S-38.118 Laskuharjoitus 3: 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 aivan 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 Pakettivälityksen hyötysuhde

Pakettiverkossa data liikkuu nimensä mukaisesti paketteina. Paketti koostuu otsikosta sekä varsinaisesta datasta. Myös pelkkiä otsikoita voidaan lähettää. Pienillä pakettien pituuksilla otsikon osuus on merkittävämpi kuin suurilla pakettien pituuksilla. Pienillä paketeilla otsikko siis aiheuttaa suhteellisesti enemmän lisäkuormaa ja vaatii suhteellisesti enemmän kaistanleveyttä kuin suurilla paketeilla. Tiedonsiirron hyötysuhde jää tällöin pieneksi. Tiedonsiirron hyötysuhteen parantamiseksi otsikko voidaan tiivistää eli kompressoida.

1.1 Paketoinnin hyötysuhde

- mikä on VoIP-yhteyden todellinen kaistanleveys, kun käytetään G.711- GSM- ja G.723.1 -koodausta (ACELP) paketin pituuden ollessa 20, 40 ja 80 ms ILMAN otsikon kompressiota sekä otsikon kompression KANSSA (vastaukseen yht. 18 lukua).
- Laske myös kuinka monta prosenttia otsikko vaatii lisäkaistaa kussakin tapauksessa ja

Oheiseen kuvaan 1 on tuotettu PCM-koodatun puheen vastausarvot ja esimerkkilasku.

Erityisesti kannattaa pistää merkille, että pakettiverkossa koodekkinopeuden lisäksi kuormitusta verkkoon tuo itse paketointi (eli pakettiotsikon välitys). Näinollen todelliset tiedonsiirtonopeudet ovat korkeampia kuin vastaavassa piirikytkentäisessä verkossa.

1.2 OSI-kerros ja VoIP-puhelu Internet-verkossa

Yritys käyttää VoIP -puhelinjärjestelmää eri puolilla Suomea olevien toimipisteidensä välillä. Helsingissä oleva toimitusjohtaja haluaa neuvotella Oulussa toimivan tuotepäällikön kanssa. Oheiseen kuvaan on nimetty käytetyt (Kuva 2) mitä OSI -protokollamallin kerrokset yhteyden eri vaiheissa.

VoIP-puhelin muuntaa puheen digitaaliseen muotoon ja muodostaa biteistä paketteja (esim 20 ms), joiden eteen se lisää RTP- , UDP-, IP- ja ETH-otsakkeen. Nämä paketit lähetään paikallisen lähiverkon kautta eteenpäin seuraavalle reitittimelle, joka tutkii kunkin paketin IP-otsikon ja ohjaa paketit seuraavalle

VoIP-paketin otsikon kokonaispituus ilman pakkausta:	40	RTP=12 tavua, UDP=8 tavua, IP=20 tavua
VoIP-paketin otsikon kokonaispituus pakattuna:	4	sis. virheenkorjauksen

Koodekki	Nopeus [bit/s]	E I K O M P R E S S O I N T I A			K O M P R E S S O I T U		
PCM G.711	64000						
	pkt pituus [ms]	otsikon lisäkaista-tarve [bit/s]	kokonais-kaista [bit/s]	otsikon osuus [%]	otsikon lisäkaista-tarve [bit/s]	kokonais-kaista [bit/s]	otsikon osuus [%]
	20	16 000	80 000	20,0	1 600	65 600	2,4
	40	8 000	72 000	11,1	800	64 800	1,2
	80	4 000	68 000	5,9	400	64 400	0,6

otsikko=40 tavua		
paketti=20 ms	===>>	sekunnissa on 1000/20 pkt = 50 pkt
ei komp.	===>>	50 pkt x 40 tavua/pkt = 2000 tavua
	===>>	8bit/tavu x 2000 tavua = **16 000 bit**
	===>>	**kokonaiskaistanleveys** = 64 kbit/s + 16 kbit/s = **80 kbit/s**
	===>>	otsikoiden osuus = 16/80x100 % = **20%**
paketti=40 ms	===>>	sekunnissa on 1000/40 pkt = 25 pkt
komp	===>>	25 pkt x 4 tavua/pkt x 8 bit/tavu = **800 bit**
	===>>	**kokonaiskaistanleveys** = 64 kbit/s + 0,8 kbit/s = 64,8 **kbit/s**
	===>>	otsikoiden osuus = 0,8/64,8x100 % = **1,2%**

