



Esercizi Reti di TLC A Parte I

Luca Veltri

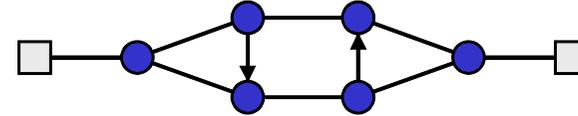
(mail.to: luca.veltri@unipr.it)

Corso di Reti di Telecomunicazioni A, a.a. 2010/2011

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

Esercizio 1.1

- Data la topologia di rete in figura



- 1) indicare il numero totale di percorsi possibili tra i nodi A e B nei quali non venga attraversato più di una volta lo stesso ramo
- 2) indicare il numero minimo di tagli di rami (esclusi i 2 rami di accesso) in grado di rendere B irraggiungibile da A

2

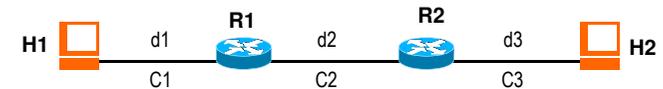
Esercizio 1.2

- Dati quattro nodi di rete, si disegnino i relativi schemi di rete con:
 - 1) i quattro nodi collegati a maglia completa
 - 2) i quattro nodi collegati a stella

3

Esercizio 1.3

- Si consideri il seguente collegamento tra due nodi terminali T1 e T2



- dove:
 - v_0 = velocità di propagazione nel mezzo = 200'000 Km/s
 - C_i = capacità di trasferimento (bit-rate) sul link i = 100Mb/s
 - d_i = lunghezza del link i : $d_1=100m$, $d_2=200m$, $d_3=100m$
 - T_{elab} = tempo di elaborazione e attraversamento di un nodo = 2ms
 - L_{UI} = lunghezza (in byte) delle UI = 500B
- Si chiede di:
 - 1) calcolare il tempo complessivo di ritardo da estremo a estremo
 - 2) ripetere lo stesso calcolo nel caso $C_1=C_3=1Mb/s$ e $C_2=10Mb/s$

4

Esercizio 1.4

- Data la seguente porzione di rete tra i nodi H1 e H2



- Si calcoli il ritardo end-to-end complessivo speso da un pacchetto di $L=500\text{B}$ inviato da H1 verso H2, nell'ipotesi che:
 - i) sia $T_e=1\text{ ms}$ il ritardo di elaborazione e attraversamento speso da un pacchetto all'interno di ciascun router
 - ii) sia trascurabile il ritardo speso nell'attraversamento di eventuali nodi di livello inferiore all'interno delle varie tratte di rete,
 - iii) sia $d_1=d_2=d_3=d_4=20\text{ Km}$ la lunghezza delle singole tratte di rete
 - iv) siano $C_1=C_2=100\text{ Mb/s}$, $C_3=10\text{ Mb/s}$, e $C_4=1\text{ Mb/s}$ le capacità trasmissive dei vari link di rete
 - v) sia circa $c_0=200'000\text{Km/s}$ la velocità di propagazione nel mezzo trasmissivo.

5

Architetture e protocolli di comunicazione

Esercizio 2.1

- Si consideri uno schema di rete in cui due terminali H1 e H2 sono interconnessi tramite un nodo intermedio R
- Nell'ipotesi che:
 - i nodi H1 e H2 comunicano tra loro tramite la seguente pila di protocolli (partendo dall'alto) App/TCP/IP/Eth/PH
 - il nodo R effettua rilancio a livello IP
 - i protocolli App, TCP, IP, Eth e PH utilizzano PDU con intestazione di lunghezza rispettivamente:
 - $L_{AppH}=0$, $L_{TCPH}=20\text{ B}$, $L_{IPH}=20\text{ B}$, $L_{EthH}=18\text{ B}$, $L_{PHH}=0$
 - a livello PH i nodi comunicano a 1 Mb/s (capacità dei collegamenti PH)
 - il protocollo Eth ha una dimensione max di PDU (Maximum Transfer Unit) di 1500 B
 - i protocolli IP, TCP e App dimensionano opportunamente le loro PDU in modo da rientrare in tale MTU
 - H1 vuole inviare ad H2 tramite il protocollo applicativo un totale di 5000 B (byte)

7

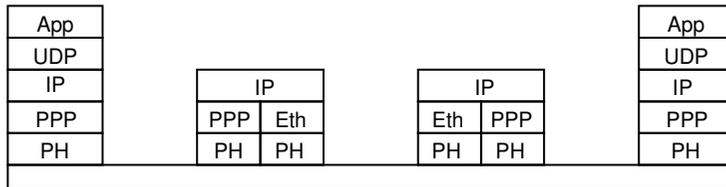
Esercizio 2.1 (cont.)

