

- D3/1** Tarkastellaan puhelinverkon 5-kanavaisella linkillä kulkevaa puhelinliikennettä. Uusia kutsuja saapuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 2 kutsua minuutissa. Kutsun keskimääräinen kesto on 3 minuuttia. Laske
- (a) tarjottu liikenne,
 - (b) kuljetettu liikenne ja
 - (c) menetetty liikenne.
- D3/2** Tarkastellaan reitittimen reititysprosessorin läpi menevää dataliikennettä. Uusia reititettäviä paketteja ilmaantuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 2 pakettia ms:ssa. Pakettien prosessointiin kuluvat ajat ovat riippumattomasti ja eksponentiaalisesti jakautuneita odotusarvonaan 0.4 ms.
- (a) Mikä on systeemin kuorma?
 - (b) Kuinka suuri osa paketeista pääsee suoraan prosessoitavaksi (ilman jonotusta)?
 - (c) Mikä on todennäköisyys, että paketti joutuu odottamaan yli 2 ms?
- D3/3** Tarkastellaan pakettiverkon linkillä kulkevaa elastista dataliikennettä. Linkin kapasiteetti on 100 Mbps. Uusia voita ilmaantuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 6 vuota sekunnissa. Siirrettävien tiedostojen keskikoko on 15 Mb.
- (a) Mikä on systeemin kuorma?
 - (b) Entä yksittäisen vuon keskimääräinen lähetysnopeus eli läpimeno?
 - (c) Entä keskimääräinen tiedoston siirtoaika?
- D3/4** Tarkastellaan pakettiverkon linkillä kulkevaa puhelinliikennettä. Yksittäinen puhelu mallinnetaan virtaavana CBR-vuona, jonka lähetysnopeus on vakio 64 kbps. Linkin kapasiteetti on $5 \cdot 64$ kbps. Puhelun keskimääräinen kesto on 3 minuuttia, ja uusia puheluita saapuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 2 puhelua minuutissa. Laske
- (a) tarjottu liikenne,
 - (b) kuljetettu liikenne ja
 - (c) menetetyn liikenteen osuus koko liikenteestä eli häviösuhde.
-

D3/1 Käytetään mallina tyyppiä M/G/n/n olevaa puhdasta menetysjärjestelmää (L3/4,10), missä rinnakkaisten kanavien lukumäärä on $n = 5$. Kutsujen saapumisintensiteetti on $\lambda = 2$ kutsua/min ja keskimääräinen kesto $h = 3$ min, joten liikenneintensiteetiksi (L3/6) tulee

$$a = \lambda h = 2 \cdot 3 = 6 \text{ erl}$$

ja kutsuestoksi (L3/11)

$$B_c = \text{Erl}(n, a) = \text{Erl}(5, 6) = \frac{\frac{6^5}{120}}{1 + 6 + \frac{6^2}{2} + \frac{6^3}{6} + \frac{6^4}{24} + \frac{6^5}{120}} \stackrel{\text{num.}}{=} 0.36$$

(a) Tarjottu liikenne (L3/9):

$$a_{\text{offered}} = a = 6 \text{ erl}$$

(b) Kuljetettu liikenne (L3/9):

$$a_{\text{carried}} = a(1 - B_c) = 6 \cdot (1 - 0.36) = 3.84 \text{ erl}$$

(c) Menetetty liikenne (L3/9):

$$a_{\text{lost}} = aB_c = 6 \cdot 0.36 = 2.16 \text{ erl}$$

D3/2 Käytetään mallina tyyppiä M/M/1 olevaa yhden palvelijan puhdasta jonotusjärjestelmää (L3/18,23). Pakettien saapumisintensiteetti on $\lambda = 2$ pakettia/ms, ja keskimääräinen paketin lähetysaika $1/\mu = 0.4$ ms. Todennäköisyys, että paketti joutuu odottamaan yli z ms on (L3/24)

$$P_z = \rho e^{-\mu(1-\rho)z},$$

missä $\rho = \lambda/\mu$ on systeemin kuorma. Erityisesti siis $P_0 = \rho$ on todennäköisyys, että paketti ylipäätään joutuu odottamaan.

(a) Systeemin kuorma (L3/20):

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 2 \cdot 0.4 = 0.8$$

(b) Suoraan prosessointiin pääsevien osuus (L3/24):

$$P\{\text{“ei odotusta”}\} = 1 - P_0 = 1 - \rho = 1 - 0.8 = 0.2$$

(c) Todennäköisyys, että paketti joutuu odottamaan yli 2 ms (L3/24):

$$P\{\text{“odotus yli 2 ms”}\} = P_2 = \rho e^{-\mu(1-\rho)2} = 0.8 \cdot e^{-1.0} \stackrel{\text{num.}}{=} 0.29$$

D3/3 Käytetään mallina tyyppiä M/G/1-PS olevaa yhden palvelijan puhdasta jakojärjestelmää (L3/31,36). Voiden saapumisintensiteetti on $\lambda = 6$ vuota/s, keskimääräinen siirrettävän tiedoston koko $S = 15$ Mb, ja linkin kapasiteetti $C = 100$ Mbps. Tiedoston siirtoon täydellä nopeudella siis kuluu aikaa keskimäärin $1/\mu = S/C = 15/100 = 0.15$ s.

(a) Systeemin kuorma (L3/33):

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 6 \cdot 0.15 = 0.90$$

(b) Yksittäisen vuon keskimääräinen lähetysnopeus (L3/37):

$$\theta = C(1 - \rho) = 100 \cdot (1 - 0.9) = 10.0 \text{ Mbps}$$

(c) Keskimääräinen tiedoston siirtoaika (L3/35):

$$D = \frac{S}{\theta} = \frac{15}{10} = 1.5 \text{ s}$$

D3/4 Käytetään mallina tyyppiä M/G/ ∞ olevaa ääretöntä järjestelmää (L3/44,48). Kuten tehtävässä D3/1, puheluiden saapumisintensiteetti on $\lambda = 2$ kutsua/min ja keskimääräinen kesto $h = 3$ min. Linkin kapasiteetti on $C = 5 \cdot 64$ kbps. Tämä on viisikermainen yksittäisen puhelun tuottamaan bittinopeuteen $r = 64$ kbps verrattuna, joten $n = C/r = 5$.

(a) Tarjottu liikenne erlangeina (L3/46):

$$a_{\text{offered}} = a = \lambda h = 2 \cdot 3 = 6 \text{ erl}$$

Tarjotun liikenteen voimakkuus bittinopeutena (L3/46):

$$R_{\text{offered}} = R = ar = 6 \cdot 64 = 384 \text{ kbps}$$

(b) Lasketaan ensin menetety liikenteen voimakkuus bittinopeutena:

$$R_{\text{loss}} = p_{\text{loss}} R_{\text{offered}} = 0.25 \cdot 384 = 96 \text{ kbps}$$

missä p_{loss} on kohdassa (c) laskettava häviösuhde. Kuljetettu liikenne saadaan poistamalla tarjotusta liikenteestä menetetty liikenne:

$$R_{\text{carried}} = R_{\text{offered}} - R_{\text{loss}} = 384 - 96 = 288 \text{ kbps}$$

(c) Häviösuhde (L3/49):

$$p_{\text{loss}} = \text{LR}(n, a) = \text{LR}(5, 6) = \frac{1}{6} \sum_{i=6}^{\infty} (i-5) \frac{6^i}{i!} e^{-6} \stackrel{\text{num.}}{=} 0.25$$

(Lopputulos laskettu numeerisesti äärellisenä summana. Annettu tarkkuus saavutetaan jo parillakymmenellä termillä.)