

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
9 settembre 2015

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Calcolare ed esprimere in μs il ritardo di trasmissione (RdT) di un oggetto dati O di 1MB trasmesso da un elaboratore A ad un elaboratore B collegati direttamente mediante una rete IEEE 802.3 di ampiezza di banda $Bw = 10Gbps$ e configurata a livello MAC ad utilizzare indirizzi sorgente e destinazione di 6 B.

Soluzione:

RdT = dimensione_dati/ampiezza_di_banda.

$$\text{Dimensione_dati O} = 1\text{MB} = 2^{20}\text{B} = 1048576\text{B}$$

Questo oggetto **deve essere frammentato** in frames 802.3 che possono contenere al più 1500B di dati.

Poiché $1048576/1500 = 699,05066666666667$, sono necessarie 700 frames 802.3 per trasmettere l'intero oggetto O. In particolare, verranno trasmesse 699 frames contenenti 1500B di O, per un totale di 1048500B ($699 \times 1500\text{B} = 1048500$), più una 700^a frame contenente i rimanenti 76B dell'oggetto O.

Ogni frame 802.3 avrà dimensione massima di 1526B perchè include un header di 26B, oltre a 1500B (al massimo) di dati. Nel nostro caso l'header consiste di: 7B di preamble, 1B di start-of-frame, 6B di campo destinazione, 6B di campo sorgente, 2B di lunghezza del campo dati, 4B di checksum. Quindi, verranno complessivamente trasmesse 699 frames di 1500B (dell' oggetto O) + 26B (di header) = 1526B più una frame di 76B (di O) + 26B (di header) = 112B.

N.B.: in ciascuna frame, inclusa l'ultima, il campo *padding* è di lunghezza 0 poichè la dimensione del campo dati non lo rende necessario.

Da ciò consegue:

$$\begin{aligned} \text{RdT(singola frame di 1526B)} &= 1526\text{B}/10 \times 10^9 \text{bps} = (1526 \times 8)\text{b}/10 \times 10^9 \text{bps} = 12208/10^9 \text{s} = \\ &= 12208/10 \times 10^9 \text{s} = 1220,8/10^9 \text{s} = 1220,8/10^3 \times 10^6 \text{s} = 1,2208 \times 10^{-6} \text{s} = 1,2208 \mu\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RdT(singola frame di 112B)} &= 112\text{B}/10 \times 10^9 \text{bps} = (112 \times 8)\text{b}/10 \times 10^9 \text{bps} = 896/10 \times 10^9 \text{bps} = \\ &= 89,6 \times 10^{-9} \text{s} = 89,6 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \text{s} = 0,0896 \mu\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{RdT} = (699 \times 1,2208 + 0,0896)\mu\text{s} = (853,3392 + 0,0896)\mu\text{s} = \mathbf{854,2352\mu\text{s}}$$

Esercizio 2. Si vuole trasmettere il messaggio $M = 1011001001001011$ e proteggerlo da errori usando il polinomio CRC-8 $P = x^8 + x^2 + x + 1$. Determinare il messaggio da trasmettere.

Soluzione

Il polinomio P corrisponde al divisore polinomiale di 9 bit: 100000111 di grado $K = 8$. Detto T il polinomio $T = M \cdot x^8$, si calcola il resto R della divisione del polinomio T/P e si trasmette $T - R$, che corrisponde a M concatenato a R (M xor R).

101100100100101100000000:100000111

100000111

00110001110

--100000111

--0100010010

---100000111

---0000101011011

-----100000111

-----00101110000

-----100000111

-----00111011100

-----100000111

-----0110110110

-----100000111

-----0101100010

-----100000111

-----00110010100

-----100000111

-----0100100111 = R

Si trasmette $T - R = M$ xor $R = TM = 1011001001001011011010010011$

Esercizio 3. A quale livello di astrazione dell'OSI RM si collocano i seguenti dispositivi: bridge, gateway, hub, repeater, router, switch? Indicare la risposta tracciando una X nelle corrispondenti caselle della seguente tabella.

	bridge	gateway	hub	repeater	router	switch
Application						
Presentation						
Session						
Transport						
Network		X			X	X
Data Link	X			X		
Physical			X	X		

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
14 luglio 2015

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Un'implementazione del protocollo TCP trasmette su un canale con ampiezza di banda $BW = 100\text{Mbps}$. Assumendo che TCP possa utilizzare tutta l'ampiezza di banda disponibile continuativamente, dopo quanto tempo il campo Sequence Number dei segmenti trasmessi tornerà a contenere numeri di sequenza già usati?

Risposta. Ogni segmento TCP contiene un numero di sequenza di 32 bit che indica il numero di sequenza "unico" (fino a quando non si verifica il ciclo) associato al primo byte contenuto nel campo dati del segmento. Quindi ogni byte di ogni segmento ha associato un numero di sequenza unico. Ciò comporta che si possono avere fino a 2^{32}B univocamente identificati, ovvero una quantità di dati D pari a $D = 2^{32}\text{B} = (2^2 \times 2^{30})\text{B} = 4\text{GB}$ prima che si riutilizzino i numeri di sequenza. Quindi si deve calcolare quanto tempo occorre per trasmettere $D = 4\text{GB}$ di dati in un canale con $BW = 100\text{Mbps}$, impegnato continuativamente. Vale a dire che si tratta di calcolare il rapporto D/BW per ottenere il tempo richiesto. A questo fine si può procedere nei seguenti due modi alternativi:

1. si può calcolare l'ampiezza di banda in Bps e poi dividere i 4GB per questa ampiezza di banda. Così facendo si ottiene:

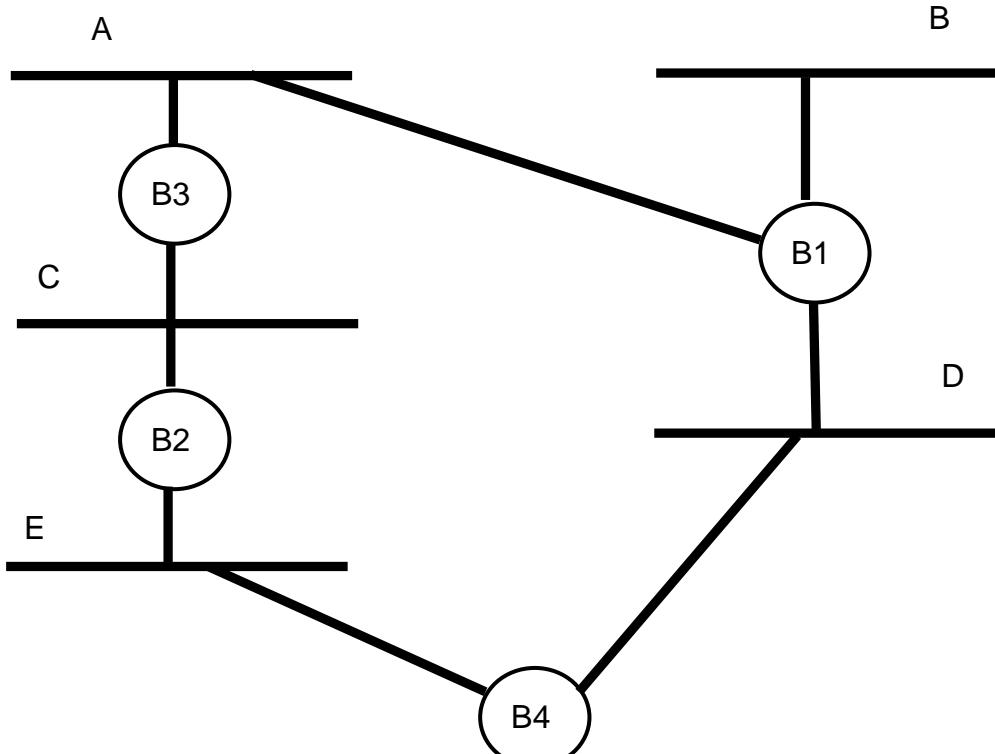
$$\begin{aligned} BW &= 100\text{Mbps} = (10^8/8)\text{Bps} = (100000000/8)\text{Bps} = 12500000\text{Bps} = 125 \times 10^5\text{Bps} = \\ &= 125 \times 10^2 \times 10^3\text{Bps} = 12500\text{KBps}. \end{aligned}$$

In un canale con ampiezza di banda $BW = 12500\text{KBps}$ i 4GB di dati saranno trasmessi in un tempo $T = D/BW = 4\text{GB}/12500\text{KBps} = (2^2 \times 2^{30}/12500 \times 10^3)\text{s} = 2^{32}/(125 \times 10^5)\text{s} = 343,59738368\text{s} \approx 343,6\text{s} \approx 5\text{min } 44\text{s}$

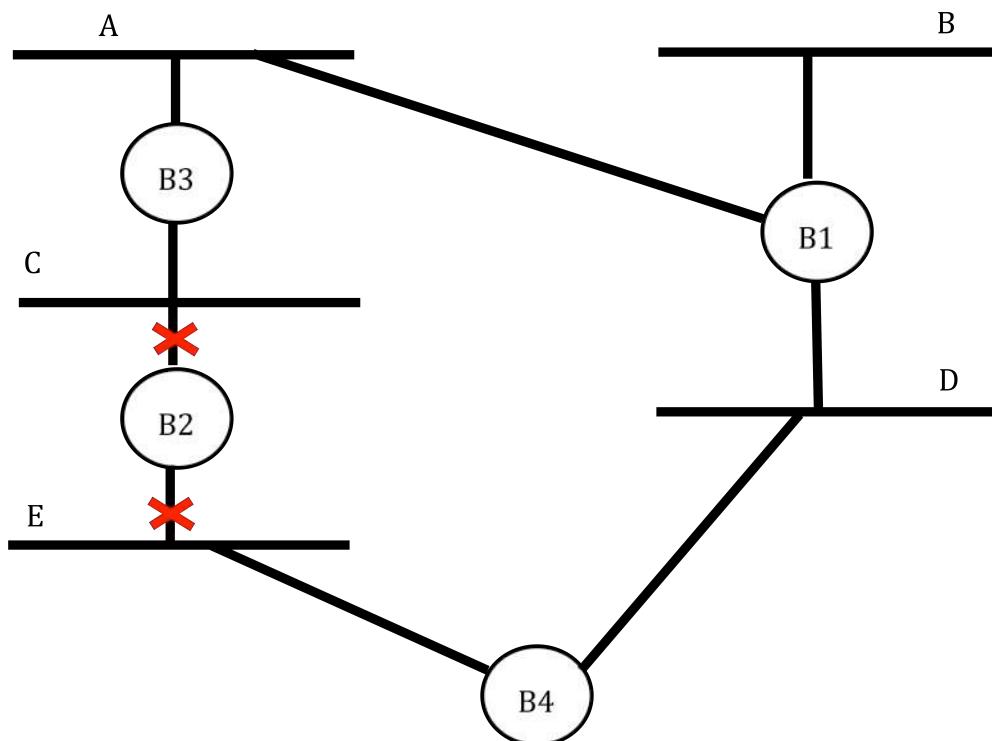
2. Alternativamente si può convertire la quantità di byte D in bit e quindi dividere questa quantità per $BW = 100\text{Mbps}$.

Ciò produce $D = 4\text{GB} = (2^2 \times 2^{30})\text{B} = (2^2 \times 2^{30} \times 2^3)\text{b} = 2^{35}\text{b}$ e $T = D/BW = 2^{35}\text{b}/10^2 \times 10^6\text{bps} = 343,59738368\text{s} \approx 343,6\text{s} \approx 5\text{min } 44\text{s}$.

Esercizio 2. Applicare l'algoritmo dello spanning tree alla seguente LAN estesa. Indicare con una **X** i rami che vengono disabilitati e giustificare la risposta.



Risposta:



B3 prevale su B2 come bridge "designato" per la LAN C in quanto la sua distanza dalla radice B1 è minore di quella di B2, anche se il suo identificativo è maggiore. B4 prevale su B2 come bridge designato per la LAN E perché la sua distanza dalla radice B1 è minore di quelli di B2 anche se il suo id è maggiore.

Esercizio 3. Descrivere schematicamente e sinteticamente il protocollo MACAW.

Risposta:

1. SRC invia frame RequestToSend (RTS);
2. DST, se disponibile, risponde con frame ClearToSend (CTS);
3. NBSs intercettano CTS => non trasmettono per non interferire;
4. NBSs intercettano RTS solamente, ma non intercettano CTS => abilitati a trasmettere in quanto non provocheranno interferenze;
5. SRC trasmette frame a DST;
6. DST invia ACK a SRC;
7. NBSs non trasmettono finchè non intercettano ACK.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
16 giugno 2015

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Due elaboratori H1 ed H2 sono collegati al medesimo ramo di rete IEEE 802.3 con bandwidth = 100Mbps. Si calcoli il **Tempo di Trasmissione (TT) Totale (TTT)** necessario a **stabilire una connessione TCP** fra un programma cliente in esecuzione in H1 ed un programma server in esecuzione in H2. Si assuma che i tempi di elaborazione richiesti a stabilire la connessione siano uguali a 0, sia al client sia al server, e che non vi siano errori di trasmissione.

Risposta.

Stabilire una connessione TCP richiede lo scambio di tre segmenti TCP di 20 B ciascuno. Quindi il TTT è uguale alla somma dei TT dei singoli segmenti. Ogni singolo segmento TCP viene trasmesso incapsulato in un pacchetto IP che aggiunge altri 20 Bytes al messaggio TCP.

L'oggetto IP di 40 Bytes (header IP con campo dati contenente il segmento TCP di 20 B) viene a sua volta incapsulato in una frame 802.3. Questa frame deve necessariamente contenere almeno 64B, dal campo *destination* al campo *checksum* compresi, per consentire di rilevare eventuali collisioni (oltre a 7B di *preamble* ed 1B di *start of frame delimiter* che non vengono conteggiati in quanto utili solo per scopi di sincronizzazione fra mittente e ricevente e quindi "conteggiati" nei 10Mbps di bandwidth disponibile).

Quindi la frame che verrà trasmessa consisterà dei seguenti campi: 6B di *destination address*, 6B di *source address*, 2B di *length*, 40B di *payload* (l'oggetto IP di cui sopra), 6B di *padding* (per ottenere almeno 46B di *payload*), ed un *checksum* di 4B, per un totale di 64B. In conclusione, ogni messaggio trasmesso per stabilire una connessione consiste di 64B = 512b.

Poiché **TT = size/bandwidth** abbiamo che il TT di ogni messaggio TCP è:

$$\mathbf{TT = 512b/100Mbps = (512/10^2 \times 10^6)s = 5.12 \times 10^{-6}s = 5.12 \mu s}$$

ed il tempo totale è **TTT = 5.12μs x 3 = 15.36μs**

Esercizio 2. Un blocco di dati di 6 KBytes deve essere trasmesso dall'elaboratore A all'elaboratore B, connessi da una rete Ethernet, utilizzando il protocollo IP. Indicare:

- 2.1 Il numero di frammenti IP necessari a trasmettere il blocco di dati da A a B;
- 2.2 la quantità di Bytes del blocco dati e di header IP contenuti in ciascun frammento;
- 2.3 il contenuto dei campi < FLAG; OFFSET > in ciascun frammento trasmesso.

Risposta.

2.1 La MTU ammessa dall'interfaccia Ethernet è di 1500 Bytes mentre la dimensione del blocco dati da trasmettere è di $(6 \times 1024)B = 6144B$. Quindi occorrono $6144/1500 = 4,096$ cioè 5 frammenti per trasmettere l'intero blocco richiesto. Inoltre, ciascun frammento deve contenere 20 Bytes di header del protocollo IP. In particolare:

2.2: Ciascun frammento conterrà:

frammento 1: 20 Bytes di header IP + 1480 Bytes del blocco dati;
frammento 2: 20 Bytes di header IP + 1480 Bytes del blocco dati;
frammento 3: 20 Bytes di header IP + 1480 Bytes del blocco dati;
frammento 4: 20 Bytes di header IP + 1480 Bytes del blocco dati;
frammento 5: 20 Bytes di header IP + 224 Bytes del blocco dati.

2.3: < FLAG; OFFSET > in ciascun frammento conterranno:

frammento 1: FLAG = 1; OFFSET = 0
frammento 2: FLAG = 1; OFFSET = 1480
frammento 3: FLAG = 1; OFFSET = 2960
frammento 4: FLAG = 1; OFFSET = 4440
frammento 5: FLAG = 0; OFFSET = 5920

Esercizio 3. Se un elaboratore ha indirizzo IP = 192.84.36.20 ed è configurato con una maschera di sottorete = 255.255.255.64, qual'è il numero della sottorete cui è collegato?

Risposta: Il numero di sottorete è dato dall'AND bit a bit dell'indirizzo IP con la maschera di sottorete.

IP	11000000 01010100 00100100 00010100
Mask	<u>11111111 11111111 11111111 01000000</u>
Subnet	11000000 01010100 00100100 00000000

Numero di sottorete = 192.84.36.0

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
27 maggio 2015

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1.

Gli elaboratori A e B sono collegati da una rete avente ampiezza di banda $B = 100\text{Mbps}$ e $\text{RTT} = 100\text{ms}$. Si calcoli il numero massimo N_{IP} di pacchetti IP (completi) della dimensione massima consentita dal protocollo IP che A può inviare a B prima di ricevere un bit di acknowledgement da B.

Risposta. La risposta si ottiene calcolando la capacità C del canale e considerando che A potrà inviare il doppio di C prima di ricevere l'acknowledgement.

La dimensione massima del datagram IP è

$$\text{MAX_IP} = 2^{16} \text{B} - 1 = 65535 \text{B} = 65535 \times 8 \text{bit} = 524280 \text{b}$$

che è il numero massimo di bytes specificabile nel campo "length" del datagram IP.

La capacità del canale è $C = D \times B$, dove $D = \text{RTT}/2 = (100/2)\text{ms} = 50\text{ms}$

$$\Rightarrow C = 5 \times 10 \times 10^{-3} \text{s} \times 10^2 \times 10^6 \text{bps} = 5 \times 10^6 \text{b} = 5 \text{Mb}$$

$$N_{IP} = (C \times 2) / \text{MAX_IP} = (2 \times 5 \times 10^6 / 524280) \text{b} = 10^7 / 524280 = \lfloor 19,07 \rfloor = 19$$

Esercizio 2. Com'è strutturato il nome achab.cs.unibo.it nel relativo record del DNS?

Risposta.

5	a	c	h	a	b	2	c	s	5	u	n	i	b	o	2	i	t	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Esercizio 3. A cosa serve l'algoritmo di Fair Queuing (FQ)? Quale protocollo dell'architettura Internet lo implementa e perchè?

Risposta. L'algoritmo FQ è usato per gestire la memoria dei router separando i flussi dei pacchetti per ottenere un'allocazione quanto più possibile equa della banda disponibile. È implementato all'interno del protocollo TCP per scopi di gestione delle risorse nel controllo di congestione.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
13 gennaio 2015

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Un'implementazione del protocollo TCP trasmette su un canale con ampiezza di banda $BW = 10\text{Mbps}$. Assumendo che TCP possa utilizzare tutta l'ampiezza di banda disponibile continuativamente, dopo quanto tempo il campo Sequence Number dei segmenti trasmessi tornerà a contenere numeri di sequenza già usati?

Risposta. Ogni segmento TCP contiene un numero di sequenza di 32 bit che indica il numero di sequenza "unico" (fino a quando non si verifica il ciclo) associato al primo byte contenuto nel campo dati del segmento. Quindi ogni byte di ogni segmento ha associato un numero di sequenza unico. Ciò comporta che si possono avere fino a 2^{32}B univocamente identificati, ovvero una quantità di dati D pari a $D = 2^{32}\text{B} = (2^2 \times 2^{30})\text{B} = 4\text{GB}$ prima che si riutilizzino i numeri di sequenza. Quindi si deve calcolare quanto tempo occorre per trasmettere $D = 4\text{GB}$ di dati in un canale con $BW = 10\text{Mbps}$, impegnato continuativamente. Vale a dire che si tratta di calcolare il rapporto D/BW per ottenere il tempo richiesto. A questo fine si può procedere nei seguenti due modi alternativi:

1. si può calcolare l'ampiezza di banda in Bps e poi dividere i 4GB per questa ampiezza di banda. Così facendo si ottiene:

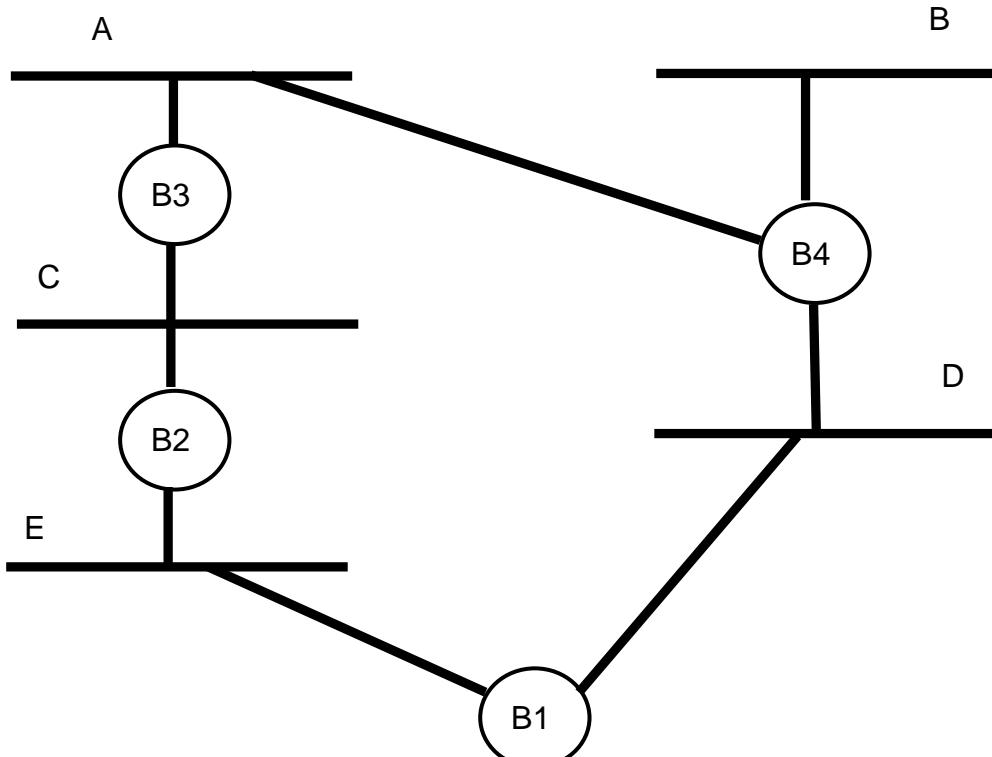
$$\begin{aligned} BW &= 10\text{Mbps} = (10^7/8)\text{Bps} = (10000000/8)\text{Bps} = 1250000\text{Bps} = 125 \times 10^4\text{Bps} = \\ &= 125 \times 10 \times 10^3\text{Bps} = 1250\text{KBps}. \end{aligned}$$

In un canale con ampiezza di banda $BW = 1250\text{KBps}$ i 4GB di dati saranno trasmessi in un tempo $T = D/BW = 4\text{GB}/1250\text{KBps} = (2^2 \times 2^{30}/1250 \times 10^3)\text{s} = 2^{32}/(125 \times 10^4)\text{s} = 3435,9738368\text{s} \approx 3436\text{s} \approx 57\text{min}$.

