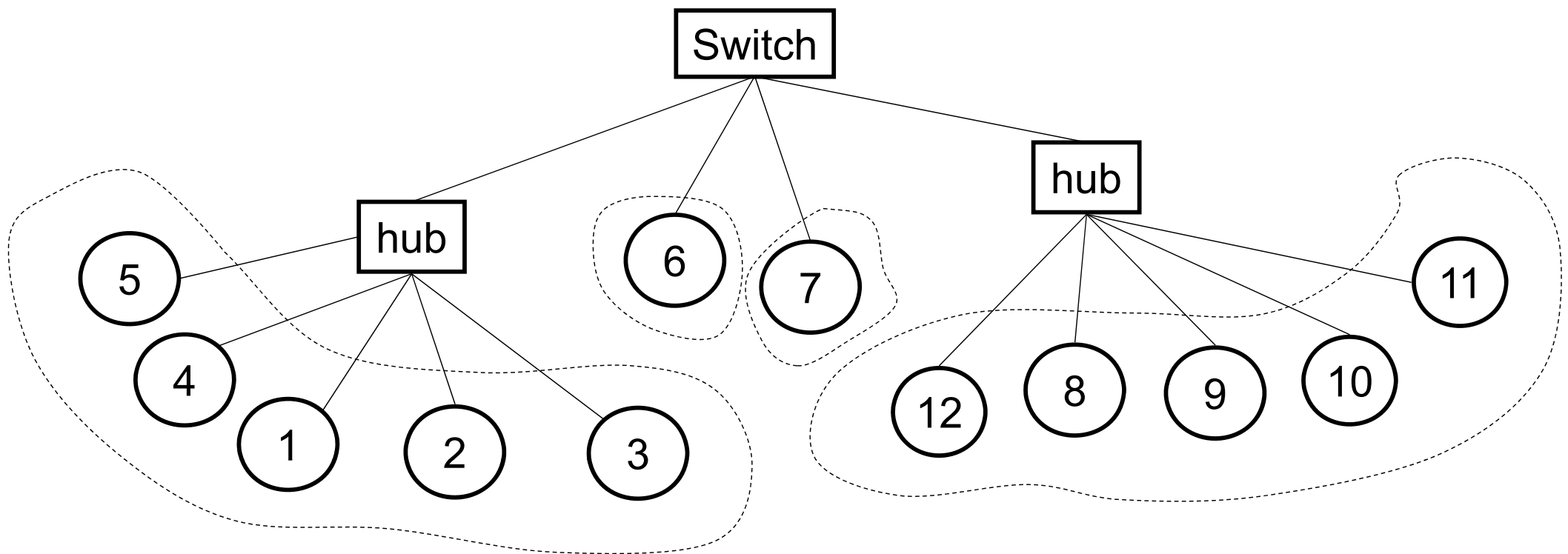
Esercizio 6 (1)

- Si disegni la topologia di una LAN in cui ogni dominio di collisione abbia al più 5 stazioni. Si assuma di dover servire 12 stazioni con i seguenti elementi:
 - 1 switch equipaggiato con 6 porte
 - 2 hub equipaggiati ciascuno con 10 porte
- Si individui il numero di segmenti di collisione nella LAN nell'ipotesi che tutte le porte del bridge gestiscano il protocollo CSMA/CD



Esercizio 6 (2)

- La LAN che risponde ai requisiti posti ha la seguente topologia



- La LAN ha 4 domini di collisione.



Esercizio 7 (1)

- Determinare la massima estensione D di una rete IEEE 802.3 consentita dal protocollo CSMA/CD nei casi $C=10\text{Mbit/s}$ e $C=1\text{Gbit/s}$, nell'ipotesi che la velocità di propagazione sul mezzo $V=200\text{ m}/\mu\text{s}$ e tenendo conto che la dimensione minima L di una MAC-PDU nello standard 802.3 è uguale a 64 byte (512 bit)



Esercizio 7 (2)

- Come calcolato nell'esercizio 1, detta D la massima estensione della LAN, per rendere possibile la rivelazione di collisioni, deve essere

$$L_{\min} \geq 2\tau_p C = 2 \frac{D}{v} C \quad \Rightarrow \quad D \leq \frac{v \cdot L_{\min}}{2C}$$

- si è trascurato il tempo necessario per rivelare la collisione
- Da cui
 - se $C=10 \text{ Mbit/s} \rightarrow D \leq 5120 \text{ m}$
 - se $C=1 \text{ Gbit/s} \rightarrow D \leq 51.2 \text{ m}$
 - Si osservi che ad un aumento di 100 volte del bitrate è corrisposto una diminuzione di 100 volte della dimensione massima della rete



Switch: Backward Learning (1/2)

- Leggendo l'indirizzo sorgente delle trame ricevute, uno switch è in grado di sapere attraverso quale interfaccia è possibile accedere alle stazioni che hanno emesso le trame stesse
- La tabella è aggiornata dinamicamente, gli elementi vecchi vengono periodicamente eliminati
- Quando uno switch riceve una trama
 1. Se la LAN sorgente e la LAN destinazione sono accessibili attraverso la stessa interfaccia la trama viene scartata
 2. Se sono diverse, la trama viene inviata alla linea di uscita indicata nella tabella
 3. Se la LAN destinazione è sconosciuta, usa il flooding



Switch: Backward Learning (2/2)

