

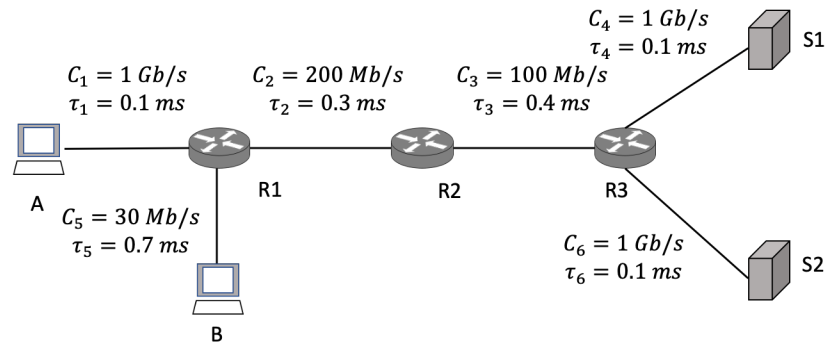
# Fondamenti di Comunicazioni e Internet

Esame del 19-06-2020

Proff. Capone, Cesana, Maier, Musumeci

## Esercizio 1

(6 punti)



### ES1 (A)

Nella rete in figura il client A vuole scaricare una pagina web dal server S1 costituita da un documento base html di lunghezza  $F_{html} = 140 \text{ kB}$  e 8 oggetti della lunghezza di  $F_{obj} = 1.5 \text{ MB}$  usando il protocollo HTTP in modalità non persistente e con trasferimento in parallelo degli oggetti. Nella rete sono anche presenti 2 flussi interferenti di lunga durata tra S2 e B. Le connessioni TCP utilizzate sono caratterizzate da pacchetti di apertura della connessione di lunghezza trascurabile.

Si calcoli il tempo totale del trasferimento del file, dall'istante di inizio apertura della connessione TCP fino all'istante di ricezione completa dell'intera pagina web (HTML e oggetti).

Soluzione:

$$RTT = 1.8 \text{ ms}$$

(2 volte il tempo di propagazione totale)

$$R_{html} = 70 \text{ Mb/s}$$

(Link 5 collo di bottiglia per flussi S2-A, Link 3 collo di bottiglia per flusso S1-A con capacità residua  $100-30=70 \text{ Mb/s}$ )

$$R_{obj} = 10 \text{ Mb/s}$$

(Link 3 collo di bottiglia per tutti i  $8+2=10$  flussi)

$$T_{html} = \frac{F_{html}}{R_{html}} = 16 \text{ ms}$$

$$T_{obj} = \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 1200 \text{ ms}$$

$$T_{tot} = 4RTT + \frac{F_{html}}{R_{html}} + \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 1223.2 \text{ ms}$$

### ES1 (B)

Nella rete in figura il client A vuole scaricare una pagina web dal server S1 costituita da un documento base html di lunghezza  $F_{html} = 210 \text{ kB}$  e 9 oggetti della lunghezza di  $F_{obj} = 1 \text{ MB}$  usando il protocollo HTTP in modalità non persistente e con trasferimento in parallelo

degli oggetti. Nella rete è anche presente 1 flusso interferente di lunga durata tra S2 e B. Le connessioni TCP utilizzate sono caratterizzate da pacchetti di apertura della connessione di lunghezza trascurabile.

Si calcoli il tempo totale del trasferimento del file, dall'istante di inizio apertura della connessione TCP fino all'istante di ricezione completa dell'intera pagina web (HTML e oggetti).

