

*Huom.* Tehtävä 3 on kotitehtävä, jonka mallivastaus käydään läpi vasta seuraavissa laskuharjoituksissa. Palauta vastauksesi ennen seuraavia harjoituksia (6.2.) tietoverkkolaboratorion ilmoitustaulun alla olevaan kurssin lokeroon (G-siipi, 2. kerros), tai suoraan assistentille seuraavien harjoitusten (6.2.) alussa.

1. Tarkastellaan runkoverkon osaa, jossa mittausten mukaan on keskimäärin 1000 pakettia. Tämä aliverkko on yhteydessä muuhun runkoverkkoon neljän solmun kautta. Jos saapumisintensiteetit muualta verkosta näihin solmuihin ovat  $\lambda_1 = 200$  pakettia/s,  $\lambda_2 = 300$  pakettia/s,  $\lambda_3 = 400$  pakettia/s ja  $\lambda_4 = 500$  pakettia/s, niin kauanko keskimäärin yksi paketti viettää kyseisessä aliverkossa?

(*Ohje:* Käytä Littlen kaavaa.)

2. Tarkastellaan pakettiverkon tilastollista kanavointilaitetta. Tulopuolella on neljä linkkiä kapasiteetiltaan 155 Mbps. Kyseiset linkit syöttävät paketteja kanavointilaitelle keskimäärin seuraavilla nopeuksilla: 10, 12, 5 ja 3 pakettia ms:ssa. Paketit ovat keskimäärin kooltaan 400 tavua. Mallinnetaan ko. systeemi tyyppiä M/M/1 olevana yhden palvelijan puhtaana jonotusjärjestemänä.

a) Mikä on lähtöpuolen linkin kapasiteetin vähintään oltava, jotta systeemi olisi stabiili (ts. ettei paketteja tulisi nopeammin kuin kanavointilaitte pystyy niitä käsittelemään)?

b) Mikä on systeemin kuorma siinä tapauksessa, että lähtöpuolen linkin kapasiteetti on 155 Mbps? Mikä on tällöin keskimääräinen kanavointilaitteessa olevien pakettien lkm? Entä niiden kokema keskimääräinen kokonaisviive (sisältäen odotuksen ja lähetyksen)?

3. *Kotitehtävä* (deadline 6.2. klo 9.00):

Verrataan piiri- ja pakettikytkentää toisiinsa seuraavin oletuksin. Tehtävänä on lähettää viesti, jonka pituus on  $L$  kilobittiä. Piirikytkentäisessä järjestelmässä yhteyden luonti kestäisi keskimäärin ajan  $D$  sekuntia ja käytössä olisi tämän jälkeen kanava, jonka kapasiteetti olisi  $c$  kbps. Pakettikytkentäisessä järjestelmässä taas varsinaisen viestin lisäksi olisi siirrettävä ylimääräistä kuormaa (eri protokollatasojen vaatimaa ohjaustietoa)  $qL$  kilobittiä. Ko. viestin (plus ylimääräisen kuorman) läpimenonopeus  $\theta$  kbps riippuisi reitin varrella olevan pullonkaulalinkin kapasiteetista  $R$  kbps ja kuormasta  $\rho$  kaavalla  $\theta = R(1 - \rho)$ .

a) Laske ko. viestin siirtoon kuluva kokonaisaika (annettujen parametrien funktiona) eri järjestelmissä em. oletuksin.

b) Oletetaan sitten, että  $L = 1000$  kilobittiä,  $D = 1$  s,  $q = 0.2$ ,  $R = 10$  Mbps ja  $\rho = 0.9$ . Kuinka suuri pitäisi  $c$ :n vähintään olla, jotta kokonaissiirtoaika olisi lyhyempi piirikytkentäisessä järjestelmässä?