



## Soluzioni esercizi Parte I

Luca Veltri

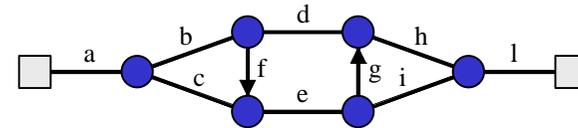
(mail.to: luca.veltri@unipr.it)

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2007/2008

<http://www.tlc.unipr.it/veltri>

### Esercizio 1.1 (soluz.)

- 1) Etichettando i rami della rete come in figura

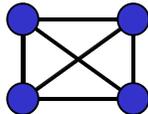


è possibile individuare i seguenti 5 cammini privi di cicli (loop):

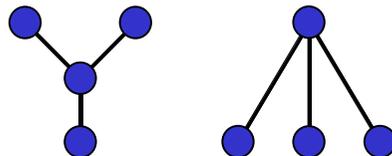
- a-b-d-h-l
  - a-b-f-e-g-h-l
  - a-b-f-e-i-l
  - a-c-e-g-h-l
  - a-c-e-i-l
- 2) il nmu min di tagli è 2 (e.g. i rami "c" e "b")

### Esercizio 1.2 (soluz.)

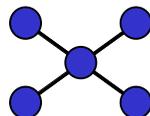
- 1) maglia completa



- 2) stella (con i soli 4 nodi)



- 2bis) stella (con un ulteriore nodo centrale)



### Esercizio 1.3 (soluz.)

- $T_{TOT} = L/C_1 + d_1/v_0 + T_{elab} + L/C_2 + d_2/v_0 + T_{elab} + L/C_3 + d_3/v_0$

- 1) con:
  - $L = 500B = 4000b$
  - $C_1 = C_2 = C_3 = 100Mb/s$
  - $d_{TOT} = d_1 + d_2 + d_3 = 400m$
  - $T_{elab} = 2ms$

$$T_{TOT} = 3 L/C_1 + 2 T_{elab} + d_{TOT}/v_0$$

$$T_{TOT} = 4,122 \text{ ms}$$

- 2) con:
  - $C_1 = C_3 = 1Mb/s$  e  $C_2 = 10Mb/s$

$$T_{TOT} = 2 L/C_1 + L/C_2 + 2 T_{elab} + d_{TOT}/v_0$$

$$T_{TOT} = 12,402 \text{ ms}$$

### Esercizio 1.4 (soluz.)

- $T_{TOT} = 2 L/C_1 + L/C_3 + L/C_4 + 3 T_{elab} + 4d_1/c_0$
- $T_{TOT} = 8 \times 10^{-5} s + 4 \times 10^{-4} s + 4 \times 10^{-3} s + 3 \times 10^{-3} s + 4 \times 10^{-4} s$
- $T_{TOT} = 7,88 \text{ ms}$

5

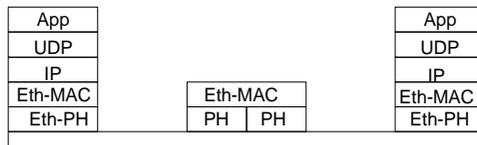
### Esercizio 2.1 (soluz.)

- 1) Eth-PDU = Eth-PCI + IP-PCI + UDP-PCI + App-PDU  
ovvero, con altra notazione:  
UI = EthH + IPH + UDPH + data (+EthT)  
per un totale di: 18B+20B+8B+160B = 206B
- 2) overhead introdotto per singolo pacchetto:
  - (overhead)/(tot) = 46/260 = 22,33%
  - (overhead)/(userdata) = 46/160 = 28,75%
- 3) bit rate medio a tra Eth-MAC e Eth-PH:
  - 206B / 20ms = 82,4kb/s

6

### Esercizio 2.2 (soluz.)

- 1) rappresentare l'architettura protocollare complessiva della comunicazione

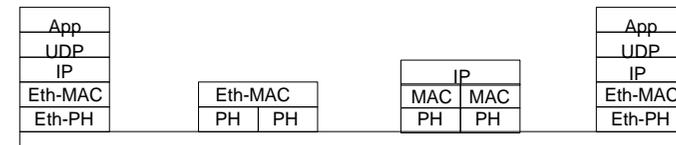


- 2) tempo di ritardo end-to-end per il trasferimento delle UI dati
  - $T_{TOT} = 2 L_{Eth-PDU} / (100 \text{ Mb/s}) + T_{elab} + 2 d / (200000 \text{ Km/s})$
  - $T_{TOT} = 6,176 \cdot 10^{-5} s + 2 \cdot 10^{-6} s + 1 \cdot 10^{-6} s = 64,76 \mu s$
- 3) throughput (carico) medio a livello IP
  - $L_{IP-PDU} = 320 + 12 + 8 + 20 \text{ B} = 340 \text{ B}$
  - $TH_{IP} = (340 \times 8 \text{ bit}) / 20 \text{ ms} = 136 \text{ kb/s}$

