Telekommunikaation matemaattinen mallinnus suomalaisissa yliopistoissa

Telekommunikaation matemaattinen mallinnus suomalaisissa yliopistoissa

Yrjö Leino ja Ville Savolainen

CSC – Tieteellinen laskenta Oy

© CSC – Tieteellinen laskenta Oy
2001

http://www.csc.fi/raportit/telemallinnus/

Sisältö

1 Johdanto **6**
- 1.1 Tavoitteet 6
- 1.2 Kysely 6
- 1.3 Tutkimusohjelmia ja raportteja 6
- 1.4 Sisältö 7

2 Televiestintää tukeva tutkimus Suomessa **8**
- 2.1 Yhteenveto laboratorioiden tutkimuskohteista 8

3 Kyselyn tuloksia **12**
- 3.1 Tutkimusalueet ja käytetyt matemaattiset tekniikat 12
- 3.2 Tutkimuksen tyyppi, rahoitus ja ryhmien koot 13
- 3.3 Tutkimuksen laskentaintensiivisyys 14

4 Päätelmiä **15**

Liitteet **17**

A Telekommmunikaation laskennallisten menetelmien kysely **18**
- A.1 I Yhteystiedot 18
- A.2 II Toiminnan kuvaus 18
- A.3 III Käytettävät ohjelmistot ja tietokoneresurssit 19

B Kyselyyn vastanneet yksiköt **21**

Kirjallisuutta **22**

1 Johdanto

Tieteen tietotekniikan keskus CSC on opetusministeriön alainen yksikkö, jonka tehtävänä on tarjota suomalaisille yliopistoille ja yrityksille laskennallisen tieteen palveluja ja suurteholaskentaa. Myös yliopistojen käytössä oleva Suomen tutkimuksen tietoverkko Funet on CSC:n ylläpitämä.

1.1 Tavoitteet

Telekommunikaatioon liittyvä tutkimus on kasvanut Suomessa voimakkaasti viimeisten vuosien aikana niin yrityksissä kuin yliopistoissakin. Koska CSC:n tulee tukea kotimaista akateemista tutkimusta, on perusteltua selvittää onko syntynyt erityistä tarvetta lisätä telekommunikaation teoreettista asiantuntemusta CSC:ssä, vai pystymmekö palvelemaan alan tutkijoita nykyisin voimavaroin. CSC:n tarjoamaan superkonekapasiteettiin liittyen halusimme myös tietää millaisia suunnitelmia telekommunikaation tutkijoilla on rinnakkaislaskennan suhteen lähitulevaisuudessa.

Suomalaisten yliopistojen matematiikan laitoksia vuonna 2000 arvioinut kansainvälinen raati kritisoi loppuraportissaan telekommunikaatioon liittyvän soveltavan matematiikan tutkimuksen vähäisyyttä [Lip00]. Oman työmme tavoite oli myös selvittää, onko kyseessä todellinen puute vai onko mainitun kaltainen soveltava tutkimus vain keskittynyt muualle kuin yliopistojen matematiikan laitoksille.

1.2 Kysely

Selvitys pohjautuu osittain kyselyyn, joka lähetettiin kaikkiaan 50 tutkijalle suomalaisiin yliopistoihin. Kyselyn vastaanottajat valittiin käymällä läpi laboratorioiden kotisivuja. Kysely oli täysin automatisoitu, joten myös vastaaminen tapahtui suoraan verkon kautta. Kysymykset koskivat lähinnä tutkijoiden tämänhetkistä ja tulevaa suurteholaskennan tarvetta.

1.3 Tutkimusohjelmia ja raportteja

Suomessa valtio on tukenut telekommunikaatiotutkimusta 1990-luvun lopussa voimakkaasti. Laboratorioille suoraan yliopistojen budjetista tulevan ra-

hoituksen lisäksi Suomen Akatemia ja Tekes ovat käyttäneet huomattavia summia alan tutkimuksen edistämiseen.

Suomen Akatemia julkaisi 1997 suomalaista elektroniikan tutkimusta arvioivan raportin Evaluation of Electronics Research in Finland [MBR97]. Raportin perusteella päätettiin käynnistää tietoliikenteeseen ja elektroniikkaan keskittyvä kolmivuotinen (1998 – 2000) Telectronics-tutkimusohjelma, jota jatkettiin vuoden 2001 alussa Telectronics II -ohjelmalla. Telectronis-ohjelmassa Akatemia jakoi kaikkiaan yli 4,7 miljoonaa euroa 13 eri hankkeen kesken.