- Si chiede:
 - 1) disegnare l'architettura protocollare della comunicazione tra H1 e H2
 - 2) il numero complessivo di UI inviate a livello PH
 - 3) dimensione e formato (indicando tutti i protocolli interni) di tali UI
 - 4) tempo necessario a H1 per trasmettere tutte le UI (tempo totale di trasmissione)
 - 5) coefficiente di utilizzazione del collegamento a livello PH, calcolato come quota parte dei bit utili rispetto a bit totali inviati

8

Esercizio 2.2

- Data la seguente architettura protocollare



- Supponendo che:
 - il protocollo App nel nodo terminale sinistro generi delle UI di 160B (byte) a cadenza regolare, una ogni 20ms, dirette verso il terminale destro
 - i protocolli UDP, IP, PPP, e Eth introducano rispettivamente 8B, 20B, 8B, e 18B di overhead (PCI)
- In corrispondenza del link di livello PH tra i 2 nodi intermedi, si chiede:
 - 1) struttura delle UI (tutti i PCI e SDU) presenti sul link nel flusso di byte PH
 - 2) overhead (%) complessivo per singolo pacchetto
 - 3) bit rate medio

9

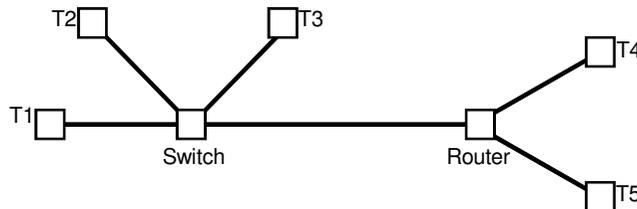
Esercizio 2.3

- Si consideri una rete LAN a 100Mb/s, con struttura a stella con uno SW centrale (che opera relay a livello DL)
- Nell'ipotesi che:
 - due applicazioni A e B su due terminali distinti si scambino delle UI dati (da A a B) di 320B (byte), con ritmo pari a 1 UI dati ogni 20ms
 - i terminali implementino una architettura a strati con la seguente pila di protocolli: App,UDP,IP,DL,PH
 - tali protocolli abbiano un header (PCI) di lunghezza (in byte) rispettivamente: $L_{AppH}=12B$, $L_{UDPH}=8B$, $L_{IPH}=20B$, $L_{DLH}=18B$, $L_{PHH}=8B$
 - d = distanza tra i terminali e SW = 100m
 - T_{elab} = tempo di elaborazione e attrav. dello SW = 2microsec
 - L_{dati} = lunghezza (in byte) delle UI dati = 320B
- Si chiede di:
 - 1) rappresentare l'architettura protocollare complessiva della comunicazione
 - 2) tempo di ritardo end-to-end per il trasferimento delle UI dati
 - 3) throughput (carico) medio a livello IP

10

Esercizio 2.4

- Data la seguente topologia di rete, sapendo che i terminali T implementino una architettura a strati con i seguenti protocolli: Applicazione,UDP, IP, Ethernet-MAC, Ethernet-PH

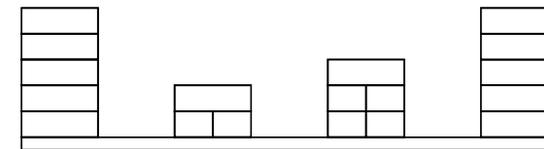


- Rappresentare l'architettura di comunicazione tra T1 e T4 (Nota: SW è nodo di relay Ethernet-MAC, Route è nodo di relay IP)