Soluzione:

$$RTT = 1.8 \text{ ms}$$

(2 volte il tempo di propagazione totale)

$$R_{html} = 70 \text{ Mb/s}$$

(Link 5 collo di bottiglia per flusso S2-A, Link 3 collo di bottiglia per flusso S1-A con capacità residua  $100-30=70 \text{ Mb/s}$ )

$$R_{obj} = 10 \text{ Mb/s}$$

(Link 3 collo di bottiglia per tutti i  $9+1=10$  flussi)

$$T_{html} = \frac{F_{html}}{R_{html}} = 24 \text{ ms}$$

$$T_{obj} = \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 800 \text{ ms}$$

$$T_{tot} = 4RTT + \frac{F_{html}}{R_{html}} + \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 831.2 \text{ ms}$$

### ES1 (C)

Nella rete in figura il client A vuole scaricare una pagina web dal server S1 costituita da un documento base html di lunghezza  $F_{html} = 70 \text{ kB}$  e 17 oggetti della lunghezza di  $F_{obj} = 1.2 \text{ MB}$  usando il protocollo HTTP in modalità non persistente e con trasferimento in parallelo degli oggetti. Nella rete sono anche presenti 3 flussi interferenti di lunga durata tra S2 e B. Le connessioni TCP utilizzate sono caratterizzate da pacchetti di apertura della connessione di lunghezza trascurabile.

Si calcoli il tempo totale del trasferimento del file, dall'istante di inizio apertura della connessione TCP fino all'istante di ricezione completa dell'intera pagina web (HTML e oggetti).

Soluzione:

$$RTT = 1.8 \text{ ms}$$

(2 volte il tempo di propagazione totale)

$$R_{html} = 70 \text{ Mb/s}$$

(Link 5 collo di bottiglia per flusso S2-A, Link 3 collo di bottiglia per flusso S1-A con capacità residua  $100-30=70 \text{ Mb/s}$ )

$$R_{obj} = 5 \text{ Mb/s}$$

(Link 3 collo di bottiglia per tutti i  $17+3=20$  flussi)

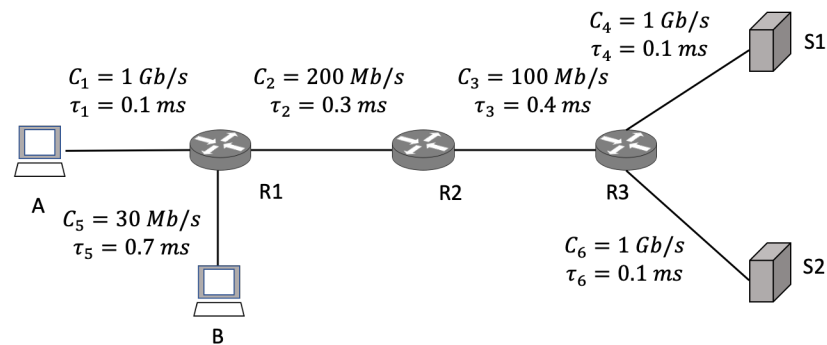
$$T_{html} = \frac{F_{html}}{R_{html}} = 8 \text{ ms}$$

$$T_{obj} = \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 1920 \text{ ms}$$

$$T_{tot} = 4RTT + \frac{F_{html}}{R_{html}} + \frac{F_{obj}}{R_{obj}} = 1935.2 \text{ ms}$$

## Esercizio 2

(6 punti)



### ES2 (A)

Si consideri la rete in figura. Il server S1 deve trasferire un file di  $F=140 \text{ kB}$  al client A usando una connessione TCP. Si assuma che  $MSS=1400 \text{ B}$ ,  $SSTHRES=22400 \text{ B}$ ,  $RCVWND$  molto grande, e dimensione trascurabile dei pacchetti di apertura connessione TCP (modalità *two-way handshake*).

- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo in assenza di errori.
- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo assumendo che vada perso il 16esimo segmento, che il time out sia pari a 5 ms (avviato all'inizio della trasmissione di ogni pacchetto), e che il ricevitore accetti anche pacchetti fuori sequenza ricevuti correttamente.