Myös Tekes käynnisti oman telekommunikaatiohankkeensa TLX – Tietoliikenteellä maailmalle (Telecommunications – Creating a Global Village) vuonna 1997 [SPS00]. TLX-ohjelma päättyy vuoden 2001 lopussa. Ohjelman puitteissa Tekes on jakanut kaikkiaan noin 59 miljoonaa euroa.

Matemaatisten menetelmien käytön monipuolisuudesta telekommunikaatiotutkimuksessa antoi hyvän kuvan Otaniemessä marraskuussa 2001 järjestetty kansainvälinen Diderot–seminaari, jonka aiheeksi oli valittu *Mathematics and telecommunications*.

1.4 Sisältö

Telekommunikaatioon liittyvää tutkimusta tehdään Suomessa paljon. CSC:n oman toiminnan suunnittelun kannalta olemme rajanneet selvityksemme koskemaan yliopistoissa tapahtuvaa laskennallista tutkimusta. Niinpä emme esittele fysikaalisiin mittauksiin perustuvia projekteja tai yritysten tutkimuskeskuksissa tehtävää, usein hyvinkin korkeatasoista ja vaativaa työtä.

Rajausta vaikeutti jo käynnissä oleva kehitys, jossa tietoliikenne, Internet ja vähitellen myös laskenta (Grid-hankkeet) ovat sulautumassa toisiinsa. Lisäksi olemme karsineet pois tutkimukset, jotka liittyvät telekommunikaatioon vain epäsuorasti.

2 Televiestintää tukeva tutkimus Suomessa

Selvityksen tavoitteena oli määrittää millaisia matemaattisia ja laskennallisia menetelmiä televiestintää tukeva akateeminen eli korkeakouluissa tehtävä tutkimus käyttää. CSC:n tulevaisuuden suunnittelun avuksi oli myös tarkoitus kartoittaa, kuinka CSC osaltaan voi parhaiten tukea tällaista tutkimusta.

Televiestintä eli telekommunikaatio on sähköisesti tai langattomasti tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Ala, sen sovellukset ja siihen liittyvä teknologia kehittyvät nopeasti. Televiestintään liittyvien ilmiöiden monimuotoisuudesta johtuen esimerkiksi eri laitteiden ja järjestelmien suunnittelussa voidaan käyttää laajaa palettia matemaattisia malleja ja laskennallisia menetelmiä.

Tärkeimpiä selvityksessä käsiteltyjä tutkimusalueita ovat mm. koodausteoria, kryptografia, langattomat verkot, laskennallinen sähkömagnetiikka, signaalinkäsittely, piiri- ja komponenttisuunnittelu, tekoälytutkimus kuvien, puheen ja kirjoituksen tunnistuksen osalta, tietoliikenneohjelmistot ja tietoliikenneverkkojen mallintaminen. Esimerkiksi akustiikan ja rakenneanalyysin tehtävät on jätetty pois, vaikka näilläkin on sovelluksia televiestinnässä.

Selvitys rajattiin laskennalliseen tieteeseen ja ilmiöiden matemaattiseen mallintamiseen eli CSC:n toimenkuvaan liittyvään tutkimukseen. Puhtaasti kokeellinen tiede jätettiin pois selvityksestä. Suurin osa tutkimusryhmistä, joille kysely osoitettiin, käyttää ensisijaisesti tietokoneita mallien ratkaisuun. Laskentatehon ja -muistin vaatimukset voivat vaihdella kevyestä PC-tasosta massiiviseen rinnakkaislaskentaan.

Tärkeitä televiestinnän tutkimuksessa tarvittavia laskennallisisia menetelmäluokkia ovat (aakkosjärjestyksessä) mm. differentiaaliyhtälöiden ratkaisu (FEM ja FDTD), dynaamiset systeemit, jonoteoria, lineaarialgebra, ominaisarvotehtävät, optimointitehtävät, neuraalilaskentamenetelmät, statistiikka ja stokastiikka, säätöteoria sekä systeemien simulointi. Näistä osaa käsitellään hiukan tarkemmin luvussa 3.

