

1. Tarkastellaan elastista dataliikennettä vuotasolla aikavälillä $[0, 20]$ (aikayksikkönä sekunti). Linkkiä, jonka kapasiteetti on 2 Mbps, saapuu kuormittamaan uusia voita ajanhetkillä 1, 2, 4, 7 ja 16. Näiden voiden koot ovat vastaavasti 8, 4, 5, 5 ja 2 megabittia. Linkin kapasiteetti jaetaan reilusti tasan kilpailevien voiden kesken. Hetkellä 0 linkki on vapaa. Tämän yhteisen linkin lisäksi kutakin vuota rajoittaa sen oma liityntälinkki, jonka kapasiteetti on 1 Mbps.
 - (a) Piirrä kuva, josta selviävät voiden saapumishetket, kaikkien voiden viiveet sekä systeemissä olevien voiden lukumäärä eli liikenneprosessi ajan t funktiona, $t \in [0, 20]$.
 - (b) Mikä on keskimääräinen vuon kokonaisviive (lähetyksen alusta sen loppumiseen)?
 - (c) Entä keskimääräinen voiden lukumäärä aikavälillä $[0, 20]$?
2. Pysäkillä saapuu busseja Poisson-prosessin mukaisesti keskimäärin 10 minuutin välein. Myöhästyvät täpärästi, eli tulet pysäkillä juuri kun edellinen bussi on lähtenyt sieltä.
 - (a) Merkitään T :llä aikaa, jonka joudut odottamaan ennen seuraavan bussin saapumista. Mikä on satunnaismuuttujan T jakauma?
 - (b) Merkitään X :llä saapumistasi seuraavan 5 minuutin aikana pysäkillä saapuvien bussien lukumäärää. Mikä on satunnaismuuttujan X jakauma?
3. Tarkastellaan tyyppiä $M/M/3/3$ olevaa liikenneteoreettista mallia, jossa asiakkaiden saapumisten väliaika on keskimäärin $1/\lambda$ aikayksikköä ja jossa asiakkaan keskimääräinen palveluaika on $1/\mu$ aikayksikköä. Merkitään $X(t)$:llä systeemissä olevien asiakkaiden lukumäärää hetkellä t .
 - (a) Piirrä Markov-prosessin $X(t)$ tilasiirtymäkaavio.
 - (b) Johda $X(t)$:n tasapainojakauma.
 - (c) Oletetaan nyt, että $\lambda = \mu$. Millä todennäköisyydellä saapuva asiakas menetetään?
4. Oletetaan, että käytettävissä on satunnaislukugeneraattori, joka tuottaa satunnaislukuja $Z \in \{0, 1, \dots, m-1\}$. Miten generoidaan
 - (a) $U(0, 1)$ -jakaumaa noudattava satunnaismuuttuja U ?
 - (b) $\text{Exp}(\lambda)$ -jakaumaa noudattava satunnaismuuttuja X ?
5. Tarkastellaan seuraavaa pakettikytkentäistä verkkoa. Verkossa on kolme solmua a, b ja c, jotka on kytketty peräkkäin ketjuksi kahdella linkkiparilla: a — b — c. Kunkin yksittäisen (yksisuuntaisen) linkin kapasiteetti on 100 Mbps. Verkossa on käytössä kuusi erilaista reittiä:
 - Reitti 1: a \rightarrow b
 - Reitti 2: b \rightarrow c
 - Reitti 3: a \rightarrow b \rightarrow c
 - Reitti 4: b \rightarrow a
 - Reitti 5: c \rightarrow b
 - Reitti 6: c \rightarrow b \rightarrow aEri reiteille ilmaantuu uusia paketteja riippumattomien Poisson-prosessien mukaisesti intensiteetin $\lambda(1) = \lambda(2) = 5$, $\lambda(3) = 15$, $\lambda(4) = \lambda(5) = 1$, $\lambda(6) = 3$ pakettia/ms. Pakettien pituudet ovat riippumattomasti ja eksponentiaalisesti jakautuneita keskipituutenaan 500 tavua.
 - (a) Piirrä tätä tilannetta vastaava jonoverkkomalli.
 - (b) Laske linkkikohtaiset kuormat kaikille linkeille.
 - (c) Laske pakettien keskimääräiset kokonaisviiveet reiteillä 3 ja 6.