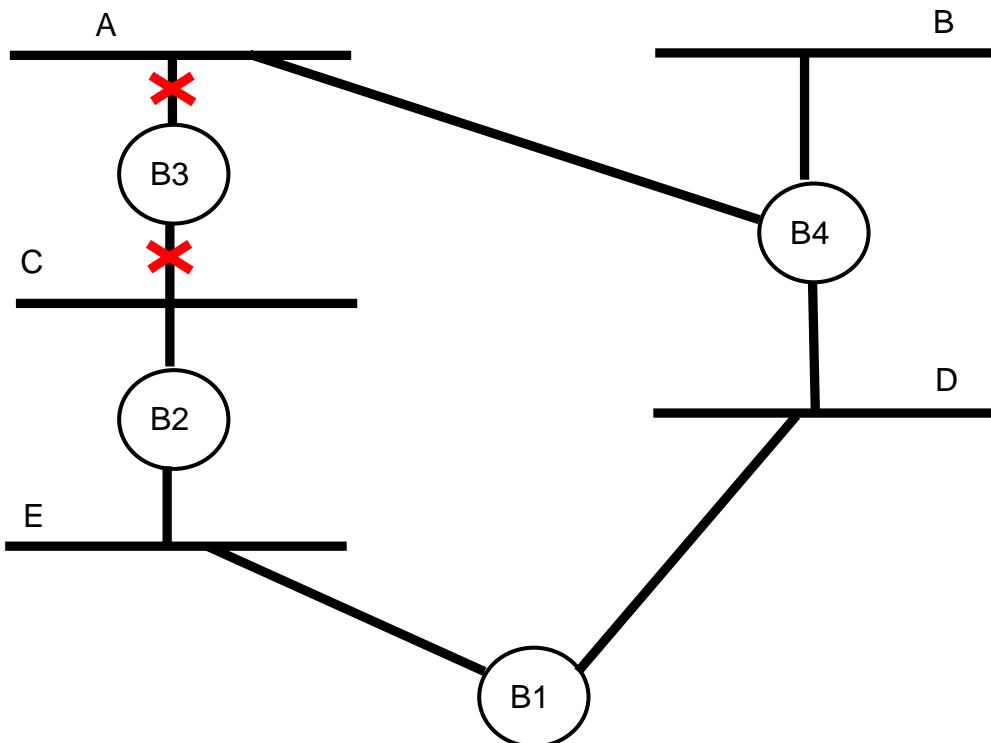
2. Alternativamente si può convertire la quantità di byte D in bit e quindi dividere questa quantità per $BW = 10\text{Mbps}$.

Ciò produce $D = 4\text{GB} = (2^2 \times 2^{30})\text{B} = (2^2 \times 2^{30} \times 2^3)\text{b} = 2^{35}\text{b}$ e $T = D/BW = 2^{35}\text{b}/10 \times 10^6\text{bps} = 3435,9738368\text{s} \approx 3436\text{s} \approx 57\text{min}$.

Esercizio 2. Applicare l'algoritmo dello spanning tree alla seguente LAN estesa. Indicare con una X i rami che vengono disabilitati e giustificare la risposta.



Risposta:



B4 prevale su B3 come bridge "designato" per la LAN A in quanto la sua distanza dalla radice B1 è minore di quella di B3, anche se il suo identificativo è maggiore. B2 prevale su B3 come bridge designato per la LAN C perché sia il suo id sia la sua distanza dalla radice B1 sono minori di quelli di B3.

Esercizio 3. Quali sono i due differenti principi adottati dal protocollo di accesso alle reti IEEE 802.3 e da quello alle reti IEEE.802.11 per gestire il fenomeno della *collisione*? (N.B.: non si richiede di indicare quali siano le differenze fra le due tecnologie ma solo fra i protocolli standard IEEE di accesso ad esse esclusivamente relativamente alla gestione dell'evento *collisione*).

Risposta: Il protocollo di accesso alle reti 802.3 è basato sul principio della **collision detection** che consiste in un meccanismo di ritrasmissione che entra in azione quando viene rilevata una collisione sul canale di comunicazione. Invece, il protocollo di accesso alle reti 802.11 è basato sul principio di **collision avoidance** che consiste nel prevenire l'evento *collisione*.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
15 dicembre 2014

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1.

Due elaboratori, A e B, sono collegati da un canale con RTT = 50ms e ampiezza di banda Bw = 100Mbps. A trasmette a B pacchetti IP di lunghezza massima (IPmax), privi del campo OPTIONS e Pad (cioè con i campi HLEN = 0101 = 5_{10} e LENGTH = $1111111111111111_2 = (2^{16} - 1)_{10} = 65535_{10}$); B invia ad A un bit di acknowledgement (ack) appena riceve il primo bit del primo pacchetto IP da A. Calcolare il numero (intero) N di pacchetti che potranno essere trasmessi da A a B prima che A riceva l'ack da B.

Risposta. Nelle condizioni date, l'elaboratore A potrà trasmettere per un tempo pari a RTT prima di ricevere un bit di ack da B. E` quindi necessario calcolare la capacità C del canale in funzione dell'intervallo di tempo RTT; vale a dire che, al fine di calcolare la capacità C del canale, non si è interessati tanto al valore $C = D \times Bw$ quanto al valore $C = RTT \times Bw$.

$$C = RTT \times Bw = (5 \times 10 \times 10^{-3})s \times (10^2 \times 10^6)bps = 5 \times 10^{-2} \times 10^8 b = 5 \times 10^6 b = 5Mb$$

Il pacchetto IP ha dimensione massima IPmax = 65535 B = $(2^{16} - 1) \times 8 b = 524280 b$. Quindi, il numero di pacchetti IP che A potrà trasmettere prima di ricevere un bit di ack da B sarà:

$$N = C/IPmax = 5 \times 10^6 b / ((2^{16} - 1) \times 8) b = 5000000/524280b = 9,53688868543526$$

In conclusione, A trasmetterà **9** pacchetti IP completi, e durante la trasmissione del 10º pacchetto riceverà il bit di ack da B

Esercizio 2.

Quali delle proprietà elencate sulle righe della seguente tabella sono possedute dai protocolli elencati sulle colonne? Per ogni protocollo è sufficiente marcare con una X la casella in corrispondenza della proprietà posseduta.

	802.3	802.5	IP	UDP	TCP
Ordinamento dei pacchetti/frames consegnate					
Frammentazione					
Riassemblaggio					
Acknowledgment alla consegna					
Controllo di errore di trasmissione					
Controllo di flusso					
Controllo di congestione					

Risposta:

	802.3	802.5	IP	UDP	TCP
Ordinamento dei pacchetti/frames consegnate	Si (frames consecutive da stessa src a stessa dst consegnate in ordine di trasmissione)	Si (pacchetti sull'anello consegnati in ordine di trasmissione)	No	No	Si
Frammentazione	No	No	Si	Si (stesso di IP)	Si
Riassemblaggio	No	No	Si	Si	Si
Acknowledgment alla consegna	No	Si	No	No	Si
Controllo di errore di trasmissione	Si	Si	Si	Si	Si
Controllo di flusso	No	Si	No	No	Si
Controllo di congestione	No	No	No	No	Si

Esercizio 3.

La dimensione della finestra (buffer) scorrevole di ricezione in una connessione TCP è

- a) determinata staticamente, oppure
- b) puo' variare dinamicamente durante lo scambio di dati fra i processi comunicanti mediante quella connessione?

Se la risposta e' a), indicare **quando**, nel protocollo TCP, questa dimensione viene stabilita.

Se invece la risposta è b), indicare **come** avviene la gestione dinamica della dimensione della finestra di ricezione.

Risposta:

La risposta esatta è la b). La dimensione della finestra dipende dal ricevente e viene comunicata dinamicamente al mittente mediante il campo AdvertisedWindow presente nell'header TCP.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
18 settembre 2014

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Calcolare la latenza indotta dal protocollo ARP nell'interazione fra due elaboratori A e B assumendo che:

1. A e B siano connessi allo stesso ramo di rete Ethernet,
2. la distanza da A a B sia pari a 1Km
3. la bandwidth offerta dalla rete sia 1Gbps,
4. la velocità del segnale sulla rete sia $2,5 \times 10^8$ m/s,
5. non si verifichino errori nelle comunicazioni da A a B e viceversa, né ritardi di accodamento.

Risposta: La latenza del protocollo ARP è costituita dalla latenza della richiesta ARP da A a B più quella della risposta trasmessa da B a A.

In generale, la latenza L si ottiene dalla somma dei seguenti 3 ritardi:

$$L = \text{Trasmissione (T)} + \text{Propagazione (P)} + \text{Accodamento (A)}$$

Poiché in questo caso A = 0, allora avremo che:

$$L_{\text{ARP}} = L_{\text{request}} + L_{\text{reply}} \text{ dove}$$

$$L_{\text{request}} = L_{\text{reply}} = T + P \Rightarrow L_{\text{ARP}} = 2(T + P). \text{ Calcoliamo T e P:}$$

$$T = \text{dimensione-dati/bandwidth}, P = \text{Distanza/Velocità-della-luce}$$

Poiché il pacchetto ARP è di soli 28 B e deve essere trasmesso encapsulato in una frame Ethernet, e poiché questa deve essere complessivamente di 512 B almeno (per consentire il controllo di congestione), si ha:

$$\text{dimensione-dati} = 512 \text{ B}$$

$$T = 512 \text{ B} / 1 \text{ Gbps} = 512 \times 2^3 \text{ b} / 10^9 \text{ bps} = 4096 \times 10^{-9} \text{ s} = 4.096 \mu\text{s}$$

$$P = 10^3 \text{ m} / 2,5 \times 10^8 \text{ m/s} = (1/2.5) \times 10^{-5} \text{ s} = 10/2.5 \times 10^{-6} \text{ s} = 4 \mu\text{s}$$

Da ciò consegue che $L_{\text{ARP}} = 2(T + P) = 2(4.096 + 4) \mu\text{s} = 16,192 \mu\text{s}$.

Esercizio 2. Quali delle proprietà elencate sulle righe della seguente tabella sono possedute dai protocolli elencati sulle colonne?

	802.3	802.5	IP	UDP	TCP
Ordinamento dei pacchetti/frames consegnate					
Frammentazione					
Riassemblaggio					
Acknowledgment alla consegna					
Controllo di errore di trasmissione					
Controllo di flusso					
Controllo di congestione					

Risposta:

	802.3	802.5	IP	UDP	TCP
Ordinamento dei pacchetti/frames consegnate	Si (frames consecutive da stessa src a stessa dst consegnate in ordine di trasmissione)	Si (pacchetti sull'anello consegnati in ordine di trasmissione)	No	No	Si
Frammentazione	No	No	Si	Si (stesso di IP)	Si
Riassemblaggio	No	No	Si	Si	Si
Acknowledgment alla consegna	No	Si	No	No	Si
Controllo di errore di trasmissione	Si	Si	Si	Si	Si
Controllo di flusso	No	Si	No	No	Si
Controllo di congestione	No	No	No	No	Si

Esercizio 3. La dimensione della finestra (buffer) scorrevole di ricezione in una connessione TCP è

- a) determinata staticamente, oppure
- b) puo' variare dinamicamente durante lo scambio di dati fra i processi comunicanti mediante quella connessione?

Se la risposta e' a), indicare **quando**, nel protocollo TCP, questa dimensione viene stabilita.

Se invece la risposta è b), indicare **come** avviene la gestione dinamica della dimensione della finestra di ricezione.

Risposta: La risposta esatta è la b). La dimensione della finestra dipende dal ricevente e viene comunicata dinamicamente al mittente mediante il campo AdvertisedWindow presente nell'header TCP.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
9 luglio 2014

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Un file di 10MB deve essere trasmesso da un elaboratore A ad un elaboratore B collegati da un canale punto-punto (eventualmente virtuale). Il processo di trasmissione termina quando l'intero file è stato trasferito da A a B. Si assuma che:

1. il canale che collega A e B abbia Round Trip Time $RTT = 100 \text{ ms}$,
2. il file sia trasmesso frammentato in pacchetti di 50KB ciascuno,
3. stabilire la comunicazione fra A e B comporti un overhead dovuto ad un handshake iniziale $T_{\text{handshake}} = 2RTT$
4. il ritardo di frammentazione del file è trascurabile (i.e. 0) e non vi sono ritardi di accodamento,
5. non si verificano errori durante la trasmissione.

Calcolare la latenza di trasferimento del file (i.e., il tempo totale T_{tot} necessario a trasferire il file da A a B) nei seguenti 2 casi:

- a) l'ampiezza di banda del canale è $BW = 100 \text{ Mbps}$ e i pacchetti di dati possono essere inviati uno dopo l'altro, senza attendere alcun acknowledgment;
- b) l'ampiezza di banda del canale $BW = \infty$ ed i pacchetti vengono trasmessi con il meccanismo chiamato "slow-start" in intervalli di 1 RTT. Quindi la trasmissione dei pacchetti procede secondo la progressione: handshake, 1 pacchetto, nel 1^o RTT 2 pacchetti, nel 2^o RTT 4 pacchetti, nel 3^o RTT 8 pacchetti, e così via fino alla trasmissione dell'intero file.

Risposta

a) Per definizione $L = RdP + RdT + Q$. Possiamo assumere $Q = 0$ in virtù dell'ipotesi 4. Calcoliamo il RdP . Per definizione $RdP = \text{distanza}/\text{velocità della luce}$, che non sono note, ma è noto l' RTT ; poichè sappiamo che $l'RTT = 2RdP$ possiamo calcolare l' **$RdP = RTT/2 = 50ms$** ; questo ritardo si applica all'intero file, dato che la frammentazione è a costo 0 e in questo caso non si attendono acknowledgments ai pacchetti prima di trasmettere (e quindi è come se si trasferisse un unico oggetto di 10MB).

Poichè il nostro file deve essere trasmesso frammentato in pacchetti di 50KB, calcoliamo il numero di frammenti N da trasmettere:

$$N = 10\text{MB}/50\text{KB} = 10 \times 2^{20} \times 2^3 \text{b} / 50 \times 2^{10} \times 2^3 \text{b} = 2^{10}/5 = 1024/5 = 204.8$$

Pertanto il file di 10 MB verrà trasmesso utilizzando un totale di **205** pacchetti, 204 dei quali avranno dimensione 50KB e l'ultimo avrà dimensione pari a 8/10 di 50KB, cioè 40KB.

Calcoliamo ora l'RdT di ciascun frammento. Per definizione $\text{RdT} = \text{size}/\text{bandwidth}$, quindi l'RdT di ciascun frammento (RdT_f) sarà:

$$\text{RdT}_f = 50\text{KB}/100\text{Mbps} = 5 \times 10 \times 2^{10} \times 2^3 \text{b}/10^2 \times 10^6 \text{bps} = 5 \times 2^{13}/10 \times 10^6 \text{s} = 2^{13}/(2 \times 10^6) \text{s} = 2^{12} \times 10^{-6} \text{s} = 4096 \mu\text{s}$$

Quindi il tempo necessario a trasmettere tutti i frammenti sarà

$$T_{\text{frags}} = \text{RdT}_f \times 204 + (8/10)\text{RdT}_f = (4096 \times 204 + (8 \times 4096/10)) \mu\text{s} = 838860.8 \mu\text{s} \approx 0.84 \text{s}$$

e il tempo totale T_{tot} di trasmissione del file sarà

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{handshake}} + T_{\text{frags}} + \text{RdP} = 200\text{ms} + 0.84\text{s} + 50\text{ms} = (0.2 + 0.84 + 0.05)\text{s} = 1.09\text{s}$$

b) Il meccanismo di slow start comporta che i pacchetti vengano trasmessi come segue:

handshake, 1 pkt, RTT, 2 pkts, RTT, 4 pkts, RTT, 8 pkts, RTT, ..., RTT, 2^n pkts

Dopo n RTT dall'handshake saranno stati trasmessi un numero di pacchetti pari a

$$N_{\text{pkts}} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + \dots + 2^n = 2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^n = 2^{n+1} - 1.$$

Poiché nel nostro caso il file deve essere trasmesso frammentato in $N_{\text{frag}} = 205$ pacchetti (cf. esercizio a) ed ogni pacchetto ha $\text{RdT} = 0$ (dato che in questo caso $\text{BW} = \infty$, $\text{RdT} = \text{size}/\text{BW}$ si può assumere uguale a 0), occorrono 7 RTT per trasmettere 205 pacchetti. Infatti, per $n = 7$ si possono trasmettere fino a $2^8 - 1 = 255$ pacchetti, mentre in 6 RTT ne vengono trasmessi $2^7 - 1 = 127$. Pertanto $205 - 127 = 78$ pacchetti dovranno essere trasmessi nel 7^o RTT ed impegnano una porzione di quel RTT che contribuirà a determinare il valore T_{tot} . Si deve perciò calcolare la percentuale di questo RTT che sarà impegnata dalla trasmissione dei 78 pacchetti. Cioè si tratta di calcolare la proporzione $78/255 = x/100 \Rightarrow x = 7800/255 = 30.5882352941176$. Questo risultato indica che circa il 30% del settimo RTT sarà usato per la trasmissione dei pacchetti rimanenti. Quindi, tenendo conto che la trasmissione del primo pacchetto è praticamente a costo 0 dato che $\text{BW} = \infty$, il tempo totale sarà:

$$T_{\text{tot}} = (T_{\text{handshake}} + 6\text{RTT} + 30\% \text{ RTT})\text{ms} = (200 + 6 \times 100 + 30)\text{ms} = 830\text{ms}$$

Esercizio 2. Due nodi, collegati da un canale lungo 4600km (D), eseguono il protocollo Automatic Repeat Request (ARQ), conosciuto anche come stop-and-wait.

1. Calcolare il ritardo di propagazione RdP unidirezionale per questo canale assumendo che la velocità della luce su di esso sia $V_dL = 2.3 \times 10^8 \text{m/s}$.
2. Indicare un valore di timeout plausibile da utilizzare nell'esecuzione del protocollo ARQ.

- Spiegare perchè, nonostante il timeout, sia ancora possibile che, in assenza di perdita di frame (sia dati che acknowledgement), il timeout termini dopo la trasmissione di una frame ed il protocollo ARQ la ritrasmetta.

Risposta:

- Ritardo di propagazione unidirezionale:

$$RdP = D/VdL = 4.6 \times 10^3 \times 10^3 \text{m} / 2.3 \times 10^8 \text{ m/s} = 2 \times 10^{-2} \text{ s} = 0.02\text{s}$$

- Poichè il round trip time RTT è uguale al doppio del RdP calcolato al punto 1, i.e. $RTT = 0.04\text{s}$, un valore di **time-out plausibile** potrebbe essere il doppio del RTT, cioè **0.08s**. Valori inferiori, ma pur sempre maggiori del RTT, sono anche accettabili dipendentemente da quanto varia il RTT nel tempo.
- RdP, da cui discende il valore del timeout scelto, non tiene conto di eventuali ritardi introdotti dal destinatario (p.e., dovuti a processing dell'informazione ricevuta, o al fatto che il destinatario è impegnato in esecuzioni che gli impediscono di trasmettere immediatamente l'acknowledgment previsto dal protocollo ARQ).

Esercizio 3. Il campo *Sequence Number* nel protocollo TCP è di 32 bit e consente di identificare univocamente più di 4 miliardi di byte di dati. Quindi, in teoria è possibile che lo stesso numero di sequenza venga utilizzato più volte per identificare byte diversi trasmessi sulla medesima connessione. Anche se è improbabile che un numero così grande di byte venga trasmesso in una singola connessione, perché TCP consente che i numeri di sequenza possano ripetersi nell'intervallo $[2^{32} - 1; 0]$?

Risposta: in TCP, i numeri di sequenza in un trasferimento dati non iniziano da 0 ma da un valore casuale (generato all'interno dell'intervallo indicato nel testo dell'esercizio) per minimizzare la probabilità che un numero di sequenza di una nuova connessione sia confuso con quello ancora circolante di una connessione terminata (in modo sia *normale* sia *anormale*) che utilizzava lo stesso port# della nuova.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
18 giugno 2014

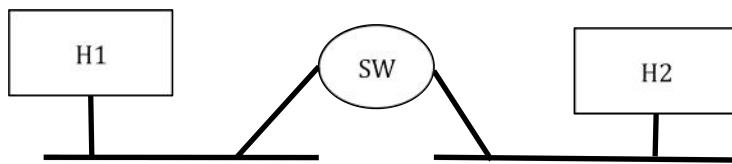
Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1. Due elaboratori H1 ed H2 sono collegati ad una rete locale estesa di 4 Km di lunghezza (D) costruita mediante due rami IEEE 802.3 interconnessi da uno switch, come illustrato in figura.



Ciascun ramo della rete è un canale in fibra ottica su cui il segnale si propaga con velocità $V = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$ ed è caratterizzato da un'ampiezza di banda $BW = 1 \text{ Gbps}$. Gli host collegati alla rete locale sono configurati con indirizzi di 6B. Lo switch introduce un ritardo di accodamento $Q = 10^{-6} \text{ s}$ per pacchetto. Si calcoli la latenza (L) necessaria a stabilire una connessione TCP fra un programma cliente in esecuzione in H1 ed un programma server in esecuzione in H2. Si assuma che i tempi di elaborazione richiesti sia al cliente sia al server per stabilire la connessione siano trascurabili e che non vi siano errori di trasmissione.