7

### Esercizio 2.3 (soluz.)

- Architettura di comunicazione tra T1 e T4



### Esercizio 2.4 (soluz.)

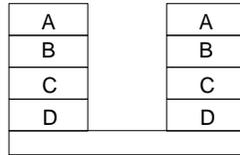
- NON è presente nessun collegamento tra entità alla pari (stesso tipo) che corrisponde alla seguente topologia (la terza):



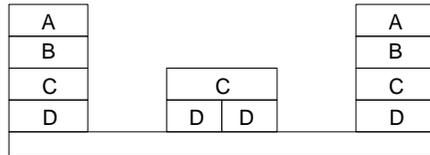
8

### Esercizio 2.5 (soluz.)

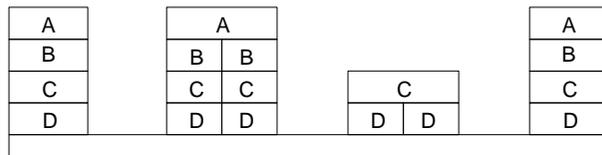
- S1 -- S3



- S1 -- S3 -- S4



- s1 -- S2 -- S3 -- S4



9

### Esercizio 2.6 (soluz.)

- A livello (A) vengono inviate 3 PDU controllo, 5 PDU dati e 2 PDU controllo
- ogni A-PDU viene incapsulata in una B-PDU in C-PDU per un totale di  $20B+20B+10B=50B$  di PCI
- per un totale di
  - $50B \times 3 + (50B+800B) \times 5 + 50B \times 2 = 50B \times 10 + 800 \times 5 = 4500B$
- 1) numero UI scambiate a livello C tra T1 e R:
  - 10 UI
- 2) grado di utilizzazione:
  - $4000B/4500B = 0,889$

10

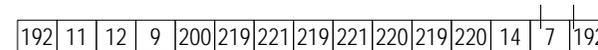
### Esercizio 2.7 (soluz.)

- A livello (A) vengono inviate 3 PDU controllo, 5 PDU dati e 2 PDU controllo
- ogni A-PDU di controllo viene incapsulata in una B-PDU e in una C-PDU per un totale di  $20B+20B+10B=50B$
- ogni A-PDU dati viene incapsulata in due B-PDU per un totale di:
  - A-PDU1 -->  $(460B+20B)+20B+10B=510B$
  - A-PDU2 -->  $340B+20B+10=370B$
- per un totale di
  - $50B \times 3 + (510B+370B) \times 5 + 50B \times 2 = 4650B$
- 1) numero UI scambiate a livello C tra T1 e R:
  - 15 UI
- 2) grado di utilizzazione:
  - $4000B/4650B = 0,86$

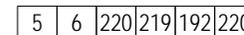
11

### Esercizio 4.1 (soluz.)

- 1) Trama inviata dal protocollo SLIP (SLIP-PDU) verso l'entità remota (e consegnata allo strato PH):



- 2) SLIP-SDU consegnata allo strato superiore



12

### Esercizio 4.2 (soluz.)

- 1) Effettiva sequenza di bit passati allo strato PH

0111111010110111101111101010101111110

- 2) UI estratta

11111111

### Esercizio 4.3 (soluz.)

- 1) Circuiti virtuali già instaurati:

- B → E
- B → D
- C → D

- 2) Routing table con la nuova connessione C → E:

Routing Table M			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	a	3	b
2	a	3	c
1	b	3	a
2	c	3	d

Routing Table H			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
2	c	3	d
2	a	3	c
2	b	3	b
2	d	3	a

Routing Table L			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	b	3	d
1	d	2	a
1	c	2	d
1	a	3	b

### Esercizio 4.4 (soluz.)

- 1) VC (Circuiti Virtuali) correttamente instaurati:
  - B → D (ovvero: B → SW1 → SW3 → SW2 → D)
  - B → E (ovvero: B → SW1 → SW3 → E)

- 2) Errori commessi in fase di configurazione:

Switching Table SW1			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	25	3	8
2	25	3	8
2	33	4	8
2	19	4	17

