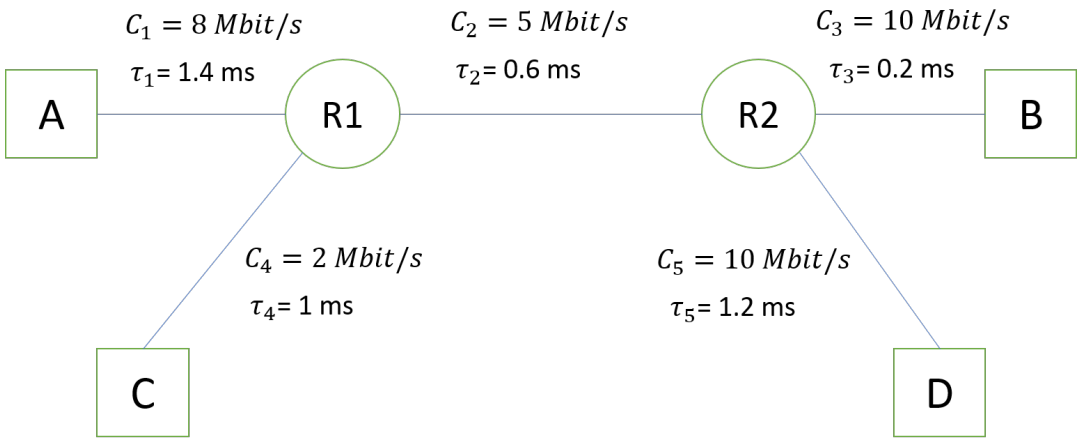
Time available for solving the exam: 1 hour and 20 minutes
Attention: please report on any single sheet your name, surname and "matricola"

Exercise 1

Let us consider the network topology illustrated in the Figure below (where besides each link we can find the link capacity in Mbit/s and the propagation delay in ms). Let us assume that an HTTP client in B needs to download a webpage available at server A. The link capacity between B and A is limited because of the link that acts as bottleneck in the network, which is shared with 3 interfering, long-lived flows (file transfers), between C and D. The webpage is composed of an HTML page of 9000 [bytes] and 3 images of 1200 [kbytes] each. You need to calculate the time necessary to download the webpage:

- a) when the HTTP connection is persistent for the HTML document as well as the images (transmitted serially), and
- b) when non-persistent connections are used (first for the HTML document, then for the 3 images with parallel connections).

We assume that the messages used to open the TCP connection as well as the HTTP GET message are negligible in terms of size.



Soluzione

a) Nel caso di una connessione persistente, la condivisione equa tra i 3 flussi interferenti ed il flusso HTTP tra A e B porta quest'ultimo ad un rate R=3 [Mb/s] sul link collo di bottiglia R1- R2. Infatti, **bisogna fare attenzione** al fatto che i 3 flussi interferenti sono a loro volta limitati ad un totale di 2 [Mbit/s] poiché entrambi attraversano il link C--R1 (questo è dunque il collo di bottiglia per i flussi "interferenti"), e quindi sul link R1-R2 rimangono 5 [Mbit/s] – 2 [Mbit/s] = 3 [Mbit/s] per il flusso tra A e B.

$RTT = 2(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) = 4.4\ [ms]$

$T_{html} = 9000*8$ [bit] / 3 $[Mbit/s] = 24\ [ms]$

$T_{obj} = 1200000*8$ [bit] / 3 [Mbit/s] = 3.2 [s]

$T_{tot} = T_{open} + T_{get} + T_{html} + 3(T_{get} + T_{obj}) = RTT + RTT + T_{html} + 3(RTT + T_{obj}) = 9.646\ [s]$

b) Nel caso di connessione non persistente e oggetti in parallelo, la parte del file HTML non cambia. Per gli oggetti, invece, il rate di condivisione equa **NON** risulta 5/6 = 0.83 Mb/s (5Mb/s condivisi da 6 flussi: 3 interferenti + 3 immagini in parallelo) perché i 3 flussi interferenti **continuano ad essere BOTTLENECKED** sul link C--R1 da 2 Mbit/s (2/3 = 0.667 Mb/s che è < di 0.83 Mb/s). Quindi si ricade nel caso precedente: sul link R1-R2 rimangono a disposizione 5 [Mbit/s] – 2 [Mbit/s] = 3 [Mbit/s] per i 3 flussi tra A ed B, ovvero a testa: 3/3= 1 Mbit/s.

T_{obj} = 1200000*8 [bit] / 1 [$Mbit/s$] = 9.6 [s]

$T_{tot} = T_{open} + T_{get} + T_{html} + T_{open} + T_{get} + T_{obj} = 2RTT + T_{html} + 2RTT + T_{obj} = 9.6416\ [s]$

Exercise 2

a) Calculate the efficiency of the Roll-Call Polling protocol, used for example by Bluetooth, when the total number of Slaves is equal to 9, but only 4 of these always have packets to transmit.

