S-38.118 Laskuharjoitus 2: Ratkaisuhahmotelmia

Mika Ilvesmäki
lynx@tct.hut.fi

1st December 2000

Abstract

Tässä dokumentissä esitellään enemmän tai vähemmän taydellisesti ratkaisuja syksyn 2000 teletekniikan perusteiden laskuharjoitusten kotitehtäviin. Täydellisiä ratkaisuja en kaikissa kohdissa esitä, jotta opiskelijan täytyisi vähintäänkin nähdä numeroarvon laskemisen tai välivaiheen johtamisen vaiva. Jos siinä sivussa tulee mietittyä laskua ja laskun taustalla olevia reaalimaailman ongelmia sekä matemaattisten mallien rajoittuneisuutta ja toisaalta käyttökelpoisuutta niin hyvä. Ellei, niin ainakaan tentissä ei tämän dokumentin ratkaisuja esittämällä (=kopioimalla) saa täysiä pisteitä sikälimikäli jokin tässä esitetyistä tehtävistä koskaan löytää tiensä tenttiin.

1 Puhelinvaihteen mitoitus

Puhelinkeskuksen ISDN-vaihteessa on x kappaletta laiteohjaimen esiprosessoreita. Niihin tulee kuhunkin 30 kappaletta puhekanavia ja yksi merkinantokanava. Kaikkien kanavien liikenne on mitoitettu 0,2 Erl tasolle.

Kuinka monta esiprosessoria ISDN-vaihteen ohjaimeen voi laittaa, kun ohjaimen teho on 200 000 BHCA ja kuormitus halutaan 50% tasolle tästä? Ohjaimen esiprosessori eli ma-pää te ajaa LAPD/LAPB-protokollaa 64 kbit/s aikavälillä, kanavilla on käytössä PCM-koodaus (taajuuskaista 64 kbit/s), yhden puhelun kesto on keskimäärin 30 s ja puhelun merkinanto vie yhteensä (setup + call - proc + alarm + connect + disconnect + release + release-comp sekä LAPD/LAPB-protokollan overhead)(64+64)*7 bittiä = 896 bittiä.

1.1 Ratkaisuhahmotelma

Aivan aluksi kannattaa huomata, että demo-osuuteen oli päässyt virhe, jossa 1 BHCA väitettiin olevan sama kuin 3600 puhelua sekunnissa. Näin ei kuitenkaan ole vaan 1 BHCA (Busy Hour Call Attempt) vastaa $\frac{1}{3600}$ puhelua sekunnissa. Tehtävänannon virheellisyyden vuoksi tämä tehtävä jätetään huomiotta ja pisteitä tästä tehtävästä saaneet saavat pisteensä bonuksena kokonaispisteisiin. Eli ne, jotka olivat laskeneet laskun väärin eivät jää allekirjoittaneen virheen takia huonompaan asemaan (koko tehtävän eliminointi arvostelusta) ja ne jotka olivat huomanneet virheen (tai muuten oivaltaneet BHCA:n määritelmän, esim. demo-luennolta allekirjoittaneen puheista) ja laskeneet tehtävän oikein saavat pienen palkkion (bonusta ko. tehtävästä laskareiden loppupisteisiin). Kaikki eivät varmasti ole tyytyväisiä, onhan tehty päätös vaikeassa asiassa, mutta kenenkään mahdollisuuksia saada täysiä pisteitä laskareista ei ole ainakaan huononnettu.

Oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että

1. Kaikkien puhelujen merkinanto kulkee yhtä merkinantokanavaa pitkin ja
2. Muut 30 kanavaa jäävät puheliikenteelle.

Lasketaan kanavien keskimääräinen kutsujen määrä, kun tiedetään kanavan liikenneintensiteetin (mitoitettu) taso.