Switching Table SW2			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
4	8	3	20
1	8	2	42
1	8	3	16

Switching Table SW3			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	8	3	16
1	17	2	8

- Errore: scelto medesimo VCI su medesimo link per 2 differenti VC

### Esercizio 4.5 (soluz.)

Switching Table G			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	a	3	a
1	b	3	b
2	a	3	c
2	b	3	d

Switching Table H			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	a	3	a
1	b	2	a
1	c	3	b
1	d	2	b
3	a	2	c

Switching Table L			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	a	3	a
1	b	2	a
1	c	3	b

### Esercizio 4.6 (soluz.)

- 1) Tempo complessivo necessario per inviare una UI e ricevere il riscontro
  - $T1 = Tu + Tp + Ta + Tp = Tu + Ta + 2Tp$
- 2) Grado di utilizzazione massimo del canale di comunicazione
  - valore max in assenza di errori (e di ritrasmissioni)
  - $\rho = Tu/T1 = Tu / (Tu + Ta + 2Tp)$
- 3) Se  $Tu = Ta$ 
  - $\rho = 1/ (2+2Tp/Tu)$
  - se  $Tu \gg Tp$ ,  $\rho \rightarrow 1/2$
  - se  $Tu \ll Tp$ ,  $\rho \rightarrow 0$
- 4) Se  $Tu \gg Ta$ 
  - $\rho = 1/ (1+2Tp/Tu)$
  - se  $Tu \gg Tp$ ,  $\rho \rightarrow 1$
  - se  $Tu \ll Tp$ ,  $\rho \rightarrow 0$
- 5) Se  $Tp \gg Tu$ 
  - $\rho \approx 0$

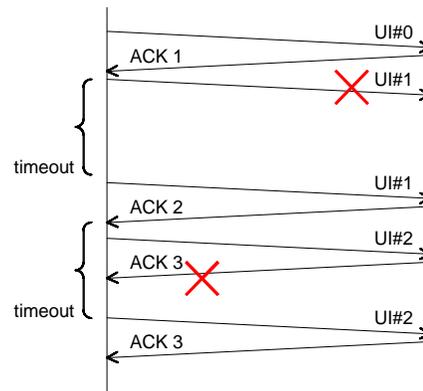
17

### Esercizio 4.7 (soluz.)

- 1) Numero medio di tentativi per inviare una UI e ricevere il riscontro correttamente
  - $a = \text{numero di tentativi}$
  - $P_a(1) = \Pr\{a=1\} = 1-p$
  - $P_a(2) = p(1-p)$
  - $P_a(k) = p^{k-1}(1-p)$
  - valore medio di  $a = E\{a\} = \sum k p^{k-1}(1-p) = (1-p) \sum k p^{k-1} =$   
 $= (1-p) \sum d(p^k)dp = (1-p) d(\sum p^k)/dp = (1-p) d(1/(1-p))/dp =$   
 $= (1-p) / (1-p)^2 = 1/(1-p)$
  - tempo medio per inviare una UI =  $E\{T\} = E\{a\}T1 = (Tu+ta+2Tp)/(1-p)$
- 2) Grado di utilizzazione medio del canale di comunicazione
  - $\rho = Tu / E\{T\} = (1-p)Tu/T1$

18

### Esercizio 4.8 (soluz.)



19

### Esercizio 4.9 (soluz.)

- Tempo complessivo necessario per inviare N UI consecutive e correttamente riscontrate, nel caso che  $N < W_T$ 
  - $T_N = N Tu + 2Tp + Ta = (N-1)Tu + T1$

20

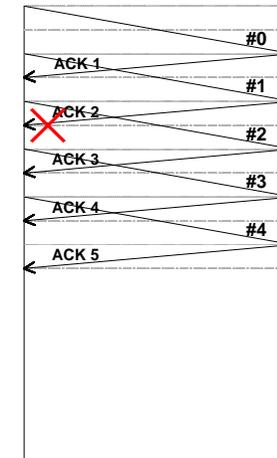
### Esercizio 4.10 (soluz.)