Risposta: stabilire una connessione TCP richiede lo scambio di tre segmenti TCP di 20 B ciascuno. Quindi il L è uguale alla somma delle latenze / dei singoli segmenti. Ogni singolo segmento TCP viene trasmesso encapsulato in un pacchetto IP che aggiunge altri 20 Bytes al messaggio TCP. L'oggetto IP di 40 Bytes (header IP con campo dati contenente il segmento TCP di 20 B) viene a sua volta encapsulato in una frame 802.3. Questa frame deve necessariamente contenere almeno 64 B dal campo *destination* al campo *checksum* compresi per consentire di rilevare eventuali collisioni. Quindi (oltre a 7B di *preamble* ed 1B di *start of frame delimiter* che non vengono conteggiati) consisterà dei seguenti campi: 6B di *destination address*, 6B di *source address*, 2B di *length*, 40B di *payload* (l'oggetto IP di cui sopra), 6B di *padding* (per ottenere almeno 46B di *payload*), ed un *checksum* di 4B, per un totale di 64B. Quindi, ogni messaggio trasmesso per stabilire una connessione consiste di 64B = 512b. Poichè la latenza l del singolo pacchetto è data da $l = \text{ritardo di propagazione (rdp)} + \text{ritardo di trasmissione (rdt)} + \text{ritardo di accodamento (Q)}$ del pacchetto, nella nostra rete otteniamo:

$$rdp = D/V = 4 \times 10^3 \text{ m} / 2 \times 10^8 \text{ m/s} = 2 \times 10^{-5} \text{ s} = 20 \mu\text{s}$$

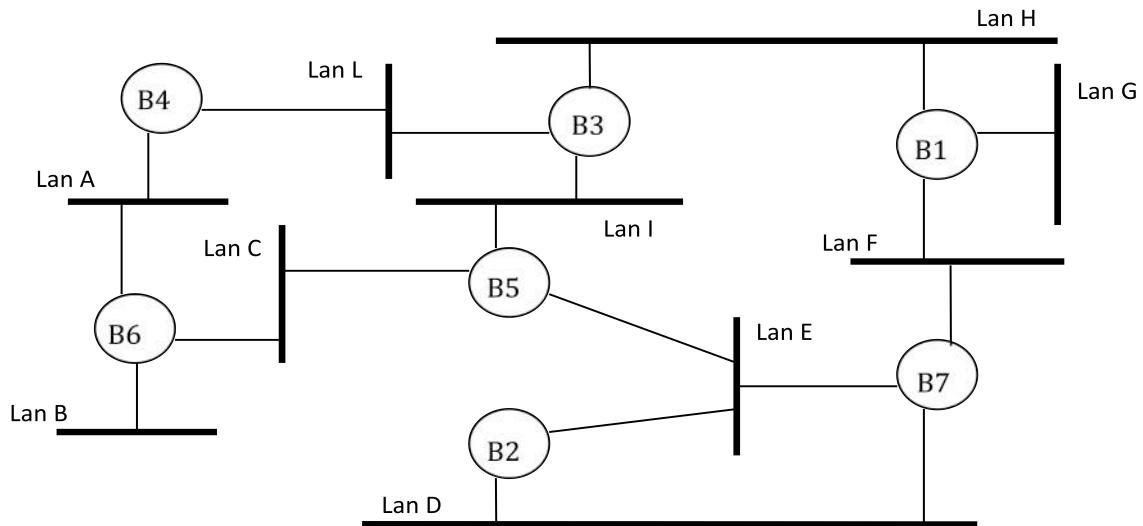
$$rdt = \text{size}/BW = 512 \text{ b} / 10^9 \text{ bps} = 512 \times 10^{-9} \text{ s} = 512 \times 10^3 / 10^9 \times 10^3 \text{ s} = 512000 / 10^6 \text{ s} = 512000 \mu\text{s}$$

$$Q = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$$

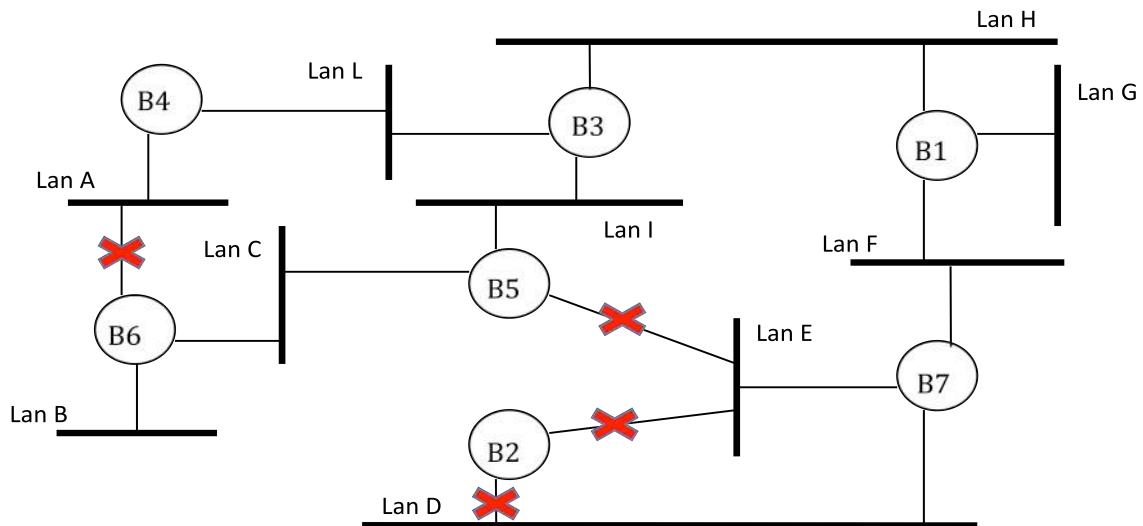
da cui, $l = (20 + 512000 + 1)\mu\text{s} = 512021\mu\text{s}$ e $L = 3 \times l = 1536063\mu\text{s} \approx 1.5 \text{ s}$

Esercizio 2.

Eseguire l'algoritmo Spanning Tree sulla rete in figura marcando con una X i rami che vengono disabilitati, giustificare perché vengono disabilitati, e disegnare l'albero risultante.

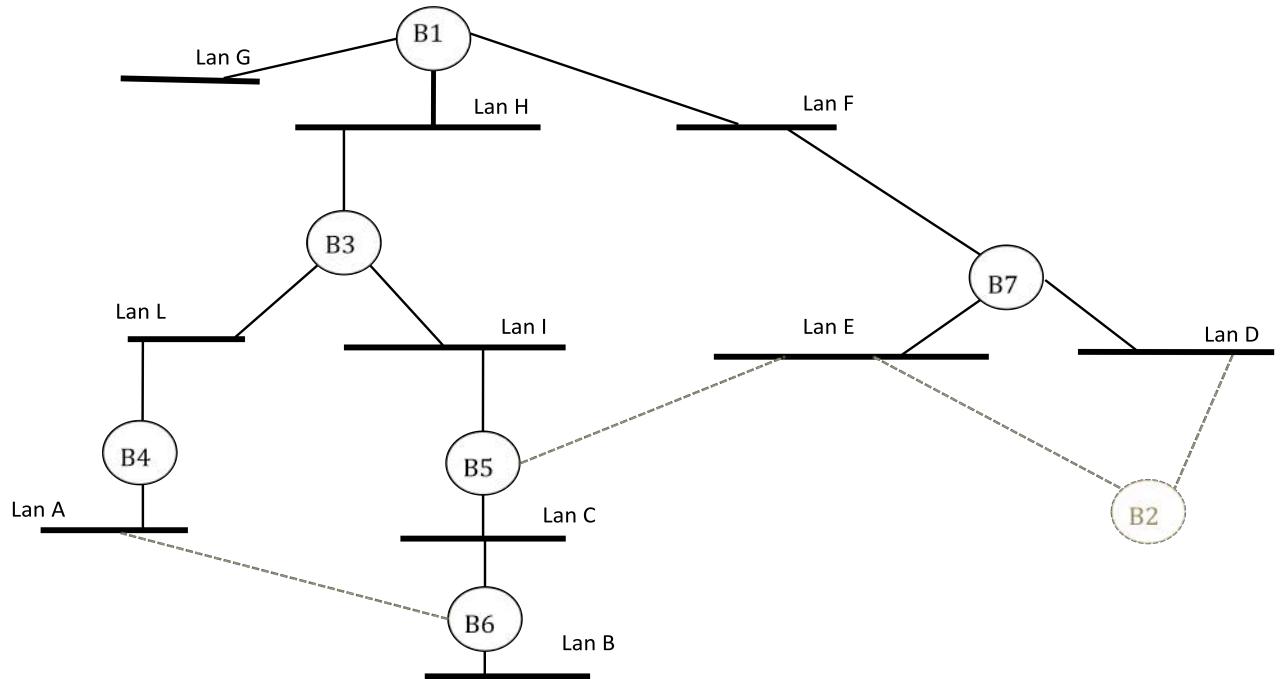


Soluzione



Link disabilitati perchè: B5 e B2 su Lan E sono più distanti da root di B7, quindi B7 è il *designat* su Lan E; per la stessa ragione lo è su Lan D. B6 su Lan A è più distante di B4 da root, ed ha anche indice maggiore.

Albero risultante (Link e router disabilitati sono tratteggiati)



Esercizio 3. A cosa serve lo standard MIME?

Risposta. A trasmettere via email files non solo di testo ma contenenti anche immagini statiche, filmati, e audio.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
28 maggio 2014

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

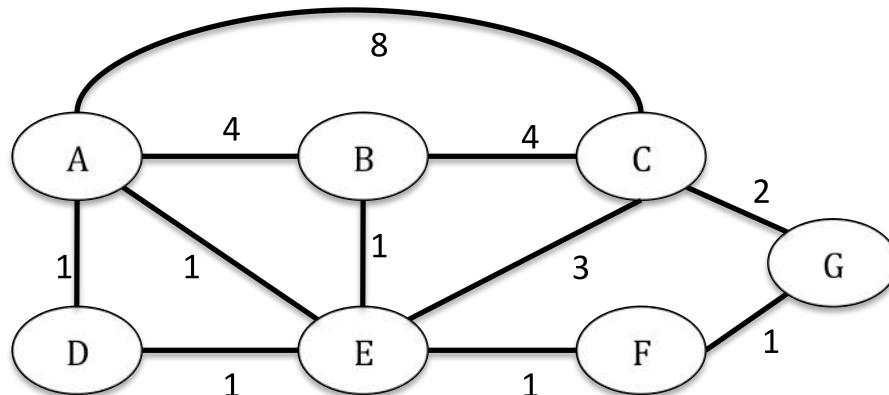
Matricola:

Esercizio 1. Due elaboratori A e B sono collegati da un canale di comunicazione che fornisce un'ampiezza di banda $B = 1\text{ Gbps}$ ed è caratterizzato da un tempo di "round trip" $\text{RTT} = 50\text{ ms}$. Si calcoli il numero di datagram IP (N_{IP}) della dimensione massima consentita dal protocollo IP che A può trasmettere a B prima di ricevere un bit di acknowledgement da B.

Risposta: La risposta si ottiene calcolando la capacità C del canale e considerando che A potrà inviare al nodo destinazione B il doppio della capacità C prima di ricevere il bit di acknowledgement da B.

La dimensione massima del datagram IP è $\text{MAX_IP} = 2^{16}B - 1 = 65535\text{ B} = 65535 \times 8\text{ b} = 524280\text{ b}$, che è il numero massimo rappresentabile nel campo "length" del datagram IP. La capacità del canale è $C = D \times B$, dove $D = \text{RTT}/2 = (50/2)\text{ms} = 25\text{ms} = 25 \times 10^{-3}\text{ s}$
 $\Rightarrow C = D \times B = 25 \times 10^{-3}\text{s} \times 10^9\text{ bps} = 25 \times 10^6\text{ b}$
 $\Rightarrow N_{IP} = (C \times 2) / \text{MAX_IP} = (25 \times 2 \times 10^6 / 524280)\text{ b} = \lfloor 95,368886854352 \rfloor = 95$

Esercizio 2. Applicare l'algoritmo di Distance Vector alla rete in figura e costruire le tabelle di routing **iniziale** e **finale** dei nodi A ed F.



Risposta:

Nodo A

Tabella iniziale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
B	4	B
C	8	C
D	1	D
E	1	E
F	∞	-
G	∞	-

Tabella finale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
B	2	E
C	4	E
D	1	D
E	1	E
F	2	E
G	3	E

Nodo F

Tabella iniziale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	∞	-
B	∞	-
C	∞	-
D	∞	-
E	1	E
G	1	G

Tabella finale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	2	E
B	2	C
C	3	G
D	2	E
E	1	E
G	1	G

Esercizio 3. Come è strutturato il nome starbuck.cs.unibo.it nel record del DNS che lo contiene?

Risposta:

8 s t a r b u c k 2 c s 5 u n i b o 2 i t Ø

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
19 febbraio 2014

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Calcolare ed esprimere in μs il ritardo di trasmissione (RdT) di un oggetto dati O di 64KB trasmesso da un elaboratore A ad un elaboratore B collegati direttamente mediante una rete IEEE 802.3 di ampiezza di banda $Bw = 10Gbps$ e configurata a livello MAC ad utilizzare indirizzi sorgente e destinazione di 6 B.

Soluzione:

RdT = dimensione_dati/ampiezza_di_banda.

$$\text{Dimensione_dati } O = 64\text{KB} = (2^6 \times 2^{10})\text{B} = 2^{16}\text{B} = 65536\text{B}$$

Questo oggetto **deve essere frammentato** in frames 802.3 che possono contenere al più 1500B di dati.

Poiché $65536/1500 = 43,690$, sono necessarie 44 frames 802.3 per trasmettere l'intero oggetto O. In particolare, verranno trasmesse 43 frames contenenti 1500B, per un totale di 64500B ($43 \times 1500\text{B} = 64500$), ed una 44^a frame contenente i rimanenti 1036B dell'oggetto.

In questo caso ogni frame 802.3 avrà dimensione massima di 1526B perché include un header di 26 bytes, oltre a 1500B (al massimo) di dati. Nel nostro caso l'header consiste di: 7B di preamble, 1B di start-of-frame, 6B di campo destinazione, 6B di campo sorgente, 2B di lunghezza del campo dati, 4B di checksum (ci sarebbe anche il campo *padding* ma in questo caso è di lunghezza 0 poiché la dimensione del campo dati non lo rende necessario). Quindi, verranno complessivamente trasmesse 43 frames di $(1500 + 26)\text{B} + 1$ frame di $(1036 + 26 = 1062)\text{B}$. Da ciò consegue:

$$\text{RdT(singola frame di 1526B)} = 1526\text{B}/10 \times 10^9 \text{bps} = (1526 \times 8)\text{b}/10^{10} \text{bps} = 12208/10^{10} \text{s} = 12208/10^{10} \text{s} = 12208/10 \times 10^9 \text{s} = 1220,8/10^9 \text{s} = 1220,8/10^{-3} \times 10^{-6} \text{s} = 1,2208 \mu\text{s}$$

$$\text{RdT(singola frame di 1062B)} = 1062\text{B}/10 \times 10^9 \text{bps} = (1062 \times 8)\text{b}/10^{10} \text{bps} = 8496/10^{10} \text{s} = 849,6 \times 10^{-9} \text{s} = 849,6 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \text{s} = 0,8496 \mu\text{s}$$

$$\text{RdT} = (43 \times 1,2208 + 0,8496)\mu\text{s} = \mathbf{53.344\mu\text{s}}$$

Esercizio 2. Se un elaboratore ha indirizzo IP = 184.92.30.47 ed è configurato con una maschera di sottorete = 255.255.255.64, qual'è il numero della sottorete a cui è collegato?

Risposta: Il numero di sottorete è dato dall'AND bit a bit dell'indirizzo IP con la maschera di sottorete.

IP	10111000 01011100 00011110 00101111
Mask	<u>11111111 11111111 11111111 01000000</u>
Subnet number	10111000 01011100 00011110 00000000

Numero di sottorete =184.92.30.0

Esercizio 3. Quali sono le classi semantiche dei meccanismi di chiamata di procedura remota, e quali sono le loro rispettive modalità di terminazione normale e anormale?

Risposta

- **Esattamente una volta**
 - Terminazione normale: chiamata eseguita una ed una volta sola
 - Terminazione anormale: sicuramente non eseguita
- **Al più una volta**
 - Terminazione normale: come “esattamente una volta”
 - Terminazione anormale: indecidibile. La chiamata può essere stata eseguita parzialmente, oppure una o più volte
- **Almeno una volta**
 - Terminazione normale: chiamata eseguita una o più volte
 - Terminazione anormale: come “al più una volta”

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
15 gennaio 2014

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1. Calcolare:

- la capacità C di un canale avente ampiezza di banda $BW = 10\text{GB/s}$ e $RTT = 100\text{ ms}$;
- il numero massimo N di pacchetti IP di **dimensione massima** che possono essere trasmessi sul canale prima che questo risulti congestionato.

Soluzione

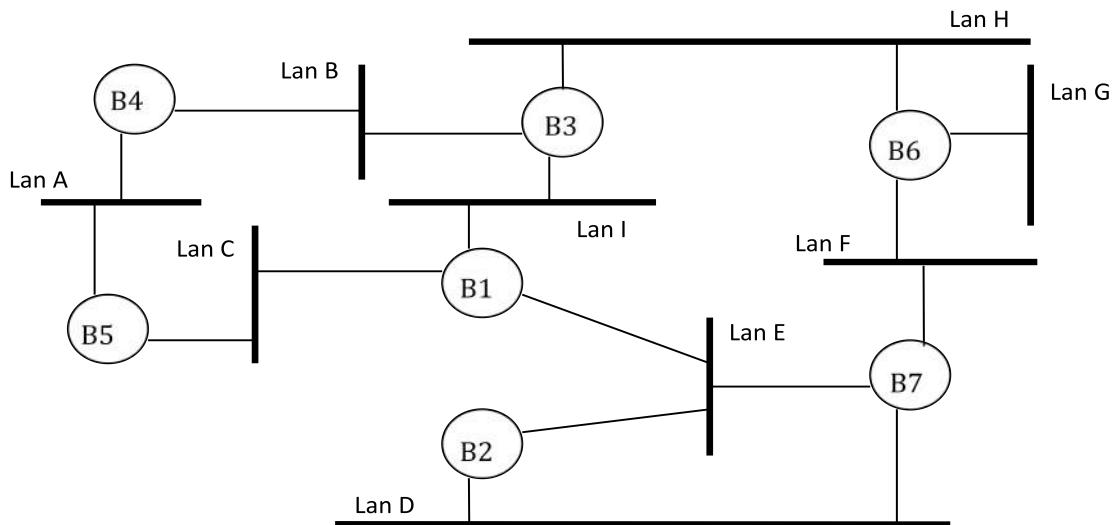
1. Poiché $C = \text{Delay} \times \text{BW}$ e $\text{Delay} = \text{RTT}/2$ allora $C = 50\text{ms} \times 10\text{GB/s} = (50 \times 10^{-3})\text{s} \times 10^{10}\text{B/s} = 5 \times 10^8\text{B} = 500\text{MB}$

2. Poiché la dimensione massima di un pacchetto IP è 64KB, il numero massimo N di pacchetti IP di dimensione massima che possono essere trasmessi in un canale di capacità C = 500MB prima di congestionarlo è **N = 7629**, ottenuto come l'approssimazione per difetto di

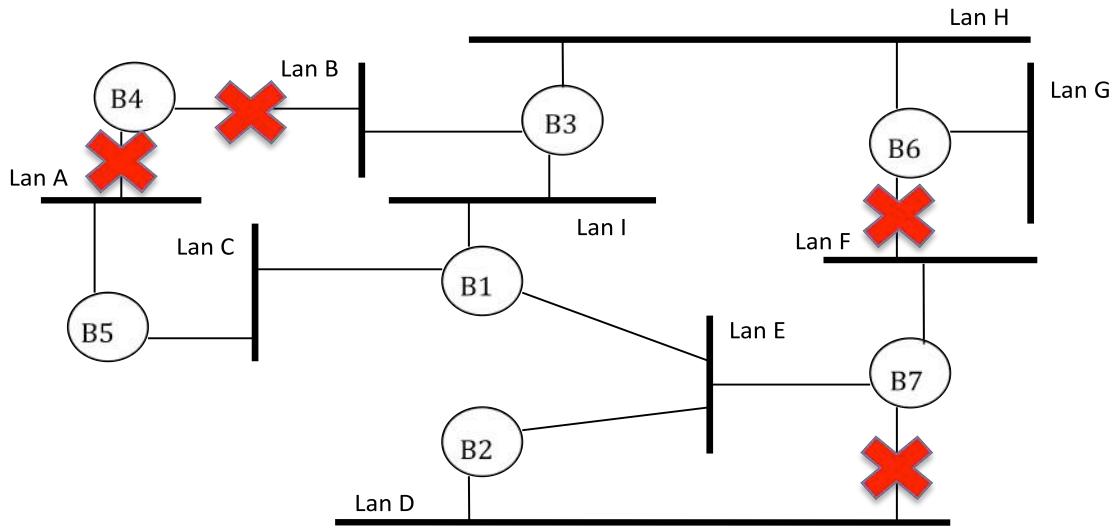
$$500\text{MB}/64\text{KB} = 500 \times 10^6 / (64 \times 2^{10} - 1) = 500000000 / 65535 = 7629,51094834821$$

Esercizio 2.

Eseguire l'algoritmo Spanning Tree sulla rete in figura marcando con una X i rami che vengono disabilitati, giustificare perchè vengono disabilitati, e disegnare l'albero risultante.

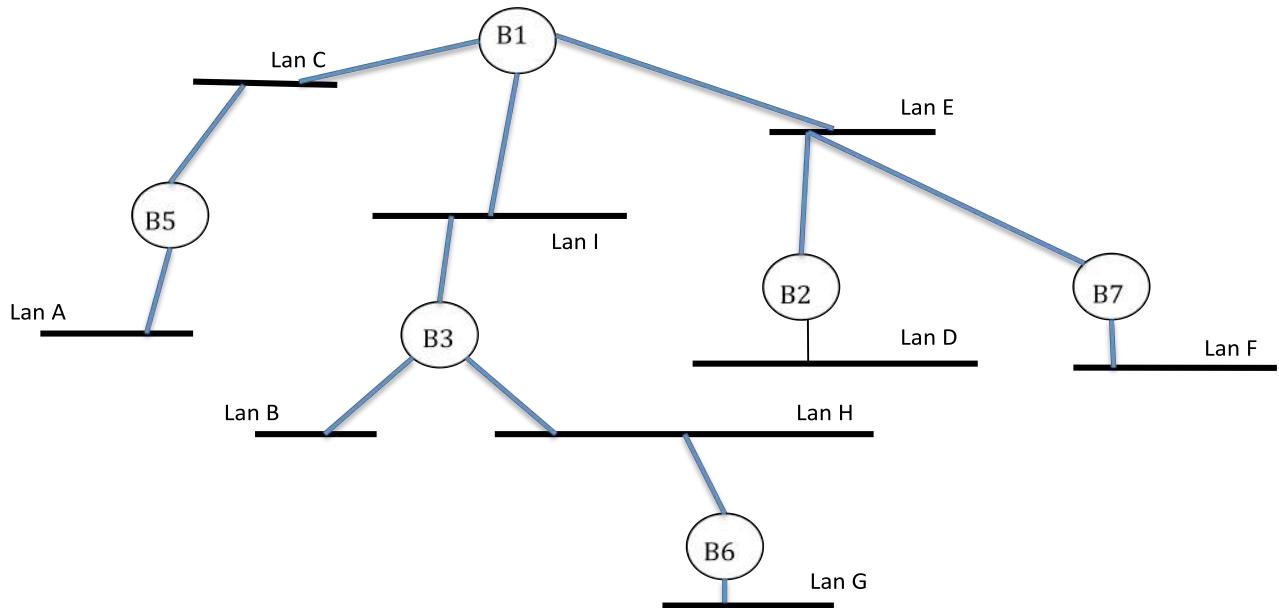


Soluzione



Link disabilitati perchè: B4 su Lan A e Lan B è più distante da root di B5 e B3, rispettivamente. B6 su Lan F è più distante di B3 da root, ed ha anche indice maggiore. B7 su Lan D ha la stessa distanza di B2 ma indice maggiore.

Albero risultante



Esercizio 3.