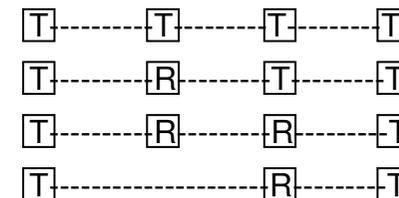
11

Esercizio 2.5

- Data la seguente architettura protocollare



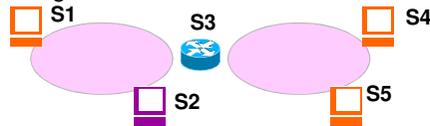
- Indicare quale di queste topologie NON è rappresentativa dell'interconnessione tra i quattro nodi a nessun livello protocollare (T=terminale, R=relay-system)



12

Esercizio 2.6

- Si consideri il seguente schema di rete:

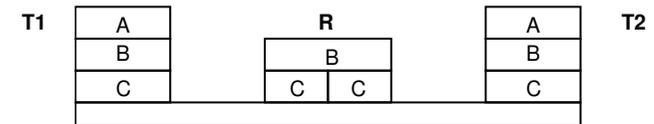


- Nell'ipotesi che:
 - tutti i nodi implementano lo stesso stack protocollare con la successione dei protocolli A,B,C e D (A è il protocollo di livello più alto)
 - S3 è nodo di rilancio (relay system) per il protocollo C
 - S2 è nodo di rilancio (relay system) per il protocollo A
- Si chiede di rappresentare l'architettura protocollare delle seguenti comunicazioni:
 - S1---S3
 - S1---S3---S4
 - S1---S2---S3---S4

13

Esercizio 2.7

- Data la seguente architettura protocollare



- Nell'ipotesi che:
 - A è protocollo CO (connecon oriented)
 - per instaurare la connessione utilizza 3 PDU di controllo (solo PCI)
 - per abbattere la connessione utilizza 2 PDU di controllo (solo PCI)
 - durante il trasf. dati non vengono inviate ulteriori PDU di controllo
 - B e C sono protocolli CL (connection less)
 - A, B, C utilizzano PDU con PCI rispettivamente di lungh. 20, 20 e 10
 - una entità del protocollo A in T1 instaura una connessione con entità alla pari su T2, invia 5 PDU dati con SDU di dimensione di 800B, abbatte la connessione
 - non ci sono perdite di pacchetti
- Si chiede:
 - 1) Numero totale di UI scambiate a livello C nei due versi
 - 2) grado di utilizzazione (frazione byte utili su byte totali) a livello C

14

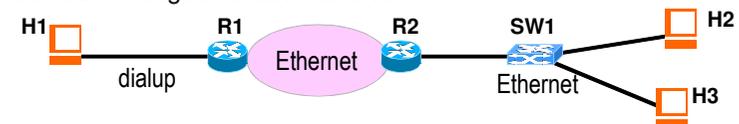
Esercizio 2.8

- A partire dallo scenario di comunicazione dell'esercizio precedente,
- nell'ipotesi che:
 - il protocollo B abbia un limite sulla lunghezza delle proprie PDU pari a 500B
 - e che in caso di PDU di livello superiore di lunghezza maggiore di 480B il protocollo B possa operare frammentazione e riassetaggio
- Si chiede:
 - 1) numero totale di UI scambiate a livello C nei due versi
 - 2) grado di utilizzazione (frazione byte utili su byte totali) a livello C

15

Esercizio 2.9

- Si consideri il seguente schema di rete



- dove:
 - R1 e R2 sono nodo di commutazione di livello IP (router) mentre SW1 è nodo di commutazione di livello Ethernet
 - i nodi terminali H_i comunicano tra di loro attraverso la seguente pila di protocolli App/TCP/IP/DL/PH, dove
 - DL=PPP su Dialup, DL=MAC-Eth su Ethernet
- Si chiede:
 - architettura protocollare rappresentativa della comunicazione tra H1 e H2
 - topologia della rete distinguendo tra nodi terminali e intermedi
 - a livello 2 (DL)
 - a livello 3 (IP)
 - a livello 5 (App)

16

Esercizio 4.2

- Un protocollo DL delimita le UI mediante due flag di 8 bit=01111110
- La procedura di bit-stuffing prevede che ad ogni sequenza di 5 bit ad "1" consecutivi venga aggiunto un bit "0"