Indirizzo	Interfaccia



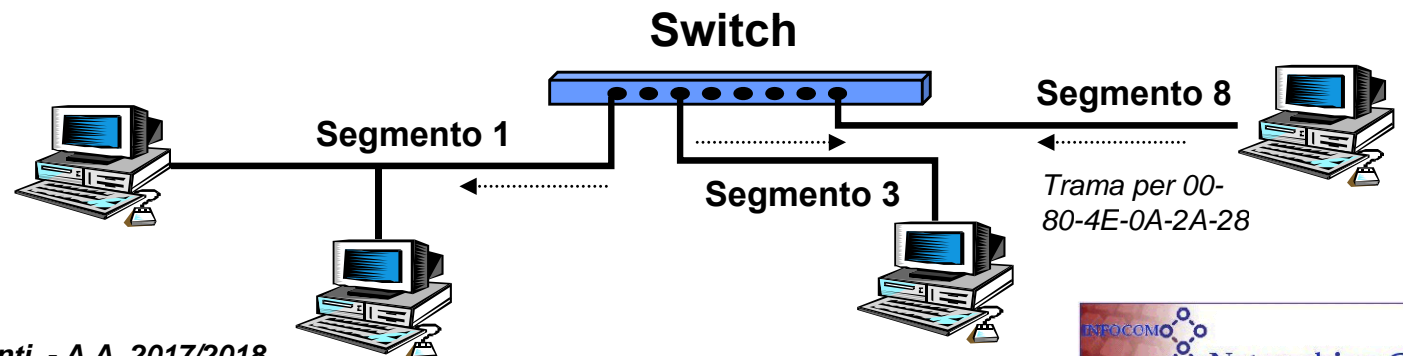
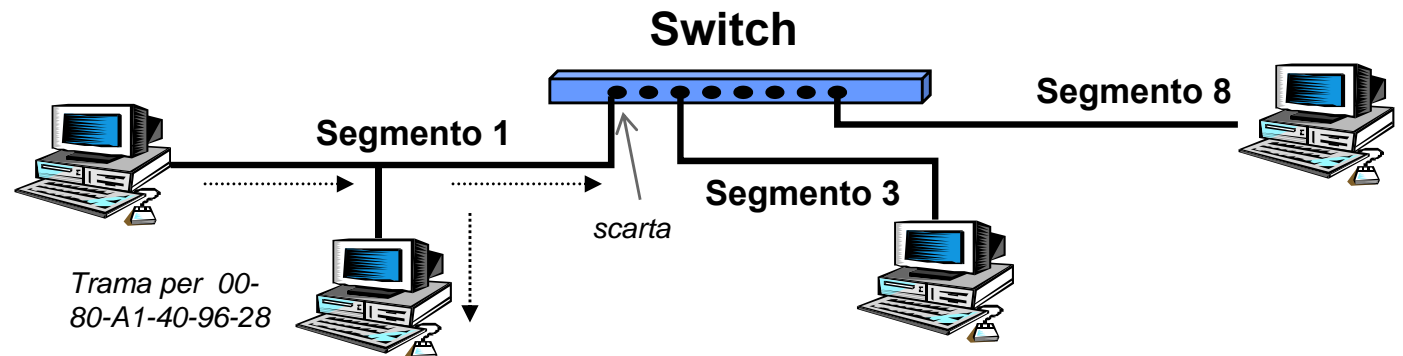
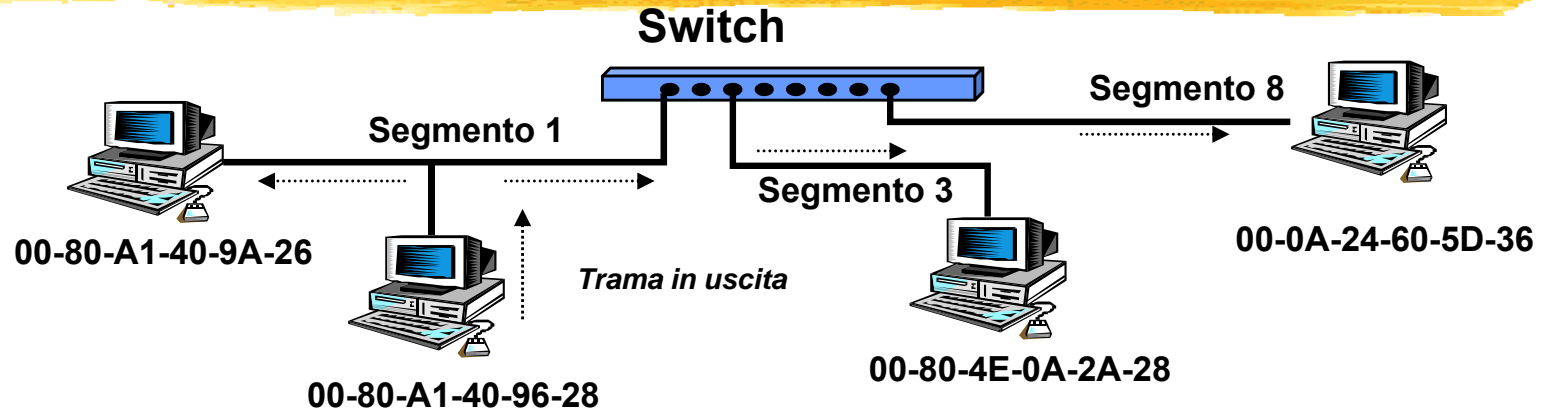
Indirizzo	Interfaccia
00-80-A1-40-96-28	1



Indirizzo	Interfaccia
00-80-A1-40-96-28	1
00-80-A1-40-9A-26	1



Indirizzo	Interfaccia
00-80-A1-40-96-28	1
00-80-A1-40-9A-26	1
00-0A-24-60-5D-36	8





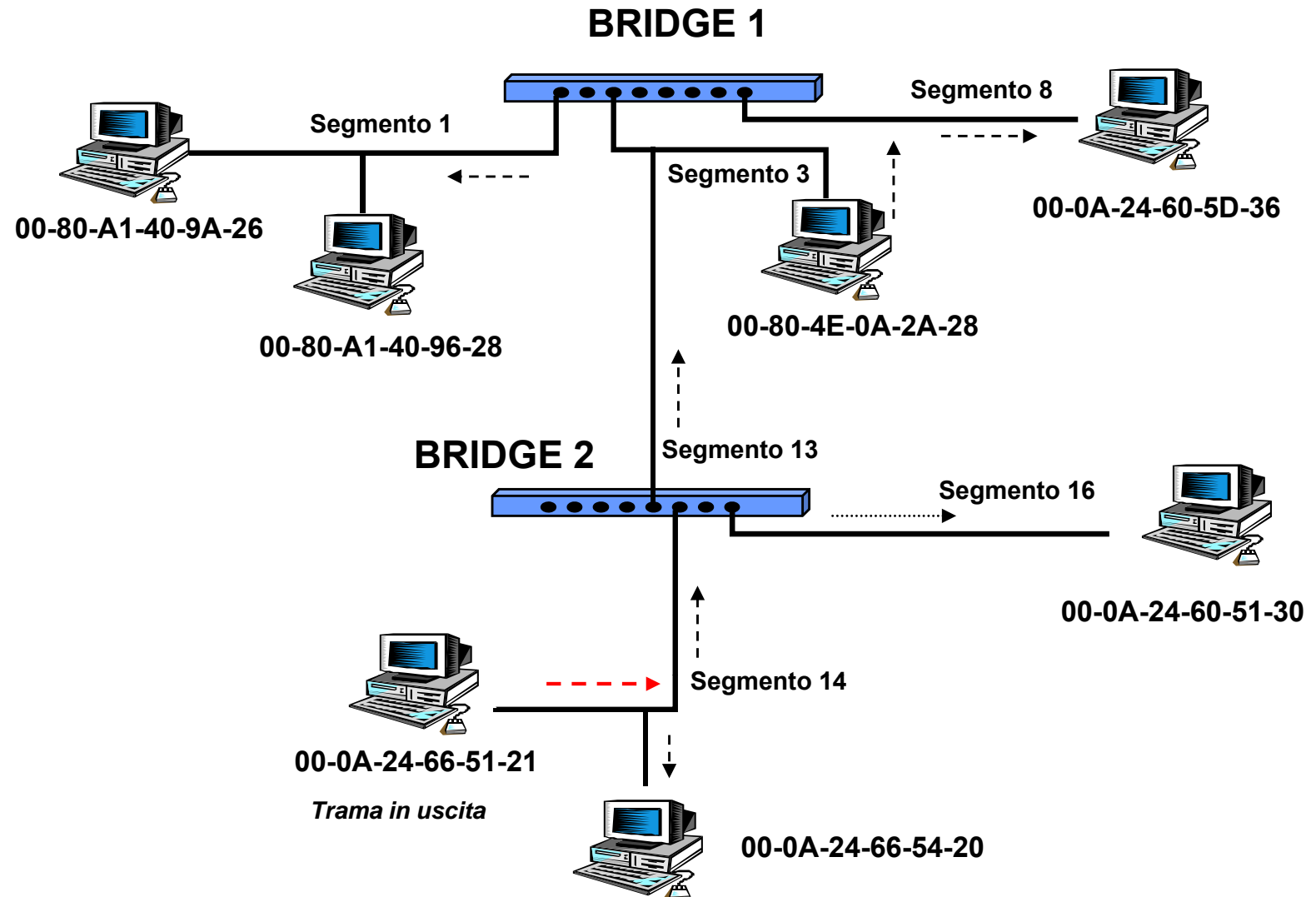
Switch: Esempio (1/3)

