

# FINSOFT

## Rinnakkaislaskenta ja hermoverkot

FINSOFTin kolmas osa on keskittynyt rinnakkaislaskentateknologian tutkimiseen ja kehittämiseen.

Osaohjelmassa on kaksi varsinaista painopistealuetta: massiivinen rinnakkaislaskenta ja hermoverkkolaskenta. Molempia alueita tutkitaan tällä hetkellä kansainvälisesti erittäin tiiviisti.

Tämän alueen tuloksia voidaan soveltaa ja sovelletaan jo tänä päivänä teollisessa tuotekehityksessä. Varsinkin transputertekniikkaan perustuvassa massiivisessa rinnakkaislaskennassa teollinen ja kaupallinen läpimurto on jo tapahtunut. Hermoverkkolaskennassa ensimmäiset teolliset sovellutukset ovat juuri tulossa ja teknologinen läpimurto on nurkan takana.

**T**ietokoneiden tehokkuus on lisääntynyt jatkuvasti ja tasaisesti aina ensimmäisten tietokoneiden kehittämisestä asti. Aina on kuitenkin olemassa absoluuttinen teknologinen yläraja: tehokain tietokone, joka voidaan sen hetkellä teknologialla rakentaa. Samoin on olemassa tätä alempi, kaupallinen yläraja: tehokkain tietokone, jonka voi myös myydä nykyisellä hintatasolla. Traditionaalisella tietokonearkitehtuurilla nämä ylärajat tulevat nopeasti vastaan. Suomeen äskettäin hankittu super-tietokone on tällainen kaupallinen yläraja: tehokkaampia koneita voidaan ehkä vielä rakentaa, mutta ne tulevat liian kalliiksi, eivätkä enää mene

kaupaksi.

Teknologisista ja kaupallisista rajoituksista piittaamatta on kuitenkin olemassa suuri joukko sovellutuksia, joissa tarvitaan melkein rajoittamattomasti laskentakapasiteettia. Nämä sovellutukset edellyttävät joko hyvin suurten laskentatehtävien ratkaisemista tai hyvin nopeita reaktioaikoja tai molempia. Esimerkkeinä voisi mainita sääennusteet, robotiikka, kuvankäsittely, hahmontunnistus ja erilaiset simulointitehtävät. On myös olemassa suuri joukko sovellutusalueita, joissa on piilevä tehokkuustarve. Näillä alueilla voitaisiin hyödyntää hyvinkin suuria laskentatehoja, edellyttäen, että se olisi kaupallisesti puolustettavissa.

### Rinnakkaislaskennalla laskentatehokkuutta

Rinnakkaislaskenta edustaa uutta lähestymistapaa suurten laskentatehokkuuksien saavuttamiseen. Kytkemällä yhteen suuri joukko pieniä prosessoreita voidaan päästä erittäin suuriin laskentatehoihin. 1000 MIPSin laskentatehokkuus (1 MIPS = 1 miljoona käskyä sekunnissa) voidaan saavuttaa joko yhdellä 1000 MIPSin super-tietokoneella, käyttämällä 100 kappaletta 10 MIPSin prosessoria tai vaikkapa 100 000 kappaletta 0,01 MIPSin prosessoria.

Rinnakkaislaskennan hyödyntäminen edellyttää kuitenkin, että laskentatehtävä voidaan jakaa rinnakkain suoritettaviin osiin, jotka ovat toisistaan suhteellisen riippumattomia. Ongelma on samanlainen kuin suurissa projektiorganisaatioissa: miten koordinoidaan suuri joukko ihmisiä yhteisen projektin läpiviemisessä. Tämä on rinnakkaislaskentateknologian keskeinen ongelma ja haaste.

