

*Huom.* Tehtävä 3 on kotitehtävä, jonka mallivastaus käydään läpi vasta seuraavissa laskuharjoituksissa. Palauta vastauksesi ennen seuraavia harjoituksia (20.2.) tietoverkkolaboratorion ilmoitustaulun alla olevaan kurssin lokeroon (G-siipi, 2. kerros), tai suoraan assistentille seuraavien harjoitusten (20.2.) alussa.

1. Tarkastellaan seuraavaa pakettikytkentäistä (runko)verkkoa. Verkossa on kolme solmua a, b ja c, jotka on kytketty toisiinsa kolmioksi. Kutakin solmuparia yhdistää kaksi eri suuntiin kulkevaa (siis yksisuuntaista) 155 Mbps:n linkkiä. Verkossa on käytössä viisi erilaista reittiä:
  - Reitti 1:  $a \rightarrow b$
  - Reitti 2:  $a \rightarrow c \rightarrow b$
  - Reitti 3:  $a \rightarrow c$
  - Reitti 4:  $c \rightarrow b$
  - Reitti 5:  $b \rightarrow a$

Oletetaan, että pakettien prosessoinnista reitittimissä ei aiheudu olennaisia lisäviiveitä verrattuna pakettien siirtämisestä aiheutuneeseen viiveeseen. Piirrä tätä tilannetta vastaava jonoverkkomalli. Oletetaan sitten, että eri reiteille ilmaantuu uusia paketteja Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetin  $\lambda(1) = 20$ ,  $\lambda(2) = 10$ ,  $\lambda(3) = \lambda(4) = \lambda(5) = 5$  pakettia ms:ssa. Oletetaan lisäksi, että pakettien pituudet ovat (toisistaan riippumattomasti) eksponentiaalisesti jakautuneita keskipituutenaan 400 tavua. Laske linkkikohtaiset kuormat  $\rho_j$ . Millä todennäköisyydellä koko verkko on tyhjä (jollakin mielivaltaisella hetkellä tarkasteltuna)? Laske lisäksi pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä.

2. Jatketaan edellisessä tehtävässä kuvatun pakettikytkentäisen verkon tarkastelua. Oletetaan nyt huomioon pakettien prosessoinnista (reitittimissä) aiheutuvat lisäviiveet. Oletetaan, että kussakin solmussa reitityksestä huolehtii yksi prosessori, joka mallinnetaan puhtaana jonotusjärjestelmänä. Kaikkien prosessoreiden palvelunopeudeksi oletetaan 50 pakettia ms:ssa. Kaikki yhteen solmuun tuleva liikenne ohjataan ensin ko. solmun reitintinprosessorille, joka sitten ohjaa paketit edelleen ulospäin meneville linkeille. Piirrä tätä uutta tilannetta vastaava jonoverkkomalli. Laske kunkin prosessorin kokema kuorma. Laske lisäksi pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä.
3. *Kotitehtävä* (deadline 20.2. klo 9.00):  
Jatketaan edellisissä tehtävissä kuvatun pakettikytkentäisen verkon tarkastelua. Laske pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä siinä tapauksessa, että linkkiyhteys solmujen a ja b välillä katkeaa (kumpaankin suuntaan), jolloin alunperin reittiä 1 ( $a \rightarrow b$ ) noudattavat paketit ohjataan reitille 2 ( $a \rightarrow c \rightarrow b$ ) ja alunperin reittiä 5 ( $b \rightarrow a$ ) noudattavat paketit ohjataan uudelle reitille 6 ( $b \rightarrow c \rightarrow a$ ). Kuten tehtävässä 2, ota laskelmissasi huomioon myös pakettien prosessoinnista aiheutuvat lisäviiveet.