BRIDGE 1

Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	3

BRIDGE 2

Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	14





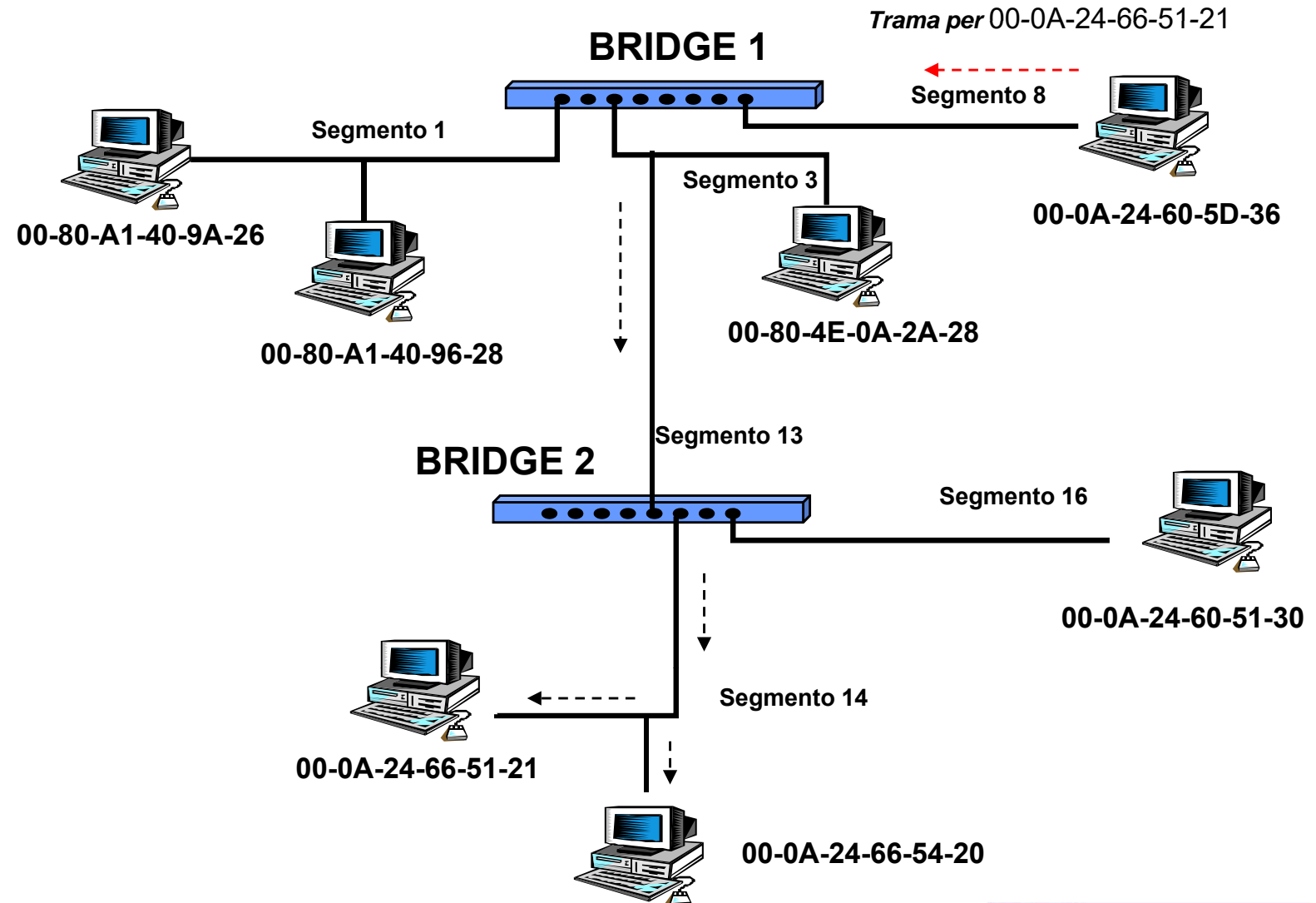
Switch: Esempio (2/3)