- Tempo complessivo necessario per inviare le N UI (e riceverne riscontro positivo):
  - tempo impiegato per trasmettere una UI =  $T_u$
  - tempo impiegato per trasmettere 3 ( $W_T=3$ ) UI =  $3 T_u$
  - tempo impiegato per inviare prima UI e ricevere primo ACK =  $T_1 = T_u + T_a + 2T_p = 6T_u$
  - tempo impiegato per trasmettere quarta UI =  $T_u$
  - tempo impiegato per trasmettere quinta (e ultima) UI e ricevere relativo ACK =  $T_1$
- tempo complessivo =  $T_1 + T_u + T_u = 12T_u$
- In generale (per qualsiasi valore di  $W_T$  e N), è possibile ricavare che:
  - $T = \text{int\_sup}(N/W_T)T_1 + [(N \text{ mod } W_T)-1]T_u$
- Con  $W_T=3$ ,  $N=5$ ,  $T_1=6T_u$ :
  - $T = 2T_1 + T_u = 13T_u$

21

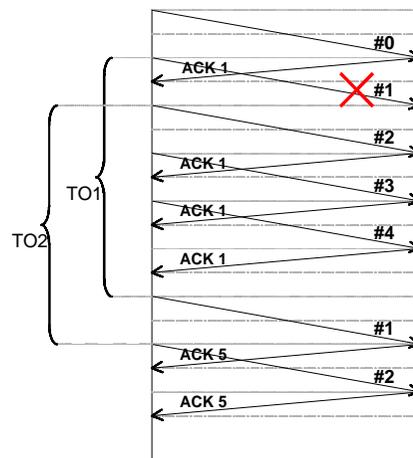
### Esercizio 4.11 (soluz.)

- 1) Diagramma completo dei messaggi scambiati tra i nodi A e B nell'ipotesi che si perda (o arrivi errata) l'ACK relativo alla seconda UI



22

- 2) Diagramma completo dei messaggi scambiati tra i nodi A e B nell'ipotesi che si perda (o arrivi errata a destinazione) la seconda UI



23

### Esercizio 4.12 (soluz.)

- Una UI di lunghezza L dopo l'operazione di stuffing più delimitazione ha una lunghezza di:
  - $L_1 = L + 2 + s(L)$
  - dove  $s(L)$  è il numero di caratteri introdotti dallo stuffing
- L'operazione di stuffing aumenta di 1 la lunghezza totale ad ogni occorrenza di A o di B, quindi il numero medio di caratteri introdotti dallo stuffing è:
  - $E\{s(L)\} = L \cdot 2p$
  - dove  $p=1/256$  è la probabilità di un singolo carattere
- La lunghezza totale media di ogni UI è quindi:
  - $E\{L_1\} = E\{L + 2 + L \cdot 2p\} = L_m + 2 + L_m \cdot 2p$
- Con un overhead totale rispetto alla lunghezza originaria:
  - $OH = (2 + L_m \cdot 2p) / L_m$

24

### Esercizio 7.1 (soluz.)

- a) Domini di collisione MAC presenti (nodi che partecipano attivamente al MAC):
  - $D1 = \{T1, T2, T3, B\}$
  - $D2 = \{B, T4, T5, S\}$
  - $D3 = \{S, T6\}$
  - $D4 = \{S, T7\}$
- b) Massimo diametro tra i domini di collisione presenti:
  - $d_{MAX} = 150m$  (e.g. B-T4)
- c) Architettura protocollare relativa alla comunicazione tra due applicazioni residenti nei terminali T1 e T6:
  - [TO-DO]

25

### Esercizio 7.2 (soluz.)

- a) Domini di collisione MAC presenti (nodi che partecipano attivamente al MAC):
  - $D1 = \{T1, T2, T3, B\}$
  - $D2 = \{B, T4, T5, R\}$
  - $D3 = \{R, S\}$
  - $D4 = \{S, T6, T7\}$
- b) Massimo diametro tra i domini di collisione presenti:
  - $d_{MAX} = 170m$
- c) Architettura protocollare relativa alla comunicazione tra due applicazioni residenti nei terminali T1 e T5:
  - [TO-DO]

26

### Esercizio 7.3 (soluz.)

- Ritardo di trasferimento di un pacchetto di  $L$  bytes dal terminale al router:
  - $T_{TOT} = 2L/(100Mb/s) + T_{hub} + T_{sw} + (d1+d2+d3)/(200000Km/s)$
- Massima distanza possibile tra il terminale e l'hub imposta dal protocollo di accesso al mezzo CSMA/CD
  - il tempo max di propagazione da estremo a estremo deve essere inferiore al tempo di trasmissione di UI (trama) di dim minima (64B), quindi:
    - $2(Tp+T_{hub}) < 64B/(100Mb/s)$
    - $(d1+d2)/c_0 + T_{hub} < 256 \cdot 10^{-8}s$
    - $(d1+d2) < c_0 (2,56\mu s - T_{hub}) = 512m - c_0 T_{hub}$
    - $d1 < 412m - c_0 T_{hub}$
  - esempio,  
se  $T_{hub} = 1\mu s$ ,  $\Rightarrow d1 < 412m - 2 \cdot 10^8 m/s \cdot 10^{-6}s = 412m - 200m = 212m$