### FINSOFTissa keskitytään rinnakkaislaskentaan ja hermoverkkoihin

Massiivisessa rinnakkaislaskennassa tutkitaan monesta prosessorista koostuvien rinnakkaistietokoneiden arkkitehtuuria, ohjelmointia ja sovelluksia. Prosessorit ovat



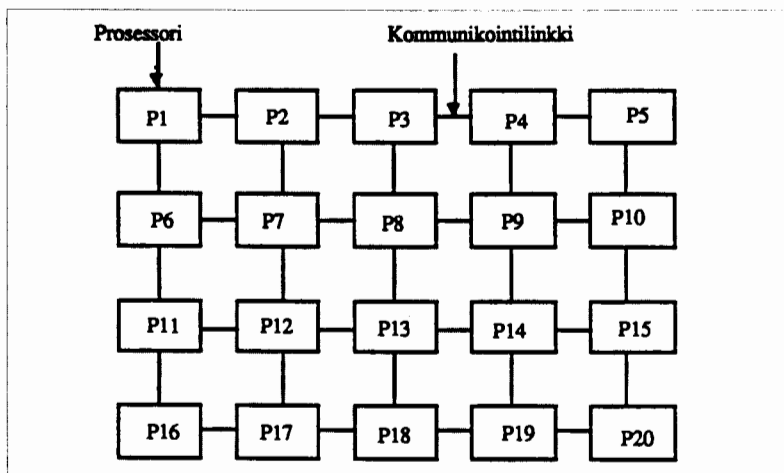
usein kaupallisesti saatavia, suhteellisen halpoja mikroprosessoreita. Nämä kytketään yhteen kommunikointiverkolla, jolloin prosessorit voivat lähettää toisilleen sanomia laskennan edistymisestä ja täten voidaan koordinoita koko tehtävän suoritusta. Tällöin jokaisella prosessorilla on yleensä oma paikallinen muistinsa, johon muut prosessorit eivät voi viitata. Toinen mahdollisuus on, että kommunikointiverkko kytkee kaikki prosessorit yhteiseen muistiin, ja kaikki kommunikointi tapahtuu tämän muistin välityksellä.

FINSOFTissa tutkitaan massiivista rinnakkaislaskentaa lähinnä kahdesta eri näkökulmasta. Ensimmäinen on tämän lähestymistavan käyttökelpoisuus ja tehokkuus suurta laskentatehoa tai nopeaa reaktioaikaa vaativissa sovelluksissa. Toinen on rinnakkaissovellusten ohjelmoinnin helpottaminen kehittämällä työvälineitä ja työmenetelmiä, jotka tukevat ohjelmoijain työtä.

### Aivot hermoverkkolaskennan mallina

Hermoverkkolaskenta tarjoaa toisen hyvin erilaisen lähestymistavan rinnakkaislaskentaan. Lähtökohtana on mallittaa tapa, jolla aivot toimivat. Aivothan koostuvat erittäin suuresta joukosta neuroneja, jotka on kytketty tiheästi toisiinsa. Neuronit ovat prosessoreihin verrattuna hyvin yksinkertaisia laskevia yksiköitä, mutta toisaalta niitä on erittäin paljon. Tunnetusti tämä rinnakkaiskone pystyy toimintoihin, jotka ovat tällä hetkellä tavallisen tietokoneen ulottumattomissa.

Hermoverkkotietokone koostuu siten suuresta joukosta hyvin yksinkertaisia prosessoreita eli solmuja sekä näiden välisistä kytkennöistä. Hermoverkon sisältämä tieto on tallettuna solmujen tilaan sekä solmujen välisten kytkentöjen voimakkuuksiin. Useimmiten sekä solmun tila että kytkennän voimakkuus voidaan esittää yhdellä ainoalla luvulla.



Rinnakkaisietokone koostuu kommunikointiverkolla yhteenkytketyistä prosessoreista.

