
Fondamenti di Internet e Reti

Prof. Francesco Musumeci

2° Appello – 16 Luglio 2018

Cognome e nome: **SOLUZIONE**

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

Esercizio 1^{*} (7 punti)

Durante una connessione di trasporto TCP è trasmesso un file di dimensione $D = 75.4$ kbyte a partire dal tempo $t = 0$.

Le ipotesi iniziali sono:

- MSS = 500 byte;
- RTT = 500 ms, costante per tutto il tempo del trasferimento;
- TIMEOUT base = 2 RTT; nel caso di scadenze di TIMEOUT consecutive, il valore seguente del TIMEOUT raddoppia;
- Ssthresh = 3 kbyte al tempo $t = 0$;

Il trasmettitore riceve le seguenti informazioni riguardo l'apertura della Receiver Window (RWND):

- $t = 0$ s: RWND = 12 kbyte;
- $t = 2$ s: RWND = 5 kbyte;
- $t = 4.5$ s: RWND = 15 kbyte;
- $t = 11.5$ s: RWND = 4 kbyte.

Il valore iniziale della Congestion Window (CWND) è

- $t = 0$ s: CWND = 1 kbyte.

Per quanto riguarda la rete che supporta la connessione TCP si fanno le seguenti ipotesi:

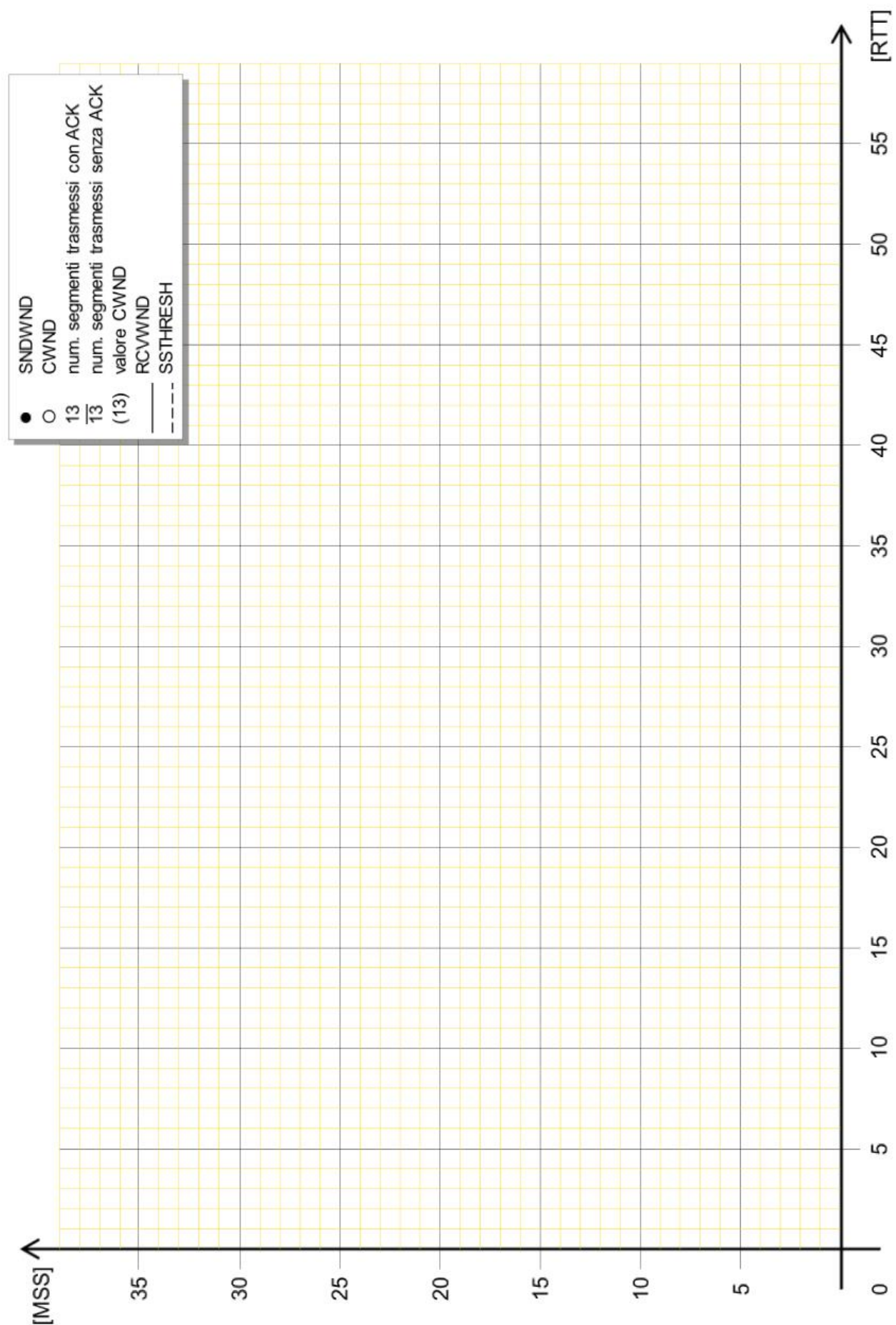
- la rete offre tasso di errore nullo e capacità di trasmissione abbastanza grande da rendere il tempo di trasmissione dei segmenti trascurabile rispetto a RTT;
- il ricevitore riscontra immediatamente i segmenti ricevuti;
- la rete va fuori servizio nell'intervallo di tempo:
 - o $t = [5.5 \text{ s}, 7 \text{ s})$,
- vengono trasmessi sempre segmenti **di dimensione fissa e pari ad MSS**;
- la fase di congestion avoidance comincia per CWND = Ssthresh.