BRIDGE 1

Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	3
00-0A-24-60-5D-36	8

BRIDGE 2

Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	14
00-0A-24-60-5D-36	13





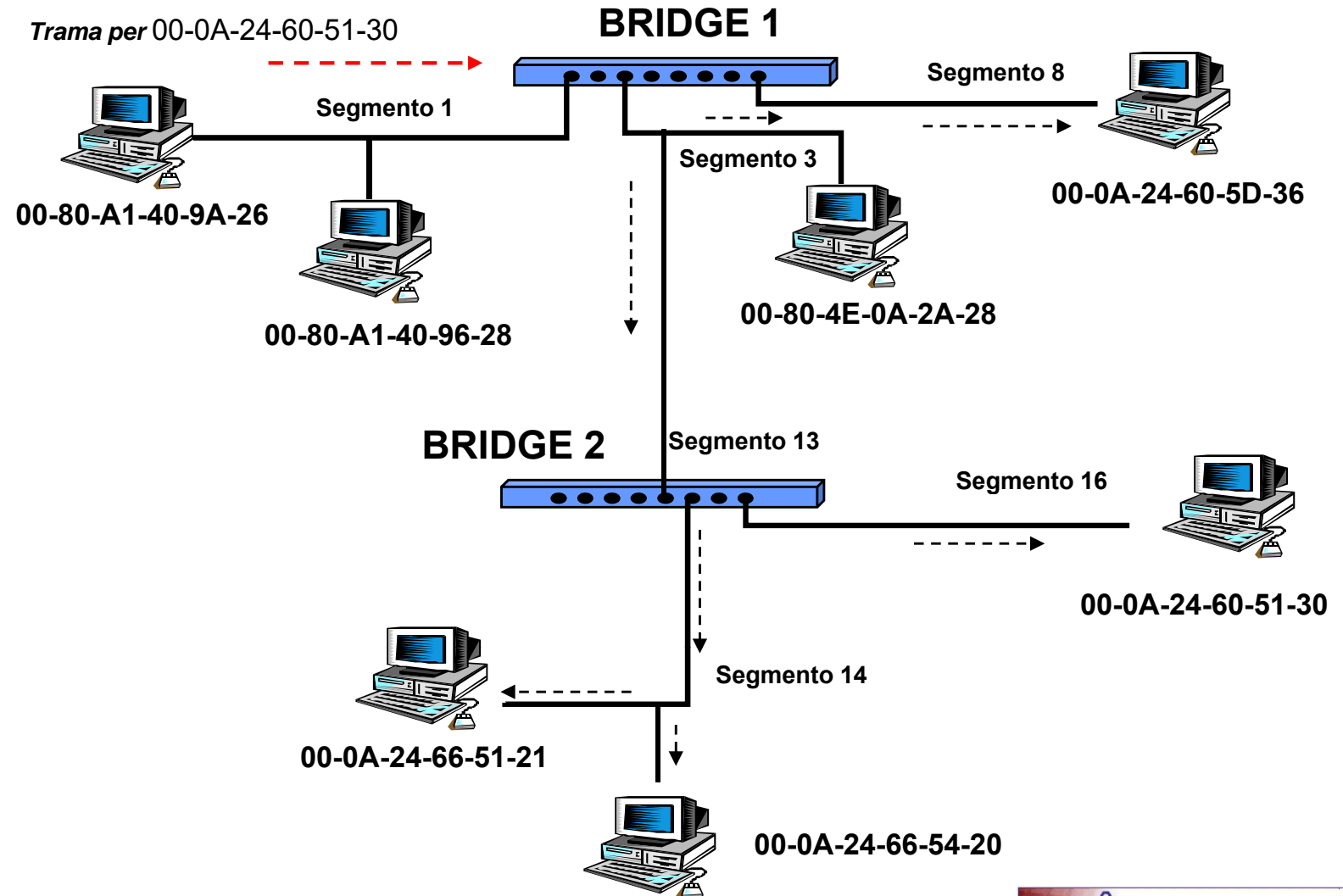
Switch: Esempio (3/3)

BRIDGE 1

Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	3
00-0A-24-60-5D-36	8
00-80-A1-40-9A-26	1

BRIDGE 2

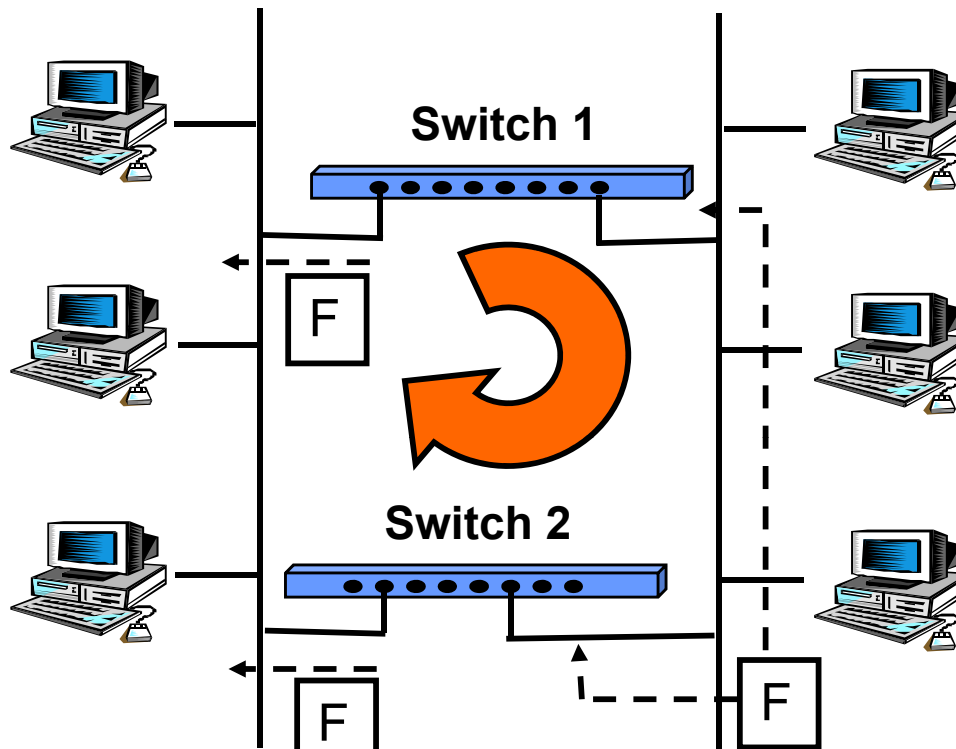
Indirizzo	Interfaccia
00-0A-24-66-51-21	14
00-0A-24-60-5D-36	13
00-80-A1-40-9A-26	13





Switch: Ciclo infinito (1/2)