- 1) data la seguente UI senza flag di delimitazione

10110111111111110101

indicare la effettiva sequenza di bit passati allo strato PH

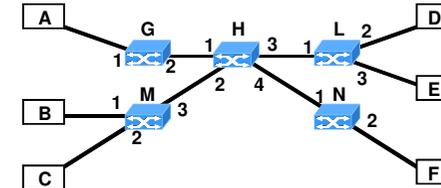
- 2) data invece la seguente sequenza di bit ricevuti dallo strato PH

01011001111110111101101111110

indicare la eventuale UI estratta

Esercizio 4.3

- Sia data la rete a pacchetto a circuito virtuale (Connection Oriented) rappresentata in figura:



- Si considerino le tabelle di routing indicate di seguito, in cui:
 - IN e OUT sono rispettivamente le colonne relative agli ingressi e alle uscite del nodo,
 - ogni riga si riferisce ad un circuito virtuale,
 - le colonne "link" indicano l'identificativo del link di ingresso/uscita, con i valori come indicato in figura,
 - le colonne VCI indicano l'identificativo di circuito virtuale usato per quel circuito sul particolare link di ingresso/uscita,
 - per gli identificativi VCI sono a disposizione 4 possibili valori : a=00, b=01, c=10, d=11.

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

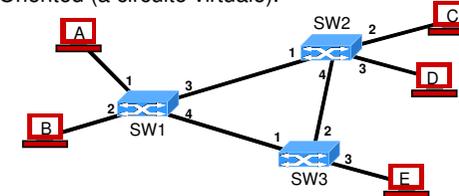
Routing Table H			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
2	c	3	d
2	a	3	c
2	b	3	b

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

- si chiede di:
 - 1) indicare quali circuiti virtuali sono già instaurati, indicando il terminale di sorgente e di destinazione
 - 2) aggiungere nelle routing table una nuova connessione (circuito virtuale) dal terminale C al terminale E (inserire gli identificativi VCI a scelta tra quelli possibili).

Esercizio 4.4

- Si consideri lo schema di rete in figura sottostante e si supponga che il protocollo che effettua commutazione nei nodi di rete operi in modalità Connection Oriented (a circuito virtuale).



- Date le seguenti switching table, indicare quali VC (circuiti virtuali) sono correttamente instaurati e quali errori sono stati commessi in fase di configurazione

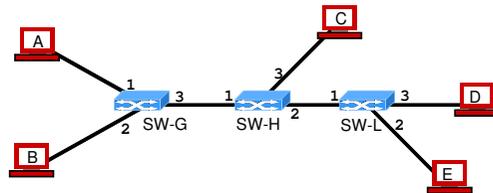
Switching Table SW1			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI
1	25	3	8
2	25	3	8
2	33	4	8
2	19	4	17

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

Esercizio 4.5

- Si consideri un protocollo di rete che effettua commutazione con modalità Connection Oriented (a circuito virtuale); si supponga che l'header delle UI preveda per l'identificativo di circuito virtuale un campo VCI di 2 bit;
- Si consideri la seguente topologia di rete:



- Si chiede di configurare le tabelle di switching sottostanti dei nodi in modo da instaurare i seguenti collegamenti:
- A-C, A-D, B-C, B-E, C-D

- Nota: nelle tabelle di switching,
 - IN e OUT indicano rispettivamente agli ingressi e alle uscite del nodo,
 - ogni riga si riferisce ad un circuito virtuale,
 - le colonne "link" indicano l'identificativo del link di ingresso/uscita, in accordo ai valori indicati in figura,
- le colonne VCI indicano l'identificativo di circuito virtuale usato per quel circuito sul particolare link di ingresso/uscita.