- Quale protocollo utilizza i meccanismi chiamati Additive-Increase-Multiplicative-Decrease (AIMD) e Slow-Start?
- Questi meccanismi si differenziano principalmente per la gestione di una particolare variabile. Qual'è questa variabile, e in cosa consiste la differenza di gestione?

Soluzione

1. TCP
2. La variabile è la **CongestionWindow**. La differenza di gestione è la seguente:
AIMD **incrementa di una unità** (i.e., un pacchetto) la CongestionWindow dopo ogni trasmissione che termina "normalmente" (i.e., senza errori, prima della terminazione del timeout); Slow Start invece la **raddoppia**. Entrambi la dimezzano nel caso la trasmissione di un pacchetto sia terminata in modo "anormale".

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
18 settembre 2013

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1.

Un canale virtuale VC di capacità $C = 36\text{Mb}$ collega in modalità punto-punto una base terrestre T con un satellite S orbitante in orbita geo-stazionaria a 54 milioni di Km di distanza da T. Assumendo assenza di ritardi di accodamento e sapendo che i dati viaggiano sul canale VC alla velocità della luce $VDL = 3 \times 10^8 \text{m/s}$, calcolare:

1. il RTT *minimo* su VC (i.e., quello esperito da un solo bit trasmesso da T a S a T);
2. l'ampiezza di banda Bw di VC;
3. la latenza L di un file di dimensione $S = 10\text{Mb}$ trasmesso dal S a T attraverso VC (è sufficiente fornire il risultato intero, approssimato per difetto).

Risposta.

1. Sappiamo che $C = 36\text{Mb} = \text{Delay}(D) \times \text{Bandwidth}(Bw)$. Sappiamo inoltre che RTT è il doppio di D, per definizione. Poichè però viene richiesto di calcolare il RTT *minimo*, D in questo caso coincide con il ritardo di Propagazione P impiegato da un bit per raggiungere la sua destinazione sul canale virtuale (da T verso S o da S verso T). Poichè $P = \text{distanza}/VDL$ e, nel nostro caso, la distanza $DTS = 54000000\text{Km} = (54 \times 10^6 \times 10^3)\text{m}$, abbiamo:

$$D = P = DTs/VDL = 54 \times 10^9 \text{m} / 3 \times 10^8 \text{m/s} = 540/3\text{s} = 180\text{s} \Rightarrow \mathbf{RTT = D \times 2 = 360s}$$

2. $C = D \times Bw \Rightarrow Bw = C/D = 36\text{Mb}/180\text{s} = 0.2\text{Mbps} = 0.2 \times 10^3 \text{Kbps} = \mathbf{200Kbps}$

3. Sappiamo che $L = P + T + Q$ per definizione e che $Q = 0$ dall'enunciato del problema. Sappiamo anche che $P = 180\text{s}$ (calcolato al punto 1). Quindi rimane da calcolare il ritardo di trasmissione $T = S/Bw$ (per definizione). Poichè abbiamo calcolato $Bw = 200\text{Kbps}$ al punto 2, allora:

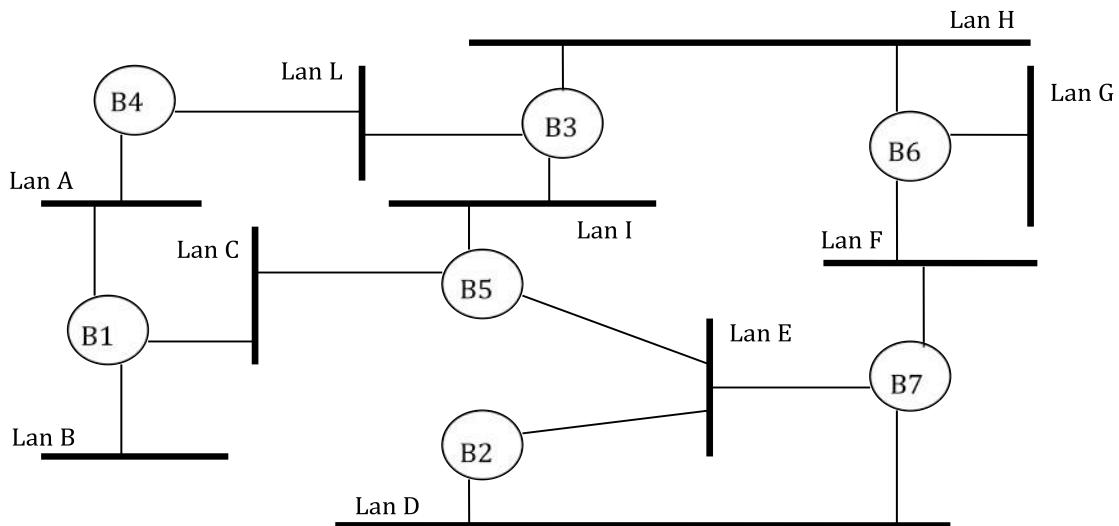
$$T = 10\text{Mb}/200\text{Kbps} = (2 \times 5 \times 2^{20})\text{b} / (2 \times 10^2 \times 10^3)\text{bps} = (5 \times 2^{20} / 10^5)\text{s} = 52.4288\text{s} \cong 52\text{s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathbf{L = P + T + 52s = 232s.}$$

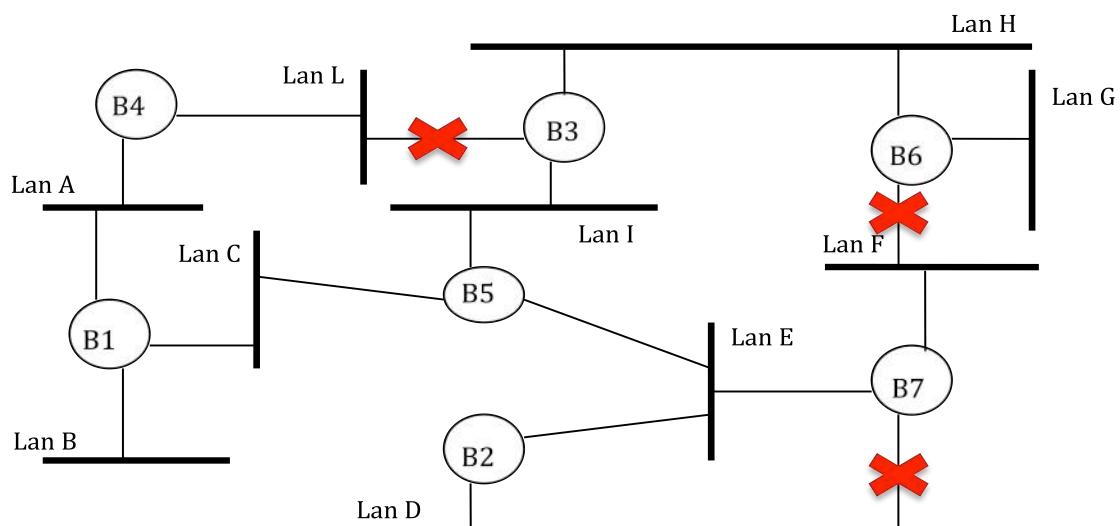
N.B.: dimensione file di $10\text{Mb} \Rightarrow M = 2^{20}$ nello sviluppo della dimensione S usata per calcolare T; invece $K = 10^3$ nello sviluppo di Bw sempre nel calcolo di T.

Esercizio 2.

Eseguire l'algoritmo Spanning Tree sulla rete in figura (sotto).



Risposta:



N.B.: B4 su Lan L e B7 su Lan F sono *designati* rispetto a B3 e B6 perché più vicini a root B1. B5 è *designato* su Lan E perché più vicino a root di B2 e non può essere scollegato da Lan I per non causare partizione <I - H - G>.

Esercizio 3. Che differenza c'e' fra i protocolli AIMD e Slow Start nella gestione della variabile CongestionWindow?

Risposta. AIMD **incrementa di una unità** (i.e., un pacchetto) la CongestionWindow dopo ogni trasmissione che termina "normalmente" (i.e., senza errori, prima della terminazione del timeout); Slow Start invece la **raddoppia**. Entrambi la dimezzano nel caso la trasmissione di un pacchetto sia terminata in modo "anormale".

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
9 luglio 2013

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

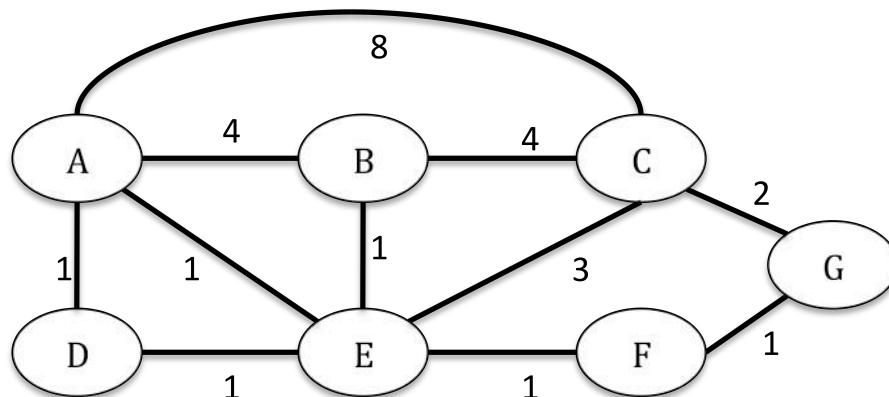
Cognome:

Matricola:

Esercizio 1. Due elaboratori X e Y sono collegati da un canale di comunicazione che fornisce un'ampiezza di banda $Bw = 100Mbps$ ed è caratterizzato da un tempo di "round trip" $RTT = 100ms$. Si calcoli il numero di datagram IP (N_{IP}) della dimensione massima consentita dal protocollo IP che X può trasmettere a Y prima di ricevere un bit di acknowledgement da Y.

Risposta: La risposta si ottiene calcolando la capacità C del canale, poiché X potrà inviare al nodo destinazione Y il doppio di questa capacità prima di ricevere il bit di acknowledgement da Y. In particolare, N_{IP} è dato dal rapporto fra $2C$ e il datagram IP di dimensione massima. La dimensione massima del datagram IP è $MAX_IP = (2^{16} - 1)$ bytes (B) = 65535 B, dato che 65535 è il numero massimo rappresentabile nel campo "length" del datagram IP. In bit, $MAX_IP = 65535 \times 8 b = 524280 b$. La capacità del canale è:
 $C = Delay (D) \times Bw$, dove $D = RTT/2 = (100/2)ms = 50ms = 5 \times 10 \times 10^{-3} s$ e $Bw = 100Mbps$.
 $\Rightarrow C = D \times Bw = 5 \times 10 \times 10^{-3} s \times 10^2 \times 10^6 bps = 5 \times 10^6 b$
 $\Rightarrow N_{IP} = (C \times 2) / MAX_IP = (2 \times 5 \times 10^6 / 524280) b = \lfloor 19.074 \rfloor = 19$

Esercizio 2. Applicare l'algoritmo di Distance Vector alla rete in figura e costruire le tabelle di routing **iniziale** e **finale** dei nodi B ed F.



Risposta:

Nodo B

Tabella iniziale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	4	A
C	4	C
D	∞	-
E	1	E
F	∞	-
G	∞	-

Tabella finale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	2	E
C	4	C
D	2	E
E	1	E
F	2	E
G	3	E

Nodo F

Tabella iniziale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	∞	-
B	∞	-
C	∞	-
D	∞	-
E	1	E
G	1	G

Tabella finale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
A	2	E
B	2	E
C	3	G
D	2	E
E	1	E
G	1	G

Esercizio 3. Come è strutturato il nome achab.cs.unibo.it nel record del DNS che lo contiene?

Risposta:

5 | a | c | h | a | b | 2 | c | s | 5 | u | n | i | b | o | 2 | i | t | Ø

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
18 giugno 2013

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

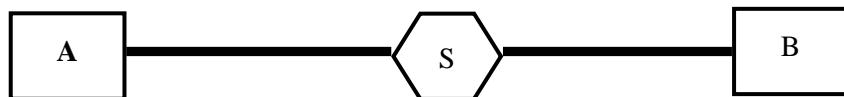
Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Calcolare la latenza L, dal primo bit trasmesso all'ultimo ricevuto da un elaboratore sorgente A ad uno destinazione B, nei seguenti 3 casi:

1. A e B sono connessi da una rete Ethernet a 100 Mbps strutturata in due rami collegati da un singolo switch S store-and-forward. I pacchetti trasmessi hanno dimensione massima D = 12000 bit. Ogni ramo (quello da A e S e quello da S a B) introduce un ritardo di propagazione di 10μs; S inizia la trasmissione solo dopo avere ricevuto l'intero pacchetto (i.e., ritardo di accodamento = 0).
2. Come 1 ma con 3 switch.
3. Come 1 ma assumendo che lo switch S implementi un meccanismo di “cut through” (come gli switch ATM) e grazie a questo sia in grado di instradare il pacchetto dopo avere ricevuto i primi 200 bit.

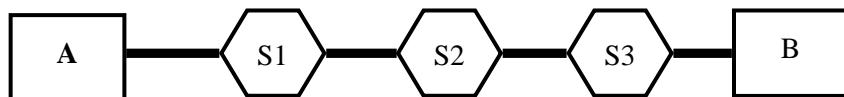
Risposta:

1. In questo caso ci troviamo nel seguente scenario:



In una rete da 100Mbps 1 bit per essere trasmesso impiega $10^{-2} \times 10^{-6}s = 10^{-8}s = 10 \times 10^{-9}s = 10\text{ns}$. Di conseguenza, 12000 bit impiegheranno un tempo pari a $12000 \times 10\text{ns} = 12000 \times 10^{-8}s = 0.00012s = 12 \times 10^{-5}s = 120 \times 10^{-6}s = 120\mu\text{s}$ su ogni link (ritardo di trasmissione). Inoltre, il pacchetto subisce un ritardo di propagazione di 10μs su ogni link, per l'enunciato del problema. Quindi, in questo caso la latenza totale L sarà **L = 2 (120 + 10)μs = 260μs**.

2. In questo caso avremo il seguente scenario:



Quindi con 4 link e 3 switch avremo che L è 4 volte il ritardo di trasmissione su ogni link più quattro volte il ritardo di propagazione **L = 4 x 120μs + 4 x 10μs = 520μs**.

3. Ci troviamo nuovamente nello scenario 1. In questo caso lo switch ritarda il pacchetto di soli 200 bit (i.e., il ritardo dovuto al “cut through”) prima di trasmetterlo, cioè $200 \times 10^{-8}s = 2 \times 10^{-6}s = 2\mu\text{s}$. L'ultimo bit arriverà allo switch in ogni caso dopo 120μs, poiché subisce il ritardo di trasmissione associato al link da A ad S. Però, durante quel ritardo, S starà trasmettendo il pacchetto a B, poiché ha introdotto unicamente il ritardo associato al meccanismo di cut through (cioè, a differenza del caso 1, non ha atteso che gli venisse consegnato l'intero pacchetto di 12000 bit prima di iniziare a trasmetterlo). Inoltre, ogni link introducirà il ritardo di propagazione di 10μs, come da enunciato. In conclusione, la latenza L in questo caso sarà:

$$\begin{aligned}
 L &= \text{ritardo di trasmissione del link} + 2 \times \text{ritardo di propagazione su i link} + \text{ritardo di cut through} = \\
 &= 120\mu\text{s} + 2 \times 10\mu\text{s} + 2\mu\text{s} = \mathbf{142\mu\text{s}}
 \end{aligned}$$

Esercizio 2. Due nodi, collegati da un canale in fibra ottica di 40 km di lunghezza, eseguono il protocollo Automatic Repeat Request (ARQ), conosciuto anche come stop-and-wait.

1. Calcolare il ritardo di propagazione RdP unidirezionale per questo canale assumendo che la velocità della luce su di esso sia 2×10^8 m/s.
2. Indicare un valore di timeout plausibile da utilizzare nell'esecuzione del protocollo ARQ.
3. Spiegare perché, nonostante il timeout, sia ancora possibile che, in assenza di perdita di frame (sia dati che acknowledgement), il timeout termini dopo la trasmissione di una frame ed il protocollo ARQ la ritrasmetta.

Risposta:

1. Ritardo di propagazione unidirezionale **RdP** = distanza/velocità della luce = 40×10^3 m/ 2×10^8 m/s = 20×10^{-5} s = 200×10^{-6} s = **200μs**.
2. Poiché il round trip time RTT sarà uguale al doppio del RdP calcolato al punto 1, i.e. RTT = 400μs, un valore di **time-out plausibile** potrebbe essere il doppio del RTT, cioè $800\mu\text{s} = \mathbf{0,8ms}$. Valori inferiori, ma pur sempre maggiori del RTT, sono anche accettabili dipendentemente da quanto varia il RTT nel tempo.
3. RdP, da cui discende il valore del timeout scelto, non tiene conto di eventuali ritardi introdotti dal destinatario (p.e., dovuti a processing dell'informazione ricevuta, o al fatto che il destinatario è impegnato in esecuzioni che gli impediscono di trasmettere immediatamente l'acknowledgment previsto dal protocollo ARQ).

Esercizio 3. Qual è la funzione del protocollo ARP?

Risposta: Il protocollo ARP (Address Resolution Protocol) si usa per individuare l'indirizzo MAC di un nodo su una rete locale quando è noto solo il suo indirizzo IP.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
28 maggio 2013

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Un protocollo di trasporto introduce un overhead di 50 Bytes (B) per ogni pacchetto che trasmette (p.e., l'overhead consiste dei campi sorgente e destinazione, campi di controllo di errore, delimitatori del pacchetto). Si consideri il caso in cui vengono trasmessi 1,000,000 B di dati mediante questo protocollo, ma 1 B viene danneggiato mentre è in transito e **tutto il pacchetto** che lo contiene viene scartato. Assumendo le seguenti tre distinte dimensioni di pacchetto, rispettivamente di 1000B, 10000B, e 20000B, calcolare quale di queste sia la più “conveniente” nel caso sopra descritto, cioè quale di queste tre fornisca il valore minore della somma “B di overhead + B persi” (vale a dire, quale di queste tre dimensioni consente di minimizzare il numero di bytes di overhead ed il numero di bytes persi).

Risposta: Poiché il numero **totale** di B di overhead ed il numero di B persi variano dipendentemente dal numero N di pacchetti trasmessi, ed N varia dipendentemente dalla dimensione del pacchetto, è necessario prima di tutto calcolare il numero N di pacchetti che verranno trasmessi in ognuno dei tre casi considerati nel testo dell'esercizio. In ciascun caso il numero di pacchetti N da trasmettere è $N = 10^6/D$, dove D è la dimensione del pacchetto. Dato che l'overhead è in ciascun caso (i.e., per qualunque dimensione di pacchetto si scelga) $50B \times N$ e la perdita è D bytes per l'enunciato del problema (i.e., anche se si perde un solo byte viene scartato l'intero pacchetto), abbiamo che la somma “B di overhead + B persi” = $50 \times 10^6/D + D$. Ne consegue che:

1. $D = 1000B \Rightarrow$ “B di overhead+B persi” = $(50 \times 10^6/10^3 + 10^3)B = (50000 + 1000)B = 51000B$
2. $D = 10000B \Rightarrow$ “B di overhead+B persi” = $(50 \times 10^6/10^4 + 10^4)B = (5000 + 10000)B = 15000B$
3. $D = 20000B \Rightarrow$ “B di overhead+B persi” = $(50 \times 10^6/(2 \times 10^4) + (2 \times 10^4))B = (5000/2 + 20000)B = 22500B$

Quindi, la dimensione di pacchetto più “conveniente” è $D = 10000B$.

Esercizio 2. Il campo *Sequence Number* nel protocollo TCP è di 32 bit, il che consente di identificare univocamente più di 4 miliardi di byte di dati. Anche se è improbabile che un numero così grande di byte sia trasmesso su una singola connessione, perché i numeri di sequenza in TCP possono ripetersi nell'intervallo $[2^{32}-1; 0]$?

Risposta: in TCP, i numeri di sequenza in un trasferimento dati non iniziano da 0 ma da un valore casuale, scelto all'interno dell'intervallo indicato nel testo dell'esercizio, per minimizzare la probabilità che un numero di sequenza di una nuova connessione sia confuso con quello ancora circolante di una connessione terminata (in modo sia *normale* sia *anormale*).

Esercizio 3. Per ognuna delle seguenti operazioni, disponibili nel sistema operativo Linux, indicare se l'operazione è “latency bound” (LB) oppure “bandwidth bound” (BB), assumendo che ogni operazione sia invocata da un programma cliente remoto rispetto al server che la esegue. Motivare la risposta.

1. `open(. . .)`: apre un file e restituisce un file descriptor,
2. `read(. . .)`: legge il contenuto di un file e lo restituisce al chiamante,
3. `ls`: elenca il contenuto di una cartella (directory),
4. `od` (octal dump): copia sullo standard output i dati di un file binario convertiti in formato ottale.

Risposta:

1. **LB:** il messaggio restituito da questa operazione è un messaggio di dimensioni ridotte, tipicamente un file descriptor. Conseguentemente, il tempo di risposta percepito dal cliente che ha invocato l'operazione di `open` sarà influenzato principalmente dal ritardo di trasmissione e non dall'ampiezza di banda della rete utilizzata.
2. **BB:** in generale, per file di grandi dimensioni e nell'ipotesi che il protocollo di trasporto utilizzi frammenti di file oppure "window" di ampie dimensioni, il tempo di risposta percepito dal cliente che ha invocato l'operazione di `read` sarà influenzato principalmente dall'ampiezza di banda della rete disponibile; il ritardo di trasmissione risulterà trascurabile. Se però il protocollo di trasporto utilizza il meccanismo "stop and wait" e frammenti di piccole dimensioni, allora l'operazione di `read` risulterà LB.
3. **LB:** i contenuti di una cartella (o directory) sono in genere di dimensioni modeste poiché consistono di nomi di file o di altre cartelle. Conseguentemente, ci riconduciamo al caso n. 1.
4. **BB:** come nel caso n. 2.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
13 febbraio 2013

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

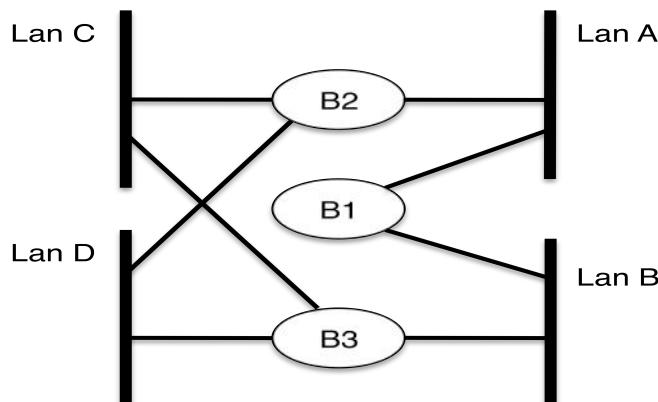
Esercizio 1. Un canale virtuale full duplex di capacità $C = 1\text{Gb}$ e Round Trip Time (RTT) = 200ms collega due elaboratori A e B. Calcolare:

- a) l'ampiezza di banda B offerta dal canale ai due elaboratori;
- b) quanti pacchetti IP completi e di dimensione massima possono essere trasmessi da A a B prima che A riceva un bit di acknowledgement da B, assumendo che B trasmetta il bit di acknowledgement appena riceve il primo bit del primo pacchetto IP trasmesso da A.