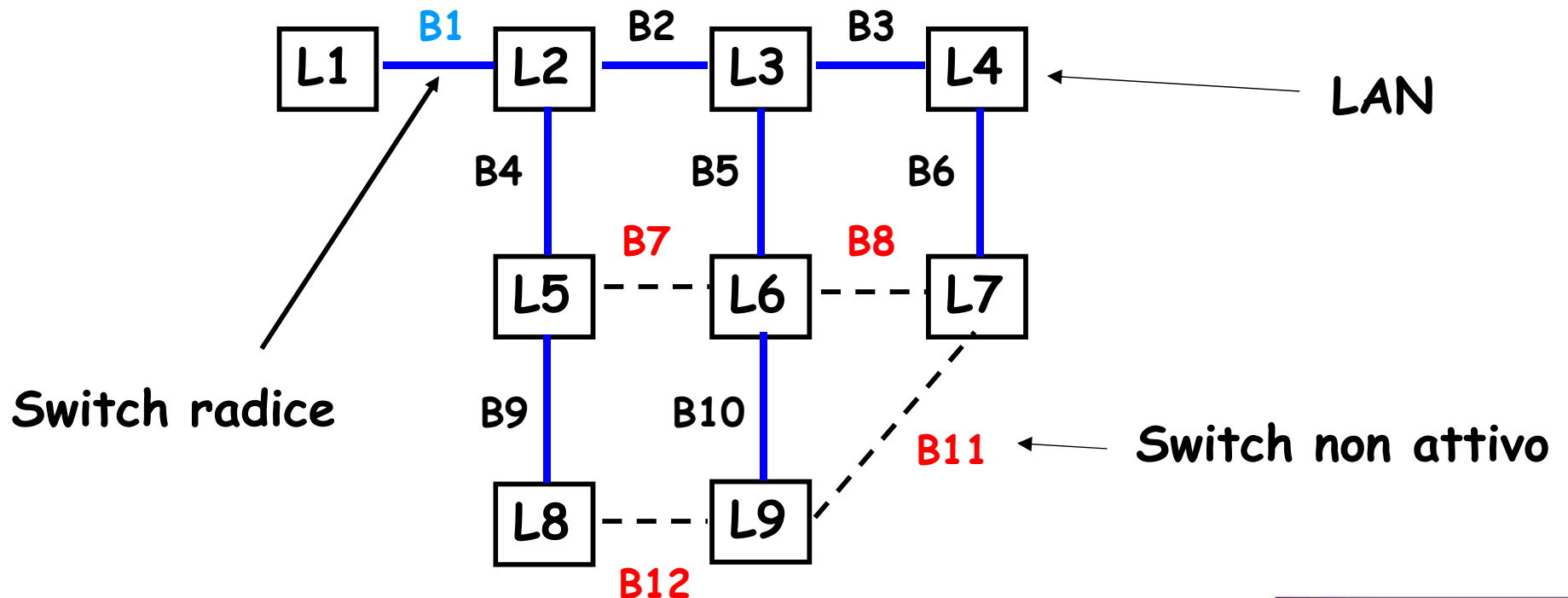
- E' possibile utilizzare più switch per collegare coppie di LAN
- Questa tecnica può introdurre il problema del "ciclo infinito"





Switch: Ciclo infinito (2/2)

- Soluzione al problema del ciclo "infinito": si costruisce l'albero di attraversamento degli switch
- Tra tutti gli switch viene selezionato uno switch "radice", e a partire da questo si costruisce l'albero a cammino minimo che permette di collegare tutte le LAN senza "cicli"

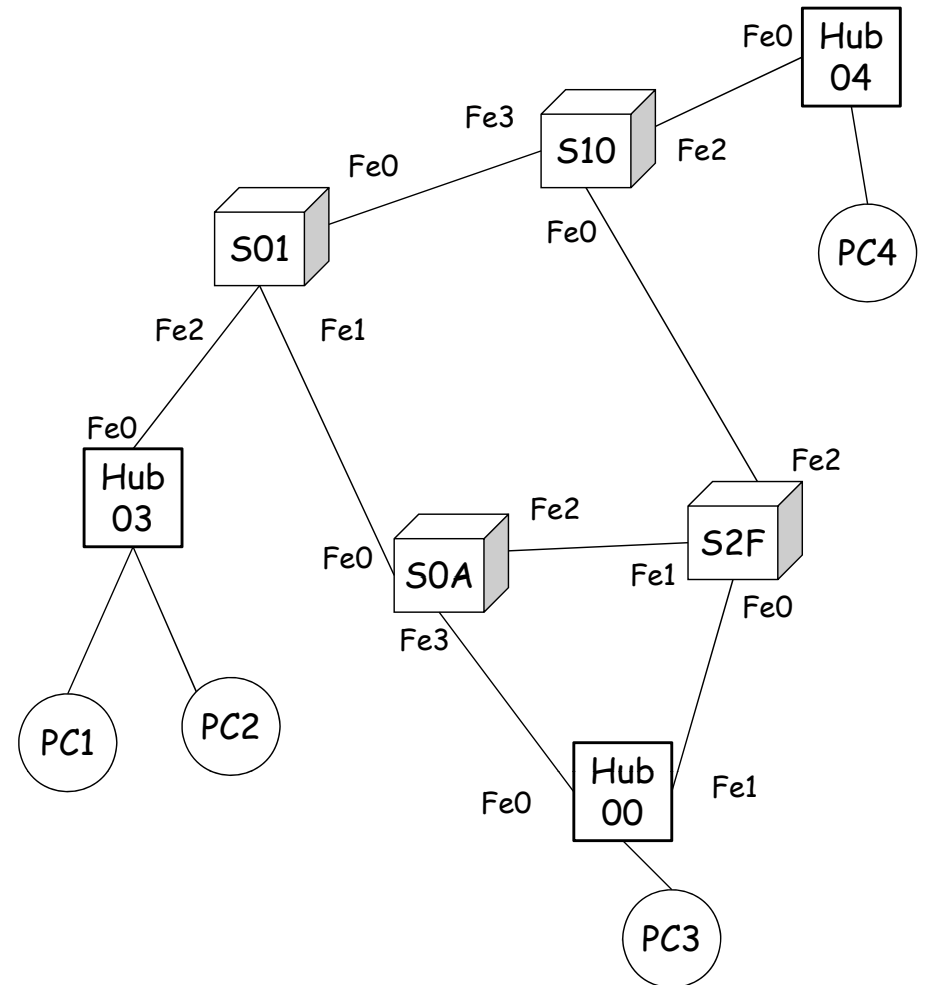




Esercizio 8 (1)

- Con riferimento alla topologia di rete in figura, determinare il risultato finale a cui perviene spanning tree protocol, assumendo che:

- l'indirizzo MAC dello switch sia del tipo SXX, e quello degli hub HUBXX, dove XX rappresentano le ultime due cifre dell'indirizzo MAC del dispositivo
- il valore del port path cost è uguale a 10 su ciascun link (costo del link)