2.1 Yhteenveto laboratorioiden tutkimuskohteista

Suoritimme Suomessa tehtävän telekommunikaation akateemisen tutkimuksen alustavan kartoituksen korkeakoulujen Internet-sivujen kautta. Kyselyn

kohderyhmä tarkentui myös pääosin tätä kautta. Koska monet laboratoriot jättivät vastaamatta kyselyyn, esitämme seuraavassa lyhyen yhteenvedon korkeakoulujen laitosten telekommunikaatioon liittyvistä tutkimuskohteista näiden www-sivuihin pohjautuen.

Seuraavassa luettelossa TKK:n tutkimuskohteet on esitelty laboratoriotasolla, muiden korkeakoulujen laitoksittain. Syynä tähän on TKK:n laboratorioiden lukuisuus ja koko. On mahdollista, että meiltä on jäänyt löytämättä televiestinnän tehtäviä ratkovia tutkimusryhmiä tai että yhteenvetomme tutkimuskohteista on joiltain osin puutteellinen tai jopa virheellinen. Toivommekin palautetta raportin lukijoilta, jos he havaitsevat oleellisia puutteita.

2.1.1 Teknillinen korkeakoulu

Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto

Piiritekniikan laboratorio

- tele- ja mobiilikommunikaation sovellusten piirisuunnittelu

Radiolaboratorio

- antennisuunnittelu, antennimittaustekniikka ja radiokanavan mallinnus

Signaalinkäsittelylaboratorio

- tilastollinen signaalinkäsittely, vastaanottimen signaalinkäsittely, signaalien ilmaisu, antenniryhmien signaalinkäsittely, monikanavamittausten signaalinkäsittely ja data-analyysi

Sähkömagnetiikan laboratorio

- sähkömagneettisten kenttien ratkaisu

Teoreettisen sähkötekniikan laboratorio

- analogisten piirielementtien mallit ja näistä muodostettujen piirien simulointi

Tietoliikennelaboratorio

- kanavamallit ja verkkosimulaattorit

Tietoverkkolaboratorio

- liikenneteoria, tietoverkkojen suorituskykyanalyysi, jonoteoria, palvelun laatu Internetissä, estonlaskentamenetelmät ja optimaaliset reititys- ja aallonpituusallokaatiomenetelmät

Tietotekniikan osasto

Informaatiotekniikan laboratorio

- signaalien separointi sekä puheen-, kuvien ja kirjoituksen tunnistus

Tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratorio

- laajakaistaverkkojen palveluarkkitehtuurit, liikkuvan käyttäjän internet-ympäristö, digitaalinen TV ja sertifikaatit sekä kryptomenetelmät

2.1.2 Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

Elektroniikan laitos

- erilaiset telekommunikaatiolaitteet, tukiasema-antennit jne.

Tietoliikennetekniikan laitos

- Internet-teknologiat, hajautettu laskenta, langattomat verkot, tietoliikenneohjelmistot, Internet-palvelumallinnus, lyhyen kantaman radiotekniikat

2.1.3 Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

- laajakaistaverkkojen suorituskyvyn testaus, koodisynkronointi- ja sokeat signaalinkäsittelyalgoritmit CDMA-järjestelmässä

2.1.4 Tampereen teknillinen korkeakoulu

Signaalinkäsittelyn laitos ja TICSP (Tampere International Center for Signal Processing)

- epälineaarinen signaalinkäsittely telekommunikaatiossa, langattomassa tiedonsiirrossa, multimediassa sekä puheen, äänen-, kuvan- ja videokuvan käsittelyssä

Digitaali- ja tietokonetekniikan laitos

- tietoliikennetekniikan signaalinkäsittely, langattomat multimediasysteemit

Tietoliikennetekniikan laitos

- IP-verkot, digitaalinen signaalinkäsittely

Matematiikan laitos

- koodausteoria ja kryptografia

2.1.5 Turun yliopisto

Matemaattisten tieteiden laitos

- koodausteoria

2.1.6 Helsingin yliopisto

Matematiikan laitos

- langattoman teknologian matemaattiset menetelmät

Tietojenkäsittelytieteen laitos

- tietoliikenneohjelmistot, jokapaikan tietojenkäsittely (engl. ubiquitous computing)

2.1.7 Oulun yliopisto

Tietoliikennelaboratorio

- laajakaistaiset palvelut, adaptiiviset antennit, monikantoaaltotekniikat

3 Kyselyn tuloksia

Postitimme tiedon kyselystämme kaikkiaan 51 tutkijalle 23 eri laboratorioon ja saimme 14 vastausta 12 laboratoriosta. Vaikka postituksen kohteena olleista henkilöistä siis vain runsaat 27% täytti kyselylomakkeen, he kuitenkin edustavat yli puolta niistä yliopistojen laitoksista, joista olimme kiinnostuneet.

