

RETI DI CALCOLATORI – prova scritta 11/06/2015

Per essere ammessi alla prova orale è necessario ottenere una valutazione sufficiente sia della prima parte che dell'intera prova scritta.

Prima parte (12 punti)

Q1. Un host A appartenente a una rete Ethernet con topologia a bus inizia a trasmettere un frame di 1 Kbyte al tempo t . Se la velocità di trasmissione è 10 Mbps, la velocità di propagazione è 2×10^8 m/s, e la rete è lunga 300 m, indicare –giustificando la risposta– il numero minimo di bit che A deve avere trasmesso per essere sicuro che il frame che sta trasmettendo non subirà collisioni.

Q2. Vasco (il cui indirizzo di email è `vascor@universal.com`) invia un email a Francesco (il cui indirizzo di email è `francescodg@sony.com`) contenente il testo “ci vediamo alle 11 al Roxy Bar”. Supponendo che durante la fase di handshake il TCP dell'host di Vasco invii 432 come valore iniziale del numero di sequenza, indicare –giustificando la risposta– quale valore conterrà il campo `ackNum` del secondo segmento che il TCP dell'host di Vasco riceverà, supponendo che non si verifichino perdite di pacchetti.

Q3. Un sistema autonomo utilizza RIP come protocollo di routing intra-AS.

<i>destinationNet</i>	<i>nextRouter</i>	<i>cost</i>
N1	E	5
N2	E	3
N3	F	5

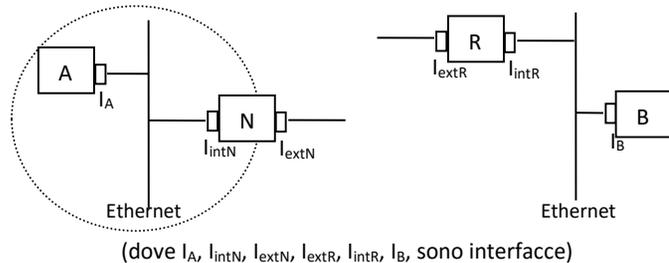
Al tempo t , la tabella di inoltro del router D contiene le righe:

<i>destinationNet</i>	<i>cost</i>
N2	5
N3	3

Al tempo $t' > t$, D riceve un advertisement dal router E contenente le informazioni:

Indicare – giustificando la risposta – in che modo D modifica la sua tabella di inoltro a seguito della ricezione di tale advertisement.

Q4. Supponiamo che un cliente HTTP in esecuzione su un host A invii una richiesta X a un server HTTP su un host B. Supponendo che N sia un router NAT e che R non lo sia, indicare i valori dei campi contenenti informazioni di addressing in tutti i preamboli contenuti nel frame che trasporta X trasmesso da A e nel frame trasmesso, in risposta, da B.

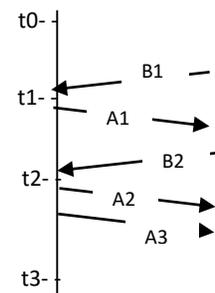


Seconda parte (18 punti)

E1 (6 punti). Al tempo t_0 il TCP di un processo applicativo A ha 4 MSS di nuovi dati da spedire, nessun dato in volo e $S_f = X$. Successivamente riceve un riscontro B1, in conseguenza del quale invia un segmento A1 contenente 1 MSS di dati. Quindi riceve un riscontro non duplicato B2, in conseguenza del quale invia due segmenti A2 e A3 contenenti ciascuno 1 MSS di dati. Indicare – giustificando la risposta – i possibili valori dei campi `ackNum` e `rwnd` contenuti nei riscontri B1 e B2, e sia i valori di `cwnd` che lo stato in cui si trova il TCP di A ai tempi t_0, t_1 e t_2 indicati in figura, sapendo che

$$cwnd_{t_1} + 1MSS > cwnd_{t_2} = 5/2 MSS > ssthresh_{t_2}.$$

Per semplicità supponiamo che nell'intervallo $[t_0, t_3]$ non scada alcun timeout.