Risposta:

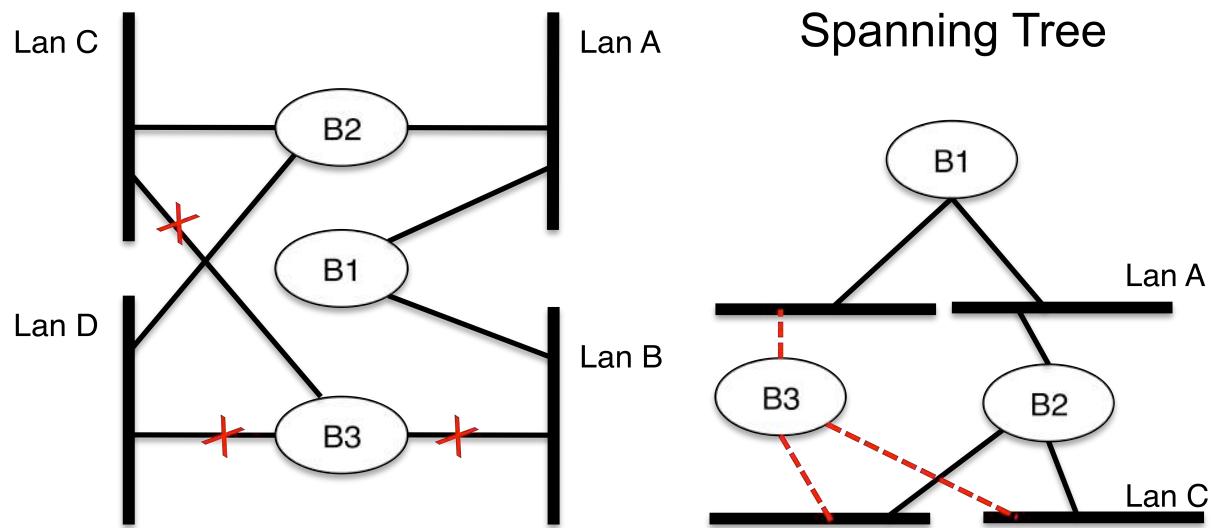
- a) $C = \text{Delay}(D) \times \text{Ampiezza_di_banda}(B) \Rightarrow B = C/D;$
 $D = \text{RTT}/2 = 100\text{ms} \Rightarrow B = 1\text{Gb}/100\text{ms} = 10^9\text{b}/10^2 \times 10^{-3}\text{s} = 10^9\text{b}/10^{-1}\text{s} = 10^{10}\text{bps} = \mathbf{10\text{Gbps}}.$
- b) Il primo bit del primo pacchetto IP trasmesso da A a B raggiungerà B dopo un ritardo D, per le specifiche del canale. Per lo stesso motivo, il bit di acknowledgement da B ad A impiegherà un ritardo D per raggiungere A. Di conseguenza, A avrà a disposizione un tempo pari al RTT (i.e. $Dx2$) per trasmettere pacchetti IP prima di ricevere il bit di acknowledgement da B. Ciò comporta che A avrà a disposizione un canale di capacità $2C$, anzichè C . Poiché la dimensione massima di un pacchetto IP è 65535B (i.e. $2^{16}-1$ B), il numero massimo di pacchetti IP che possono essere trasmessi da A a B in $\text{RTT} = 2D = 200\text{ms}$ si ricava da: $2C/65535\text{B} = (2 \times 10^9/65535 \times 2^3)\text{b} = (10^9/65535 \times 2^2)\text{b} = 3814.75547417411$, cioè 3814 (dato che interessa il numero di pacchetti IP completi e di dimensione massima).

Esercizio 2. Costruire uno “Spanning Tree” minimo corrispondente alla rete locale estesa illustrata nella figura seguente.



Risposta: B3 disabilita la porta su Lan B poiché riceve da quella porta il messaggio di configurazione $\langle B1,0,B1 \rangle$ e quella su le Lan C e D perché riceve dalle sue porte su quelle Lan il messaggio $\langle B2,1,B1 \rangle$. B2

e' bridge designato per Lan C e D in quanto e' quello con id minore su entrambe queste Lan e la sua distanza dalla radice è uguale a quella di B3. B1 è il bridge radice in quanto ha id minore di tutti gli altri. In conclusione, uno spanning tree risultante dall'applicazione dell'algoritmo studiato è il seguente.



Esercizio 3. Quale protocollo usa il meccanismo chiamato Fast Retransmit - Fast Recovery e a che scopo?

Risposta: il meccanismo Fast Retransmit - Fast Recovery è usato all'interno del protocollo TCP per richiedere la ritrasmissione di un pacchetto perso (i.e., non ricevuto dal destinatario) prima della scadenza del meccanismo di timeout associato a quel pacchetto.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori – Prof. Panzieri
9 gennaio 2013

Consegnare l'elaborato non oltre **60** minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Gli elaboratori A e B sono collegati da una rete che offre un'ampiezza di banda $Bw = 100Mbps$. Questa rete utilizza un protocollo di livello MAC che consente il trasferimento di MTU di al più 64B ed introduce un overhead di 32B per MTU, per scopi di indirizzamento e controllo di errore. Si calcoli il tempo di trasmissione (TT) totale (TTT) necessario a stabilire una connessione TCP fra un programma cliente in esecuzione in A ed un programma server in esecuzione in B. Si assuma che i tempi di elaborazione in A e in B necessari a elaborare la richiesta di connessione siano trascurabili (i.e., 0).

Risposta: stabilire una connessione TCP richiede lo scambio di tre messaggi TCP di 20 B ciascuno. Quindi il TTT è uguale alla somma dei tempi di trasmissione dei singoli messaggi. Ogni singolo messaggio TCP viene trasmesso incapsulato in un datagram IP che aggiunge altri 20B al messaggio TCP. Il datagram IP di 40B (i.e., l'header IP con campo dati contenente il segmento TCP di 20B) può essere trasmesso in una singola MTU poiché, secondo l'enunciato del problema, questa può trasportare fino a 64B di payload. Il datagram di 40B viene incapsulato in una frame che introduce un overhead, per campi di indirizzamento e controllo, di 32B formando un oggetto di complessivi 72B che viene trasmesso. Quindi, ogni messaggio trasmesso per stabilire una connessione consiste di 72B = 576b.

Poiché **TT = size/bandwidth** abbiamo che il TT di ogni messaggio TCP è:
 $TT = 576b/100Mbps = (576/(10^2 \times 10^6)) s = 5.76 \times 10^{-6}s = 5.76\mu s$
ed il tempo totale è **TTT = $5.76\mu s \times 3 = 17.28\mu s$** .

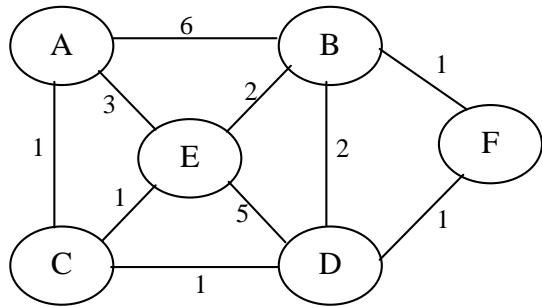
Esercizio 2. Che tipi di indirizzo rappresentano le seguenti n-ple e a quale livello di astrazione dell'OSI Reference Model vengono utilizzate?

- 1) <198.121.11.7>
- 2) <198.121.11.7 ; 25>
- 3) <fe80:0000:0000:0000:0203:93ff:fed4:638c>
- 4) <255.255.254.0>
- 5) <10.0.1.8>
- 6) 00:02:91:d4:63:6c

Risposta:

- 1) e 5) sono indirizzi unicast IPV4, quindi sono utilizzati a livello Network
- 2) è un indirizzo TCP/UDP, quindi è utilizzato a livello Transport
- 3) è un indirizzo IPV6, quindi è utilizzato a livello Network
- 4) è una subnet mask, quindi è utilizzato a livello Network
- 6) è un indirizzo MAC, quindi è utilizzato a livello Data Link.

Esercizio 3. Applicare l'algoritmo Distance Vector alla rete in figura e costruire le tabelle di routing **iniziale** e **finale** dei nodi A e D.



Risposta

Routing Table iniziale del nodo A

Destinazione	Costo	Next Hop
B	6	B
C	1	C
D	inf	-
E	3	E
F	inf	-

Routing Table finale del nodo A

Destinazione	Costo	Next Hop
B	4	C
C	1	C
D	2	C
E	2	C
F	3	C

Routing Table iniziale del nodo D

Destinazione	Costo	Next Hop
A	inf	-
B	2	B
C	1	C
E	5	E
F	1	F

Routing Table finale del nodo D

Destinazione	Costo	Next Hop
A	2	C
B	2	B
C	1	C
E	2	C
F	1	F

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
13 settembre 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Il router R è configurato con la tabella di routing illustrata di seguito.

SubnetNumber	SubnetMask	NextHop
128.96.170.0	255.255.254.0	Interfaccia 0
128.96.168.0	255.255.254.0	Interfaccia 1
128.96.166.0	255.255.254.0	R2
128.96.164.0	255.255.252.0	R3
(default)		R4

R può consegnare pacchetti direttamente attraverso le interfacce 0 e 1 oppure effettuarne il forwarding ai routers R2, R3, o R4. Assumendo che R adotti una politica di selezione del NextHop basata sull' "abbinamento più lungo" (i.e., il "longest match" visto a lezione nel caso del protocollo CIDR), descrivere il comportamento di R e indicare il NextHop che R seleziona per ognuna delle seguenti destinazioni:

- a) 128.96.171.92
- b) 128.96.167.151
- c) 128.96.163.151
- d) 128.96.169.192
- e) 128.96.165.121

Risposta. R applica ciascuna maschera di sottorete ad ogni indirizzo. Seleziona l'abbinamento più lungo. Se il numero di sottorete ottenuto corrisponde a quello contenuto nella colonna SubnetNumber allora seleziona il NextHop corrispondente nella colonna NextHop. Se non trova abbinamenti, seleziona il NextHop di default.

- a) applica la maschera 255.255.254.0 a 128.96.171.92 e calcola:

11111111.11111111.11111110.00000000 **and**
10000000.01100000.10101011.01011100

Ottiene SubnetNumber 128.196.170.0. Applica la maschera 255.255.255.252 al medesimo indirizzo e calcola

11111111.11111111.11111100.00000000 **and**
10000000.01100000.10101011.01011100

Ottiene SubnetNumber 128.196.168.0. Poichè il "longest match" si ha nel caso del primo risultato (4 bit nel 3º byte da destra della maschera coincidono con 4 bit dell'indirizzo nel medesimo byte, mentre con l'altra maschera ne corrispondono solo 3) seleziona l'**interfaccia 0** come NextHop (i.e., il NextHop sulla medesima riga del SubnetNumber individuato).

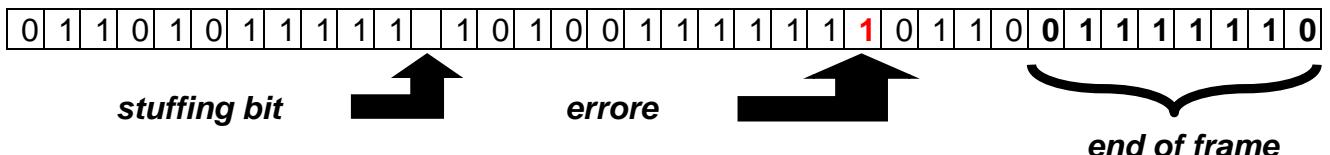
- b) applica la maschera 255.255.254.0 a 128.96.167.151, ottiene 128.96.166.0 che implica che il NextHop sia R2. Applica la maschera 255.255.252.0 a 128.96.167.151 e ottiene 128.96.164.0, che implica che il NextHop sia R3. Poiché l'abbinamento più lungo è con la maschera 255.255.254.0, seleziona il NextHop **R2**. Come nel caso precedente, ciò si può verificare considerando solamente il terzo byte delle due maschere e dell'indirizzo. Poiché $254_{10} = 11111110_2$, $252_{10} = 11111100_2$, e $167_{10} = 10100111_2$, si può osservare che 167_{10} ha 4 bit nella medesima posizione di 254_{10} mentre solo 3 sono i bit nella medesima posizione di 252_{10} .
- c) poiché nessuna delle due maschere di sottorete applicata a questo indirizzo fornisce un abbinamento con uno dei SubnetNumber in tabella, R invia il pacchetto al NextHop di default **R4**.
- d) Applica la maschera 255.255.254.0 e ottiene 128.96.168.0, che corrisponde all'interfaccia 1. Applica 255.255.252.0 ed ottiene lo stesso risultato, Selezione l'**interfaccia 1**.
- e) Applica le maschere 255.255.254.0 e 255.255.252.0 e ottiene 128.96.164.0, quindi seleziona il NextHop **R3**.

Esercizio 2. Una "macchina protocollo" HDLC riceve la seguente sequenza di bit:

0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Scrivere la sequenza risultante dopo che ogni bit di stuffing è stato rimosso e indicare eventuali errori che possono essere stati introdotti nella sequenza.

Risposta



Esercizio 3.

- Qual è la funzione del protocollo ARP?
- Su quale servizio di trasmissione dati è implementato?
- A quale livello di astrazione del modello ISO-OSI si trova questo servizio di trasmissione dati?

Risposta

- l'ARP (Address Resolution Protocol) si usa per individuare l'abbinamento degli indirizzi di livello MAC con gli indirizzi IP (e viceversa);
- è implementato utilizzando il servizio di trasmissione dati offerto dal protocollo di accesso alla rete locale (protocollo MAC);
- può essere pensato come collocato nella parte "alta" del Livello Data Link, in quanto riconosce gli indirizzi di quel livello, o come parte del Livello Network dell'architettura Internet in quanto riconosce gli indirizzi IP.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
3 luglio 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

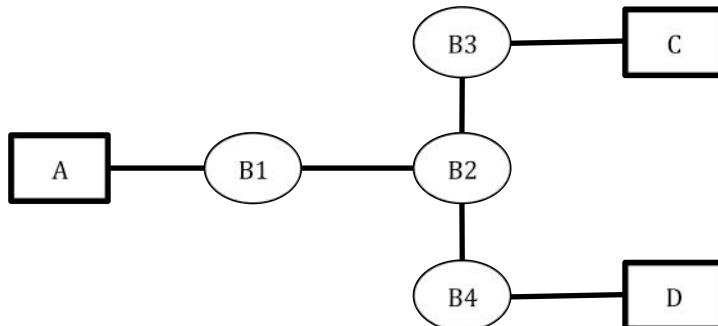
Matricola:

Esercizio 1. Si consideri la rete locale illustrata in Figura. Le porte di I/O di ogni bridge sono identificate con l'identificatore del nodo "vicino" direttamente connesso a quella porta; p.e., le 2 porte di B1 sono identificate come i/f_A e i/f_B2. Assumendo che le tabelle di forwarding dei 4 bridges siano inizialmente vuote, indicare il loro stato dopo la sequenza di trasmissioni:

D -> C

C -> D

A -> C



Risposta. Poiché le tabelle dei bridge sono inizialmente vuote, nella trasmissione da D a C ogni nodo rileverà il transito della frame trasmessa da D. Invece, nella trasmissione da C a D, solo i bridge B4, B2 e B3 riceveranno la frame da C. B1 non la riceverà perché B2 è ormai configurato, dalla prima frame da D a C, a trasmettere le frame per D dalla sua porta etichettata i/f_B4. Infine nella trasmissione A -> C, la frame sarà ricevuta da B1, B2 e B3 solamente per motivo analogo al precedente (i.e., B4 **non riceve** questa frame). Quindi, dopo la sequenza di trasmissioni indicata, si avrà la seguente configurazione delle tabelle dei bridge

B1

Porta	Nodo
i/f_A	A (<i>e non C</i>)
i/f_B2	D

B2

Porta	Nodo
i/f_B1	A
i/f_B3	C
i/f_B4	D

B3

Porta	Nodo
i/f_B2	A, D
i/f_C	C

B4

Porta	Nodo
i/f_B2	C (<i>e non A</i>)
i/f_D	D

Esercizio 2. Date le tabelle di forwarding illustrate di seguito per i nodi A ed F, si disegni il diagramma della rete minima coerente con queste tabelle, assumendo che ogni link abbia costo unitario.

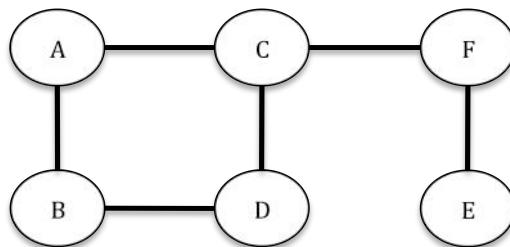
A

Nodo	Costo	Next Hop
B	1	B
C	1	C
D	2	B
E	3	C
F	2	C

F

Nodo	Costo	Next Hop
A	2	C
B	3	C
C	1	C
D	2	C
E	1	E

Risposta



Esercizio 3 Due elaboratori H1 ed H2 sono collegati al medesimo ramo di rete IEEE 802.3 con bandwidth = 2Mbps. Si calcoli il **Tempo di Trasmissione (TT) Totale (TTT)** necessario a **stabilire una connessione TCP** fra un programma cliente in esecuzione in H1 ed un programma server in esecuzione in H2. Si assuma che i tempi di elaborazione richiesti a stabilire la connessione siano uguali a 0 sia al client sia al server.

Risposta: stabilire una connessione TCP richiede lo scambio di tre segmenti TCP di 20 B ciascuno. Quindi il TTT è uguale alla somma dei tempi di trasmissione dei singoli segmenti. Ogni singolo segmento TCP viene trasmesso encapsulato in un pacchetto IP che aggiunge altri 20 Bytes al messaggio TCP. L'oggetto IP di 40 Bytes (header IP con campo dati contenente il segmento TCP di 20 B) viene a sua volta encapsulato in una frame 802.3 consistente di un header di 22B ed un checksum di 4B, come illustrato di seguito:

22B IEEE 802.3 header	20B IP packet	20B TCP segment	4B cks
-----------------------	---------------	-----------------	--------

Quindi, ogni messaggio trasmesso per stabilire una connessione consiste di 66B = 528b. Poiché **TT = size/bandwidth** abbiamo che il TT di ogni messaggio TCP è:

$$TT = 528b / 2Mbps = (528/2 \times 10^6)s = 264 \times 10^{-6}s = 264\mu s$$

ed il tempo totale è **TTT = 264 μs x 3 = 792μs**.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
5 giugno 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1.

Si consideri la rete locale Ethernet illustrata in Figura 1. Si assuma che, in questa rete, l'ampiezza di banda B sia 1Gbps, ciascun link introduca un ritardo di propagazione di $10\mu s$, e lo switch operi in modalità "store-and-forward" (i.e., riceve l'intera frame prima di trasmetterla a destinazione senza introdurre ritardi di elaborazione). La rete abilita la trasmissione di frames di 5000 bits fra i computers A e B illustrati in Figura 1.



Figura 1.

- Calcolare la latenza L di una singola frame dalla trasmissione del primo bit da A alla ricezione dell'ultimo bit a B.
- Calcolare la latenza L del caso a) quando gli switch sono 3, come illustrato nella seguente Figura 2, mantenendo le stesse assunzioni dell'enunciato.



Figura 2.

- Calcolare la latenza L nello scenario del caso b), assumendo che gli switch adottino la seguente tecnica di trasmissione "cut-through": ogni switch inizia la trasmissione dopo avere ricevuto i primi 128 bit della frame.

Risposta.

a)

$$L = \text{Propagazione} + \text{Trasmissione} + \text{Accodamento} = P + T + Q.$$

∀ per ogni link, stando alle assunzioni enunciate:

- ◆ $P = 10\mu s$
- ◆ $T = \frac{\text{dimensione_frame}}{B} = 5 \times 10^3 b \times 10^{-9} \text{ bps} = 5 \times 10^{-6} \text{ s} = 5\mu s$
- ◆ $Q = 0$ in quanto non ci sono ritardi di accodamento successivi alla ricezione della frame.

=> **$L = 2P + 2T = 30\mu s$** cioè, nel caso di singolo switch, la latenza L è data dalla somma dei ritardi di propagazione dei link sommati alla somma dei ritardi di trasmissione di ciascun link.

b)

$L = 4P + 4T = 60\mu s$ in quanto, con 3 switch nelle ipotesi dell'enunciato si hanno 4 link ciascuno dei quali introduce un ritardo di propagazione $P = 10\mu s$ ed un ritardo di trasmissione $T = 5\mu s$.

c)

In questo caso ogni switch decodifica solamente 128 bits prima di iniziare la trasmissione della frame ricevuta. Poichè una rete con ampiezza di banda $B = 1\text{ Gbps}$ trasmette 10^9 bps allora il singolo bit è trasmesso in $10^{-9}\text{ s} = 1\text{ ns}$. Quindi, dalle assunzioni enunciate (i.e. nessun ritardo di elaborazione introdotto dagli switch) 128 bit sono ricevuti e decodificati da ciascuno switch in $128\text{ ns} = \text{CTD}$ ($\text{CTD: CutThroughDelay}$). CTD sostituisce il ritardo di trasmissione T introdotto da ogni switch nel precedente caso 2 e dà luogo ad una latenza L da A a B ottenuta come somma delle seguenti 4 latenze:

$$L_{A \rightarrow SW_1} = P + T = 15\mu s$$

$$L_{SW_1 \rightarrow SW_2} = \text{CTD} + P = 128\text{ ns} + 10\mu s$$

$$L_{SW_2 \rightarrow SW_3} = \text{CTD} + P = 128\text{ ns} + 10\mu s$$

$$L_{SW_3 \rightarrow B} = \text{CTD} + P = 128\text{ ns} + 10\mu s$$

$$L = L_{A \rightarrow SW_1} + L_{SW_1 \rightarrow SW_2} + L_{SW_2 \rightarrow SW_3} + L_{SW_3 \rightarrow B} = 45.384\mu s$$

Esercizio 2.

Un messaggio TCP di 2048B di dati e 20B di header TCP deve essere trasmesso da un elaboratore A ad un elaboratore B mediante il protocollo IPV4. A e B sono collegati da una rete la cui Maximum Transfer Unit (MTU) è 512B. Assumendo che l'header del protocollo IP sia di 20B, indicare la dimensione e l'offset dei frammenti TCP che verranno consegnati all'elaboratore B.