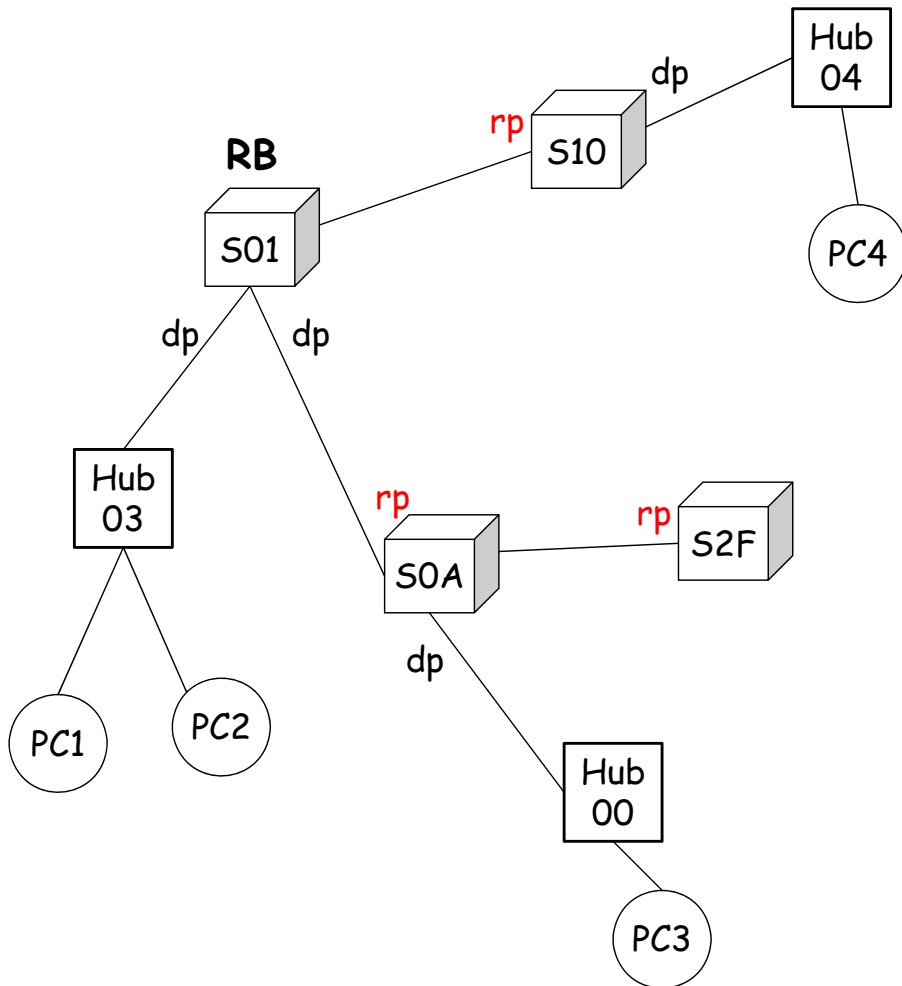
Esercizio 8 (2)

- Sulla rete derivata, calcolare l'efficienza a regime della stessa, sapendo che:
 - 1) la rete opera in accordo al protocollo Ethernet CSMA/CD
 - 2) la capacità di trasferimento dei rami è pari a $R=1 \text{ Mbit/s}$
 - 3) la lunghezza di tutti i segmenti di interconnessione è di $d=5 \text{ m}$
 - 4) la lunghezza delle trame Ethernet è $F=128 \text{ byte}$
 - 5) la velocità di propagazione del segnale sul mezzo trasmissivo è $c=2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 - 6) in un intervallo di contesa, sussistono ipotesi tali da poter considerare la probabilità di successo il valore limite $1/e$, dove "e" rappresenta il numero di Nepero, pari a 2,71.



Esercizio 8 (3)

Spanning tree



L'efficienza è data da

$$\text{Efficienza} = \frac{\text{Tempo di trasmissione di una frame}}{\text{Tempo medio di occupazione del canale}} = \frac{T_{\text{trasm}}}{T_{\text{occ}}}$$

si ha

$$T_{\text{trasm}} = \frac{F}{R}$$

$$T_{\text{occ}} = \frac{F}{R} + n \cdot \frac{2d_{\text{max}}}{c}$$

dove

- n : numero medio tentativi di trasmissione

$$n = \sum_{k=1}^{\infty} k \left(1 - \frac{1}{e}\right)^{k-1} \frac{1}{e} = e = 2.71$$

- d_{max} : massima distanza tra due stazioni in un dominio di collisione

$$d_{\text{max}} = 2 \cdot d = 10 \text{ m}$$

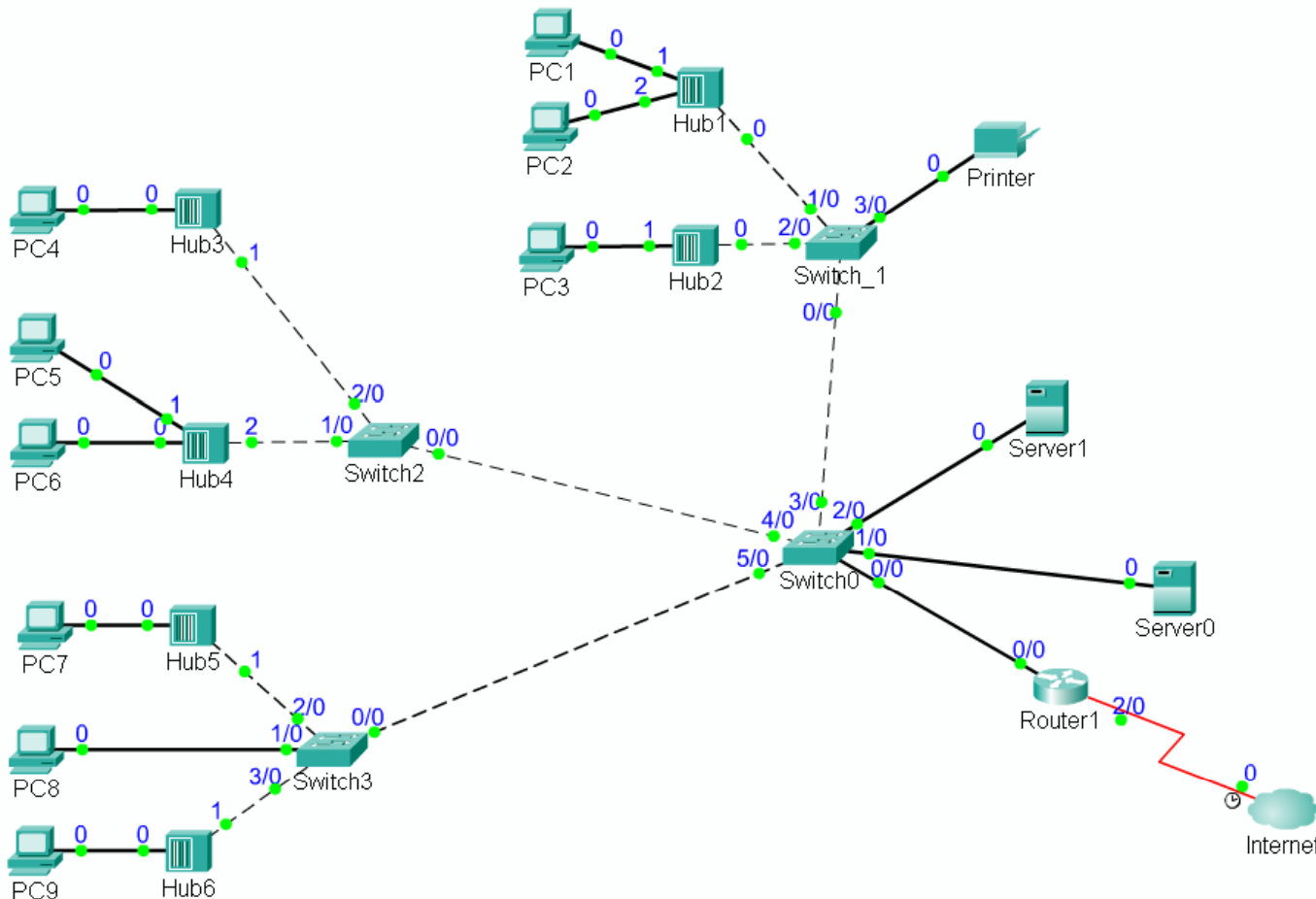
quindi

$$E = 0.99$$



Esercizio 9 (1)