E2 (6 punti) Descrivere con uno pseudo-codice il comportamento di un router quando riceve un LSP X (“pacchetto Link-State”) sulla sua interfaccia Y. Per semplicità supporre che le interfacce del router siano rappresentate dagli interi $[1, M]$, con $Y \in [1, M]$, e di avere a disposizione le seguenti operazioni:

<code>add(LSP, LSDB)</code>	per aggiornare un LSDB con un LSP
<code>send(interface, LSP)</code>	per spedire un LSP su una interfaccia

E3 (6 punti) Una rete locale utilizza come protocollo MAC il protocollo Slotted Aloha p-persistente, con $p=0.75$. Due host A e B trasmettono entrambi un frame nello slot X, A per la seconda volta e B per la terza. Sapendo che nessun altro host trasmette frame negli slot $[X, X+10]$, indicare – giustificando la risposta – quale è la probabilità che A riesca a trasmettere con successo nello slot $X+3$. Per semplicità assumiamo che tutte le collisioni vengano notificate istantaneamente.

TRACCIA DELLA SOLUZIONE

Q1. Il ritardo di propagazione tra gli estremi della rete è $\frac{300 \text{ m}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1,5 \mu\text{s}$, quindi dopo $\left(\frac{1}{10^7} + 2 \times \frac{1,5}{10^6}\right) \text{ s} = 3,1 \mu\text{s}$ A può essere sicuro che il frame che sta trasmettendo non subirà collisioni. Dato che in $3,1 \mu\text{s}$ A trasmette $10^7 \times 3,1 \times 10^{-6}$ bit, dopo avere trasmesso 31 bit A può essere sicuro che il frame che sta trasmettendo non subirà collisioni.

Q2. Poiché il primo messaggio SMTP ("220 service ready") verrà inviato dal server, il secondo segmento inviato dal TCP dell'host di Vasco non conterrà alcun dato e non "consumerà" quindi il numero di sequenza 433. Di conseguenza il campo *ackNum* del secondo segmento ricevuto dal TCP dell'host di Vasco conterrà lo stesso numero di sequenza del precedente segmento ricevuto ("SYN+ACK"), ovvero 433.

Q3. D aggiungerà sia il costo per N2, dato che riceve l'advertisement dal *nextRouter* che sta utilizzando per N2, sia il suo percorso per N3, dato che l'advertisement ricevuto permette di diminuirne il costo:

<i>destinationNet</i>	<i>nextRouter</i>	<i>cost</i>
N1	E	5
N2	E	6
N3	E	4

Q4.

Frame spedito da A

Frame spedito da B

//preambolo DL

sourceAddress = indirizzo MAC di I _A destAddress = indirizzo MAC di I _{intN} type = k	sourceAddress = indirizzo MAC di I _B destAddress = indirizzo MAC di I _{intR} type = k
---	---

dove P_A è il numero di porta utilizzato dal client HTTP in esecuzione su A, P_N è il numero di porta associato a P_A dal router NAT N, e k è il numero di protocollo di livello di rete.

//preambolo IP

sourceAddress = indirizzo IP di I _A destAddress = indirizzo IP di I _B upperLayerProtocol = 6	sourceAddress = indirizzo IP di I _B destAddress = indirizzo IP di I _{extN} upperLayerProtocol = 6
--	---

//preambolo TCP

sourcePort = P _A destPort = 80	sourcePort = 80 destPort = P _N
--	--

E1. Osserviamo prima di tutto che:

- B1 è un riscontro duplicato (dato che il TCP di A non ha dati in volo in t₀), ricevuto non per la quarta volta (altrimenti A1 dovrebbe essere un *fast retransmit* e B2 non potrebbe quindi essere un riscontro non duplicato), quindi $B1.ackNum \leq X$. Inoltre $\min(cwnd_{t1}, B1.rwnd) = 1 \text{ MSS}$ (dato che il TCP di A spedisce solo 1 MSS di dati subito dopo t₁).
- Poiché B2 è un riscontro non duplicato, $B2.ackNum = X+1 \text{ MSS}$ (dato che il TCP di A ha un unico segmento di dati in volo). Inoltre $\min(cwnd_{t2}, B2.rwnd) = 2 \text{ MSS}$ (dato che il TCP di A spedisce solo 2 MSS di dati subito dopo t₂) e quindi $B2.rwnd = 2 \text{ MSS}$ dato che $cwnd_{t2} = 5/2 \text{ MSS}$ per ipotesi.