Figure 1: PCM-koodatun puheen teholliset tiedonsiirtonopeudet pakettiverkossa

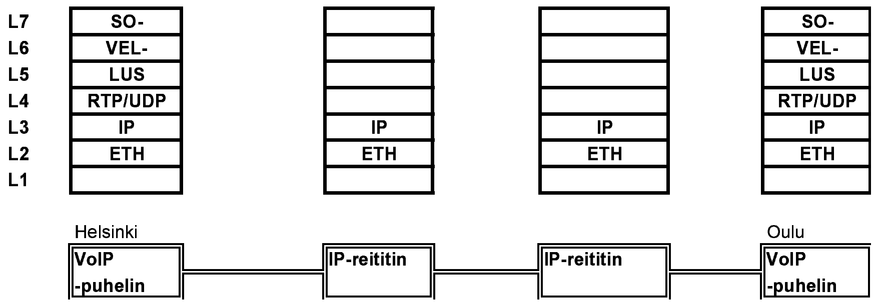

Figure 2: OSI-malli VoIP-puhelun välityksessä

reitittimelle, jossa toistuu sama operaatio. Kun paketit saapuvat Ouluun, ne menevät ensin RTP-puskuriin (dejitter buffer), jossa ne järjestetään oikeaan järjestykseen ja sitten ne ajetaan VoIP-puhelimeen takaisin analogiseksi ääneksi.

2 Tilastollinen kanavoituminen pakettiverkoissa

ATM-kanavointilaitteeseen on liitetty kuusi tilaajaa, jotka tarjoavat verkkoon toisistaan riippumatonta vaihtelevannopeuksista videokuvaa. Tilaajia on kahdenlaisia (ja heitä on kolme kumpaakin lajia verkossa eli $n_a = n_b = 3$):

1. Lähteen A perusnopeus(λ_{Aperus}) on 15 Mbit/s ja 10% ajasta tarvittava nopeus(λ_{Amax}) on 30 Mbit/s
2. Lähteen B perusnopeus(λ_{Bperus}) on 15 Mbit/s ja 30% ajasta tarvittava nopeus(λ_{Bmax}) on 20 Mbit/s

Väylän tilaajille tarjoama nopeus(λ_{vayla}) on 148,75 Mbit/s

- Mikä on väylän keskimääräinen kuormitus ?
- Millä todennäköisyydellä väylä on ylikuormitustilassa ?
- Kuinka suuri osa väylälle tarjottavista soluista menetetään ?
- Kuinka suuren osa soluistaan menettää tilaaja A ? Entäpä tilaaja B ? Oletetaan , että ylikuormitustilan aikana hylättävät solut valitaan satunnaisesti.

Laske edellä olevat tehtävät, kun tilaajia on 24 ($n_a = n_b = 12$) ja A:n perusnopeus on 3,75 Mbit/s ja huippunopeus 10% ajasta 7,5 Mbit/s sekä B:n perusnopeus on 3,75 Mbit/s ja huippunopeus 30 % ajasta on 5 Mbit/s.

Vertaile kummassakin tapauksessa saamiasi tuloksia. Mitä havaitset ja mistä arvelet ilmiön johtuvan?

2.1 Ratkaisu

- Väylän keskimääräinen kuormitus: Kun tilaajat ovat jakautuneet tasan A ja B tyyppisiin tilaajiin ja kun huippunopeus on q_a =10% ja q_b =30% ajasta, väylän kuormitus $\rho = \rho_a + \rho_b = n_a((1-q_a)\lambda_{Aperus} + q_a\lambda_{Amax}) + n_b((1-q_b)\lambda_{Bperus} + q_b\lambda_{Bmax})$. Kummassakin tapauksessa kuormitus on yhtäsuuri.