### Soluzione:

Tempo per apertura connessione:

$$T_{open} = 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 1800 \mu s$$

$$T_1 = \frac{MSS}{C_1} = 11.2 \mu s, T_2 = \frac{MSS}{C_2} = 56 \mu s, T_3 = \frac{MSS}{C_3} = 112 \mu s, T_4 = \frac{MSS}{C_4} = 11.2 \mu s,$$

$$RTT = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 1990.4 \mu s$$

$$SSTHRES = 22400 \text{ B} = 16 \text{ MSS}$$

$$F = 140 \text{ kB} = 100 \text{ MSS}$$

$$W_{continua} = \frac{RTT}{T_3} = \left\lceil \frac{1990.4}{112} \right\rceil = 18$$

a)

Schema trasmissione per finestre:

$$(1) - (2) - (4) - (8) - (16) - (17) - (52 \text{ in continua})$$

$$T_{tot} = T_{open} + 6RTT + 51T_3 + RTT = 21.44 \text{ ms}$$

b)

Schema trasmissione per finestre:

(1) – (2) – (4) – (8) – (T\_out con 15 pacchetti corretti) – (1) – (2) – (4) – (8) – (9) – (10) – (11) – (12) – (13)

$$T_{tot} = T_{open} + T_{out} + 13RTT + 12T_3 = 34.02 \text{ ms}$$

## ES2 (B)

Si consideri la rete in figura. Il server S1 deve trasferire un file di  $F=159.6 \text{ kB}$  al client A usando una connessione TCP. Si assuma che  $MSS=1400 \text{ B}$ ,  $SSTHRES=22400 \text{ B}$ ,  $RCVWND$  molto grande, e dimensione trascurabile dei pacchetti di apertura connessione TCP (modalità two-way handshake).

- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo in assenza di errori.
- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo assumendo che vada perso il 32esimo segmento, che il time out sia pari a 6 ms (avviato all'inizio della trasmissione di ogni pacchetto), e che il ricevitore accetti anche pacchetti fuori sequenza ricevuti correttamente.

Soluzione:

Tempo per apertura connessione:

$$T_{open} = 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 1800 \mu s$$

$$T_1 = \frac{MSS}{c_1} = 11.2 \mu s, T_2 = \frac{MSS}{c_2} = 56 \mu s, T_3 = \frac{MSS}{c_3} = 112 \mu s, T_4 = \frac{MSS}{c_4} = 11.2 \mu s,$$

$$RTT = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 1990.4 \mu s$$

$$SSTHRES = 22400 \text{ B} = 16 \text{ MSS}$$

$$F = 159.6 \text{ kB} = 114 \text{ MSS}$$

$$W_{continua} = \frac{RTT}{T_3} = \left\lceil \frac{1990.4}{112} \right\rceil = 18$$

a)

Schema trasmissione per finestre:

(1) – (2) – (4) – (8) – (16) – (17) – (66 in continua)

$$T_{tot} = T_{open} + 6RTT + 65T_3 + RTT = 23.01 \text{ ms}$$

b)

Schema trasmissione per finestre:

(1) – (2) – (4) – (8) – (16) – (T\_out con 16 pacchetti corretti) – (1) – (2) – (4) – (8) – (9) – (10) – (11) – (12) – (10)

$$T_{tot} = T_{open} + T_{out} + 14RTT + 9T_3 = 36.67 \text{ ms}$$

## ES2 (C)

Si consideri la rete in figura. Il server S1 deve trasferire un file di  $F=165$  kB al client A usando una connessione TCP. Si assuma che  $MSS=1500$  B,  $SSTHRES=24000$  B,  $RCVWND$  molto grande, e dimensione trascurabile dei pacchetti di apertura connessione TCP (modalità two-way handshake).

- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo in assenza di errori.
- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo assumendo che vada perso il 32esimo segmento, che il time out sia pari a 4 ms (avviato all'inizio della trasmissione di ogni pacchetto), e che il ricevitore accetti anche pacchetti fuori sequenza ricevuti correttamente.

