

Huom. Tehtävä 3 on kotitehtävä, jonka mallivastaus käydään läpi vasta seuraavissa laskuharjoituksissa. Palauta vastauksesi ennen seuraavia harjoituksia (12.4.) teletekniikan labran ilmoitustaulun alla olevaan kurssin lokeroon, tai suoraan assistentille harjoituksiin 12.4.

1. Simuloi tapahtumapohjaisesti M/M/1-FIFO-jonon (parametrein $\lambda = 1/2$ ja $\mu = 1$) jononpituuden $Q(t)$ kehitystä hetkestä 0 hetkeen $T = 2000$ olettaen, että systeemi on alussa tyhjä, $Q(0) = 0$ (ks. luennon 9 kalvot 13-18). Jononpituuteen $Q(t)$ lasketaan kaikki hetkellä t systeemissä olevat asiakkaat, sekä odottavat että palvelussa oleva. Toteuta simulointi Matlabilla tai C:llä käyttäen satunnaislukujen generointiin sopivia kirjastofunktioita. Tee $n = 100$ riippumatonta simulointiajota (ts. käytä satunnaislukujen generoinnissa eri siemenlukua eri simulointiajoissa). Laske kussakin simulointiajossa keskimääräinen jononpituus X aikavälillä $[T_0, T]$, missä $T_0 = 1000$, kaavasta

$$X = \frac{1}{T - T_0} \int_{T_0}^T Q(t) dt.$$

Näin saat n havaintoa X_1, X_2, \dots, X_n kyseisestä suureesta.

- a) Tulosta näistä havainnoista lasketut keskiarvot \bar{X}_m , $m = 10, 20, \dots, 100$.
 - b) Tulosta lisäksi näistä havainnoista lasketut otoshajonnat S_m , $m = 10, 20, \dots, 100$.
 - c) Laske ja tulosta lopuksi havaintojen keskiarvojen \bar{X}_m , $m = 10, 20, \dots, 100$, luottamusvälit 95%:n luottamustasolla olettaen, että havainnot ovat riippumattomia ja samoin jakautuneita noudattaen normaalijakaumaa, jonka varianssi on kuitenkin tuntematon. (Osa tarvittavista Studentin t -jakauman fraktiileista löytyy tehtäväpaperin kääntöpuolelta; puuttuvat on helppo interpoloida.)
2. Modifioi tehtävässä 1 toteutettua simulointiohjelmaa siten, että asiakkaiden palveluaika on vakio 1 (eikä Exp(1)-jakaumasta). Kyseessä on siis M/D/1-FIFO jonomalli. Tee samat tilastolliset analyysit kuin tehtävässä 1.
 3. *Kotitehtävä (palautus 12.4.):* Modifioi tehtävässä 1 toteutettua simulointiohjelmaa siten, että yhden (nopean) palvelijan sijasta käytettävissä on kaksi (hitaampaa) palvelijaa, joiden kummankin palveluintensiteetti on $1/2$ (ts. asiakkaan palveluajan jakauma muuttuu Exp(1):stä Exp(1/2):een). Kyseessä on siis M/M/2-FIFO jonomalli. Tee samat tilastolliset analyysit kuin tehtävässä 1.

n	$t_{n,0.975}$
1	12.7
2	4.30
3	3.18
4	2.78
5	2.57
6	2.45
7	2.37
8	2.31
9	2.26
10	2.23
19	2.09
20	2.09
30	2.04
40	2.02
50	2.01
100	1.98
∞	1.96

Taulukko 1: Student(n)-jakauman fraktiili $t_{n,0.975}$.