Vastausten suhteellisen pienen lukumäärän vuoksi tuloksiin kannattaa suhtautua ennemminkin suuntaa-antavina kuin tilastollisesti merkitsevinä. Emme siis esitä tuloksista graafisia kaavioita tarkkoine prosenttiosuuksineen vaan tyydymme poimimaan tärkeimmät havainnot.

3.1 Tutkimusalueet ja käytetyt matemaattiset tekniikat

Huolimatta selvityksen rajaamisesta akateemisiin, mallinnukseen pohjautuviin hankkeisiin saimme havaita, että telekommunikaatioon liittyvä tutkimus on erittäin monitahoista. Seuraavassa on esitetty lyhyesti tärkeimmät aihepiirit:

- Tietoliikenneverkkojen suorituskyvyn ja laadun analysointi, liikenteen mallinnus verkoissa ja verkkojen optimointi.
- Signaalin koodaukseen liittyvät mallit, itsekorjaavat koodausmenetelmät, signaalin analysointi, kohinan tutkimus.
- Antennilaitteistojen suunnittelu ja sähkömagneettisten kenttien mallinnus.
- Tietoliikennekanavien mallinnus ja analysointi.
- Telekommunikaatiolaitteiden komponenttien mallinnus ja optimointi.
- Tietoliikenteen turvallisuuteen ja mahdollisten väärinkäytösten estämiseen liittyvät asiat.

3.1.1 Käytetyt matemaattiset menetelmät

Tutkimusalueiden moninaisuus heijastui myös vastaajien mainitsemissa matemaattisissa menetelmissä. Selvästi käytetyimpiä ovat erilaiset tilastolliset

menetelmät ja mallit, joista erikseen mainittiin mm. Independent Component Analysis, bayesilaiset mallit, stokastiset prosessit, jonoteoreettiset mallit, MPD-menetelmät jne. Tilastollisin simuloinnein mallinnetaan esimerkiksi verkkojen suorituskykyä ja palvelun laatua, ja lisäksi niitä käytetään datan analysoinnissa ja signaalinkäsittelyssä.

Muita suosittuja tekniikoita ovat erilaiset optimointimenetelmät ja isot simuloinnit, jotka usein yhdistetään tilastollisiin menetelmiin.

Analyyttisin keinoin ongelmia ratkovat tutkijat hyödyntävät mm. automaattien teoriaa, graafi- ja verkkoteoriaa, erilaisia algebrallisia ja geometrisia menetelmiä ja kombinatoriikkaa. Nämä tekniikat liittyvät erityisesti koodausalgoritmien suunnitteluun ja tiedon salaukseen.

Erilaisten verkossa tapahtuvien huijausyritysten havaitsemiseksi suunniteltavissa algoritmeissa sovelletaan itseorganisoituvia karttoja (SOM), joka on Suomessa kehitetty laskennallinen menetelmä.

Insinööritieteiden perinteisestä mallinnuskäytännöstä poiketen [HJL00] kyselyyn vastanneet tutkimusryhmät eivät sovella kovinkaan usein differentiaaliyhtälöitä ongelmiensa ratkaisuun (yhteensä 3 mainintaa). Sekä elementtimenetelmä (FEM) että aika-alueen differenssimenetelmä (FDTD) mainittiin kumpikin yhden ryhmän vastauksissa. Niin ikään differenssimenetelmiä ilmoitti käyttävänsä vain yksi ryhmä.

3.2 Tutkimuksen tyyppi, rahoitus ja ryhmien koot

Pyysimme tutkijoita arvioimaan työnsä laatua sen mukaan, kuinka lähellä perustutkimusta he katsoivat sen olevan. Vaikka vastaukset jakautuivat tasaisesti eri vaihtoehtojen kesken, niistä käy hyvin ilmi telekommunikaatioteollisuuden vahva kytkentä yliopistolliseen tutkimukseen: kaksi henkilöä kertoi tekevänsä puhdasta perustutkimusta, neljä katsoi olevansa soveltajia ja kolme tilaustutkimuksen tekijöitä. Lisäksi kaksi vastaajaa oli sitä mieltä, että heidän työssään oli kyse lähinnä tiedonsiirrosta akateemisesta maailmasta teollisuuteen. Kolme vastaajaa katsoi tekevänsä poikkitieteellistä tutkimusta.