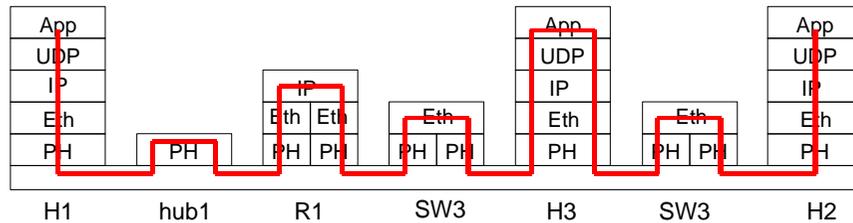
27

### Esercizio 7.4 (soluz.)

- a) Domini di collisione MAC presenti, indicando per ognuno di essi i nodi che partecipano al MAC e il relativo diametro max:
  - $D1 = \{H1, H2, SW\}$ ,  $d=200$
  - $D2 = \{SW, H3\}$ ,  $d=100$
  - $D3 = \{SW, R\}$ ,  $d=120$
  - $D4 = \{R, H4\}$ ,  $d=70$
- c) Ethernet in modalità full-duplex possibile tra:
  - SW-H3
  - SW-R
  - R-H4
- b) Architettura protocollare relativa alla comunicazione tra due applicazioni basate su TCP/IP e residenti nei nodi H1 e H4
  - [TO-DO]

28

### Esercizio 7.5 (soluz.)



29

### Esercizio 9.1 (soluz.)

- Rispettivamente, di classe D, A, D, C, C

### Esercizio 9.2 (soluz.)

- 2) netmask : 255.255.255.224 (27 bits di netmask)
- 2) se si parte dai primi indirizzi utili, si possono assegnare alla sottorete gli indirizzi da 193.212.100.0 a 193.212.100.31, ovvero la sottorete: 193.212.100.0 (255.255.255.224), che con notazione diversa può essere indicata con: 193.212.100.0/27

30

### Esercizio 9.3 (soluz.)

- 1) dei 18 host totali se ne possono mettere 13 nella rete A e 5 nella rete B; il numero totale di indirizzi impegnati sarà:
  - rete A: 13 hosts + 1 router + 2 indirizzi riservati = 16 indirizzi
  - rete B: 5 hosts + 1 router + 2 indirizzi riservati = 8 indirizzi
  - gli indirizzi riservati sono: 1 indirizzo rete (tutti 0 nella parte host\_id) + 1 indirizzo broadcast locale (limitato alla sottorete) (tutti 1 nella parte host\_id)
- 2) gli indirizzi di rete sono rispettivamente:
  - rete A: 193.200.10.0 (255.255.255.240), ovvero 193.200.10.0/28
  - rete B: 193.200.10.16 (255.255.255.248), ovvero 193.200.10.16/29

31

### Esercizio 9.4 (soluz.)

- 1) numero di indirizzi necessari e relative netmask:
  - rete A:  $N=25+1+2=28 \leq 32$  ⇒ netmask 27 bits ⇒ 255.255.255.224
  - rete B:  $N=80+2+2=84 \leq 128$  ⇒ netmask 25 bits ⇒ 255.255.255.128
  - rete C:  $N=7+1+2=10 \leq 16$  ⇒ netmask 28 bits ⇒ 255.255.255.240
- 2) assegnando gli indirizzi nell'ordine B, A e C, si ha:
  - rete B: 151.100.0.0 [255.255.255.128], ovvero 151.100.0.0/25
    - (indirizzi da 151.100.0.0 a 151.100.0.127)
  - rete A: 151.100.0.128 [255.255.255.224], ovvero 151.100.0.128/27
    - (indirizzi da 151.100.0.128 a 151.100.0.159)
  - rete C: 151.100.0.160 [255.255.255.240], ovvero 151.100.0.160/28
    - (indirizzi da 151.100.0.160 a 151.100.0.175)

32

### Esercizio 9.5 (soluz.)

- [TO-DO]

### Esercizio 9.6 (soluz.)

- 1) da 194.54.0.0 a 194.54.127.255 (194.54.127.0 è l'ultima rete di classe C assegnata)
- 2) 17 bits (255.255.128.0)
- 3) 255.255.248.0 (21 bits)
- 4)  $2^{11}=2048$