Assumendo che la prima trasmissione avvenga al tempo $t = 0$, si tracci l'andamento nel tempo della Congestion Window (CWND) e della Sender Window (SWND), usando la griglia seguente e la notazione indicata, e si determini in particolare:

- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo; il pallino nero relativo al parametro SWND va SEMPRE posizionato in corrispondenza di un numero intero e il suo valore numerico viene riportato sul grafico mediante l'apposita notazione SOLO SE i segmenti vengono persi;
- i valori di CWND, quando diversa da SWND, riportandone sul grafico il valore numerico mediante apposita notazione accanto al pallino corrispondente;
- i valori assunti da Ssthresh durante tutto il trasferimento;
- il tempo di trasferimento del file, calcolato come **l'istante in cui si riceve l'ultimo riscontro positivo**
 $T_{\text{end}} [\text{s}] = \underline{\hspace{2cm}}$

Nota bene: Ssthresh viene aggiornata ogni volta che scade un timeout, indipendentemente dal fatto che si tratti di ritrasmissioni o meno.

^{*} NOTA BENE: Per TUTTI GLI ESERCIZI si adotta il PUNTO (".") come separatore delle cifre decimali. Non si usa separatore per le migliaia.

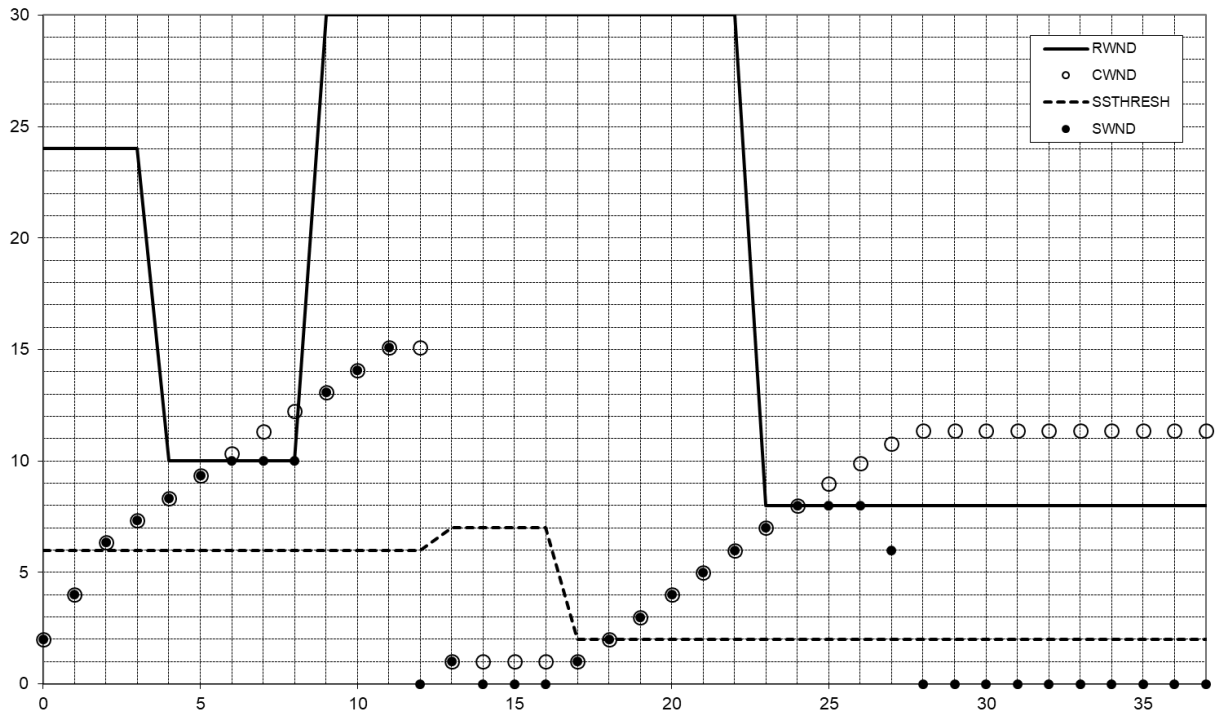


Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

SOLUZIONE



$D = 75.4 \text{ kbyte} = 151 \text{ MSS}$

$SSTHRESH(t=0) = 3 \text{ kbyte} = 6 \text{ MSS}$

$CWND(t=0) = 1 \text{ kbyte} = 2 \text{ MSS}$

$RWND = 24 \text{ MSS}$, in $[0-4)$ RTT

$RWND = 10 \text{ MSS}$, in $[4-9)$ RTT

$RWND = 30 \text{ MSS}$, in $[9-23)$ RTT

$RWND = 8 \text{ MSS}$, in $[23-\dots)$ RTT

Rete fuori servizio in $[11-14)$ RTT

$T_{\text{end}} = 28 \text{ RTT} = 14 \text{ s}$

Esercizio 2

(5 punti)

Una stazione terrestre A comunica con un satellite geostazionario B attraverso un collegamento radio asimmetrico, con capacità di uplink $C_{AB} = 100$ kbit/s e capacità di downlink $C_{BA} = 100$ Mbit/s. La distanza tra le due stazioni è pari a $d = 36000$ km.