Tutkimusprojektien rahoituksessa alan kiinteä teollisuusyhteys ilmeni vielä selkeämmin. Peräti kuusi ryhmää sai rahoituksensa yrityksiltä, minkä lisäksi neljä ryhmää kertoi saavansa ulkomaista tai EU-rahoitusta. Lopuista ryhmistä kolme toimi pelkästään yliopistolta yksikölle osoitettujen rahojen varassa ja yksi Suomen Akatemian rahoituksen turvin.

Tutkimusryhmien koot vaihtelivat huomattavasti, ja ryhmän koon ja pääasiallisen rahoituslähteen välillä oli selvä yhteys. Ulkomaista rahoitusta nauttivat yksiköt olivat selvästi suurimpia, 45 – 100 henkilöä. Yritykset rahoittivat sekä pieniä (2 – 4 henkilöä) että keskisuuria ryhmiä (10 – 25 henkilöä). Yliopiston omalla rahoitukselle toimeentulevat ryhmät näyttävät väistämättä jäävän pieniksi (2 – 3 henkilöä).

3.3 Tutkimuksen laskentaintensiivisyys

Vastaajista runsas kolmasosa (5) ilmoitti keskittyvänsä puhtaasti analyyttiseen tutkimukseen. Kaksi kolmasosaa kertoi työnsä vaativan myös numeeristen menetelmien käyttöä. Ylivoimainen enemmistö (11) vastaajista oli tyytyväisiä laitosten omien koneiden laskentakapasiteettiin. Vain kolme tutkijaa moitti käytettävissä olevien koneiden suorituskykyä.

Lisäksi jokainen seuraavista ongelmista mainittiin kerran: Matlabin lisäpakettien (Toolbox) hinnat, heikot tietoliikenneyhteydet ja UPS-laitteiston puuttuminen. Näistä ensimmäiseen CSC voi tarjota apua hankkimalla tarvittavan lisäpaketin, kaksi jälkimmäistä ongelmaa taas on hoidettava paikallisella tasolla.

Miltei puolet tutkijoista (6) uskoi selviävänsä myös tulevaisuudessa ilman CSC:n koneita. Tällä hetkellä vastaajista vain kolme oli CSC:n asiakkaita, mutta viisi muuta arveli joutuvansa vielä joskus kääntymään CSC:n puoleen.

3.3.1 Ohjelmistojen käyttö

Lähes kaikki vastaajat joko ohjelmoivat itse (12) tai käyttävät muualla tehtyjä tietokoneohjelmia (13). Kaupallisista ohjelmista suosituimpia ovat Matlab (seitsemän mainintaa) ja Mathematica (viisi mainintaa).

3.3.2 Rinnakkaislaskenta

Telekommunikaatiossa käytetään monia mallinnustekniikoita, joista osa on helppo ohjelmoida suoraviivaisesti rinnakkaiskoneille, kun taas joidenkin rinnakkaistaminen on periaatteessa mahdotonta. Näin ollen myös tutkimusryhmien suhtautuminen rinnakkaislaskentaan vaihteli paljon.

Kolmella rinnakkaislaskentaa hyödyntävällä ryhmällä oli käytössään oma rinnakkaiskone. Kolme tutkijaa ilmoitti olevansa kiinnostunut rinnakkaislaskennan tarjoamista mahdollisuuksista. Kuusi vastaajaa arvioi, ettei heidän ryhmänsä tarvitse nyt eikä todennäköisesti myöskään vastaisuudessa rinnakkaiskoneiden kapasiteettia.

4 Päätelmiä

Vaikka Suomessa tehdään ilmeisen paljon tietoliikenteeseen enemmän tai vähemmän suorasti liittyvää mallinnusta ja laskennallista tutkimusta, suurin osa tutkijoista tulee toimeen yliopistojen tarjoamalla laskentakapasiteetilla. Käytännössä tutkimusprojektit edustavat hyvin laajaa kirjoa erilaisia tieteenaloja siitä huolimatta, että ne kaikki periaatteessa kuuluvat tietoliikennetekniikan piiriin.