### Soluzione:

Tempo per apertura connessione:

$$T_{open} = 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 1800 \mu s$$

$$T_1 = \frac{MSS}{c_1} = 12 \mu s, T_2 = \frac{MSS}{c_2} = 60 \mu s, T_3 = \frac{MSS}{c_3} = 120 \mu s, T_4 = \frac{MSS}{c_4} = 12 \mu s,$$

$$RTT = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) = 2004 \mu s$$

$$SSTHRES = 24000 B = 16 MSS$$

$$F = 165 kB = 110 MSS$$

$$W_{continua} = \frac{RTT}{T_3} = \left\lceil \frac{2004}{120} \right\rceil = 17$$

a)

Schema trasmissione per finestre:

(1) – (2) – (4) – (8) – (16) – (79 in continua)

$$T_{tot} = T_{open} + 5RTT + 78T_3 + RTT = 23.184 ms$$

b)

Schema trasmissione per finestre:

(1) – (2) – (4) – (8) – (16) – (T\_out con 16 pacchetti corretti) – (1) – (2) – (4) – (8) – (9) – (10) – (11) – (12) – (6)

$$T_{tot} = T_{open} + T_{out} + 14RTT + 5T_3 = 34.46 ms$$

### Esercizio 3

(6 punti)

Un router ha 3 interfacce di rete con i seguenti indirizzi MAC, IP e Netmask:

Interfaccia	MAC	IP	Netmask	MTU
eth0	CC:46:D6:AA:AA:AA	132.70.12.13	255.255.255.128	500 B
eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.12.145	255.255.255.128	1500 B
eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.13.62	255.255.255.192	1000 B

E la seguente tabella di routing:

Riga	Network	Netmask	Next hop
1	132.70.13.64	255.255.255.192	132.70.12.126
2	132.70.10.0	255.255.254.0	132.70.12.254
3	132.70.14.0	255.255.254.0	132.70.13.1
4	132.70.64.0	255.255.192.0	132.70.13.30
5	132.70.0.0	255.255.0.0	132.70.12.1
6	0.0.0.0	0.0.0.0	132.70.12.150

Indicare l'azione del router sui seguenti pacchetti ricevuti:

#### ES3 (A)

	interfaccia	MAC	IP Destinazione	Size	Flag D
1	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.13.151	500 B	0
2	eth0	FF:FF:FF:FF:FF:FF	132.70.12.127	500 B	0
3	eth0	CC:46:D6:AA:AA:AA	132.70.13.2	500 B	0
4	eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.11.57	1000 B	1
5	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.16.78	1000 B	1
6	eth2	CC:46:D6:AA:BB:CC	132.70.13.1	1000 B	1

inoltrato riga 5  
passato livelli superiori  
inoltrato diretto su eth2  
inoltrato riga 2  
scartato a livello 3 (riga 5  
L>MTU)  
scartato a livello 2

#### ES3 (B)

	interfaccia	MAC	IP Destinazione	Size	Flag D
1	eth2	FF:FF:FF:FF:FF:FF	132.70.13.63	1000 B	1
2	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.12.80	1500 B	0
3	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.71.65.1	1000 B	1
4	eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.13.201	1000 B	0
5	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.75.15	1500 B	1
6	eth2	CC:46:D6:CC:BB:AA	132.70.13.12	1000 B	1

passato livelli superiori  
inoltrato diretto su eth0  
inoltrato riga 6  
inoltrato riga 5  
scartato a livello 3 (riga 4  
L>MTU)  
scartato a livello 2

### ES3 (C)

	interfaccia	MAC	IP Destinazione	Size	Flag D
1	eth1	CC:46:D6:BB:BB:BB	132.70.13.75	1500 B	0
2	eth0	CC:46:D6:AA:AA:AA	132.70.15.67	500 B	1
3	eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.62.55	1000 B	1
4	eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.13.62	1000 B	1
5	eth2	CC:46:D6:CC:CC:CC	132.70.12.203	1000 B	1
6	eth1	CC:46:D6:CC:BB:AA	132.70.12.215	1500 B	1

inoltrato riga 1

inoltrato riga 3

scartato a livello 3 (riga 5)

passato livelli superiori

inoltrato diretto su eth1

scartato a livello 2

### Quesiti 4

(9 punti)