La stazione A trasferisce a B un file di dimensione $D_{tot} = 3545$ byte utilizzando un protocollo con le seguenti caratteristiche:

- dimensione fissa di riscontri: $L_a = 10$ byte,
- dimensione variabile delle unità informative (UI), che dipende della dimensione dei dati trasportati, fino ad una lunghezza massima di UI $L_{fmax} = 500$ byte **dei quali** 10 byte rappresentano l'overhead
- tempo di elaborazione nella stazione A trascurabile;
- tempo di elaborazione nella stazione B fisso e pari a $T_p = 10$ ms.

Si supponga che le UI utilizzate abbiano tutte lunghezza massima ad eccezione eventualmente dell'ultima.

Si consideri il protocollo di tipo **go-back-n**, con ampiezza della finestra di trasmissione $W_s = 4$ UI e timeout $T_O = 0.4$ s (N.B. il timeout viene avviato **al termine della trasmissione** di ciascuna UI).

In **assenza di errori sul collegamento**,

- Si rappresenti lo scambio di UI sul primo diagramma temporale, indicando per ogni UI (sia da A a B che da B ad A) il relativo valore di numerazione (la prima UI trasmessa sia la n° 1). **Si specifichi nel diagramma l'unità di misura dell'asse temporale.**

Sempre **in assenza di errori sul collegamento**, si calcolino inoltre i seguenti parametri:

- il tempo T_{GBN} , necessario per il trasferimento del segmento di dati (dall'inizio della trasmissione della prima UI al termine della ricezione dell'ultimo riscontro);
- il *throughput* dati effettivo THR_{GBN} del collegamento, misurato in [bit/s], e l'efficienza η del collegamento $A \rightarrow B$;

Infine, nel caso in cui il **collegamento sia soggetto ad errori**

- si calcoli il tempo T'_{GBN} , necessario per il trasferimento del segmento di dati (dall'inizio della trasmissione della prima UI al termine della ricezione dell'ultimo riscontro), nel caso in cui il **primo e il secondo riscontro** inviati dalla stazione B vengano colpiti da errore;
- si rappresenti lo scambio di UI sul secondo diagramma temporale.