Osserviamo che $stato_{t2}$ è necessariamente⁽¹⁾ *congestion avoidance*, mentre $stato_{t1}$ poteva essere *slow start* oppure *congestion avoidance* (ma non *fast recovery*, come precedentemente osservato).

- (a) Se $stato_{t1}$ era *slow start* allora $cwnd_{t1} = 3/2 \text{ MSS}$ (e $ssthresh_{t2} \leq 5/2 \text{ MSS}$). In questo caso anche $stato_{t0}$ doveva essere *slow start*⁽²⁾ e quindi anche $cwnd_{t0} = 3/2 \text{ MSS}$.
- (b) Se $stato_{t1}$ era *congestion avoidance* allora $cwnd_{t1} = 2 \text{ MSS}$. In questo caso anche $stato_{t0}$ doveva essere *congestion avoidance*⁽³⁾ e quindi anche $cwnd_{t0} = 2 \text{ MSS}$.

Notiamo infine che sia in (a) che in (b) abbiamo che $cwnd_{t1} > 1 \text{ MSS}$ e quindi $B1.rwnd = 1 \text{ MSS}$ (dato che, come già osservato, $\min(cwnd_{t1}, B1.rwnd) = 1 \text{ MSS}$). Riassumendo quindi:

$$B1.ackNum \leq X \wedge B1.rwnd = 1 \text{ MSS} \wedge B2.ackNum = X+1 \text{ MSS} \wedge B1.rwnd = 2 \text{ MSS} \wedge stato_{t2} = \text{congestion avoidance} \wedge ((stato_{t1} = stato_{t0} = \text{slow start} \wedge cwnd_{t1} = cwnd_{t0} = 3/2 \text{ MSS}) \vee (stato_{t1} = stato_{t0} = \text{congestion avoidance} \wedge cwnd_{t1} = cwnd_{t0} = 2 \text{ MSS})).$$

Concludiamo osservando che B1 potrebbe anche essere un riscontro non duplicato di un segmento di *zero-window probe*. In questo caso, le uniche differenze rispetto a quanto sopra sono che il valore di $B1.ackNum$ sarebbe $X+1$, quello di $B2.ackNum$ $X+1 \text{ MSS}+1$, che $stato_{t1}$ dovrebbe essere necessariamente *congestion avoidance* e che $stato_{t1}$ dovrebbe essere *slow start*, con $cwnd_{t0} = 1 \text{ MSS}$, oppure *fast recovery*.

E2. /* Indichiamo con seqNum() il numero di sequenza di un LSP e utilizziamo lastLSPfrom per memorizzare i numeri di sequenza degli LSP ricevuti. */

```
new=0;
R=X.advertiser();
if lastLSPfrom(R)==NULL
  then {add(X,DB); new=1;}
  else if (X.seqNum() > lastLSPfrom(R))
    then {update(X,DB); new=1;}
if (new==1)
  then {lastLSPfrom(R)= X.seqNum(); for (n=1;n<=M;n++) if n!=Y send(n,X);}
```

⁽¹⁾ Se infatti $stato_{t2}$ fosse *slow start*, dato che non scade alcun timeout in $[t_0, t_3]$, anche $stato_{t1}$ dovrebbe essere *slow start* e quindi, poiché B2 è un riscontro non duplicato, $cwnd_{t2}$ dovrebbe essere uguale a $cwnd_{t1} + 1 \text{ MSS}$. Inoltre $stato_{t2}$ non può essere neppure *fast recovery*, dato che il TCP di A non può essere passato in *fast recovery* da un altro stato per effetto della ricezione di un riscontro non duplicato, né $stato_{t1}$ poteva essere *fast recovery* altrimenti come effetto della ricezione di un riscontro non duplicato avremmo $cwnd_{t2} = ssthresh_{t2}$.

⁽²⁾ $stato_{t0}$ non poteva infatti essere né *fast recovery* né *congestion avoidance* dato che non scade alcun timeout in $[t_0, t_3]$.

⁽³⁾ $stato_{t0}$ non poteva infatti essere né *slow start* né *fast recovery* dato che B1 è un riscontro duplicato.

E3(4). Analizziamo le possibili situazioni in cui A riesce a trasmettere con successo nello slot X+3. Indichiamo con K_{A_M} e K_{B_M} il numero di slot da attendere scelto da A e da B dopo avere rilevato una collisione nello slot M e indichiamo con R_{A_N} e R_{B_N} il numero scelto da A e da B all'inizio dello slot N per la p-persistenza.