#### Q1 (A)

Il blocco di indirizzi 32.70.8.0/22 deve essere suddiviso nella rete A con 510 indirizzi, le reti B, C e D con 126 indirizzi, e le reti E e F con 62 indirizzi. Si scrivano gli indirizzi delle sotto-reti con la stessa notazione del blocco di indirizzi. I numeri di indirizzi riportati sopra (510, 126, 62) includono anche eventuali interfacce di router presenti nelle reti A, B, ..., F.

Rete A: 32.70.8.0/23

Rete B: 32.70.10.0/25

Rete C: 32.70.10.128/25

Rete D: 32.70.11.0/25

Rete E: 32.70.11.128/26

Rete F: 32.70.11.192/26

#### Q1 (B)

Il blocco di indirizzi 170.32.16.0/22 deve essere suddiviso nella rete A con 510 indirizzi, le reti B, C e D con 126 indirizzi, e le reti E e F con 62 indirizzi. Si scrivano gli indirizzi delle sotto-reti con la stessa notazione del blocco di indirizzi. I numeri di indirizzi riportati sopra (510, 126, 62) includono anche eventuali interfacce di router presenti nelle reti A, B, ..., F.

Rete A: 170.32.16.0/23

Rete B: 170.32.18.0/25

Rete C: 170.32.18.128/25

Rete D: 170.32.19.0/25

Rete E: 170.32.19.128/26

Rete F: 170.32.19.192/26

#### Q1 (C)

Il blocco di indirizzi 131.74.4.0/22 deve essere suddiviso nella rete A con 510 indirizzi, le reti B, C e D con 126 indirizzi, e le reti E e F con 62 indirizzi. Si scrivano gli indirizzi delle sotto-

reti con la stessa notazione del blocco di indirizzi. I numeri di indirizzi riportati sopra (510, 126, 62) includono anche eventuali interfacce di router presenti nelle reti A, B, ..., F.

Rete A: 131.74.4.0/23

Rete B: 131.74.6.0/25

Rete C: 131.74.6.128/25

Rete D: 131.74.7.0/25

Rete E: 131.74.7.128/26

Rete F: 131.74.7.192/26

## Q2

Una query DNS restituisce questi records:

yahoo.com.	MX smtp1.yahoo.com.
yahoo.com.	MX smtp2.yahoo.com.
yahoo.com.	NS ns1.yahoo.com.
yahoo.com.	NS ns2.yahoo.com.
yahoo.com.	A 98.138.219.232
smtp1.yahoo.com.	A 72.30.35.9
admin1.yahoo.com.	A 72.30.35.10
ns1.yahoo.com.	A 98.138.219.231
admin2.yahoo.com.	A 98.137.246.8
admin3.yahoo.com.	A 98.137.246.25

- Quali di questi indirizzi IP è di un server DNS authoritative del dominio yahoo.com?  
**98.138.219.231**
- A quali di questi indirizzi IP verrebbe spedito un messaggio di posta indirizzato a [myname@yahoo.com](mailto:myname@yahoo.com)?  
**72.30.35.9**
- A quali di questi indirizzi IP può corrispondere l'URL <http://yahoo.com>?  
**98.138.219.232**

## Q3

Un brano musicale di durata 3 minuti ha banda  $B=20$  kHz, viene campionato a frequenza di Nyquist, quantizzato con 16 bit per campione, e salvato su un file F. Successivamente il file viene trasmesso con una connessione TCP con MSS pari a 1500 B e header complessivo di 60 B per pacchetto.

- Qual è la frequenza di campionamento? [in kHz]  
**40**
- Quanto è lungo il file F? [in MB]  
**14.4**
- Quanti bit sono trasmessi complessivamente (header compresi) dalla connessione TCP?  
**119808000**