Tämän raportin alussa viittasimme matematiikan tilaa Suomessa arvioineen kansainvälisen raadin selvitykseen [Lip00], jossa kummeksuttiin telekommunikaatiota tukevan matematiikan tutkimuksen vähäistä määrää maassamme. Käsitys on sikäli ymmärrettävä, että varsinaisilla yliopistojen matematiikan laitoksilla ei harjoiteta kovin laajasti asiaan liittyvää teoreettista työtä. Sen sijaan oman selvityksemme perusteella näyttää siltä, muiden oppialojen tutkimusryhmät soveltavat matemaattisia menetelmiä innokkaasti. Lisäksi sekä VTT että eräät telekommunikaatioteollisuuden yritykset tekevät korkeatasoista tutkimusta, joka usein yltää yliopistojen tasolle ja osittain jopa edustaa kansallista tutkimuksen kärkeä.

Tietoliikenteen tutkimuksessa yliopistojen ulkopuolinen rahoitus on yleistä. Suurten, useita kymmeniä henkilöitä käsittävien tutkimusryhmien muodostaminen vaatii rahan hankkimista joko yrityksiltä tai ulkomaisista lähteistä (esimerkiksi EU–hankkeet).

CSC – Tieteellinen laskenta Oy voi tukea alan kotimaista tutkimusta riittävästi nykyisen normaalin toimintansa puitteissa. Varsinaisen laskennallisen tietoliikennetekniikan asiantuntijan palkkaamiseen ei ole tällä hetkellä tarvetta.

Kyselyssä saimme kommentien joukossa myös suoria toiveita CSC:n ohjelmistotarjonnan suhteen. CSC:n tulee hankkia toivotut ohjelmat, koska näin voidaan palvella mahdollisesti useampaakin tutkimusryhmää. Lisäksi pienemmillä tutkimusryhmillä ei ole välttämättä edes varaa hankkia itse kaikkia tarvitsemiaan ohjelmistoja. Eräs peruste valtakunnallisen tietotekniikan keskuksen olemassaoloon on juuri keskitetty kaupallisten ohjelmistojen hankinta ja tarjonta.

Toinen erikseen mainittu toive oli rinnakkaislaskennan tukeminen. Tutkijat kaipaavat lisätietoa rinnakkaisohjelmoinnin tarjoamista mahdollisuuksista ja rinnakkaistustyön vaativuudesta. CSC on aiemminkin järjestänyt rinnakkaislaskennan perusteiden kursseja, ja tätä toimintaa on syytä jatkaa vastaisuu-

dessakin.

Liitteet

A Telekommmunikaation laskennallisten menetelmien kysely

A.1 I Yhteystiedot

Etunimi

Sukunimi

Arvo/Asema

Organisaatio

Osoite

Postinumero

Postitoimipaikka

Puhelinnumero

Sähköpostiosoite

Verkko-osoite

A.2 II Toiminnan kuvaus

1. Mitä telekommunikaatioon liittyviä asioita ryhmänne tutkii tai on tutkinut viimeisen kahden vuoden aikana? Voitte luetella avainsanoja tai kertoa laajemmin.
2. Mitä matemaattisia/laskennallisia tekniikoita sovellatte? Esim. stokastiset mallit, verkkoteoria, differentiaaliyhtälöt, aikasarjat, säätöteoria, simulointi...
3. Tutkimuksenne/toimintanne laatu (Voitte merkitä useampiakin vaihtoehtoja.)

- ☐ Perustutkimusta
- ☐ Soveltavaa tutkimusta
- ☐ Tilaustutkimusta
- ☐ Tuotekehitystä
- ☐ Tiedonsiirtoa teollisuuteen
- ☐ Poikkitieteellistä yhteistyötä

4. Tutkimuksenne/toimintanne rahoitus (Voitte merkitä useampiakin vaihtoehtoja.)

   - ☐ Organisaation oma rahoitus
   - ☐ Tekes
   - ☐ Suomen Akatemia
   - ☐ Kotimaiset yritykset
   - ☐ EU
   - ☐ Ulkomaista rahoitusta

5. Tutkimusryhmänne henkilölukumäärä:

A.3 III Käytettävät ohjelmistot ja tietokoneresurssit

1. Miten luonnehtisitte puhtaasti analyyttisen tutkimuksen ja laskennallisten menetelmien suhdetta ryhmänne työssä?

   - ◊ Keskitymme ensisijaisesti analyyttisiin menetelmiin ja tuloksiin.
   - ◊ Sovellamme sekä analyyttisiä että numeerisia menetelmiä.
   - ◊ Teemme pääasiassa laskennallista tutkimusta.