(1) A prova di nuovo a trasmettere nello slot X+1, e anche B lo fa, ovvero $K_{A_X}=0 \wedge R_{A_{X+1}} \leq 3/4 \wedge K_{B_X}=0 \wedge R_{B_{X+1}} \leq 3/4$.

(a) A prova di nuovo a trasmettere nello slot X+2, e anche B lo fa: $K_{A_{X+1}}=0 \wedge R_{A_{X+2}} \leq 3/4 \wedge K_{B_{X+1}}=0 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4$.

A quindi prova di nuovo a trasmettere nello slot X+3 e B non lo fa: $K_{A_{X+2}}=0 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4 \wedge ((K_{B_{X+2}}=0 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee K_{B_{X+2}} > 0)$.

(b) A prova di nuovo a trasmettere nello slot X+3 e B non lo fa:

$$((K_{A_{X+1}}=0 \wedge R_{A_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4) \vee ((K_{A_{X+1}}=1 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4))$$

^

$$((K_{B_{X+1}}=0 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4) \vee (K_{B_{X+1}}=0 \wedge R_{B_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee (K_{B_{X+1}}=1 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee K_{B_{X+1}} > 1).$$

(2) A prova di nuovo a trasmettere nello slot X+2, e anche B lo fa:

$$((K_{A_X}=0 \wedge R_{A_{X+1}} > 3/4 \wedge R_{A_{X+2}} \leq 3/4) \vee (K_{A_X}=1 \wedge R_{A_{X+2}} \leq 3/4)) \wedge ((K_{B_X}=0 \wedge R_{B_{X+1}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4) \vee (K_{B_X}=1 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4)).$$

A quindi prova di nuovo a trasmettere nello slot X+3 e B non lo fa: $K_{A_{X+2}}=0 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4 \wedge ((K_{B_{X+2}}=0 \wedge R_{A_{X+3}} > 3/4) \vee K_{B_{X+2}} > 0)$.

(3) A prova di nuovo a trasmettere nello slot X+3, e B non lo fa:

$$((K_{A_X}=0 \wedge R_{A_{X+1}} > 3/4 \wedge R_{A_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4) \vee (K_{A_X}=1 \wedge R_{A_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4) \vee (K_{A_X}=2 \wedge R_{A_{X+3}} \leq 3/4))$$

^

$$((K_{B_X}=0 \wedge R_{B_{X+1}} \leq 3/4) \vee (K_{B_X}=0 \wedge R_{B_{X+1}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4) \vee (K_{B_X}=0 \wedge R_{B_{X+1}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee$$

$$(K_{B_X}=1 \wedge R_{B_{X+2}} \leq 3/4) \vee (K_{B_X}=1 \wedge R_{B_{X+2}} > 3/4 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee (K_{B_X}=2 \wedge R_{B_{X+3}} > 3/4) \vee K_{B_X} > 2).$$

La probabilità che A riesca a trasmettere con successo nello slot X+3 è quindi:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{8} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{8} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{16} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{16} \times \frac{3}{4} \times \left(\frac{1}{32} \times \frac{1}{4} + \frac{31}{32}\right)\right) + \left(\frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{16} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{16} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} + \frac{1}{16} \times \frac{1}{4} + \frac{14}{16}\right) \\ & + \\ & \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{8} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{16} \times \frac{1}{4} + \frac{15}{16}\right) \\ & + \\ & \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \times \frac{3}{4}\right) \times \left(\frac{1}{8} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \times \frac{1}{4} + \frac{5}{8}\right). \end{aligned}$$

(4) Il testo originale dell'esercizio terminava con: "[...] indicare – giustificando la risposta – quale è la probabilità che A riesca a trasmettere con successo nello slot X+3 senza che si verifichino collisioni negli slot X+1 e X+2. Per semplicità assumiamo che tutte le collisioni vengano notificate istantaneamente.". Purtroppo per un errore materiale la frase in grassetto non è stata riportata nel testo distribuito in aula, aumentando così in modo considerevole il numero di casi da considerare. Per questo motivo l'esercizio è stato considerato risolto correttamente da tutti gli studenti.