Risposta

L'oggetto TCP da trasmettere ha dimensione $\text{TCP_Header} + \text{TCP_Data} = 20\text{ B} + 2048\text{ B} = 2068\text{ B}$. Questo oggetto deve essere frammentato in un numero sufficiente di datagram IP ciascuno dei quali deve essere contenuto in una MTU di 512B. Poichè ciascun datagram IP introduce un overhead di 20B (come da enunciato), il payload utilizzabile per trasferire frammenti dell'oggetto TCP in ciascuna MTU è di $512\text{ B} - 20\text{ B} = 492\text{ B}$, cioè la dimensione della MTU meno la parte di MTU occupata dall'header IP. Quindi l'oggetto TCP di 2068B deve essere trasmesso in **5 frammenti totali; i primi 4 di 492B ciascuno e il 5° di 100B**. I relativi offset saranno: **Frammento 1: offset = 0, Frammento 2: offset = 492, Frammento 3: offset = 984, Frammento 4: offset = 1474, Frammento 5: offset = 1968**.

Esercizio 3

A quale livello dell'Open System Interconnection Reference Model (OSI RM) si colloca il dispositivo noto come Bridge? Giustificare la risposta.

Risposta: Il bridge è collocato a livello 2 dell'OSI RM in quanto questo dispositivo è programmato per eseguire i protocolli di livello Data Link.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
22 maggio 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

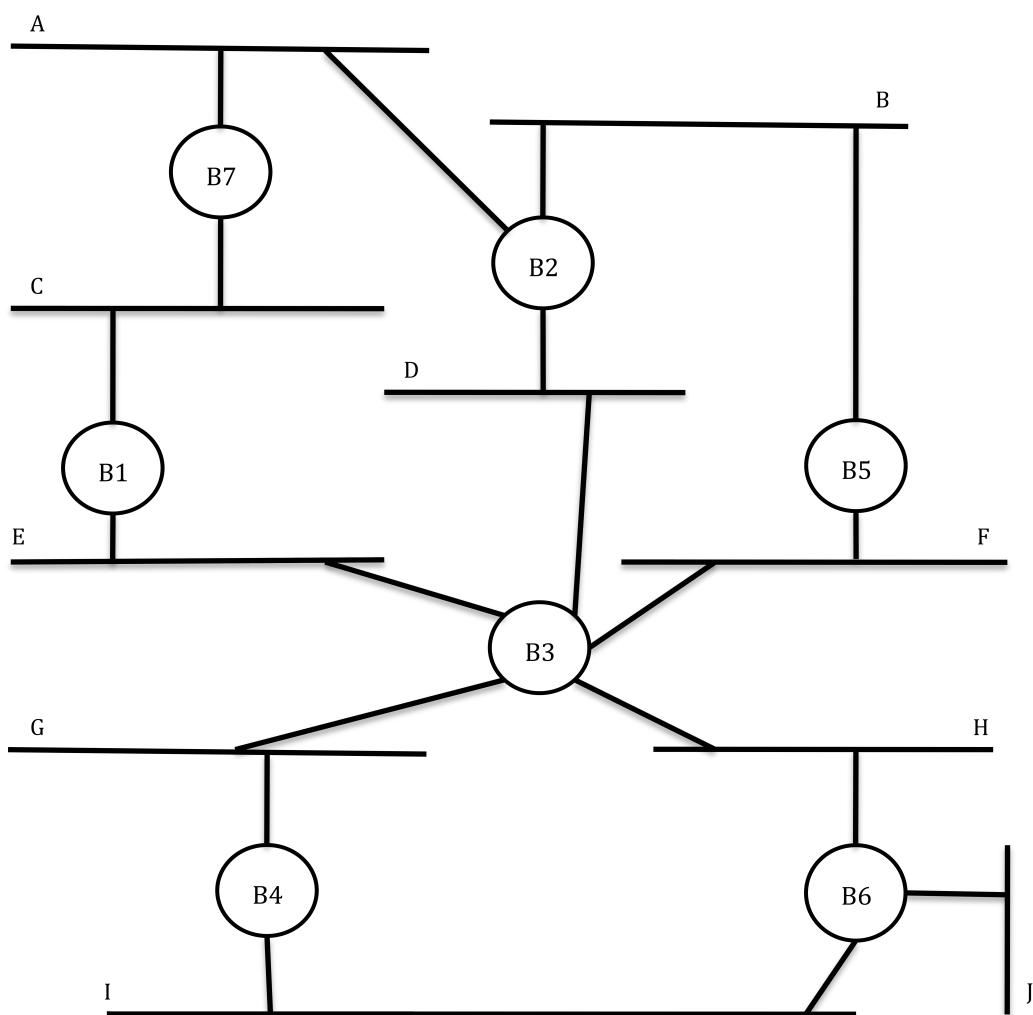
Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1.

1. Sia data la rete locale estesa illustrata nella seguente figura. Si supponga che il bridge B1 subisca un crash.



Si richiede di:

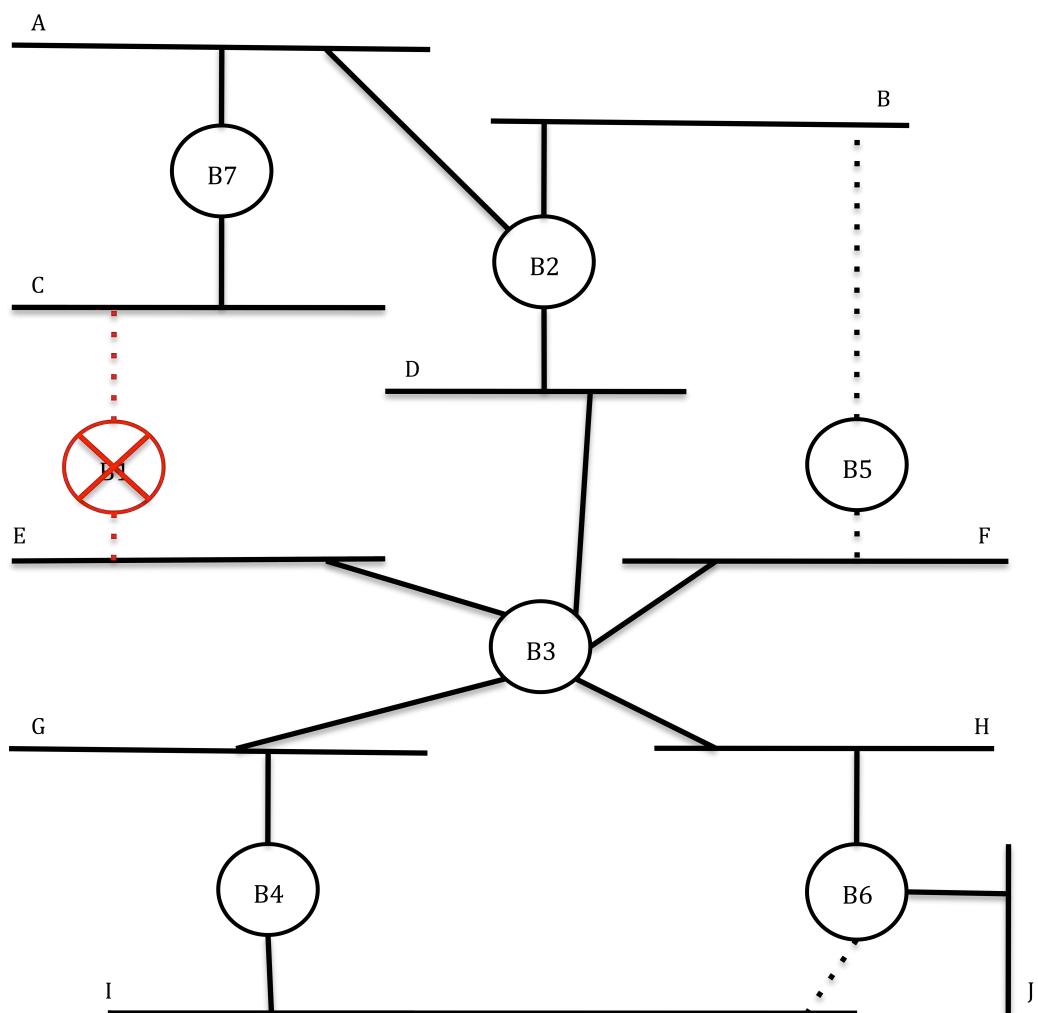
- a. Elencare i bridge designati per ogni rete locale in seguito al crash di B1;
- b. Illustrare come si riconfigura la rete locale in conseguenza del crash di B1 (indicare con un tratteggio i link disabilitati);
- c. Illustrare lo spanning tree corrispondente alla rete riconfigurata.

Risposta.

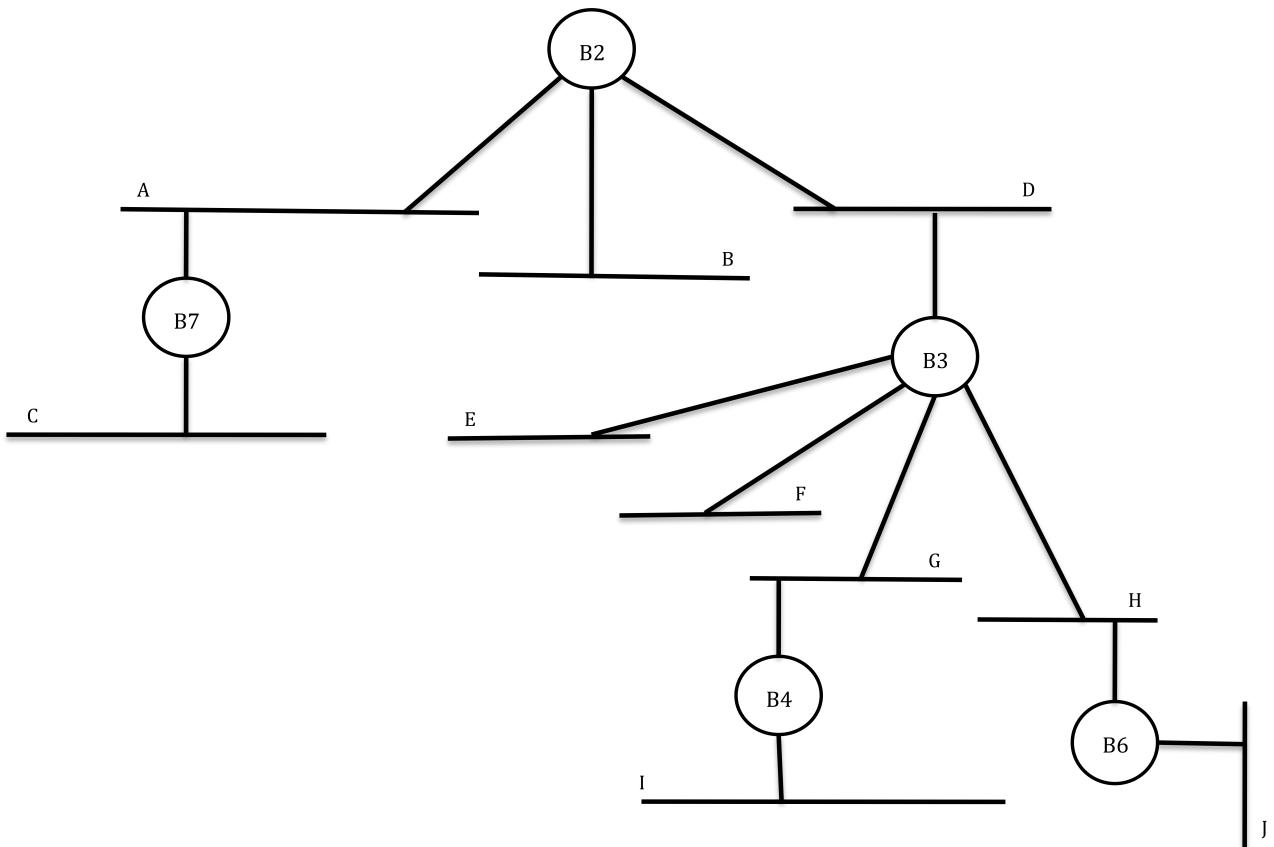
a.

- B2 designato per reti A, B, D;
- B3 designato per reti E, F, G, H;
- B4 designato per rete I
- B5 non utilizzato (resta in stato “idle” in attesa di possibile utilizzo)
- B6 designato per rete J
- B7 designato per rete C

b.



c.



Esercizio 2

Dovete progettare un protocollo che incorpora il meccanismo di “sliding window”. Supponete che le risorse a disposizione (i.e., dimensione della frame, memoria al mittente e al ricevente, bandwidth, RTT) consentano al mittente e al ricevente di bufferizzare al più 7 frame. Quanti bit dovete riservare nell'header del vostro protocollo per contenere il numero di sequenza da associare a ciascuna frame (per garantire ordinamento e individuazione di eventuali frame duplicate)?

Risposta

Lo spazio dei numeri di sequenza (SN) deve essere tale da consentirne il riutilizzo e allo stesso tempo la disambiguazione di repliche di frame già trasmesse da nuove frame con SN uguale ad uno utilizzato precedentemente. Poiché dall'ipotesi enunciata nel testo si evince che la ReceiveWindowSize = SendWindowSize (RWS = SWS), e poichè $7 = SWS$ e $SWS < (MaxSeqNum + 1)/2$, allora $MaxSeqNum > 7 \times 2 - 1 \Rightarrow MaxSeqNum > 13$. Per rappresentare il numero 13 in binario sono necessari almeno **4 bit**; in un campo di 4 bit i SN potranno variare da 0 a 15.

Esercizio 3

Due nodi sono collegati da un canale punto-punto di lunghezza $D = 1000\text{Km}$. In questo canale la luce si propaga ad una velocità $VdL = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$. Si richiede di calcolare l'ampiezza di banda B del canale necessaria affinché il ritardo di propagazione P sia uguale al ritardo di trasmissione T nella trasmissione di pacchetti di 32KB. Eprimere il risultato B in Mbps.

Risposta

$$\begin{aligned} P &= D/VdL = 10^6 \text{m} / (2 \times 10^8) \text{ m/s} = 1/2 \times 10^2 \text{ s} = 1/200 \text{ s} = 5 \times 10^{-3} \text{ s} = T \\ B &= \text{pkt_size}/T = 32\text{KB}/(5 \times 10^{-3})\text{s} = [(2^5 \times 2^{10} \times 2^3)/(5 \times 10^{-3})] \text{ bps} = \\ &= (2^{18} \times 10^3 / 5) \text{ bps} = \\ &= 52428800 \text{ bps} = \\ &= 52428800/10^6 = 52.4288 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

alternativamente, mantenendo T espresso in 1/200 s, si calcola:

$$\begin{aligned} B &= \text{pkt_size}/T = 32\text{KB}/(1/200) \text{ s} = 32 \times 1024 \times 8 \times 200 \text{ bps} = 52428800 \text{ bps} \\ &\text{che tradotto in Mbps, i.e. diviso per } 10^6, \text{ ci restituisce lo stesso valore.} \end{aligned}$$

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
8 febbraio 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1.

Un canale (virtuale) di capacità $C = 23.5\text{Mb}$ collega in modalità punto-punto una base terrestre e un robot su Marte. Assumendo assenza di ritardi di accodamento e sapendo che la distanza fra la Terra e Marte è $DTM = 55\text{Gm}$ (i.e., $55 \times 10^6\text{Km}$) e che i dati viaggiano sul circuito virtuale alla velocità della luce $VDL = 3 \times 10^8\text{m/s}$, calcolare:

1. il RTT minimo del circuito virtuale;
2. l'ampiezza di banda B del canale virtuale;
3. la latenza L di un'immagine di dimensione $S = 5\text{Mb}$ trasmessa dal robot alla stazione terrestre attraverso il canale virtuale che li collega.

Risposta.

1. Sappiamo che $C = 23.5\text{Mb} = D \times B$. Il RTT minimo è il doppio del ritardo di Propagazione P impiegato da un bit per raggiungere la sua destinazione sul canale virtuale (sia da T verso M che da M verso T), quindi P coincide con D . Sappiamo anche che $P = \text{distanza}/\text{velocità_della_luce}$, quindi nel nostro caso:

$$D = P = DTM/VDL = 55 \times 10^9\text{m} / 3 \times 10^8\text{m/s} = 550/3\text{s} = 183.3\text{s} \approx 184\text{s} \Rightarrow RTT = D \times 2 = 396\text{s}$$

2. $C = D \times B \Rightarrow B = C/D = 23.5\text{Mb}/184\text{s} = 23500\text{Kb}/184\text{s} \approx 128\text{ Kbps}$

3. Sappiamo che $L = P + T + Q$ per definizione e che $Q = 0$ dall'enunciato del problema. Sappiamo anche che $P = 184\text{s}$ perchè lo abbiamo calcolato prima. Quindi rimane da calcolare il ritardo di trasmissione T . $T = S/B$, quindi nel nostro caso:

$$T = 5\text{Mb}/128\text{Kbps} = (5 \times 2^{20} / 2^7 \times 10^3)\text{s} = 5 \times 2^{13} / 10^3\text{s} = 40.96\text{s} \approx 41\text{s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = P + T = 184\text{s} + 41\text{s} = 225\text{s}.$$

N.B.: in immagine di 5Mb , $M = 2^{20}$; in bandwidth B , $K = 10^3$.

Esercizio 2. In quale protocollo, quando e a che scopo viene utilizzato il meccanismo conosciuto come **slow start**?

Risposta. Il meccanismo di **slow start** è utilizzato nel protocollo TCP all'avvio di una connessione per far aumentare la dimensione della *congestion window* più rapidamente possibile. In particolare, lo *slow start* fa crescere la dimensione della *congestion window* esponenzialmente anzichè linearmente.

Esercizio 3. A cosa serve il protocollo **DHCP**?

Risposta. A mantenere un serbatoio di indirizzi IP di un particolare dominio amministrativo da assegnare dinamicamente agli host di quel dominio che ne fanno richiesta.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
10 gennaio 2012

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

Cognome:

Matricola:

Esercizio 1.

Gli elaboratori A e B sono collegati da una rete avente ampiezza di banda $B = 1\text{ Gbps}$ e $\text{RTT} = 200\text{ms}$. Si calcoli il numero massimo N_{IP} di pacchetti IP (completi) della dimensione massima consentita dal protocollo IP che A può inviare a B prima di ricevere un bit di acknowledgement da B.

Risposta. La risposta si ottiene calcolando la capacità C del canale e considerando che A potrà inviare il doppio di C prima di ricevere l'acknowledgement.

La dimensione massima del datagram IP è

$$\text{MAX_IP} = 2^{16} \text{B} - 1 = 65535 \text{B} = 65535 \times 8 \text{ bit} = 524280 \text{ bit}$$

che è il numero massimo rappresentabile nel campo "length" del datagram IP.

La capacità del canale è $C = D \times B$, dove $D = \text{RTT}/2 = (200/2)\text{ms} = 100\text{ms}$

$$\Rightarrow C = 100 \times 10^3 \text{s} \times 10^3 \text{Mbps} = 100\text{Mb}$$

$$N_{IP} = (C \times 2) / \text{MAX_IP} = (2 \times 10^2 \times 10^6 / 524280) b = \lfloor 381,47 \rfloor = 381$$

Esercizio 2. Com'è strutturato il nome koala.csse.monash.edu.au nel relativo record del DNS?

Risposta.

5	k	o	a		a	4	c	s	s	e	6	m	o	n	a	s	h	3	e	d	u	2	a	u	0
---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Esercizio 3. Quale condizione garantisce il rilevamento delle collisioni nelle reti IEEE 802.3 a nelle reti note come Standard Ethernet?

Risposta. La dimensione della frame trasmessa deve essere di almeno 512 bits (64 Bytes).

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
13 settembre 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome:

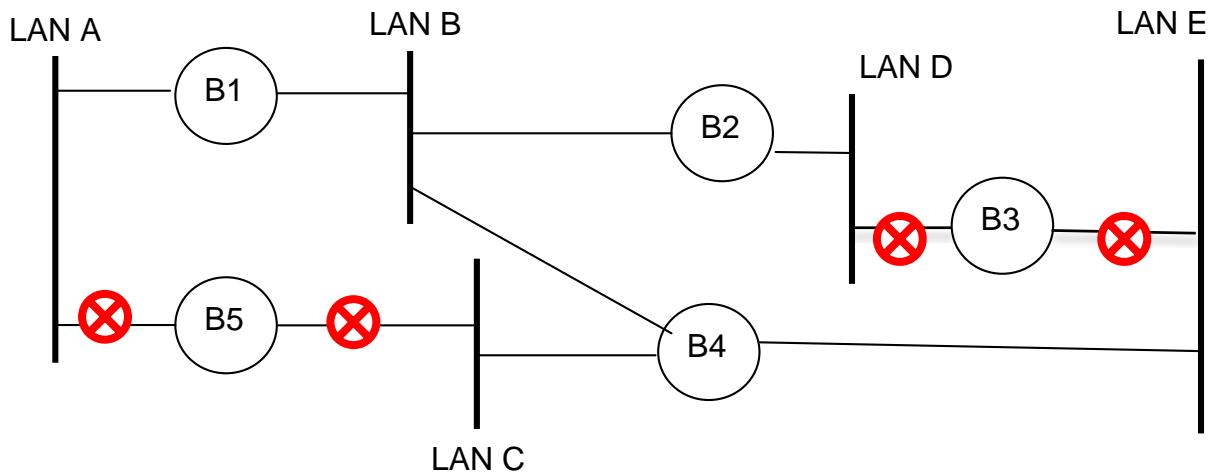
Cognome:

Matricola:

Esercizio 1.

Applicare l'algoritmo Spanning Tree alla rete in figura. Indicare il risultato sulla figura stessa marcando con una X i link che vengono disabilitati.

Risposta



Esercizio 2. Quali errori di trasmissione **non** possono essere individuati mediante l'introduzione del "bit di parità" pari, e quali invece mediante l'introduzione del "bit di parità" dispari?

Risposta. In entrambi i casi, non possono essere individuati gli errori di trasmissione che alterano un numero pari di bit.

Esercizio 3. Com'è strutturato nel relativo record del DNS il nome achab.cs.unibo.it?

Risposta.