The packets are 1200 bits in size, and the token is 120 bits. The propagation delay between each station and the Master is 15 μs, the channel capacity is 600 kbit/s.

b) Determine the minimum number of Slaves that must be active and with packets to be transmitted so that the efficiency of the protocol is equal to at least 75%. All other parameters are the same as above for point (a).

c1) Calculate the efficiency of the Hub-Polling protocol, where the token is therefore exchanged in this order: Master →S1→ S2→ S3 …. →S9 → Master …
The propagation delay between each station and the following one (including the Master) is now 10 μs, All other parameters are the same as in point a) (i.e., packet size = 1200 bits, token = 120 bit, channel capacity = 600 kbit/s), the total number of Slaves is equal to 9, but only 4 of these always have packets to transmit.

c2) Compare the efficiency computed in point (a) to the one computed in point (c1), commenting why this result is expected.

Soluzione:

Si vedano gli esercizi svolti a questo indirizzo
https://cs.unibg.it/martignon/documenti/rim/Exercises_Bluetooth_English_withSolutions.pdf

M=9 (numero di slave totali),
N=4 (numero di slave attivi, ovvero che hanno pacchetti da trasmettere),
Tp=1200/600000=0.002 s (tempo di trasmissione di un pacchetto),
Tt= 120/600000 = 0.0002 s (tempo di trasmissione del token),
tau=15 μs (ritardo di propagazione)

Efficienza Eta= (N*Tp)/[2*M*(tau+Tt) + N*Tp]= **0.6739**
ovvero poco più del 67.3%

b) Posso ad esempio procedere per tentativi, calcolando l'efficienza per valori crescenti di N, numero di slaves attivi:

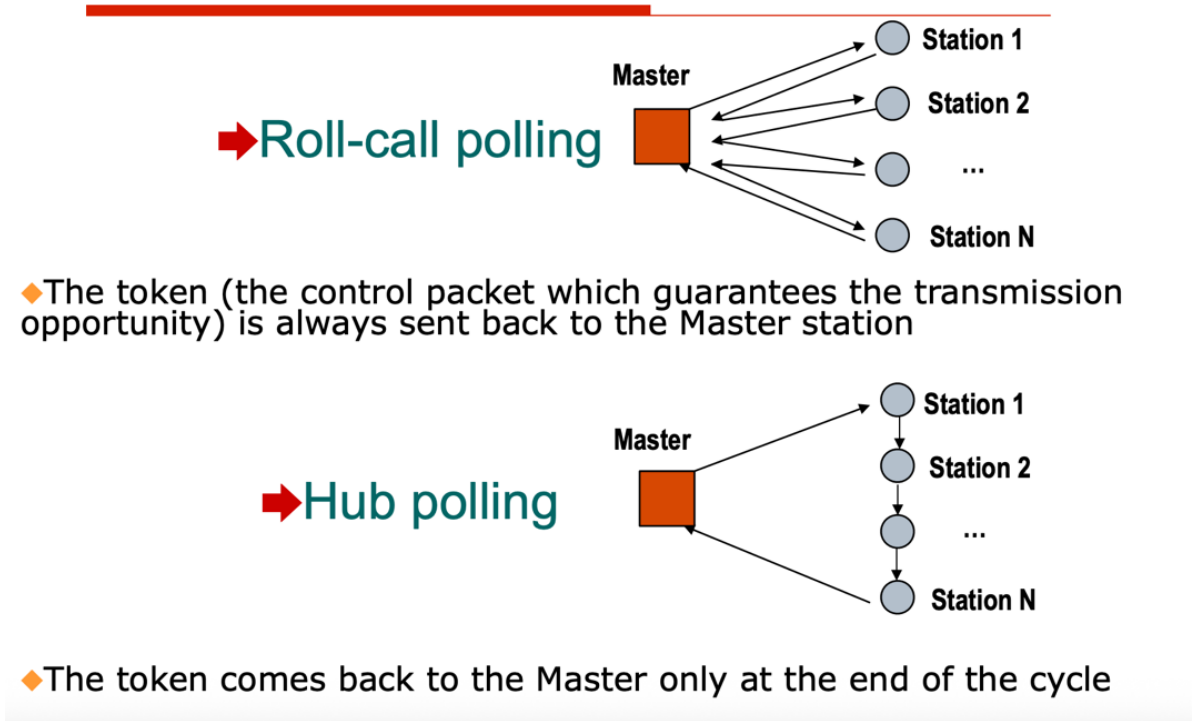
Per N=5 active slaves : eta = 0.72098 (che è minore dell'efficienza richiesta, pari a 75%)
Per N=6 active slaves : eta = 0.75614 (che è maggiore dell'efficienza richiesta, pari a 75%)

il numero minimo di slaves che devono essere attivi è pari a **N=6**

c1) Un "giro" completo in Hub Polling (si veda la figura qui sotto presa dai lucidi delle lezioni) ci mette : (M+1)*(tau+Tt)+ N*Tp
Quindi :
Efficienza Eta= (N*Tp)/[(M+1)*(tau+Tt)+ N*Tp]= 0.792079 = **79.21%**
Attenzione: tau= 10 microsecondi adesso.