- Ylikuormitustilan todennäköisyys: Kummassakaan tapauksessa ylikuormitustilaa ei esiinny elleivät kaikki lähteet lähetä huippunopeuksillaan (totea tämä laskemalla!). Lähteet ovat toisistaan riippumattomia (oletus) joten todennäköisyys, että kaikki lähettävät yht'aikaa huippunopeuksillaan riippuu tietenkin lähteiden määrästä ja siitä todennäköisyydestä, että yleensä ollaan huippunopeustilassa. Kuuden tilaajan tapauksessa todennäköisyys ylikuormitustilalle on paljon suurempi kuin 24 tilaajan tapauksessa.

- Solujen menetystodennäköisyys

  Solujen menetystodennäköisyys(B_{loss}) määritellään[1] $B_{loss} = \frac{P[ylikuormitus](\lambda_{max}-\lambda_{vayla})}{\rho\lambda_{vayla}}$. Koska menetystodennäköisyys riippuu ylikuormitustilan todennäköisyydestä on selvää, että kuuden tilaajan tapauksessa B_{loss} on suurempi kuin 24 tilaajan tapauksessa.

- Solujen menetykset tilaajittain Soluja menetetään satunnaisesti eli menetystodennäköisyys ei riipu sen lähteestä, menettävät lähteet soluja huippunopeuksiensa suhteessa. Solujen menetystodennäköisyys voidaan laskea allaolevan yhtälöryhmän mukaan:

  $$\begin{cases} 2B_A & = 3B_B \\ \frac{B_A+B_B}{2} & = B_{loss} \end{cases}$$

  1. Kuuden tilaajan tapauksessa A:n menetystodennäköisyys on $\delta_a = 4,09 \cdot 10^{-7}$ ja B:n $\delta_b = 2,73 \cdot 10^{-7}$.
  2. 24 tilaajan tapauksessa A:n menetystodennäköisyys on $\delta_a = 8,05 \cdot 10^{-21}$ ja B:n $\delta_b = 5,37 \cdot 10^{-21}$.

Havaitaan, että vaikka väylän keskimääräinen kuormitus on sama 6 ja 24 tilaajan tapauksissa, saadaan 24 tilaajan tapuksessa huomattavasti pienemmät todennäköisyydet ylikuormitustilalle ja solujen menetystodennäköisyyksille. Koska useamman lähteen tapauksessa huippunopeudet ovat pienempiä tasoittuvat ruuhkahuiput paremmin toistensa sekaan. Ilmiötä kutsutaan tilastolliseksi kanavoitumiseksi. Kuva voi selventää tai sekoittaa asiaa lisää.

[1] Muutkin määrittelyt on hyväksytty arvostelussa, mikäli ne on selkeästi ja perustellen esitetty.

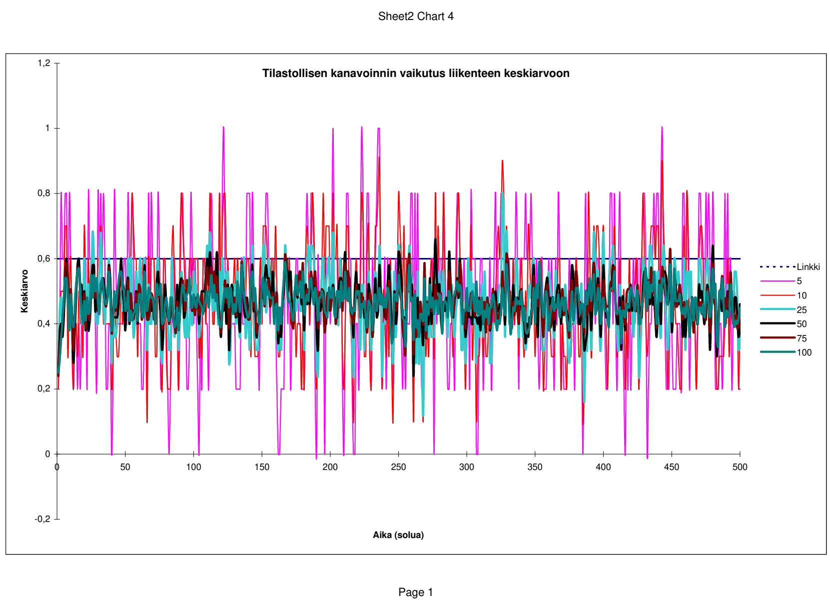

Figure 3: Tilastollinen kanavoituminen erilaisilla liikennelähteillä