5	a	c	h	a	b	2	c	s	5	u	n	i	b	o	2	i	t	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
12 luglio 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

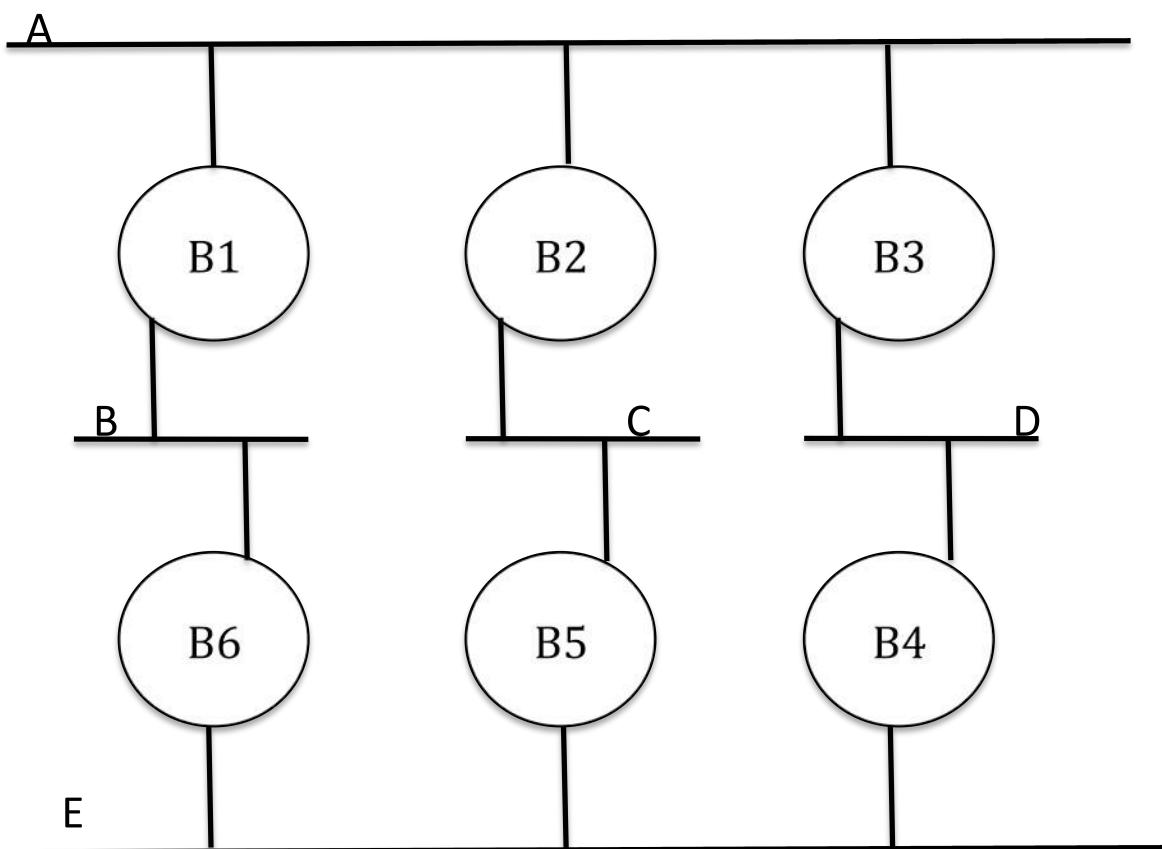
Nome:

Cognome:

Matricola:

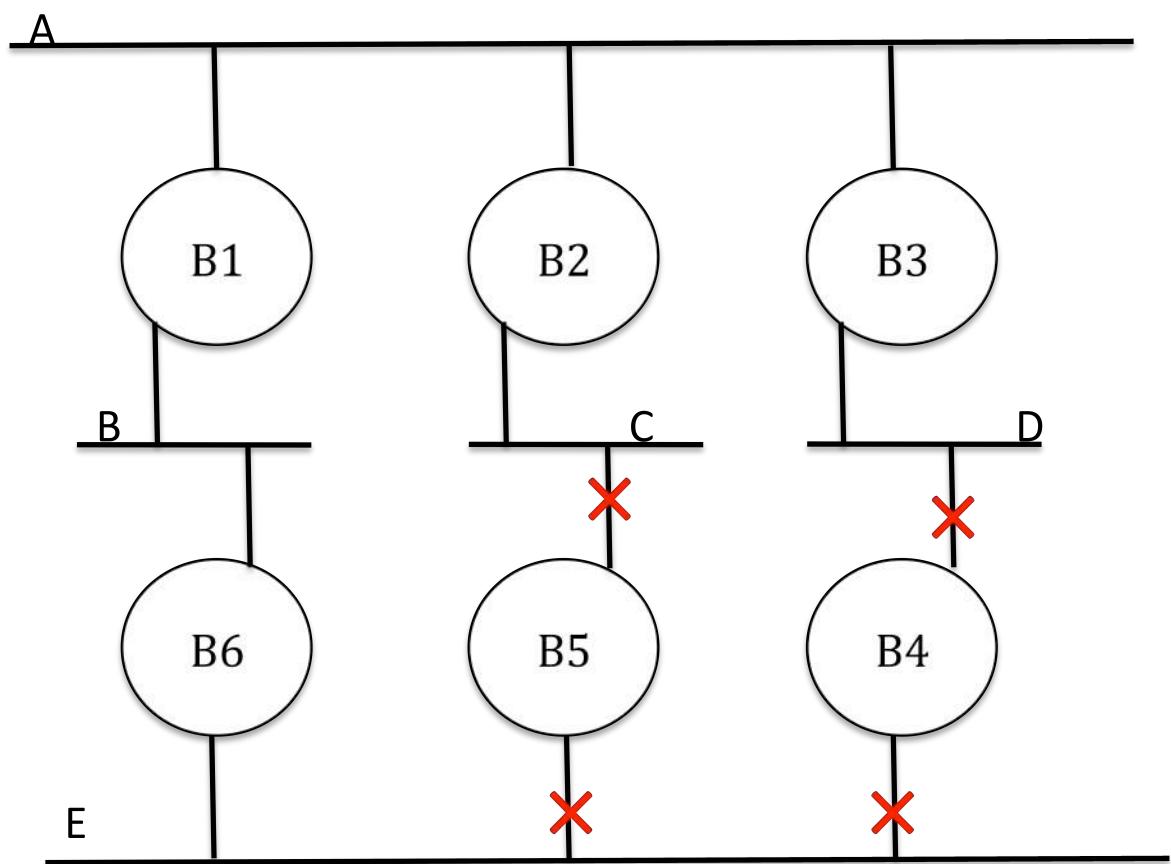
Esercizio 1. Data la LAN estesa in figura:

- applicare l'algoritmo dello spanning tree (marcare con una X i rami che vengono disabilitati e disegnare lo spanning tree che ne risulta);
- disegnare lo spanning tree che si viene a formare in caso di riconfigurazione dovuta al crash del nodo radice.

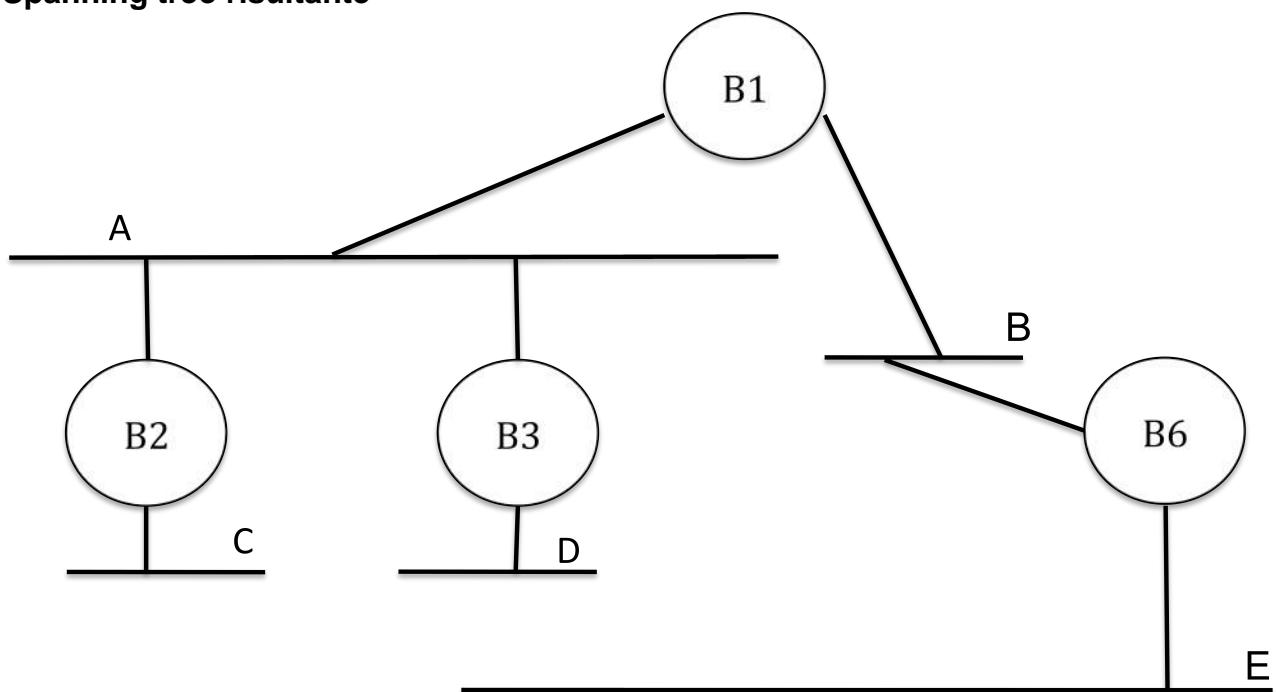


Soluzione 1.a)

- B1: radice in quanto id minore di tutti i bridge;
- B2: designato per Ian C in quanto più vicino a root di B5 e ha l'id minore di tutti i bridge su C;
- B3: designato per Ian D in quanto più vicino a root di B4 e ha l'id minore di tutti i bridge su D;
- B4 e B5: disabilitano le loro porte su C e D per i motivi di cui sopra e su E perchè...
- B6: è designato per E perchè la sua distanza da root è minore di quella degli altri bridge su E.

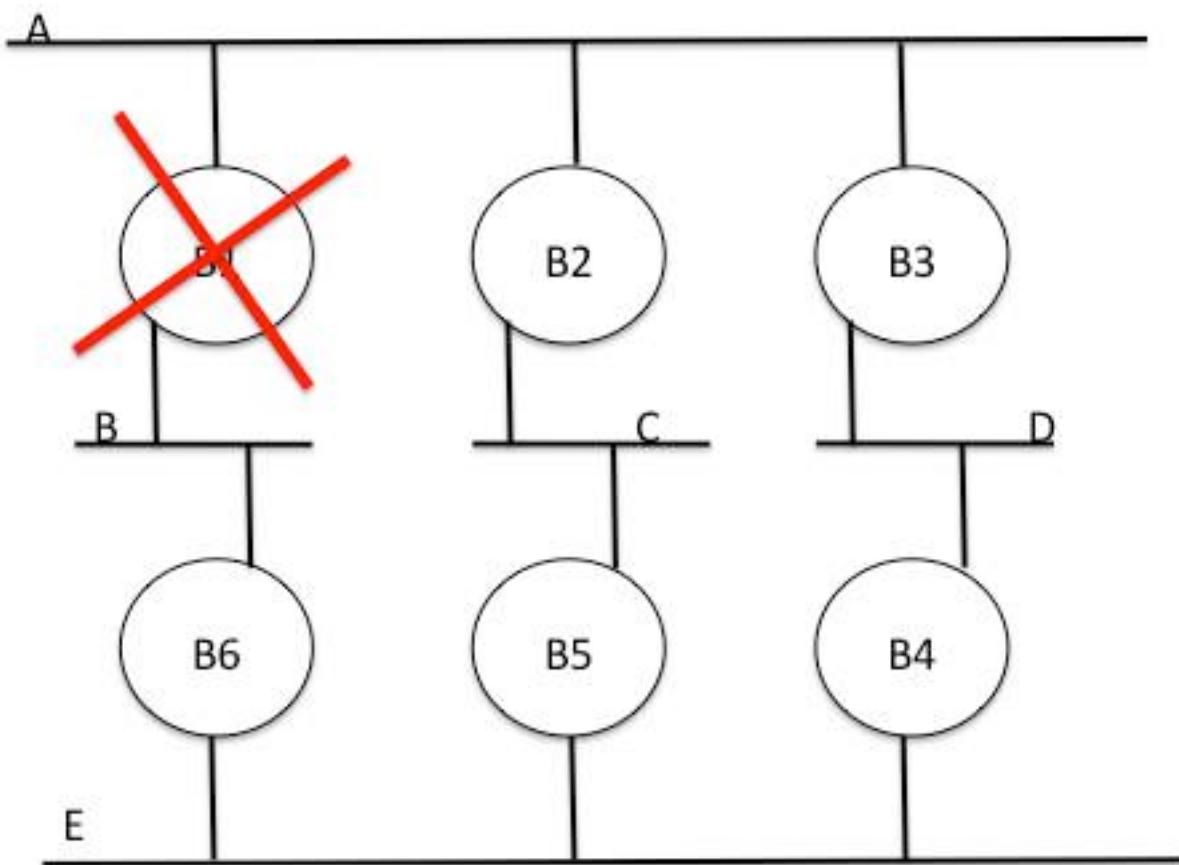


Spanning tree risultante



Soluzione 1.b)

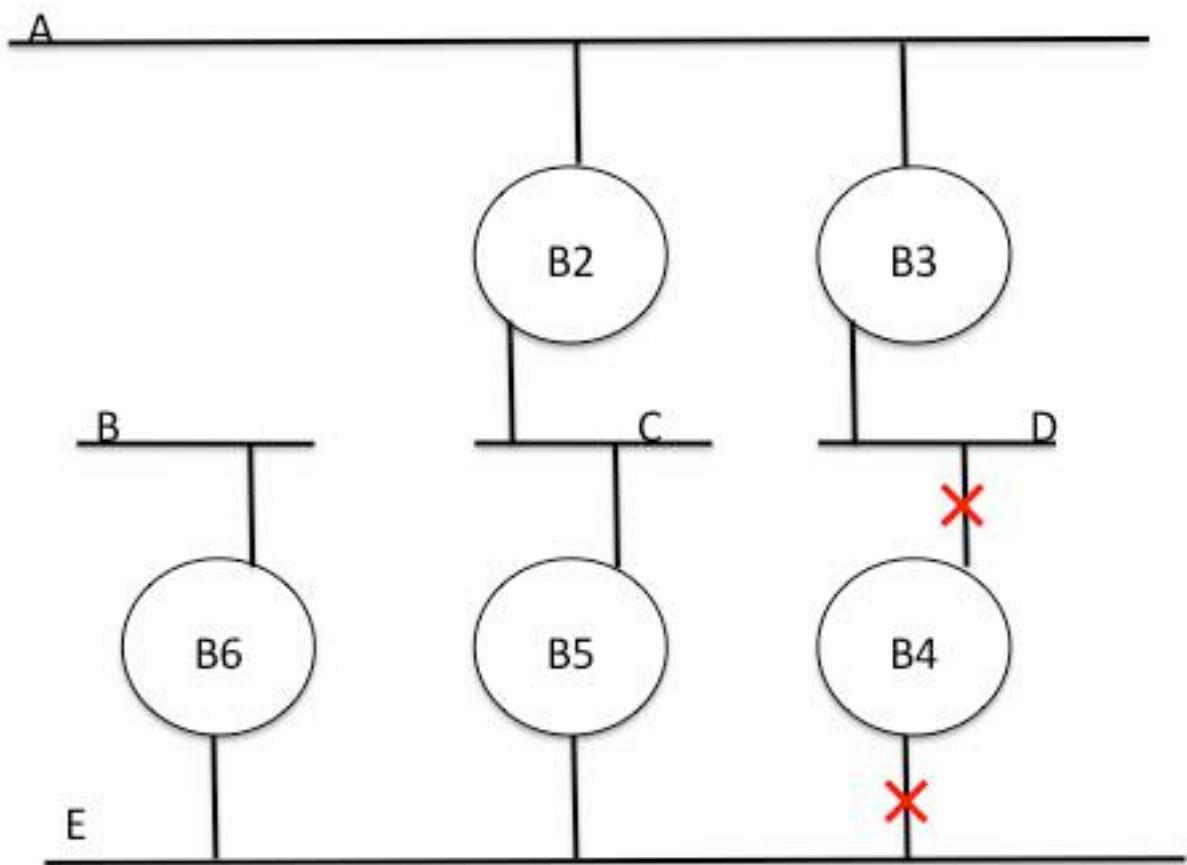
Lan estesa a seguito del crash di B1:



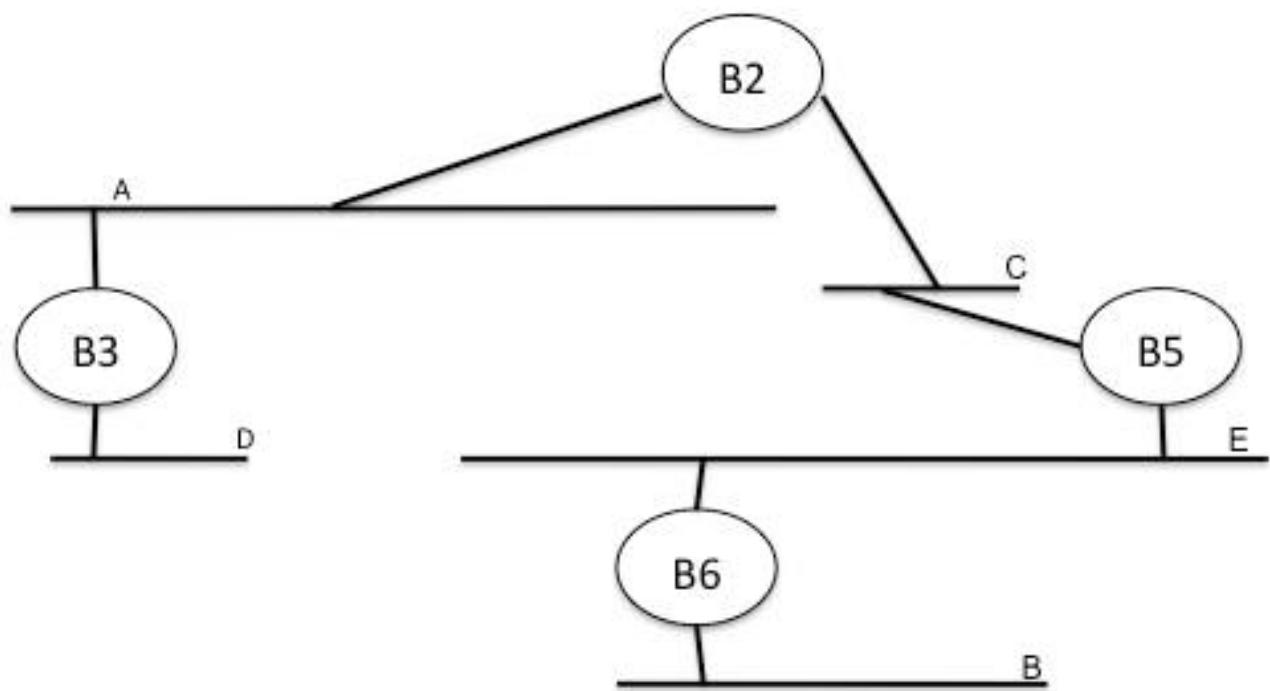
Esecuzione dell'algoritmo di spanning tree:

- B2 diventa radice
- B3 designato per lan D perchè più vicino a radice e con id < B4
- B4 disabilita porte su D per il motivo di cui sopra e su E perchè B5 ha distanza minore da nuova radice
- B5 è designato per E perchè ha distanza minore di B4 e B6 da nuova root
- B6 è designato per B perchè ha distanza minore da root

Vengono disabilitate le porte marcate con **X** nella figura seguente.



Lo Spanning tree risultante è



Esercizio 2. Calcolare:

- a) la capacità C di un canale avente ampiezza di banda BW = 1Gbps e RTT = 200 ms;
- b) il numero massimo N (intero) di pacchetti IP di **dimensione massima** (IP_{max}) che possono essere trasmessi sul canale prima che questo risulti congestionato.

Risposta

1. Poiché $C = Delay \times BW$ e $Delay = RTT/2$ allora
$$C = 100ms \times 1Gbps =$$
$$= (100 \times 10^{-3})s \times 10^9 bps =$$
$$= (10^{-1} \times 10^9)b = 10^8 b = 100 Mb$$
2. Poichè $IP_{max} = 65535$ B = $(65535 \times 2^3)b = 524280b$, il numero massimo di pacchetti IP di questa dimensione che possono essere trasmessi sul canale prima di congestionarlo è $N = \lfloor C/IP_{max} \rfloor = \lfloor 10^8/524280 \rfloor = 190$

Esercizio 3.

- a) Qual è la funzione del protocollo ARP?
- b) Su quale servizio di **trasmissione dati** è implementato?
- c) A quale livello di astrazione del modello ISO-OSI si trova questo servizio di **trasmissione dati**?

Risposta

- a) l'ARP (Address Resolution Protocol) si usa per individuare l'indirizzo MAC di un nodo su una rete locale, dato il suo indirizzo IP;
- b) è implementato utilizzando il servizio di trasmissione dati offerto dal protocollo di accesso alla rete locale;
- c) Livello Data Link.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
14 giugno 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Un file F di 65535B deve essere trasmesso da un elaboratore H1 ad un elaboratore H2 utilizzando il protocollo IP. H1 ed H2 sono collegati da un canale di comunicazione con Capacità C = 50Mb e Round Trip Time RTT = 200 ms. Si calcoli il **Tempo di Trasmissione (TT) Totale** (TTT) necessario a trasmettere il file F, assumendo che eventuali tempi di processing del file ai fini della trasmissione (p.e., costruzione del pacchetto IP) siano trascurabili.

Risposta: Poichè **TTT = Dimensione_dati/Bandwidth** è necessario calcolare la bandwidth B del canale. B si può ottenere da $B = C/D$. C è nota e D anche in quanto, per definizione, $D = RTT/2 = 100ms$. Quindi, l'ampiezza di banda B del nostro canale sarà:

$$B = C/D = 50Mb/100ms = 50Mb/(10^2 \times 10^{-3})s = 50Mb/10^{-1}s = \mathbf{500Mbps}$$

Il file F di 65535B non può essere trasmesso in un unico datagram IP perché la dimensione massima di un datagram IP è 65535B incluso l'header IP. Quindi F deve essere frammentato in almeno 2 datagram. Per esempio, il primo datagram consisterà di 65535B di cui 65515 di dati di F e 20 di header IP, e il secondo dei rimanenti 20B di dati di F e 20 B di header IP. In entrambi i datagram non sono inclusi i 4B dei campi OPTION e PAD perché non necessari. Quindi, TTT sarà dato dalla somma dei tempi di trasmissione del primo e del secondo datagram (indicati con TT₁ e TT₂ nel seguito).

Il primo frammento di 65535B impiegherà:

$$\begin{aligned} TT_1 &= 65535B / 500Mbps = (65535 \times 2^3)b / (500 \times 10^6) bps = (524280 / 500) \times 10^{-6}s = \\ &= 524280 / 500\mu s = \mathbf{1048.56\mu s} \end{aligned}$$

Il secondo pacchetto di 20B di header IP e 20B di dati di F rimanenti impiegherà:

$$\begin{aligned} TT_2 &= (20 + 20)B / 500Mbps = (40 \times 2^3)b / (500 \times 10^6)bps = (320 / 500) \times 10^{-6}s = 16/25\mu s = \\ &= \mathbf{0.64\mu s} \end{aligned}$$

$$TTT = TT_1 + TT_2 = (1048.56 + 0.64)\mu s = \mathbf{1049.2\mu s}$$

Esercizio 2. Che tipi di indirizzo rappresentano le seguenti n-ple e a quale livello di astrazione dell'OSI Reference Model vengono utilizzate?