(Un errore comune: sarebbe venuto 0.78817 se non ci si accorgeva e si lasciava tau=15 microsecondi come nei punti a) e b) invece di tau = 10 microsecondi come indicato al punto c1 del testo dell'esercizio)

c2) Chiaramente nell'Hub Polling, il tempo necessario affinché il token compia un giro (e quindi le stazioni ricevano il permesso a trasmettere) è più basso rispetto al Roll Call Polling. Si veda di nuovo lo schema illustrato a lezione:



Exercise 3

3.1) Two sources, transmitting at 64 kbit/s, and three other sources transmitting at 192 kbit/s are multiplexed using Time Division Multiplexing (TDM). Let us assume that multiplexing is performed at the level of a single octet (byte, 8 bit).
You need to find:
1) the structure of the frame having minimal duration
2) the duration of such frame
3) the transmission rate of the multiplexer (expressed in kbit/s)

3.2) Now answer to the same questions above (1, 2 and 3) in the case where multiplexing is performed at the level of a single bit (1 bit).

Soluzione:

Si vedano gli esercizi proposti a lezione:
https://cs.unibg.it/martignon/documenti/rim/Exercises1_TDM_English_withSolutions.pdf

In questo caso, quando l'interlacciamento è a livello di **un ottetto/byte (8 bit):**

1) Serve 1 **byte** per ciascuna delle due sorgenti da 64 kbit/s e 3 **byte** per ciascuna di quelle a 192 kbit/s (192/64 = 3, infatti). Quindi la struttura della trama è:
   1 byte ---1 byte --- 3 byte – 3 byte--- 3 byte

2)La durata della trama è 8 bit/ 64000 bit/s = 125μs. "It's the time necessary for the slowest source (the one at 64 kbit/s) to accumulate the 8 bits necessary".
3) E' semplicemente la somma dei rate: 64+64+192+192+192= 704 kbit/s.

Se adesso l'interlacciamento è a livello di **un bit (1 bit):**

1) Serve 1 **bit** per ciascuna delle due sorgenti da 64 kbit/s e 3 **bit** per ciascuna di quelle a 192 kbit/s (192/64 = 3, infatti). Quindi la struttura della trama è:
   1 bit---1 bit --- 3 bit – 3 bit --- 3 bit

2)La durata della trama è 1 bit/ 64000 bit/s = 15.625 μs. "It's the time necessary for the slowest source (the one at 64 kbit/s) to accumulate the (1) bit necessary".
3) Non cambia, è identico a prima. E' semplicemente la somma dei rate: 64+64+192+192+192= 704 kbit/s.

Exercise 4

Let us dimension a cluster for a cellular system which adopts *frequency reuse*.

a) Calculate the minimum K value (K being the inverse of the Frequency reuse efficiency, as defined during the course), assuming that the system tolerates a minimum SIR (SIRmin) = 20 dB, and the path-loss exponent η is equal to 4. Assume that the cellular system does NOT use sectorial antennas, but only omnidirectional antennas.

b) Calculate again the minimum K value, as in point a), this time assuming that the cellular system DOES use sectorial antennas, with 3 sectors.

Soluzione:

Si vedano i lucidi delle lezioni seguenti, in particolare dalla pagina 53 in poi, dove si possono trovare le formule usate qui di seguito e come sono state ricavate:
https://cs.unibg.it/martignon/documenti/rim/B-Multiplexing-CellularNetworks.pdf

a)
K=((6*SIR)^(2/eta))/3
Con SIR=10^(20/10) = 100
Eta = 4
Quindi K=((6*SIR)^(2/eta))/3 = 8.16
Quindi Scelgo **K=9** (8 non va bene)

b)
M = 6/numeroSettori = 6/3=2.
K=((M*SIR)^(2/eta))/3 = 4.714.
Viene quindi **K=7**

Ricordate: Possible K values are **K=1,3,4,7,9,12,13 …**
Quindi, va scelto in entrambi i casi il valore intero presente in questa serie immediatamente successivo al valore trovato (8.16 -→9. E 4.714 -→7).

Question 1:
Describe clearly and precisely in what consists the *exposed terminal* problem within wireless networks that use the 802.11 protocol.

Si veda slide 85 e precedenti nei lucidi delle lezioni seguenti:
https://cs.unibg.it/martignon/documenti/rim/Wireless-RIM2020.pdf

Question 2:
Describe clearly and precisely in what consists and the functioning of the *ICN (Information Centric Networks)* paradigm and what are its key features and novelties.

Si vedano i seguenti lucidi delle lezioni, in particolare dal 27 in poi:
https://cs.unibg.it/martignon/documenti/rim/ICN.pdf