2. Kehitättekö itse käyttämiänne ohjelmistoja?

   - ◊ Kyllä
   - ◊ Ei

3. Käytättekö tutkimusryhmänne ulkopuolisia valmiita ohjelmistoja?

   - ◊ Kyllä
   - ◊ Ei

4. Mistä käyttämänne ulkopuoliset ohjelmistot ovat peräisin?

   - ☐ Ohjelmistot ovat kaupallisia tai vapaasti saatavilla. Mitkä ohjelmistot?
   - ☐ Ohjelmistot ovat muiden saman alan tutkimusryhmien kehittämiä.
   - ☐ Ohjelmistot ovan yhteistyökumppaniemme kehittämiä.

5. Ovatko käyttämänne tietokoneresurssit riittävät?

   ◊ Kyllä
   ◊ Ei

6. Millaisia puutteita käyttämissänne tietokoneresursseissa on?

   ☐ Tietokonemuistia on liian vähän.
   ☐ Tietokoneidemme suorituskyky on liian heikko.
   ☐ Tietokoneissamme ei ole käytettävissä erikoissuorittimia (kuten grafiikkasuoritin).
   ☐ Tietokoneisiimme ei ole saatavissa tarvittavia valmisohjelmistoja.
   ☐ Tietoliikenneyhteydet eivät ole riittävät.
   ☐ Muu puute: Mikä?

7. CSC tarjoaa suomalaisille yliopistoille maksutta superkonekapasiteettia. Käytättekö CSC:n tietokoneresursseja?

   ◊ Kyllä
   ◊ Emme vielä, mutta uskomme tarvitsevamme tulevaisuudessa joihinkin tehtäviin enemmän laskentatehoa tai muistia kuin omat koneemme tarjoavat.
   ◊ Emme käytä CSC:n koneita nyt emmekä todennäköisesti tarvitse niitä vastaisuudessakaan.

8. Erittäin suurta laskentatehoa vaativat tehtävät ratkaistaan nykyään rinnakkaiskoneilla. Mikä on oman ryhmänne tilanne rinnakkaislaskennan suhteen?

   ☐ Käytössämme on oma rinnakkaiskone (esim. työasemaklusteri)
   ☐ Käytämme CSC:n koneita rinnakkaislaskentaan.
   ☐ Emme toistaiseksi hyödynnä rinnakkaislaskentaa, mutta jossain vaiheessa joudumme siirtymään rinnakkaiskoneiden käyttöön.
   ☐ Emme tarvitse rinnakkaiskoneita.

Muita kommentteja tai palautetta

B Kyselyyn vastanneet yksiköt

Seuraavat laitokset ja laboratoriot vastasivat kyselyyn.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Oulun yliopisto

Tietoliikennelaboratorio

Tampereen teknillinen korkeakoulu

Mittaus- ja informaatiotekniikka
Tietoliikennetekniikka

Teknillinen korkeakoulu

Informaatiotekniikan laboratorio
Tietoverkkolaboratorio
Radiolaboratorio
Signaalinkäsittelytekniikan laboratorio

Turun yliopisto

Matematiikan laitos (3 kappaletta)

VTT, Tietotekniikka

Åbo Akademi

Institutionen för Informationsbehandling

Kirjallisuutta

[HJL00] Haataja, Järvinen ja Leino. *Sillanrakennuksesta lääkeainesuunnitteluun – matemaattinen mallintaminen suomalaisissa yliopistoissa*. CSC - Tieteellinen laskenta Oy, 2000.

[Lip00] M. Lipponen, toim. *Evaluation of Finnish Mathematics, Publications of the Academy of Finland 5/00*. Suomen Akatemia, 2000.

[MBR97] F. Maloberti, J. Barrett ja J. Rantala. *Evaluation of Electronics Research in Finland*. Suomen Akatemia, 1997.

[SPS00] A. Salo, K. Pahlavan ja J.-P. Salmenkaita. *R & D Programmes in Electronics and Telecomunication. ETX, TLX, INWITE and Telectronics, Mid-Term Evaluation*. Tekes, 2000.