- 1) 00:03:93:d4:63:8c
- 2) 255.0.0.0
- 3) 140.121.14.8 ; 12
- 4) fe80:0000:0000:0000:0203:93ff:fed4:638c
- 5) 10.0.2.4
- 6) 140.121.14.8

Risposta:

- 1) è un indirizzo MAC, utilizzato a livello Data Link.
- 2) è una subnet mask, utilizzato a livello Network
- 3) è un indirizzo TCP/UDP, utilizzato a livello Transport
- 4) è un indirizzo IPV6, utilizzato a livello Network
- 5) e 6) sono indirizzi unicast IPV4, utilizzati a livello Network

Esercizio 3. Come si chiama il protocollo usato per la trasmissione via email di files non solo di testo ma contenenti anche immagini statiche, filmati, e audio?

Risposta. Multipurpose Internet Mail Extension (MIME).

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
24 maggio 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: **Cognome:** **Matricola:**

Esercizio 1. Due elaboratori H1 ed H2 sono collegati al medesimo ramo di rete IEEE 802.3 con bandwidth = 1Gbps. Si calcoli il **Tempo di Trasmissione (TT) Totale (TTT)** necessario a **stabilire una connessione TCP** fra un programma cliente in esecuzione in H1 ed un programma server in esecuzione in H2. Si assuma che i tempi di elaborazione richiesti a stabilire la connessione siano uguali a 0 sia al client sia al server, e che non vi siano errori di trasmissione.

Risposta: stabilire una connessione TCP richiede lo scambio di tre segmenti TCP di 20 B ciascuno. Quindi il TTT è uguale alla somma dei tempi di trasmissione dei singoli segmenti. Ogni singolo segmento TCP viene trasmesso encapsulato in un pacchetto IP che aggiunge altri 20 Bytes al messaggio TCP. L'oggetto IP di 40 Bytes (header IP con campo dati contenente il segmento TCP di 20 B) viene a sua volta encapsulato in una frame 802.3. Questa frame deve necessariamente contenere almeno 64 B dal campo *destination* al campo *checksum* compresi per consentire di rilevare eventuali collisioni. Quindi (oltre a 7B di *preamble* ed 1B di *start of frame delimiter* che non vengono conteggiati) consisterà dei seguenti campi: 6B di *destination address*, 6B di *source address*, 2B di *length*, 40B di *payload* (l'oggetto IP di cui sopra), 6B di *padding* (per ottenere almeno 46B di *payload*), ed un *checksum* di 4B, per un totale di 64B.

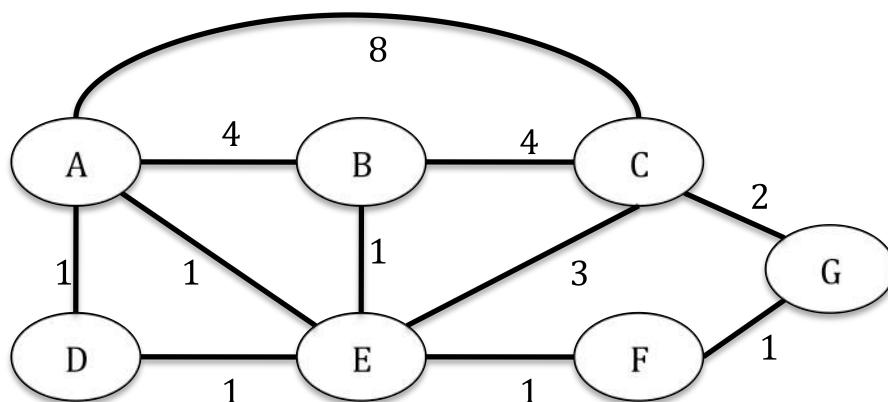
Quindi, ogni messaggio trasmesso per stabilire una connessione consiste di 64B = 512b.

Poiché **TT = size/bandwidth** abbiamo che il TT di ogni messaggio TCP è:

$$\mathbf{TT = 512b / 1Gbps = (512/10^9)s = 512 \times 10^{-9}s = 512 \text{ ns}}$$

ed il tempo totale è **TTT = 512 ns x 3 = 1536 ns = 1.536 μs.**

Esercizio 2. Applicare l'algoritmo di Distance Vector alla rete in figura e costruire le tabelle di routing **iniziale** e **finale** del nodo A.



Risposta.

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
B	4	B
C	∞	-
D	1	D
E	1	E
F	∞	-
G	∞	-

Tabella iniziale

DESTINAZIONE	COSTO	SUCCESSIVO
B	2	E
C	4	E
D	1	D
E	1	E
F	2	E
G	3	E

Tabella finale

Esercizio 3. A cosa serve lo standard MIME?

Risposta. A trasmettere via email files non solo di testo ma contenenti anche immagini statiche, filmati, e audio.

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
9 febbraio 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Esercizio 1. Si vuole trasmettere il messaggio $M = 1011\ 0010\ 0100\ 1011$ e proteggerlo da errori usando il polinomio CRC-8 $P = x^8 + x^2 + x + 1$.

- i) Determinare il messaggio da trasmettere.
- ii) Se il bit più a sinistra del messaggio trasmesso cambia valore durante la trasmissione a causa di un disturbo, qual è il risultato del calcolo del CRC al ricevente, e come fa questo a rilevare l'occorrenza di un errore?

Soluzione

i) Il polinomio P corrisponde al divisore polinomiale di 9 bit: 100000111 di grado $K = 8$. Detto T il polinomio $T = M \cdot x^8$, si calcola il resto R della divisione del polinomio T/P e si trasmette $T - R$, che corrisponde a M concatenato a R (M xor R).

$101100100100101100000000 : 100000111$

$$\begin{array}{r} 100000111 \\ \underline{00110001110} \\ --\underline{100000111} \\ --0100010010 \\ ---\underline{100000111} \\ ---0000101011011 \\ -----1\underline{00000111} \\ -----00101110000 \\ -----100000111 \\ -----00111011100 \\ -----100000111 \\ -----0110110110 \\ -----100000111 \\ -----0101100010 \\ -----100000111 \\ -----00110010100 \\ -----100000111 \\ -----0100100111 \end{array} = R$$

Si trasmette $T - R = M \text{ xor } R = TM = 1011001001001011010010011$

- iii) Il messaggio TM a seguito del disturbo in trasmissione viene ricevuto come messaggio EM, con il primo bit a sinistra modificato rispetto a TM

EM = 001100100100101101010010011

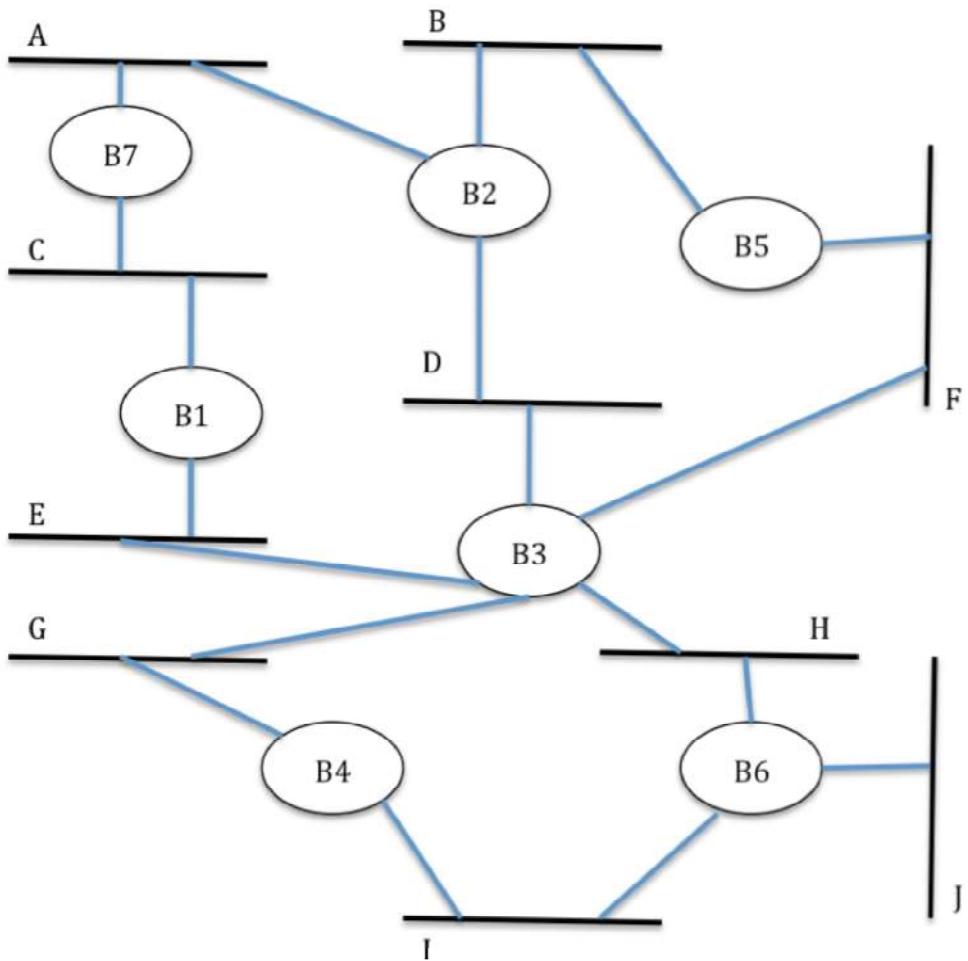
Il ricevente calcola il CRC eseguendo EM/P

0011001001001011010010011:100000111
100000111
100011011
100000111
0000111001001
----100000111
----0110011100
----100000111
----0100110111
----100000111
----000110000101
-----100000111
-----0100000100
-----100000111
-----000000011010011 resto ≠ 0

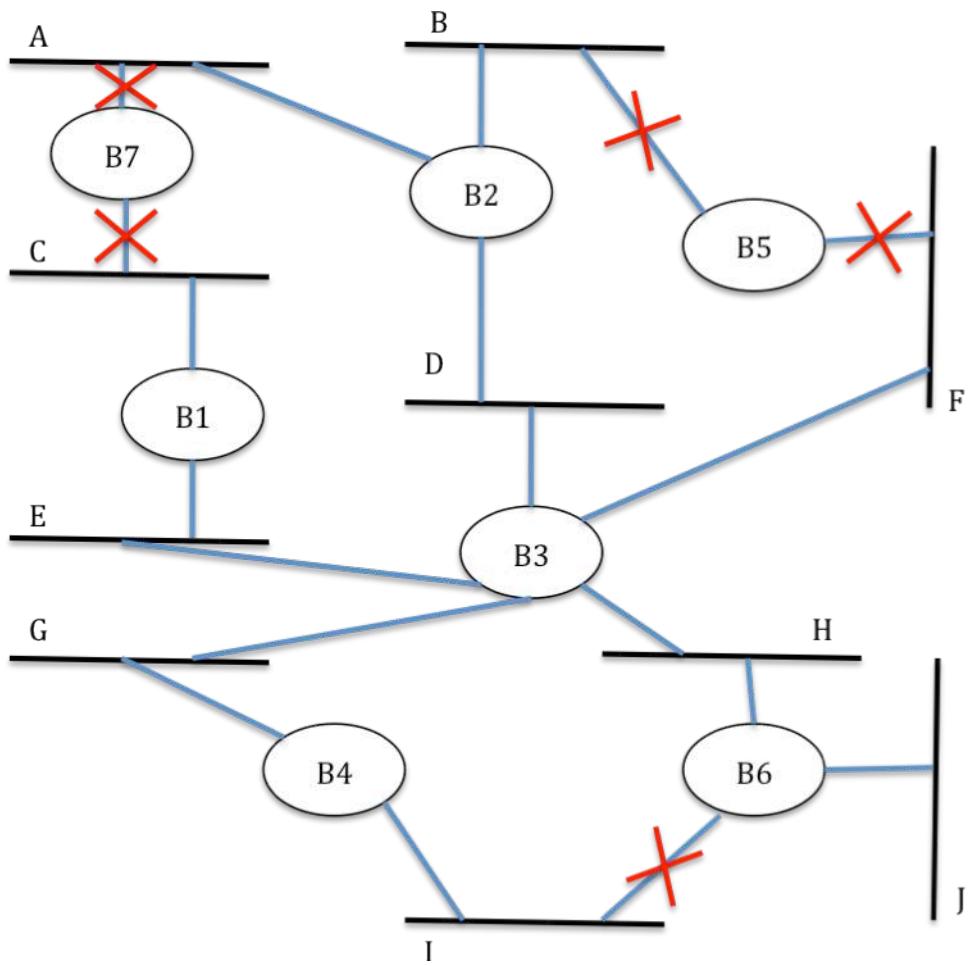
Poiché il resto ≠ 0 il ricevente individua l'errore.

Esercizio 2 Data la LAN estesa in figura:

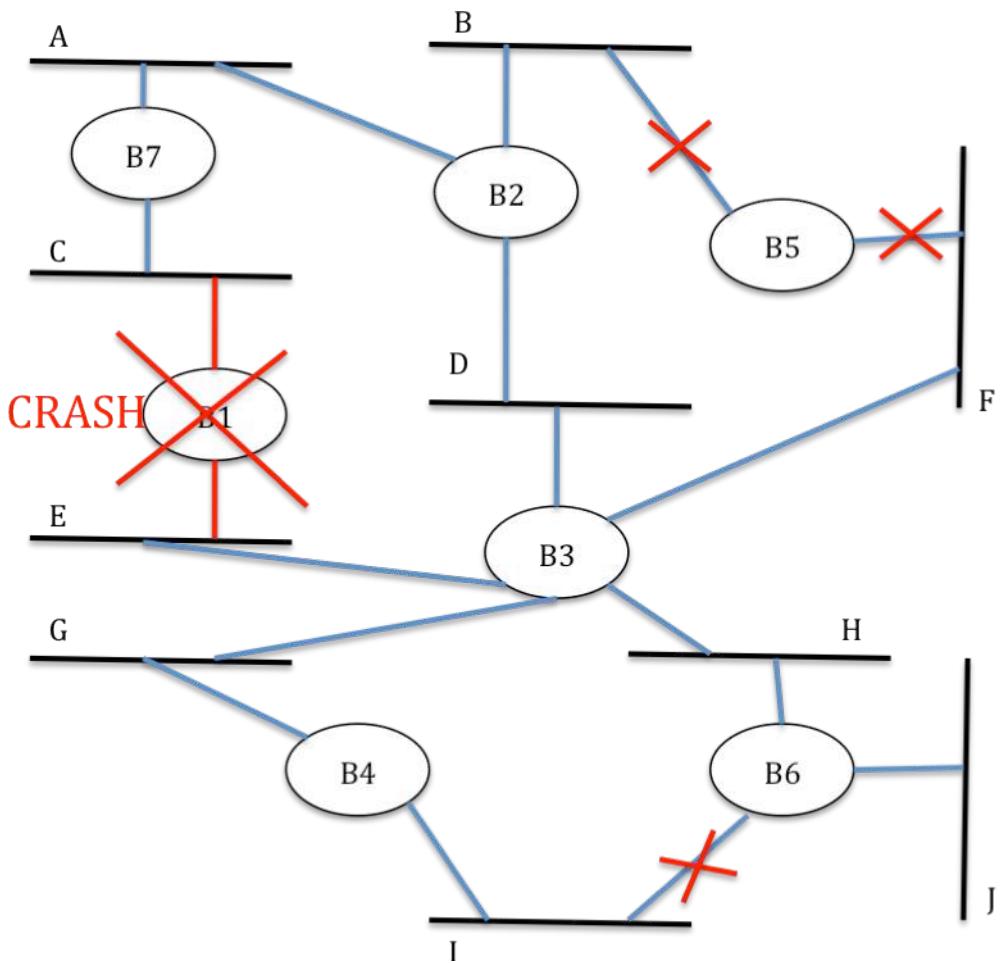
- i) applicare l'algoritmo dello spanning tree (marcare con una X i rami che vengono disabilitati);
- ii) disegnare lo spanning tree che si viene a formare in caso di riconfigurazione dovuta al crash del nodo radice.



Soluzione i)



Soluzione ii)



Esercizio 3. Se un elaboratore ha indirizzo IP = 128.96.34.15 ed è configurato con una maschera di sottorete = 255.255.255.128, qual'è il numero della sottorete cui è collegato?

Risposta. Il numero di sottorete è dato dall'AND bit a bit dell'indirizzo IP con la maschera di sottorete.

IP:	10000000 01100000 00100010 00001111
Mask:	<u>11111111 11111111 11111111 10000000</u>
Subnet:	10000000 01100000 00100010 00000000

Numero di sottorete = 128.96.34.0

Corso di Laurea in Informatica
Prova Scritta di Reti di Calcolatori
12 gennaio 2011

Consegnare l'elaborato non oltre 60 minuti dalla distribuzione del testo. Non è consentito l'uso di appunti, libri o lucidi.

Nome: _____ **Cognome:** _____ **Matricola:** _____

Un file di 1.5MB deve essere trasmesso da un elaboratore A ad un elaboratore B collegati da un canale punto-punto (eventualmente virtuale). Il processo di trasmissione termina quando l'intero file è stato trasferito da A a B. Si assuma che:

1. il canale che collega A e B abbia Round Trip Time RTT = 80 ms,
2. la dimensione del pacchetto che puo' essere trasmesso sia PKT_SIZE = 1KB,
3. stabilire la comunicazione fra A e B comporti un overhead dovuto ad un handshake iniziale $T_{handshake} = 2RTT$
4. il tempo necessario a frammentare il file in pacchetti di 1 KB sia 0,
5. non si verificano errori durante la trasmissione.

Calcolare la Latenza di trasferimento del file (i.e., il tempo totale T_{tot} necessario a trasferire il file da A a B) nei seguenti 4 casi:

- a) l'ampiezza di banda BW = 10Mbps e i pacchetti di dati possono essere inviati uno dopo l'altro, senza attendere alcun acknowledgment;
- b) l'ampiezza di banda BW = 10Mbps, ma A attende un intervallo di tempo di durata RTT dopo avere inviato ogni pacchetto prima di inviare il successivo;
- c) l'ampiezza di banda BW = ∞ (i.e., Ritardo di Trasmissione RdT = 0) ed in ciascun intervallo di trasmissione di durata pari a RTT si possono inviare fino a 20 pacchetti;
- d) l'ampiezza di banda BW = ∞ ed i pacchetti vengono trasmessi con il meccanismo chiamato "slow-start", intervallati da 1 RTT.

Soluzione a) Per definizione $L = \text{Ritardo di Propagazione (RdP)} + \text{Ritardo di Trasmissione (RdT)} + \text{Ritardo_di_Accodamento (RdA)}$

Possiamo assumere $RdA = 0$ sia in virtù dell'ipotesi 4, sia perchè A e B sono collegati direttamente, eventualmente da un circuito virtuale.

Calcoliamo il RdP. Per definizione $RdP = \text{distanza}/\text{velocità della luce}$, che non sono note, ma è noto l'RTT da cui possiamo dedurre che $RdP = RTT/2 = 40ms$, e che questo ritardo si applica all'intero file, dato che la frammentazione è a costo 0 (i.e., è come se si trasferisse un unico oggetto di 1.5 MB).

Calcoliamo il RdT. $RdT = \text{dimensione_pacchetto}/\text{bandwidth}$. Poiché il file di 1.5MB deve essere trasmesso in frammenti di 1KB, calcoliamo il numero di frammenti (N_{frag}) necessari a trasmetterlo, e il tempo di trasmissione di ciascun pacchetto (T_{pkt}).

$$N_{frag} = 1.5MB/1KB = (1.5 \times 2^{20} \times 2^3)b / (2^{10} \times 2^3)b = 1.5 \times 2^{10} = 1536$$
$$T_{pkt} = 1KB/10Mbps = (2^{10} \times 2^3)b / 10^7 bps = 2^{13}/10^7 s = 0.0008192 s$$

Quindi, il tempo T_{frags} necessario a trasmettere tutti gli $N_{\text{frag}} = 1536$ frammenti del file è

$$T_{\text{frags}} = T_{\text{pkt}} \times N_{\text{frag}} = 0.0008192 \times 1536 = 1.2582912 \text{ s}$$

da cui discende che

$$T_{\text{tot(caso_a)}} = T_{\text{handshake}} + T_{\text{frags}} + RdP = 0.160 \text{ s} + 1.2582912 \text{ s} + 0.040 \text{ s} = 1.4582912 \text{ s}$$

Soluzione b) Poiché A attende un intervallo di tempo RTT dopo la trasmissione di ogni pacchetto, trascorerranno 1535 RTT per la trasmissione dei 1536 pacchetti necessari a frammentare il file. Perciò si deve aggiungere un ritardo $R_{\text{caso b}}$ al tempo precedente $T_{\text{tot(caso_a)}}$

$$R_{\text{caso b}} = RTT \times 1535 = (0.080 \times 1535) \text{ s} = 122.8 \text{ s}$$

Quindi in questo caso:

$$T_{\text{tot(caso_b)}} = T_{\text{tot(caso_a)}} + R_{\text{caso b}} \approx 1.46 \text{ s} + 122.8 \text{ s} = 124.26 \text{ s}$$

Soluzione c) Se in un RTT si possono inviare 20 pacchetti pari a 20KB/RTT, allora il file di 1.5MB richiede un numero di trasmissioni, della durata di 1 RTT ciascuna, pari a $1.5\text{MB}/20\text{KB}$, cioè $1.5\text{M}/20\text{K} = 1.5 \times 2^{20} / 20 \times 2^{10} = 1.5 \times 2^{10}/20 = 76.8$ trasmissioni. Quindi

$$T_{\text{tot(caso_c)}} = 76.8 \text{RTT} + T_{\text{handshake}} = 6.144 \text{s} + 0.160 \text{s} = 6.304 \text{s}$$

Soluzione d) Il meccanismo di slow start applicato al caso d) comporta che i pacchetti vengano trasmessi come segue:

handshake, 1 pkt, RTT, 2 pkts, RTT, 4 pkts, RTT, 8 pkts, RTT, ..., RTT, 2^n pkt.s

Dopo n RTT dall'handshake saranno stati trasmessi un numero di pacchetti pari a

$$N_{\text{pkts}} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + \dots + 2^n = 2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^n = 2^{n+1} - 1.$$

Poiché nel nostro caso il file deve essere trasmesso frammentato in $N_{\text{frag}} = 1536$ pacchetti (cf. esercizio a) e ogni pacchetto ha $RdT = 0$, dopo $n = 9$ RTT saranno stati trasmessi 1023 pacchetti. Ne restano 513 che impegneranno una porzione di un ulteriore RTT. Dato che in $n = 10$ RTT possono essere trasmessi $N_{\text{pkts}} = 2^{11} - 1 = 2047$ pacchetti, si tratta di calcolare che percentuale di questo ulteriore RTT impegneranno i 513 pacchetti rimanenti; cioè, si tratta di calcolare la proporzione:

$$513/2047 = x/100 \Rightarrow x = (513 \times 100)/2047 = 25,06.$$

Questo corrisponde a circa $\frac{1}{4}$ RTT. Quindi il tempo totale sarà:

$$T_{\text{tot(caso d)}} = (T_{\text{handshake}} + 9\text{RTT} + \frac{1}{4}\text{RTT})\text{ms} = (160 + 9 \times 80 + 20)\text{ms} = 900 \text{ ms}$$