SOLUZIONE

- $D / L_{max} > 7 \rightarrow 7$ UI di dimensione $L_{max} + 1$ UI di dimensione L_{last}
- $L_{max} = 500$ byte (490 byte payload + 10 byte OH)
- $L_{last} = (3545 - 7 * 490) + 10$ byte = 125 byte (115 byte payload + 10 byte OH)
- $T_{max} = L_{max} / C_{AB} = 40$ ms
- $T_{last} = L_{last} / C_{AB} = 10$ ms
- $T_a = L_a / C_{BA} = 0.8$ μ s (trascurabile)
- $\tau = d / v = 120$ ms
- $W_s * T_{max} = 160$ ms $< T_{max} + T_a + T_p + 2\tau = 290$ ms \rightarrow la finestra strozza

$$T_{GBN} = T_{max} + 2\tau + T_p + 3T_{max} + T_{last} + 2\tau + T_p = 670$$
 ms;

$$THR_{GBN} = D_{tot} / T_{GBN} = 42.33$$
 kbit/s;

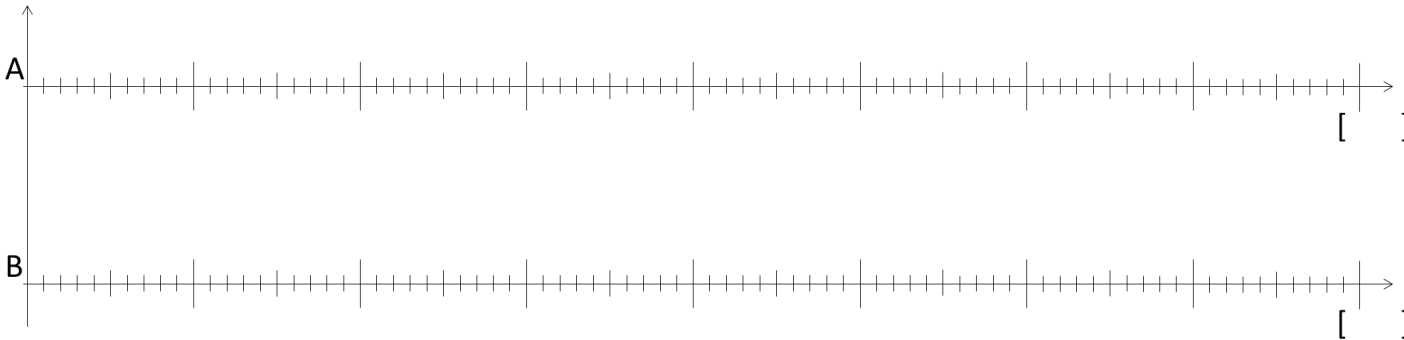
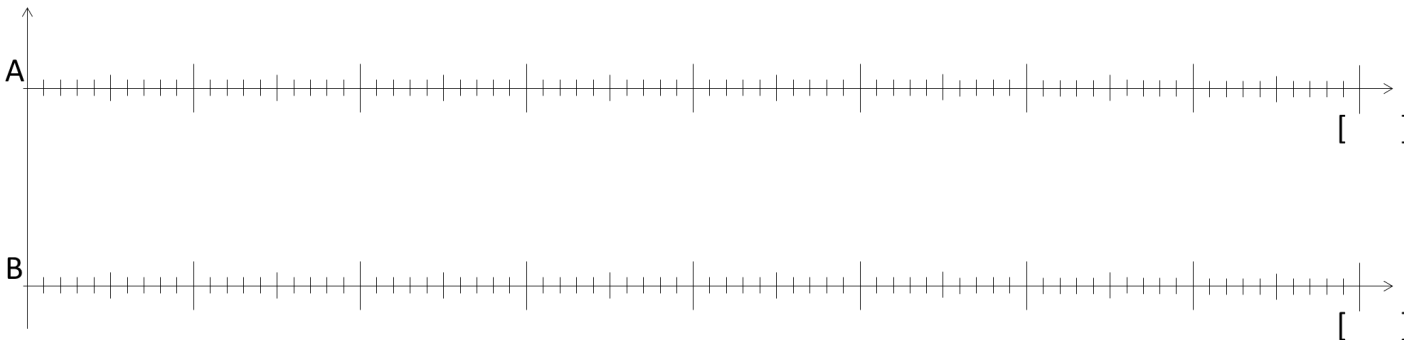
$$\eta = THR_{GBN} / C_{AB} = 42.33$$
 %

$$T'_{GBN} = 3T_{max} + 2\tau + T_p + 3T_{max} + T_{last} + 2\tau + T_p = 750$$
 ms