Koska $A = 0,2\text{Erl} = hy = 30\text{s} \cdot y$

missä h on keskimääräinen puhelun kesto, 30s, ja y on puheluiden määrä (ratkaistava), niin saadaan

$$\Rightarrow y = A/h = \frac{0,2\text{Erl}}{\frac{30\text{S}}{3600\text{S}}} = 24\text{puhelua/johto} \quad (1)$$

Koska ohjaimen maksimikäsittelykyky on siis 200 000 puhelua tunnissa niin tästä 50% tavoitetaso on siis 100 000 puhelua tunnissa.

Ohjaimeen voidaan siis sijoittaa 100 000 / (30 * 24) esiprosessoria. (Nimittäjässä siis 30 ma-kanavaa, joilla kullakin kulkee keskimäärin 24 puhelun merkinantosanomat).

Tehtävän oivallus syntyy kun ymmärretään, että ISDN järjestelmäliittymässä (30B+D) kaikki merkinanto kulkee yhtä (D-)kanavaa pitkin. Lisäksi täytyy huomata, että tehtävään on sisällytetty paljon ylimääräistäkin informaatiota, jolla ei juuri tätä mitoitusongelmaan ratkaistaessa ole mitään merkitystä.

2 Synkronointi

Kaksi kansallista verkko synkronoidaan PRC-kellojen avulla, joiden käyntitarkkuus (Free Run Accuracy) on 10^{-11}. Kuinka usein tällaisessa järjestelmässä sattuu luiskahduksia.

2.1 Ratkaisu

Kellojen käyntiä voidaan kuvata yhtälöllä,

$$\sin(2\omega f t) = \sin(2\omega f' t') \quad (2)$$

jossa

- f on PRC:n käyntitaajuus
- $f' = f + \Delta f$, on taajuusvirhe suhteessa referenssipisteeseen (toiseen kelloon).
- t on aika

- $t' = t + \Delta t$, on aikavirhe suhteessa toiseen kelloon.

Free Run Accuracy tarkoittaa pitkän ajan poikkeaman raja-arvoa kellon käynnissä eli, $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-11}$. Luiskahdus syntyy, kun kellojen välinen “aikaero“ eli Δt on 125 μs. Ratkaistavaksi jää siis t:n suuruus edellisillä parametriarvoilla.

$$\sin(2\omega f t) = \sin(2\omega(f + \Delta f)(t + \Delta t)) \tag{3}$$

josta saadaan

$$f t = (f + \Delta f)(t + \Delta t)) \tag{4}$$

ja edelleen

$$f t = f t + f\Delta t + t\Delta f + \Delta t\Delta f \tag{5}$$

Koska käyntitarkkudet ovat erittäin hyviä voidaan hyvällä omallatunnolla olettaa, että $\Delta t\Delta f \approx 0$. Ja tästä ratkaistaan sitten t. Sijoitettaessa arvoja kannattaa huomata, että kummankin keskuksen kellot vaeltavat (vaikka yllä onkin ratkaistu tehtävää ikäänkuin vain toisen kellon suhteen). Tämä johtaa siihen, että luiskahdus sattuu kaksi kertaa USEAMMIN (siis suuremmalla todennäköisyydellä) koska kummankin keskuksen kellot vaeltavat suhteessa toisiinsa. Sijoittettaessa saadaan luiskahdusväliksi 72 päivää 8 tuntia 6 minuuttia ja melkein 40 sekuntia.

3 Televerkon luotettavuuden mallintaminen

- Tarkastellaan kuvan 1 mukaista järjestelmää, jossa kolme laitetta on kytketty rinnakkain järjestelmän luotettavuuden parantamiseksi.