- Si consideri la rete mostrata in figura e gli indirizzi MAC mostrati in tabella



Nome	Indirizzo MAC
PC1	00-CC-AA-11-22-01
PC2	00-CC-AA-11-22-02
PC3	00-CC-AA-11-22-03
PC4	00-CC-AA-11-22-04
PC5	00-CC-AA-11-22-05
PC6	00-CC-AA-11-22-06
PC7	00-CC-AA-11-22-07
PC8	00-CC-AA-11-22-08
PC9	00-CC-AA-11-22-09
Printer	00-CC-AA-11-22-0A
Server0	00-CC-AA-11-22-0B
Server1	00-CC-AA-11-22-
Router1	00-CC-AA-11-22-0D



Esercizio 9 (2)

■ Punto 1

- In base al protocollo di accesso IEEE 802.3 indicare per i Gruppi riportati in tabella se tutte le trasmissioni di ciascun Gruppo possono avere luogo contemporaneamente senza produrre collisione
 - Si assuma che gli tutti gli switch abbiano dedotto, attraverso la procedura di apprendimento, l'intera topologia di rete

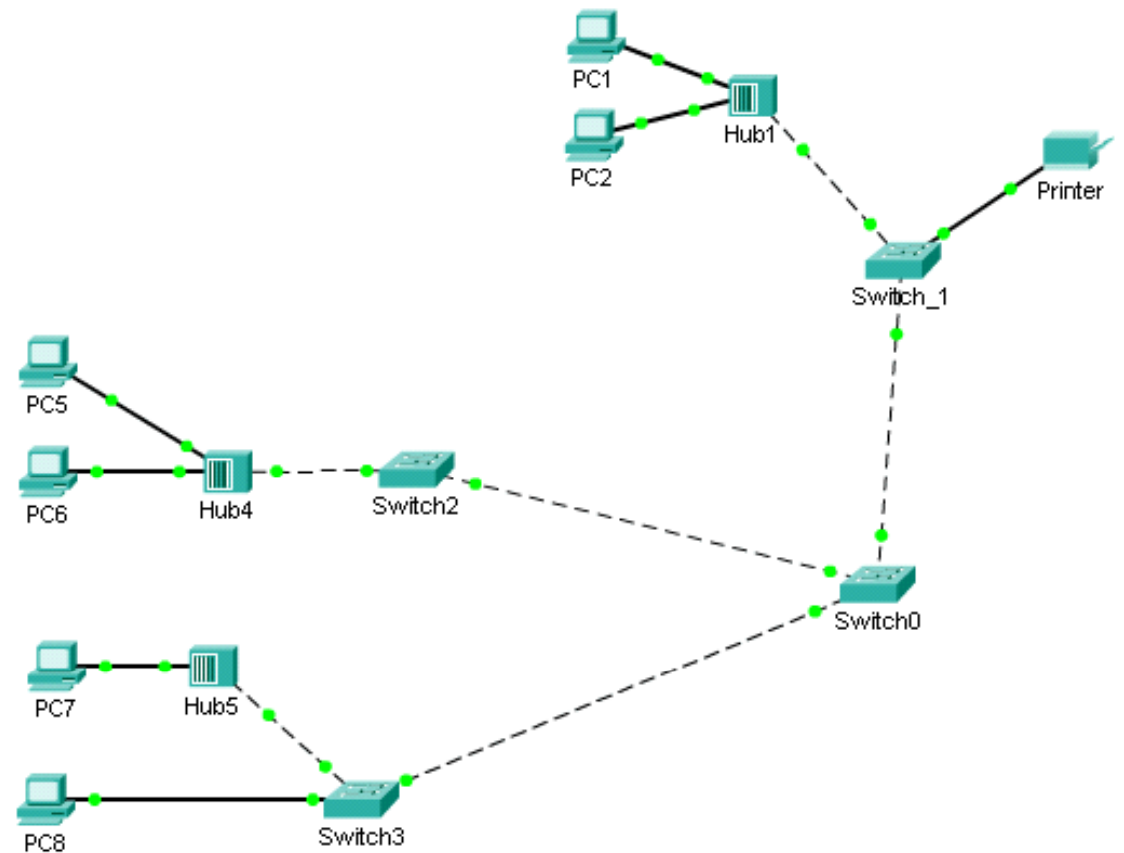
Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5
Server1-->PC7	PC9-->PC8	PC5-->PC4	PC6-->PC3	PC8-->PC9
PC1-->Printer	PC7-->Server1	PC1-->PC2	PC3-->Server0	PC7-->PC6
PC2-->Server0	PC1-->Printer	PC6-->PC9	Server1-->Router1	
	PC2-->Server0		PC1-->PC2	



Esercizio 9 (3)

■ Punto 2

- Calcolare il numero di domini di collisione e di domini di broadcast della sezione di rete riportata in figura





Esercizio 9 (4)

■ Punto 3

- Se l'estensione del dominio di collisione maggiore risulta pari a d_{\max} (km), determinare il limite teorico della dimensione minima (L_{\min}) della trama necessaria per il corretto funzionamento del protocollo di accesso
 - Si supponga una velocità di propagazione nel mezzo pari a 200000 Km/s e un ritmo di trasmissione della trame uguale a R (bit/s)



Esercizio 9 (5)

■ Punto 4

- Supponendo che, all'istante t , le forwarding table degli switch siano:

Switch0			Switch1	
Indirizzo	Interfaccia		Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-07	5/0		00-CC-AA-11-22-05	0/0
00-CC-AA-11-22-05	4/0			

Switch2			Switch3	
Indirizzo	Interfaccia		Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-05	1/0		00-CC-AA-11-22-07	2/0
00-CC-AA-11-22-07	0/0			