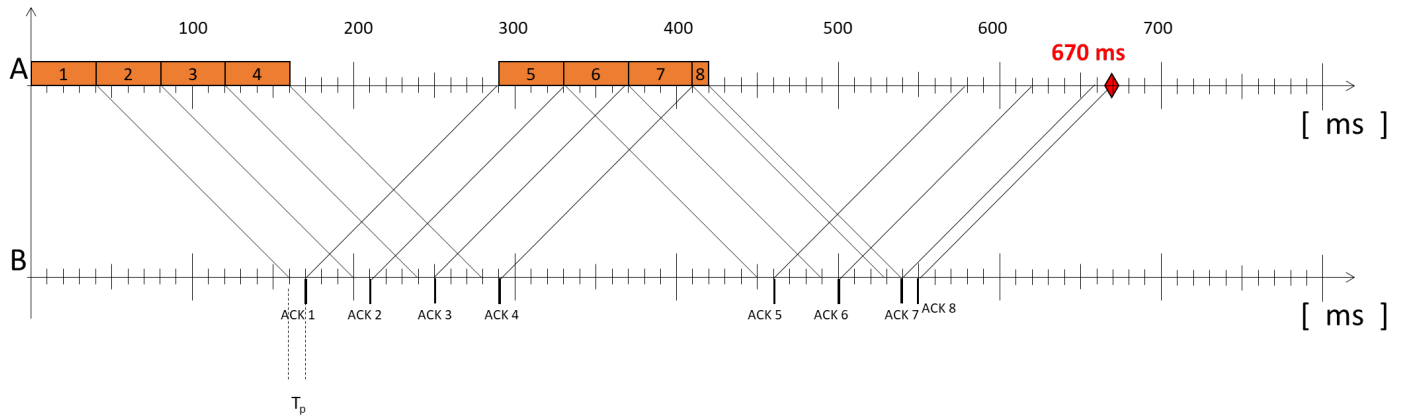
Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

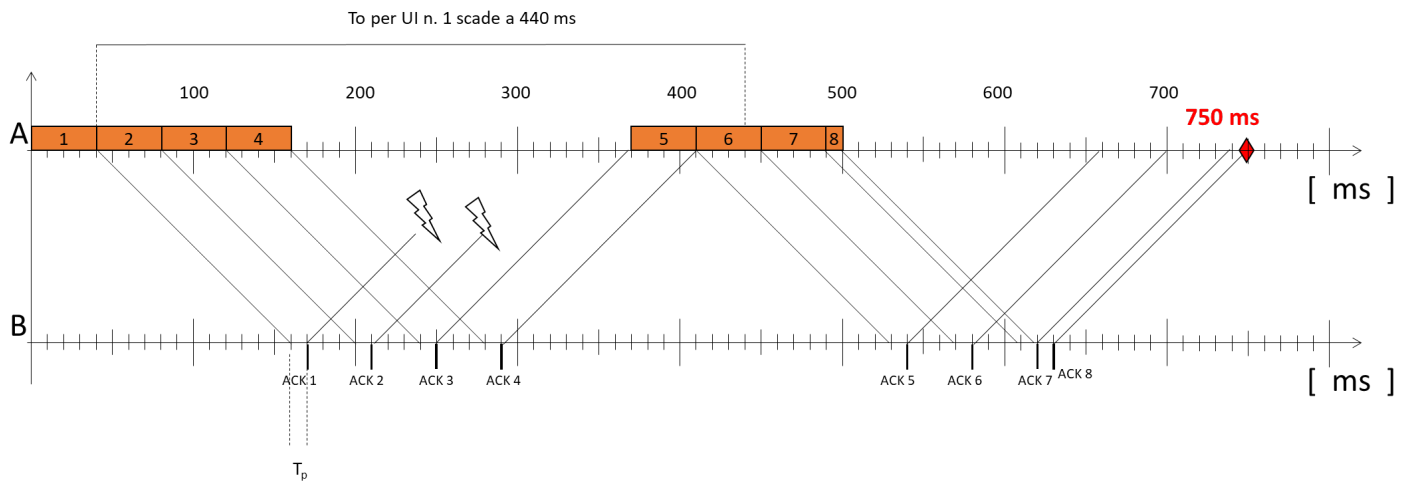
Matricola:



