

*Huom.* Kaikki tehtävät 1-3 ovat ns. *rästitehtäviä*, joilla voi paikata puuttuvia laskuharjoituspisteitä. Palauta vastauksesi *viimeistään keskiviikkona 8.5. klo 9.00* tietoverkkolaboratorion ilmoitustaulun alla olevaan kurssin lokeroon (G-siipi, 2. kerros).

1. Tarkastellaan yhden palvelijan jonosysteemiä, jossa on ääretön määrä odotuspaikkoja. Asiakkaat saapuvat Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä  $\lambda$  ja asiakkaiden palveluajat ovat riippumattomia ja eksponentiaalisesti jakautuneita odotusarvolla  $1/\mu$ . Kaikkia asiakkaita ei kuitenkaan huolita systeemiin, vaan saapuva asiakas pääsee sisään (systeemin tilasta  $n$  riippuvalla) todennäköisyydellä  $1/(n+1)$  ja siis hylätään todennäköisyydellä  $n/(n+1)$ . Merkitään  $X(t)$ :llä systeemissä olevien asiakkaiden lkm:ää (eli systeemin tilaa) hetkellä  $t$ . Prosessi  $X(t)$  on Markov-prosessi.
  - a) Piirrä prosessin  $X(t)$  tilasiirtymäkaavio.
  - b) Millä ehdolla systeemi on stabiili, ts. sillä on tasapainojakauma? Johda prosessin  $X(t)$  tasapainojakauma.
2. Tarkastellaan järjestelmää, jossa on  $n$  rinnakkaista palvelinta ja  $m$  odotuspaikkaa. Asiakkaiden palveluajat ovat riippumattomia ja eksponentiaalisesti jakautuneita odotusarvolla  $1/\mu$ . Oletetaan lisäksi, että systeemi on aina täysi: hetkellä 0 systeemissä on  $n+m$  asiakasta ja aina kun yksi asiakas poistuu palvelusta uusi asiakas saapuu välittömästi systeemiin. Kuinka kauan (hetken 0 jälkeen saapunut) yksittäinen asiakas keskimäärin viettää tällaisessa systeemissä?
3. Tarkastellaan ns. elastisia lähteitä, jotka käyttävät ABR-palveluluokkaa. Oletetaan, että uusia tällaisia yhteyksiä syntyy Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä  $\lambda = 75$  yhteyttä sekunnissa. Kunkin yhteyden tarkoituksena on siirtää tiedosto, jonka koon oletetaan noudattavan eksponenttijakaumaa keskiarvonaan  $L = 1$  Mbit, linkin J kautta pisteestä A pisteeseen B. Oletetaan linkin J kapasiteetiksi  $C = 100$  Mbit/s. Ideaalita-pauksessa ABR-vuonohjaus jakaa linkin kaistaa tasapuolisesti eri yhteyksille. Yhteystasolla tämä vastaa M/M/1-PS jonomallia (PS = Processor Sharing -jonokuri): kun  $n$  yhteyttä kilpailee linkin kaistasta  $C$ , jokainen saa siitä  $n$ :nnen osan eli  $C/n$ . Laske yhteyden saama keskimääräinen kaista eli läpimeno (throughput).

*Ohje:* Laske ensin yhteyden keskimääräinen päälläoloaika (so. tiedoston keskimääräinen siirtoaika).