

Tehtävät 2, 4 ja 6 ovat kotitehtäviä. Palautus viimeistään ti 20.2. klo 10.00 kurssin laatikkoon (G-siipi, 2. kerros) tai laskareiden alussa ti 20.2. klo 10.15 assistentille.

1. *Demo*

Tarkastellaan kahden reitittimen välistä dataliikennettä vuotasolla. Liikenne muodostuu TCP-voista, joita syntyy intensiteetillä  $\lambda$  ja jotka jakavat yhteisen runkoverkon linkin. Merkitään vuon kokoa  $L$ :llä ja linkin kapasiteettia  $C$ :llä. Ko. yhteisen linkin lisäksi jokaisen vuon nopeutta rajoittaa sen oma liityntälinkki. Oletetaan ne samantyyppisiksi ja merkitään niiden kapasiteettia  $r$ :llä.

(a) Mallinna ko. järjestelmä M/M/n-PS jonomallilla, ja laske vuon läpimeno  $\theta$  eli keskimääräinen lähetysnopeus tapauksessa  $\lambda = 80$  vuota sekunnissa,  $E[L] = 0.125 \cdot 10^6$  tavua,  $C = 100$  Mbps ja  $r = 10$  Mbps.

(b) Entäpä jos  $C = 10$  Gbps?

2. *Kotitehtävä*

Tarkastellaan uudelleen edellisen tehtävän tilannetta, jossa runkoverkon linkkiä kuormittaa elastinen dataliikenne. Oletetaan nyt, että  $\lambda = 80$  vuota sekunnissa,  $E[L] = 0.125 \cdot 10^6$  tavua ja  $C = r = 100$  Mbps. Merkitään  $X(t)$ :llä linkkiä kuormittavien voiden lukumäärää hetkellä  $t$ . Oletetaan lisäksi, että käytössä on seuraavanlainen voiden pääsynvalvontamekanismi ylikuormituksen estämiseksi: yhtäaikaan päällä olevien TCP-voiden lukumäärä voi olla korkeintaan 10.

(a) Piirrä Markov-prosessin  $X(t)$  tilasiirtymäkaavio.

(b) Johda  $X(t)$ :n tasapainojakauma.

(c) Montako vuota linkkiä keskimäärin kuormittaa?

3. *Demo*

Tarkastellaan seuraavaa yksinkertaista piirikytkentäistä (runko)verkkoa. Verkossa on kolme solmua a, b ja c, jotka on kytketty peräkkäin ketjuksi kahdella linkillä: a — b — c. Molempien linkkien kapasiteetti on 2 kanavaa. Verkkoa käyttää kolme eri yhteysluokkaa:

- Luokka 1 käyttää linkkiä a — b
- Luokka 2 käyttää linkkiä b — c
- Luokka 3 käyttää sekä linkkiä a — b että linkkiä b — c

Mikä on systeemin tila-avaruus? Entä kunkin luokan estotilat?

4. *Kotitehtävä*

Jatketaan edellisessä tehtävässä kuvatussa piirikytkentäisen verkon tarkastelua. Oletetaan, että eri luokkiin tulee uusia yhteyspyyntöjä Poisson-prosessin mukaisesti seuraavien intensiteetien:  $\lambda_1 = 1/3$ ,  $\lambda_2 = 2/3$  ja  $\lambda_3 = 0$  yhteyspyyntöä minuutissa. Eri yhteyksien pitoajat ovat toisistaan riippumattomia ja samoin jakautuneita keskiarvolla  $h = 3$  min. Laske kunkin luokan kokemat päästä-päähän estot

(a) tarkalla kaavalla,

(b) luennolla esitetyllä likimääräisellä tulorajamenetelmällä.

### 5. *Demo*

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:  $b \rightarrow a$

Eri reiteille ilmaantuu uusia paketteja riippumattomien Poisson-prosessien mukaisesti intensiteetein  $\lambda(1) = 20$ ,  $\lambda(2) = 10$ ,  $\lambda(3) = \lambda(4) = \lambda(5) = 5$  pakettia millisekunnissa. Pakettien pituudet ovat (toisistaan riippumattomasti) eksponentiaalisesti jakautuneita keskipituutenaan 400 tavua. Piirrä tätä tilannetta vastaava jonoverkkomalli. Laske linkkikohtaiset kuormat sekä pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä.

### 6. *Kotitehtävä*

Jatketaan edellisissä tehtävissä kuvatun pakettikytkentäisen verkon tarkastelua. Laske pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet eri reiteillä siinä tapauksessa, että linkkiyhteys solmujen a ja c välillä katkeaa (kumpaankin suuntaan), jolloin alunperin reittiä 2 ( $a \rightarrow c \rightarrow b$ ) noudattavat paketit ohjataan reitille 1 ( $a \rightarrow b$ ) ja alunperin reittiä 3 ( $a \rightarrow c$ ) noudattavat paketit ohjataan uudelle reitille 6 ( $a \rightarrow b \rightarrow c$ ).