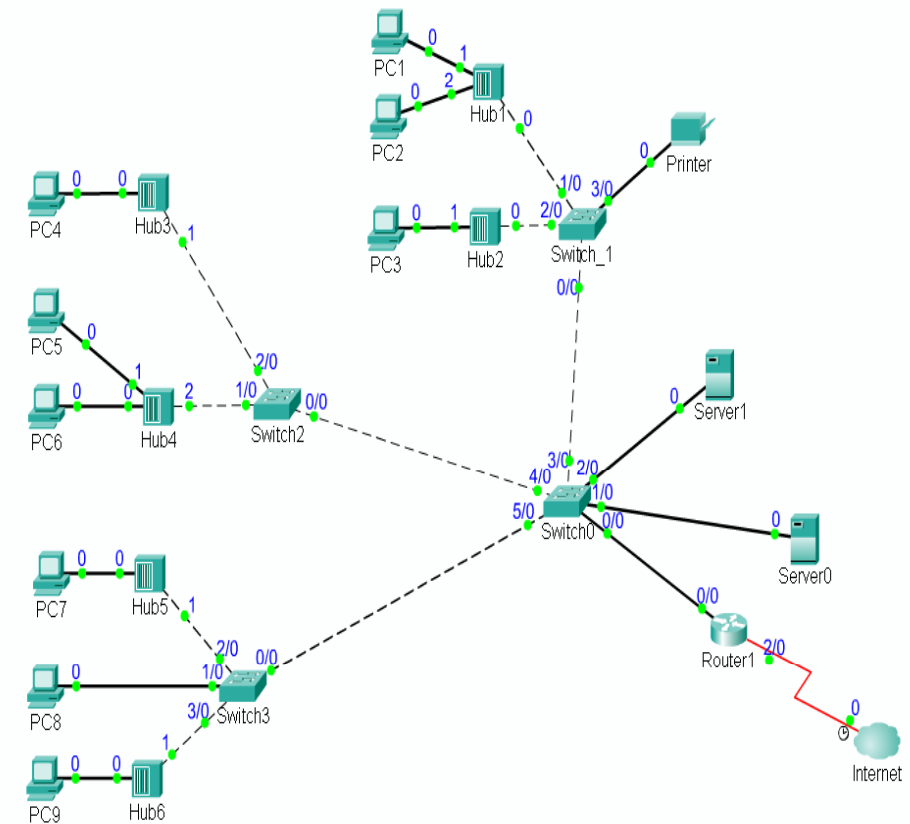
- Indicare l'insieme dei collegamenti sui quali viene inoltrata la trama inviata dal terminale avente indirizzo 00-CC-AA-11-22-07 e diretta verso il terminale con indirizzo 00-CC-AA-11-22-05



Esercizio 9 (6)

■ Soluzione punto 1

Gruppo 1	Collisioni	Gruppo 4	Collisioni
Server1-->PC7	SI	PC6-->PC3	NO
PC1-->Printer		PC3-->Server0	
PC2-->Server0		Server1-->Router1	
		PC1-->PC2	
Gruppo 2	Collisioni		
PC9-->PC8	SI	Gruppo 5	Collisioni
PC7-->Server1		PC8-->PC9	NO
PC1-->Printer		PC7-->PC6	
PC2-->Server0			
Gruppo 3	Collisioni		
PC5-->PC4	SI		
PC1-->PC2			
PC6-->PC9			

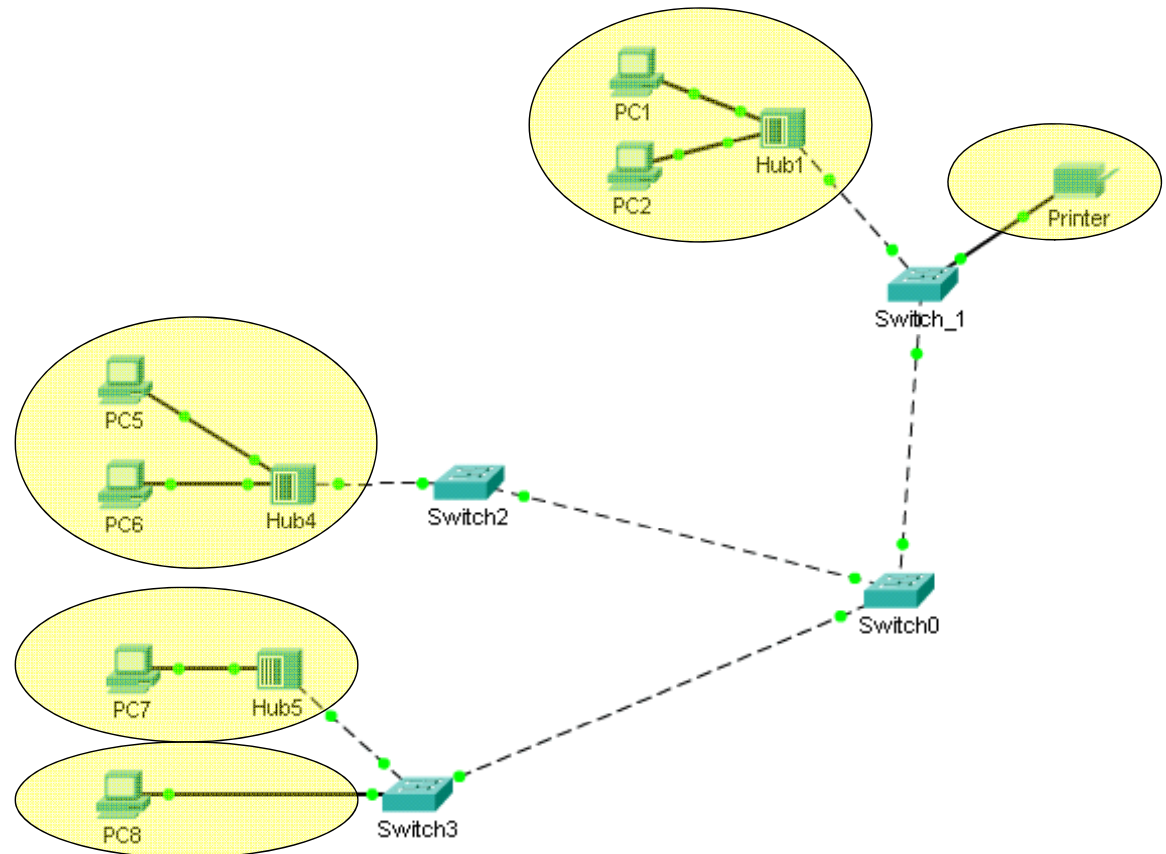




Esercizio 9 (7)

■ Soluzione punto 2

- Cinque domini di collisione
- Unico dominio di broadcast





Esercizio 9 (8)

■ Soluzione punto 3

- L'espressione della lunghezza minima di una frame è la seguente

$$L_{\min} = 2\tau_p R = 2 \cdot \frac{d_{\max}}{2 \cdot 10^5} \cdot R = d_{\max} R \cdot 10^{-5}$$

- Supponendo ad esempio $d_{\max}=10$ km e $R=10$ Mbit/s, si ha

$$L_{\min} = d_{\max} R \cdot 10^{-5} = 100 \text{ bit}$$



Esercizio 9 (9)

■ Soluzione punto 4

Switch0	
Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-07	5/0
00-CC-AA-11-22-05	4/0
Switch1	
Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-05	0/0
Switch2	
Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-05	1/0
00-CC-AA-11-22-07	0/0
Switch3	
Indirizzo	Interfaccia
00-CC-AA-11-22-07	2/0