Switching Table G			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI

Switching Table H			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI

Switching Table L			
IN		OUT	
Link	VCI	Link	VCI

Esercizio 4.6

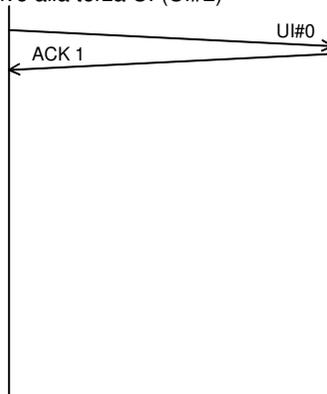
- Si consideri la comunicazione tra due nodi tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità stop&wait
- Nell'ipotesi che:
 - T_u = tempo di trasmissione di una UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK
 - T_{e2e} = tempo di trasferimento end-to-end nella rete, escluso il tempo di trasmissione nel nodo sorgente (Nota: nel caso di un unico link rappresenterebbe il tempo di propagazione nel mezzo)
 - non si verificano errori trasmissivi (UI dati e ACK ricevuti corretti)
- Si chiede di calcolare:
 - 1) il tempo complessivo necessario per inviare una UI e ricevere il riscontro
 - 2) il rendimento o grado di utilizzazione massimo del canale di comunicazione
 - 3) la quantità del punto 2) nell'ipotesi che $T_u = T_a$
 - 4) la quantità del punto 2) nell'ipotesi che $T_u \gg T_a$
 - 5) la quantità del punto 2) nell'ipotesi che $T_{e2e} \gg T_u$

Esercizio 4.7

- Si consideri la comunicazione tra due nodi tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità stop&wait
- Nell'ipotesi che:
 - T_u = tempo di trasmissione di una UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK
 - T_p = tempo di trasferimento end-to-end nella rete, escluso il tempo di trasmissione nel nodo sorgente (Nota: nel caso di un unico link rappresenterebbe il tempo di propagazione nel mezzo)
 - timeout di ritrasmissione circa uguale al tempo complessivo necessario per inviare una UI e ricevere il riscontro
 - $P = Pr$ {non si riceve un ACK relativo ad una UI dati inviata}
- Si chiede di calcolare:
 - 1) il numero medio di tentativi per inviare una UI e ricevere il riscontro correttamente
 - 2) il rendimento o grado di utilizzazione medio del canale di comunicazione

Esercizio 4.8

- Si consideri la comunicazione tra due nodi tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità stop&wait
- si consideri l'invio (confermato) di 3 UI, a partire dalla UI#0
- indicare il diagramma dei messaggi nel caso si perda la seconda UI (UI#1) e il primo riscontro relativo alla terza UI (UI#2)



29

Esercizio 4.9

- Si consideri la comunicazione tra due nodi A e B tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità sliding window
- Indicando con:
 - T_u = tempo di trasmissione di una UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK
 - T_p = tempo di trasferimento end-to-end all'interno della rete, escluso il tempo di trasmissione speso nel nodo sorgente (Nota: nel caso di un unico link rappresenterebbe il tempo di propagazione nel mezzo)
 - W_T = dimensione della finestra di trasmissione
- Nell'ipotesi che:
 - non si verifichino errori trasmissivi (UI dati e ACK ricevuti corretti)
- Si chiede di calcolare:
 - il tempo complessivo necessario per inviare N UI consecutive e correttamente riscontrate, nel caso che $N < W_T$

30

Esercizio 4.10

- Si consideri la comunicazione tra due nodi A e B tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità sliding window
- Indicando con
 - T_u = tempo di trasmissione di una UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK
 - T_p = tempo di trasferimento end-to-end all'interno della rete, escluso il tempo di trasmissione speso nel nodo sorgente (Nota: nel caso di un unico link rappresenterebbe il tempo di propagazione nel mezzo)
 - W_T = dimensione della finestra di trasmissione
 - N = numero UI dati che si vogliono inviare (e di cui si vuole ricevere riscontro positivo)
- Nell'ipotesi che:
 - $T_a = T_u$
 - $W_T = 3$
 - $N = 5$
 - $T_p = 2T_u$
 - non si verifichino errori trasmissivi (UI dati e ACK ricevuti corretti)
- Si chiede di calcolare:
 - il tempo complessivo necessario per inviare le N UI (e riceverne riscontro positivo)

31

Esercizio 4.11

- Si consideri la comunicazione tra due nodi A e B tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità sliding window di tipo selective repeat
- si consideri l'invio di 5 UI nell'ipotesi che
 - le UI sono numerate a partire da 0
 - la finestra di trasmissione ha dimensione $W_T = 7$
 - T_u = tempo di trasmissione di una singola UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK = $T_u/2$
 - i riscontri sono emessi da B immediatamente
 - T_p = tempo di trasferimento end-to-end all'interno della rete = circa 0 (trascurabile)
 - TO = timeout di ritrasmissione = $5 T_u$
- Si chiede di:
 - indicare il 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
 - indicare il diagramma completo dei messaggi scambiati tra i nodi A e B nell'ipotesi che si perda (o arrivi errata a destinazione) la seconda UI

