

Huom. Kaikki tehtävät 1-3 ovat ns. *rästitettäviä*, joilla voi paikata puuttuvia laskuharjoituspisteitä. Palauta vastauksesi viimeistään *keskiviikkona 9.5.* tietoverkkolaboratorion ilmoitustaulun alla olevaan kurssin lokeroon (G-siipi, 2. kerros).

1. Tarkastellaan reititintä, jossa neljä rinnakkaista prosessoria huolehtii pakettien reitittämisestä. Reititettäviä paketteja saapuu Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä 500 pakettia sekunnissa ja yhden paketin reitittämiseen menevä aika on eksponentiaalisesti jakautunut keskiarvonaan 6 millisekuntia. Saapuvat paketit ohjataan eri prosessoreille täysin satunnaisesti (todennäköisyyksillä $1/4$) ja toisistaan riippumatta. Puskuritilaa oletetaan kaikilla prosessorilla olevan käytössä rajattomasti.
 - a) Millä yksinkertaisella liikenneteoreettisella mallilla mallintaisit yksittäisen reititin-prosessorin (ynnä siihen liittyvän puskuritilan), ja miksi?
 - b) Kuinka kauan yksittäinen paketti joutuu keskimäärin odottamaan, ennen kuin se pääsee prosessoitavaksi?
2. Tarkastellaan yhden palvelijan jonosysteemiä, jossa on ääretön määrä odotuspaikkoja. Asiakkaat saapuvat Poisson-prosessin mukaisesti intensiteetillä λ ja asiakkaiden palveluajat ovat riippumattomia ja eksponentiaalisesti jakautuneita odotusarvolla $1/\mu$. Kaikkia asiakkaita ei kuitenkaan huolita systeemiin, vaan saapuva asiakas pääsee sisään (systeemin tilasta n riippuvalla) todennäköisyydellä $1/(n+1)$ ja siis hylätään todennäköisyydellä $n/(n+1)$. Merkitään $X(t)$:llä systeemissä olevien asiakkaiden lkm:ää (eli systeemin tilaa) hetkellä t . Prosessi $X(t)$ on Markov-prosessi.
 - a) Piirrä prosessin $X(t)$ tilasiirtymäkaavio.
 - b) Millä ehdolla systeemi on stabiili, ts. sillä on tasapainojakauma? Johda prosessin $X(t)$ tasapainojakauma.
3. Tarkastellaan jonojärjestelmää, jossa on n rinnakkaista palvelinta ja m odotuspaikkaa. Asiakkaiden palveluajat ovat riippumattomia ja eksponentiaalisesti jakautuneita odotusarvolla $1/\mu$. Oletetaan lisäksi, että systeemi on aina täysi: hetkellä 0 systeemissä on $n+m$ asiakasta ja aina kun yksi asiakas poistuu palvelusta uusi asiakas saapuu välittömästi systeemiin. Kuinka kauan (hetken 0 jälkeen saapunut) yksittäinen asiakas keskimäärin viettää tällaisessa systeemissä?