GBN senza errori



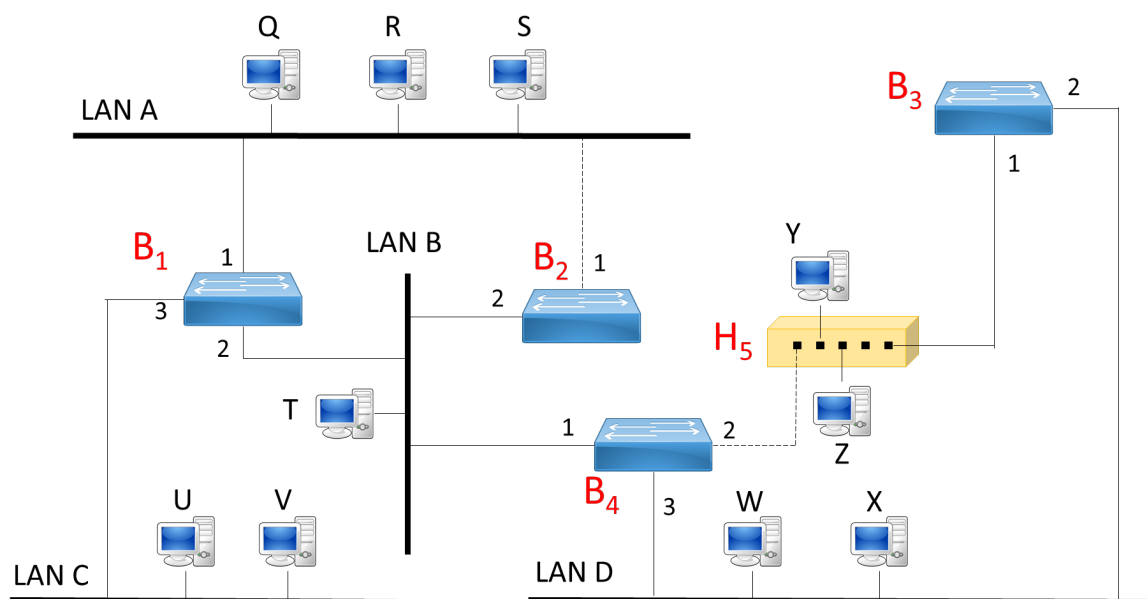
GBN con errori (1° e 2° ACK)



Esercizio 3

(5 punti)

Si consideri la configurazione di reti LAN mostrata in figura che comprende 4 LAN (A, B, C, D), 4 bridge (B₁, B₂, B₃, B₄) ed un hub (H₅). Lo spanning tree è evidenziato in figura con i collegamenti a tratto continuo; i collegamenti tratteggiati indicano le porte bloccate dei bridge in seguito all'esecuzione da parte dei Bridge dello Spanning Tree Protocol.



- Si vuole individuare lo stato della tabella di inoltri di tutti i dispositivi di interconnessione dotati di tabella di inoltri (omettendo il campo età), ipotizzando che tutte le tabelle di inoltri siano inizialmente vuote e che siano state trasmesse con successo **nell'ordine** solo 9 trame con le seguenti coppie sorgente-destinazione (SA-DA): W-X, U-Q, X-S, V-W, Y-X, S-U, T-S, Z-W, Q-V. Per ogni riga dove è specificata la coppia SA-DA trasmessa, riportare nella **Tabella 1** il contenuto delle voci delle tabelle di inoltri che vengono a riempirsi.
- Si consideri uno stato di rete in cui i terminali Q, U, W siano stati spostati connettendoli alle reti D, A, e B, rispettivamente. Inoltre viene attivata una nuova stazione K direttamente connessa all'hub H₅. Determinare il nuovo stato delle tabelle di inoltri ipotizzando che siano state trasmesse nell'ordine le altre 5 trame K-U, Q-X, U-W, X-K, V-Q. Per ognuna di queste trame, utilizzando la **Tabella 2**, si riempiano le voci delle tabelle di inoltri **solo nel caso in cui queste contengano nuovi valori e si modificano quelle altre voci già presenti, ma che vengono a cambiare, cercando il parametro corrente nella Tabella 1 e scrivendo nella Tabella 2 il nuovo parametro modificato**.
- Si specifichino quali delle trame di cui al punto b) vengono eventualmente perse per mancato aggiornamento della tabelle di inoltri.