32

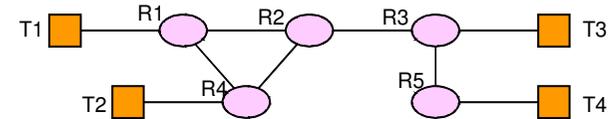
Esercizio 4.12

- Si consideri un protocollo X che implementa la funzione di delimitazione delle UI tramite inserimento di byte di tipo A all'inizio e alla fine di ogni UI
- tale procedura è preceduta dalla seguente operazione di byte-stuffing:
 - byte di tipo A vengono sostituiti con sequenze (coppie) C|B
 - byte di tipo C vengono sostituiti con sequenze (coppie) C|C
- in ricezione si effettuano le operazioni opposte.
- Si chiede di calcolare la percentuale di overhead (extra-informazione di controllo) introdotta nell'ipotesi che
 - i byte da trasmettere siano equamente distribuiti tra 0 e 255
 - byte successivi siano statisticamente indipendenti tra loro
 - la lunghezza media di UI da trasmettere (esclusa informazione introdotta per la funz. di delimitazione) sia pari a L_m
- Suggestione: calcolare prima overhead per byte-stuffing e poi quello per delimitazione in senso stretto

33

Esercizio 4.13

- Si consideri il seguente schema di rete:



- Nell'ipotesi che i nodi operino rilancio delle UI in accordo ad un protocollo CL (a datagramma) e che utilizzino delle tabelle di routing del tipo:

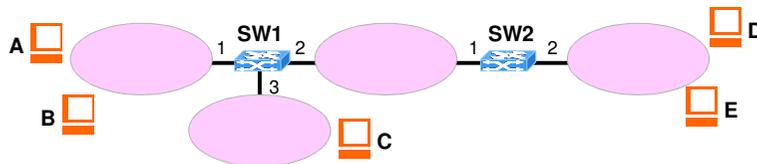
Dest.	Next Hop

- dove nella colonna "Dest." sono riportati come possibili destinatari solo i nodi terminali
- Si chiede di:
 - riempire le tabelle di routing dei nodi intermedi (di rilancio) R1, R2, e R3 in accordo ad una strategia di cammino minimo tra nodi terminali
 - indicare la tabella di routing del nodo T1

34

Esercizio 4.14

- Si consideri la seguente topologia di rete in cui i nodi SW1 e SW2 operano funzione di commutazione in modalità a datagramma (Connection Less)

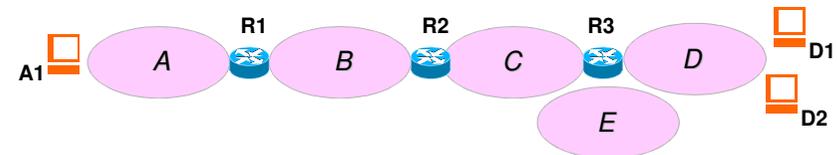


- Supponendo che le tabelle di routing siano composte da due colonne: "destination" e "output"
 - "destination" contiene l' indirizzi del terminale di destinazione (A,B,C,etc)
 - "output" contiene l'identificativo del link di uscita (1, 2, o 3)
- Calcolare le tabelle di routing dei nodi SW1 e SW2

35

Esercizio 4.15

- Si consideri la seguente topologia di rete in cui i nodi Ri operano funzione di commutazione in modalità a datagramma (Connection Less)

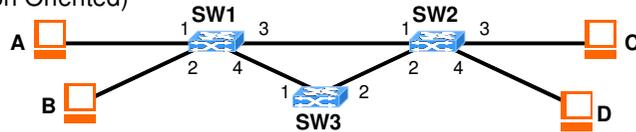


- Supponendo che:
 - gli indirizzi dei terminali siano composti dall'identificativo della rete (A,B,C,D,E) e da un numero che identifica il terminale nella rete (e.g. A1,A2,...)
 - le tabelle di routing siano composte da due colonne: "destination" e "next-hop"
 - "destination" può contenere sia indirizzi di host (A1,A2,...) che di rete (A,B,...)
 - "next-hop" contiene l'identificativo del nodo successivo (R1, R2, o R3) o nulla se ultimo nodo
- Calcolare le tabelle di routing dei nodi R1, R2 e R3

