

1. ATM-kytkimen erään lähtöportin puskurin kautta kulkee 4 vakionopeuksista virtuaalikanavayhteyttä. Linkin nopeus on 155 Mbit/s ja kunkin yhteyden bittinopeus (nettoinformaatio-nopeus) on 24 Mbit/s. Informaatio on pakattu solun 48 tavun mittaiseen hyötykuormaan (lisäksi kussakin solussa on 5 tavun mittainen otsikko). Käyttäen $N * D/D/1$ -jonomallia laske todennäköisyydet sille, että puskurissa on vähintään n solua arvoilla $n = 0, \dots, 4$.
2. Moduloituun $N * D/D/1$ -jonoon saapuu soluja kolmesta eri lähteestä. Kunkin lähteen solujen saapumisväli aktiivisen purskeen aikana on 5 (solun lähetysaika). Lähteiden aktiivisuustodennäköisyydet ovat 0.5, 0.4 ja 0.2. Laske, millä todennäköisyydellä puskurissa on n solua, $n = 0, \dots, 3$.
3. Olkoon jonossa olevan tekemättömän työn X (mitattuna sen purkamiseen kuluvana aikana) eli ns. virtuaalisen odotusajan häntäjakauma $Q(x) = P\{X > x\}$. Merkitään W :llä satunnaisen saapuvan asiakkaan todellista odotusaikaa ja olkoon sen häntäjakauma $W(x) = P\{W > x\}$. Perustele seuraava: a) $M/D/1$ -jonossa pätee $W(x) = Q(x)$, b) $N * D/D/1$ -jonossa pätee $W_N(x) = Q_{N-1}(x)$, missä alaindeksi tarkoittaa järjestelmän lähteiden lukumäärää.
4. $M/D/1$ -jonoon saapuu asiakkaita Poissonisesti nopeudella λ kunkin asiakkaan tuodessa jonoon työtä määrän d . Jonon palvelimen nopeus on C , ja jonon kuorma on siis $\rho = \lambda d / C$. Jonossa olevan työn X häntäjakauman tiedetään olevan asymptoottisesti eksponentiaalista muotoa: $G(x) = P\{X > x\} = Ae^{-kx}$, missä A ja k ovat joitakin vakioita. Johda yhtälö k :lle kirjoittamalla todennäköisyysvirtojen tasapainoehto pinnan x ($x \gg d$) läpi. Ohje: 1) palvelimen tyhjentäessä jonoa todennäköisyysmassa, jolla kohdassa x on tiheys $-G'(x)$, virtaa nopeudella C pienempiä arvoja kohti, 2) jokainen saapuminen, joka tapahtuu systeemin tilan ollessa välillä $x - d < X \leq x$ vie todennäköisyysmassan 1 rajapinnan läpi. Ratkaise k johtamastasi yhtälöstä, kun $\rho = 0.5$.
5. Määrää vinoutettu jakauma sekä tämän keskiarvo ja varianssi satunnaismuuttujalle X , joka noudattaa
 - a) Binomijakaumaa $\text{Bin}(N, p)$
 - b) Poisson-jakaumaa $\text{Poisson}(a)$
6. Yhden liikennelähteen tuottama bittinopeus vaihtelee seuraavasti: 50 % ajasta 0 kbit/s, 30 % ajasta 100 kbit/s ja 20 % ajasta 300 kbit/s. Kuinka monta tällaista yhteyttä voidaan multipleksoida linkille, jonka kapasiteetti on 2 Mbit/s, kun vaaditaan, että ylivuotododennäköisyys on $P_{\text{loss}} \leq 10^{-4}$? Mikä siis on yhden yhteyden efektiivinen kaista tässä asetelmassa? Vertaa tätä keski- ja huippunopeuksiin. Ohje: käytä luentojen sivun 17 alalaidan approksimaatiokaavaa.