a) Tabella 1

ID	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄			
W-X	W	2	W	2	W	2	W	3		
U-Q	U	3	U	2	U	2	U	1		
X-S	X	2	X	2	X	2	X	3		
V-W	V	3	V	2	V	2	V	1		
Y-X					Y	1	Y	3		
S-U	S	1								
T-S	T	2	T	2	T	2	T	1		
Z-W					Z	1	Z	3		
Q-V	Q	1								

b) Tabella 2

ID	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄			
K-U	K	2	K	2	K	1	K	3		
Q-X					Q	2	Q	3		
U-W	U	1								
X-K										
V-Q										

c) Trame Perse (SA-DA): _____ K-U ; V-Q _____

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Esercizio 4

(9 punti)

- a) In una rete *Peer-to-Peer* (P2P) sono connessi $N=100$ utenti che dispongono di una capacità di download e di upload rispettivamente pari a $C_d=50$ Mbit/s e $C_u=10$ Mbit/s. Si ipotizzi che all'istante $t=0$ un file video di dimensione $D=200$ Mbyte sia disponibile ad uno solo degli N utenti e che tale file debba essere trasferito a tutti gli altri utenti. Calcolare il tempo necessario a trasferire il video a tutti gli N utenti nei seguenti casi.

- Il video viene trasmesso a partire dal primo utente secondo l'architettura di rete P2P e può essere messo a disposizione da ciascun peer agli altri peer solo dopo averlo ricevuto per intero.
- Il video viene trasmesso a partire dal primo utente secondo l'architettura di rete P2P, ma viene suddiviso in $k=10$ chunk, ciascuno dei quali può essere trasmesso indipendentemente dagli altri chunk.

(3 punti)

SOLUZIONE

La capacità di download non ha effetto in quanto è superiore alla capacità di upload.

- Primo caso (no chunk)

Per trasferire il file a tutti gli N peer sono necessari $\lceil \log_2 N \rceil$ passi, ciascuno di durata D / C_u .

$$T_{tot(p2p)} = \lceil \log_2 N \rceil * \frac{D}{C_u} = 7 * 160 \text{ s} = 1120 \text{ s}$$

- Secondo caso ($k=10$ chunk)

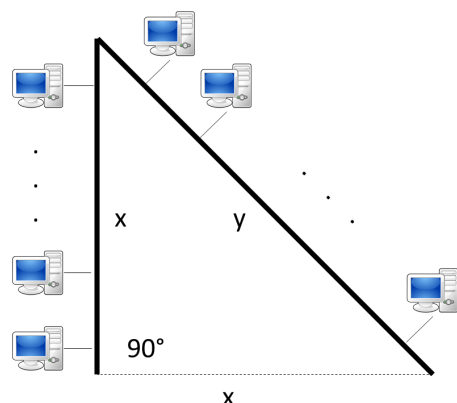
Per trasferire il primo chunk a tutti gli N peer sono necessari $\lceil \log_2 N \rceil$ passi, ciascuno di durata $(D/k) / C_u$. I rimanenti $(k-1)$ chunk saranno ricevuti da tutti i peer senza soluzione di continuità.

$$T'_{tot(p2p)} = \lceil \log_2 N \rceil * \frac{D/k}{C_u} + (k-1) * \frac{D/k}{C_u} = (7 * 16 + 9 * 16) \text{ s} = 256 \text{ s}$$

- b) 20 stazioni sono disposte lungo due dei lati di un open space con pianta triangolare. La superficie della stanza rappresenta un triangolo rettangolo isoscele (si faccia riferimento alla figura sotto, dove sono indicate simbolicamente le dimensioni dei lati "x" ed "y" e l'angolo retto compreso tra i due lati di dimensione "x"). Si noti, inoltre, che le stazioni sono disposte lungo i soli lati che in figura sono marcati con tratto spesso. Le stazioni si scambiano UI di dimensione fissa L con velocità di trasmissione $C=100$ Mbit/s e sono collegate tra loro attraverso una linea cablata la cui velocità di propagazione è $v = \underline{200000 \text{ km/s}}$ (indicare tale valore).

- Esprimere simbolicamente in funzione della variabile x , la relazione che consente alle stazioni di utilizzare un protocollo CSMA/CD, utilizzando la notazione simbolica che contenga solo i parametri v , C , L .
- Nel caso in cui ciascuno dei due lati corti della stanza abbia dimensione $x=200$ m, fornire il valore minimo L_{min} da attribuire alla trama.

