

1. Tarkastellaan puhelinliikennettä yksittäisellä linkillä aikavälillä $[0, T]$, missä $T = 16$ (aikayksikkönä minuutti). Tänä aikana systeemiin saapuu uusia kutsuja ajanhetkillä

- 1, 2, 5, 6, 7, 9, 12 ja 13.

Näiden kutsujen pitoajat (siinä tapauksessa että ne eivät esty) ovat

- 9, 2, 3, 1, 7, 2, 3 ja 3.

Linkin kapasiteetti on $n = 2$ kanavaa. Oletetaan, että hetkellä $t = 0$ systeemi on tyhjä eli molemmat kanavat ovat vapaina.

- Piirrä kuva, josta selviävät kutsujen saapumishetket, kanavakohtainen varaustilanne sekä varattujen kanavien lukumäärä ajan t funktiona, $t \in [0, T]$.
- Mikä on estyneiden kutsujen osuus kaikista kutsuista?
- Minkä osuuden kokonaisuudesta systeemi on täynnä?

2. Määrittele Erlang-malli, ja kirjoita kutsuesto mallin parametrien funktiona.

3. Tarkastellaan tyyppiä M/M/1/2 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 .

- Piirrä Markov-prosessin $X(t)$ tilasiirtymäkaavio.
- Johda $X(t)$:n tasapainojakauma.
- Millä todennäköisyydellä saapuva asiakas pääsee suoraan palveluun tapauksessa $\lambda = \mu$?

4. Tarkastellaan pakettiverkon linkillä kulkevaa elastista dataliikennettä. Käytetään mallina yhden palvelijan puhdasta jakojärjestelmää. Linkin kapasiteetti on 10 Mbps. Uusia voita ilmaantuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 9 vuota sekunnissa. Siirrettävät tiedostot ovat riippumattomasti ja eksponentiaalisesti jakautuneita keskipituisuudessa 1 Mbit. Merkitään $X(t)$:llä linkkiä kuormittavien voiden lukumäärää hetkellä t .

- Mikä on systeemin kuorma?
- Johda $X(t)$:n tasapainojakauma.
- Mikä on yksittäisen vuon keskimääräinen lähetysnopeus eli läpimeno?

5. Tarkastellaan seuraavaa pakettikytkentäistä verkkoa. Verkossa on kolme solmua, jotka on kytketty toisiinsa kahdella linkillä yksisuuntaiseksi ketjuksi: $a \rightarrow b \rightarrow c$. Kummankin linkin kapasiteetti on 100 Mbps. Verkossa on käytössä kaksi erilaista reittiä:

- Reitti 1: $a \rightarrow b$
- Reitti 2: $a \rightarrow b \rightarrow c$

Eri reiteille ilmaantuu uusia paketteja intensiteetein $\lambda(1) = 3$ ja $\lambda(2) = 5$ pakettia millisekunnissa. Pakettien keskipituus on 1250 tavua. Laske linkkikohtaiset kuormat sekä keskimääräinen pakettien lukumäärä koko verkossa, kun eri linkeiltä on mitattu keskimääräiset viiveet $\bar{T}_1 = 0.5$ ms ja $\bar{T}_2 = 0.2$ ms.