36

Esercizio 4.16

- Si consideri la seguente topologia di rete in cui i nodi SW1 e SW2 operano funzione di commutazione in modalità a circuito virtuale (Connection Oriented)

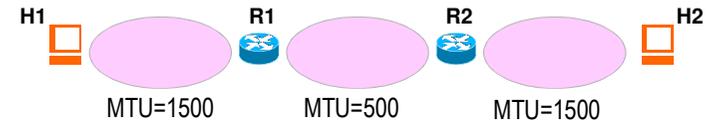


- Supponendo che
 - le tabelle di switching siano composte da quattro colonne: "in-if", "in-VCI", "out-if", "out-VCI", riportanti l'identificativo dell'interfaccia di ingresso e di uscita e i corrispondenti VCI (Virtual Circuit Identifier)
 - siano già instaurate le seguenti connessioni (con i rispettivi VCI)
 - A→C: A-Sw1-SW2-C (a,b,a)
 - A→D: A-Sw1-SW3-SW2-D (b,b,c,d)
- Si chiede di
 - indicare le switching table dei nodi SW1 e Sw2
 - aggiungere la connessione B→C: B-SW1-SW2-C scegliendo i VCI più bassi tra quelli disponibili

37

Esercizio 4.17

- Si consideri il seguente schema di rete di rete IP:

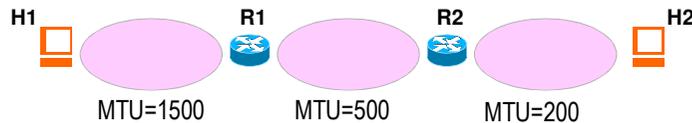


- Sapendo che il protocollo IP:
 - implementa la funzione di frammentazione dei pacchetti sia sui nodi terminali (host) che intermedi (router)
 - riassembla i pacchetti solo a destinazione
 - ogni pacchetto ha un IP-PCI di 20 Byte ($L_{IPH}=20B$)
- Nell'ipotesi che H1 invii ad H2 un pacchetto IP contenente 1000B di dati (dimensione della IP-SDU) e che le dimensioni massime possibili dei pacchetti (MTU) nelle tre sottoreti siano rispettivamente 1500B, 500B, 1500B
- Indicare quanti pacchetti IP vengono inoltrati nelle 3 sottoreti e la loro dimensione

38

Esercizio 4.18

- Si consideri il seguente schema di rete di rete IP:



- Sapendo che il protocollo IP:
 - implementa la funzione di frammentazione dei pacchetti sia sui nodi terminali (host) che intermedi (router)
 - riassembla i pacchetti solo a destinazione
 - ogni pacchetto ha un IP-PCI di 20 Byte ($L_{IPH}=20B$)
- Nell'ipotesi che H1 invii ad H2 un pacchetto IP contenente 1000B di dati (dimensione della IP-SDU) e che le dimensioni massime possibili dei pacchetti (MTU) nelle tre sottoreti siano rispettivamente 1500B, 500B, 200B
- Indicare quanti pacchetti IP vengono inoltrati nelle 3 sottoreti e la loro dimensione

39

Esercizio 4.19

- Si consideri la comunicazione tra due nodi A e B tramite un protocollo che implementa la funzione di recupero di errore con modalità sliding window di tipo selective repeat
- si consideri l'invio di 3 UI nell'ipotesi che:
 - le UI sono numerate a partire da 0
 - la finestra di trasmissione ha dimensione $W_T = 5$
 - T_u = tempo di trasmissione di una singola UI dati
 - T_a = tempo di trasmissione di un ACK = $T_u/2$
 - i riscontri sono emessi da B immediatamente
 - T_p = tempo di trasferimento end-to-end all'interno della rete = circa 0 (trascurabile)
 - TO = timeout di ritrasmissione = 4 T_u
- Si chiede di
 - riportare il diagramma completo dei messaggi scambiati tra i nodi A e B nell'ipotesi che si perda (o arrivi errata a destinazione) la seconda UI
 - calcolare il tempo complessivo per inviare tutte le UI

40