(3 punti)



SOLUZIONE

CSMA/CD ok se:

$$L / C \geq 2 d / v; \quad \text{essendo } d = x + y = x (1 + \sqrt{2})$$

$$\Rightarrow x \leq Lv / (2C) * 1 / (1 + \sqrt{2})$$

Per $x = 200$ m si ha

$$L \geq 2C / v * x (1 + \sqrt{2}) = 482.8 \text{ bit}$$

$$L_{min} = 483 \text{ bit}$$

Fondamenti di Internet e Reti

Prof. Francesco Musumeci

2° Appello – 16 Luglio 2018

Cognome e nome: **SOLUZIONE**

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

- c) Si consideri la trasmissione di un datagram IPv4, il cui valore del campo *Total length* sia $TL = 5260$ e avente identificativo 477, che deve essere trasferito tramite una rete di livello 2 con $MTU_A = 1460$ byte.

Si assuma che tutti i datagram IP abbiano header di lunghezza minima (senza campi opzionali).

- Utilizzando la Tabella 1, indicare per ciascuno dei frammenti risultanti in seguito alla necessaria operazione di frammentazione il valore dei campi: *Total length (TL)*, *Identification (ID)*, *Fragment offset (OFF)*, *More-fragment-flag (MF)*. **Numerare i vari frammenti inserendo nella colonna "N. frammento" dei numeri via via crescenti (1, 2, 3, ...).**
- Si supponga che il secondo dei datagram di cui al punto precedente debba transitare attraverso una rete di livello 2 con $MTU_B = 316$ byte. Utilizzando la Tabella 2 si indichino per gli ulteriori frammenti risultanti i valori dei campi *TL*, *ID*, *OFF*, *MF*. **Numerare questi frammenti inserendo nella colonna "N. frammento" dei numeri del tipo 2.x, con 'x' via via crescente a seconda del numero di frammenti risultante dalla seconda operazione di frammentazione (ad es. 2.1, 2.2, 2.3, ...).**

Per la risoluzione dell'esercizio si riportino sotto le tabelle i calcoli necessari alla determinazione dei campi *TL* e *OFF* per i vari frammenti.

(3 punti)

Tabella 1

N. frammento	<i>Total length (TL)</i>	<i>Identification (ID)</i>	<i>Fragment offset (OFF)</i>	<i>More-fragment-flag (MF)</i>
1	1460	477	0	1
2	1460	477	180	1
...3	1460	477	360	1
4	940 (920+20)	477	540	0

Tabella 2

N. frammento	<i>Total length (TL)</i>	<i>Identification (ID)</i>	<i>Fragment offset (OFF)</i>	<i>More-fragment-flag (MF)</i>
2.1	316	477	180	1
2.2	316	477	217	1
...2.3	316	477	254	1
2.4	316	477	291	1
2.5	276 (=256+20)	477	328	1

SOLUZIONE

1^ frammentazione (A)

- $(TL-IP_Header) / MTU_A = (5260-20) / 1460 = 5240 / 1460 = 3.6 \rightarrow 3$ pacchetti di dimensione max ($TL_{max,A}$) ed 1 pacchetto di dimensione inferiore ($TL_{last,A}$)
- $TL_{max,A} = MTU_A = 1460 (=1440+20)$; $TL_{last,A} = (5240-3*1440) + 20 = 920 + 20 = 940$
- $OFF_1 = 0/8 = 0$; $OFF_2 = 1440/8 = 180$; $OFF_3 = 2*1440/8 = 360$; $OFF_4 = 3*1440/8 = 540$;

Cognome e nome:*(stampatello)*
*(firma leggibile)***Matricola:**

2[^] frammentazione (B)

- $(TL_{max,A-IP_Header}) / MTU_B = (1460-20) / 316 = 1440 / 316 = 4.56 \rightarrow 4$ pacchetti di dimensione max $(TL_{max,B})$ ed 1 pacchetto di dimensione inferiore $(TL_{last,B})$
- $TL_{max,B} = MTU_B = 316 (=296+20)$; $TL_{last,B} = (1440-4*296) + 20 = 256 + 20 = 276$
- $OFF2.1 = 180+0/8 = 180$; $OFF2.2 = 180+296/8 = 217$; $OFF2.3 = 180+2*296/8 = 254$;
- $OFF2.4 = 180+3*296/8 = 291$; $OFF2.4 = 180+4*296/8 = 328$;