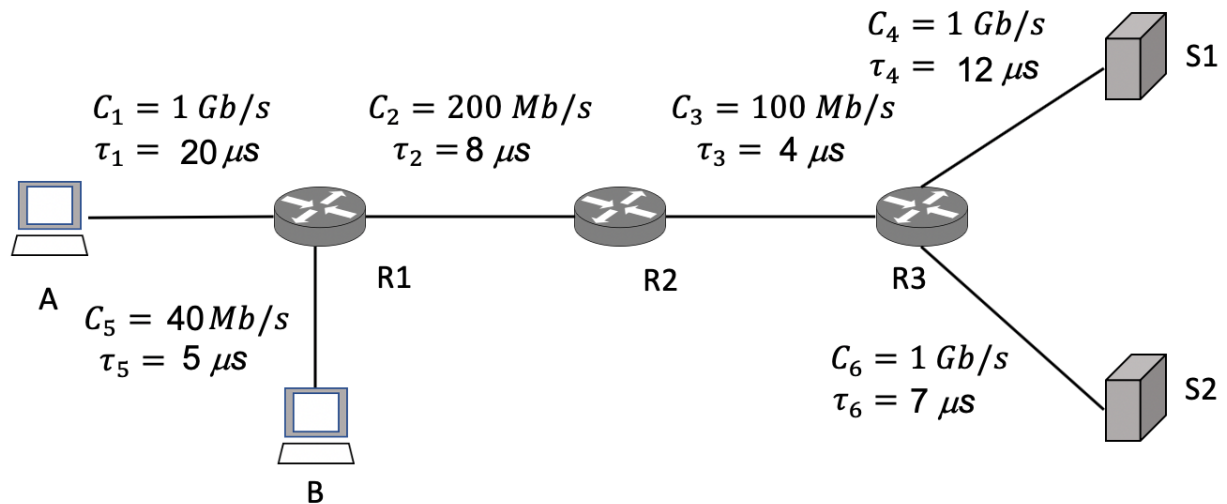


Si consideri la rete in figura che utilizza la commutazione di pacchetto di tipo store-and-forward.



Al tempo $t = 0$ secondi sono presenti in B i seguenti 3 pacchetti: **B1->S2**, **B2->S2**, **B3->A**, mentre la sorgente A trasmette 2 coppie di pacchetti [**A1->B**, **A2->B**] con inizio trasmissione all'istante $t = 0$ secondi e [**A3->S1**, **A4->B**] con inizio trasmissione all'istante $t = 32$ microsecondi. I due pacchetti componenti la singola coppia sono trasmessi uno dopo l'altro senza tempi di attesa.

I pacchetti abbiano le seguenti dimensioni: **LB = 100 Byte**, **LA = 500 Byte**.

1. Specificare in che ordine sono ricevuti i pacchetti dal router R1 (da tutte le sue interfacce d'ingresso) e in che ordine vengono trasmessi i pacchetti sulla sola interfaccia R1-R2.
2. Si calcoli l'istante di ricezione dei soli pacchetti B1, B2 e A3 (con destinazioni [S2, S2, S1] rispettivamente).
3. Si consideri che all'istante $t = 64$ microsecondi la sorgente A cominci ad inviare 3 pacchetti **A5->S1**, **A6->B** e **A7->S1**, mentre B trasmette due pacchetti **B5->A** e **B6->S1**. Si calcoli l'istante di ricezione dei soli pacchetti A5 e A7 (con destinazione S1). ATTENZIONE! Si utilizzi lo stesso diagramma spazio-tempo del primo punto, in modo da non perdere eventuali ritardi di accodamento causati dai pacchetti A1 - A4 e B1 - B3.
4. Si consideri unicamente la comunicazione A -> S2. Sarebbe possibile eliminare i colli di bottiglia utilizzando delle modulazioni multilivello di tipo M-QAM? In caso di risposta affermativa, specificare su quali tratti della rete è necessario introdurre delle modulazioni multilivello. Riportare inoltre il numero di bit per simbolo necessari in tutti i casi modificati e la corrispondente modulazione QAM.
5. Si ipotizzi che il collegamento tra i router R2 e R3 sia sostituito da un collegamento via satellite in orbita a 1250 km di altitudine. Si calcoli il nuovo valore del ritardo di propagazione τ_3 . Si ricordi che nel caso di comunicazione via satellite è sempre necessario considerare le due propagazioni [R2 -> satellite] e [satellite -> R3] e che la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica nel vuoto è $3 \cdot 10^8$ m/s, approssimando la distanza del satellite con la sua altitudine.
6. Introdurre una modulazione multilivello M-QAM sul link R1-R2 permette di ridurre il ritardo di propagazione o la situazione rimane invariata?