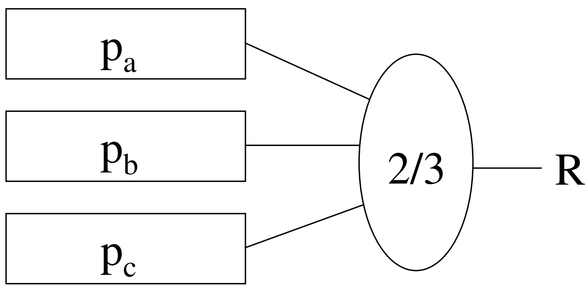

Figure 1: 2/3 -järjestelmä

Jotta koko järjestelmä olisi toimiva täytyy vähintään kahden laitteen kolmesta olla kunnossa. Määritä lauseke luotettavuustodennäköisyyksien p_a, p_b ja p_c:n avulla, joka kertoo todennäköisyyden, että koko järjestelmä toimii.

- Tarkastellaan kuvan 2 mukaista järjestelmää, jossa kaksi laitetta on kytketty rinnan järjestelmän luotettavuuden parantamiseksi. Järjestelmä toimii siten, että varalaite aloittaa toimintansa vasta silloin, kun toiminnassa oleva laite vikaantuu (=passiivinen redundanssi).

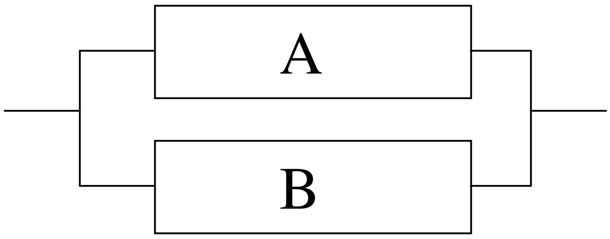

Figure 2: Varmennus passivisella redundanssilla

Määritä järjestelmän(!) erilaiset mahdolliset tilat sekä näiden tilojen esiintymistodennäköisyydet. Yksi laite vikaantuu intensiteetillä λ ja vian korjaantumisintensiteetti on μ.

3.1 Ratkaisut

- Jotta järjestelmä toimisi todennäköisyydellä R, ovat yksittäiset laitteet jossakin seuraavista tiloista ABC, $\overline{A}BC$, $A\overline{B}C$ tai $AB\overline{C}$ eli todennäköisyys järejestelmän toimimiseen on

$$R = p_a p_b p_c + (1 - p_a) p_b p_c + p_a (1 - p_b) p_c + p_a p_b (1 - p_c) \tag{6}$$

, josta saadaan

$$R = p_a p_b + p_a p_c + p_b p_c - 2 p_a p_b p_c \tag{7}$$

- Järjestelmällä on kolme tilaa
  1. Kummatkin laitteet toimivat (p_1)
  2. Toinen laitteista on rikki ja sitä korjataan (p_2)
  3. Kummatkin laitteista ovat rikki ja kumpaakin korjataan (p_3)

Koska kyseessä on passiivinen redundanssi, laite B käynnistyy vasta vikatilanteessa. Kun kummatkin laitteet ovat rikki tulee ensin korjatusta aktiivinen laite (toisen ollessa vielä korjauksessa). Tilasiirtymät voidaan kuvata oheisen kuvan 3 mukaisesti ja tasapainoyhtälöt ovat seuraavanlaiset

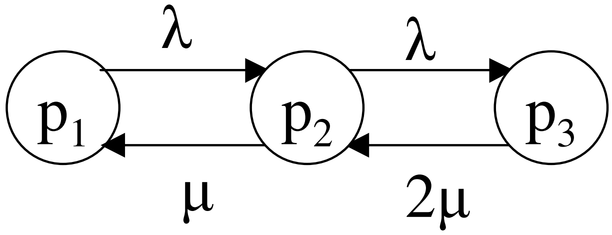

Figure 3: Tilasiirtymät

$$\begin{aligned} \lambda p_1 &= \mu p_2 \\ (\lambda + \mu) p_2 &= \lambda p_1 + 2\mu p_3 \\ 2\mu p_3 &= \lambda p_2 \\ p_1 + p_2 + p_3 &= 1 \end{aligned} \tag{8}$$

Tilatodennäköisyydet saadaan ratkaisemalla p_1, p_2 ja p_3.