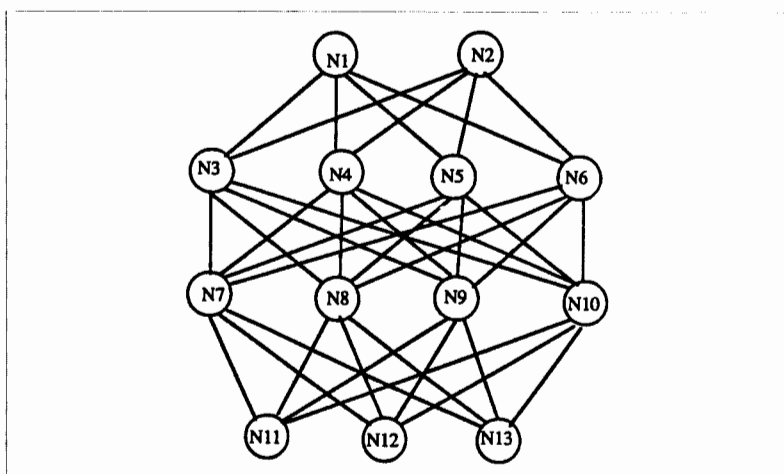
Keskeinen idea hermoverkkolaskennassa on opettaminen. Ajatuksena on, että hermoverkkotietokonetta ei varsinaisesti ohjelmoida, vaan sitä opetetaan suorittamaan määrättyjä tehtäviä esimerkkien avulla. Hermoverkot, kuten ihmisaiivot, soveltuvat erikoisen hyvin hahmojen tunnistamiseen, missä tavanomaiset tietokoneratkaisut ovat vaikeuksissa.

### Tavoitteena vahvan teknologisen pohjan luominen

Osaohjelmassa on tällä hetkellä 12 projektia. Näistä 8 tutkii massiivista rinnakkaisuutta ja 4 hermoverkkolaskentaa. Tutkimuspaikkoina ovat Helsingin, Lappeenrannan ja Tam-

pereen teknilliset korkeakoulut, VTT Oulussa ja Helsingissä, Helsingin ja Jyväskylän yliopistot sekä Abo Akademi.

FINSOFTin kolmas osa on luonteeltaan enemmän perustutkimukseen suuntautunut kuin ensimmäinen ja toinen osa. Tästä johtuen tulosten hyödyntäminen on epäsuorempaa ja hieman etäämmällä. Perustavoitteena osaohjelmassa on luoda vahva teknologinen ja tutkimuksellinen pohja massiivisen rinnakkaisuuden ja hermoverkkolaskennan alueella, josta tulevat teolliset sovellutusprojektit voivat kasvaa. Tämä tavoite näyttääkin toteutuvan. Osaohjelmaan osallistuu huomattavan suuri määrä tutkijoita, ja Suomi on kansainvälisesti hyvin esillä näillä tutkimusalueilla.



Hermoverkkotietokone koostuu suuresta joukosta yksinkertaisia prosessoreita eli solmuja ja näiden välisistä kytkennöistä.

## MILLIPEDE — työkaluja rinnakkaisohjelmien rakentamiseen

Millipede-projekti on massiivisen rinnakkaisuuden tutkimusprojekti Åbo Akademin tietojenkäsittelyopin laitoksella. Se on jatkoa Åbo Akademin ja VTT/TKO:n aiemalle TEKESin ja Suomen Akatemian tukemalle Hathi-projektille, jossa tutkittiin massiivisen rinnakkaislaskennan tietokonearkitehtuureita, ohjelmointitekniikkaa ja sovellutuksia.

Hathi-projektiin yhteydessä rakennettiin muun muassa 100 prosessorin Hathi-2 tietokone. Prosessoreina käytettiin INMO-Sin valmistamia transputereita, joiden tehokkuus on 10 MIPS. Yhteenlaskettu rinnakkainen laskentateho on siten 1000 MIPS. Muistia koneessa on tällä hetkellä noin 125 MB. Hathi-2 koostuu 25 identtisestä kortista. Jokaisella kortilla on 4 prosessoria, 5 MB

muistia sekä osa kytkentäverkosta. Lisäksi jokaisella kortilla on oma kontrolliprosessori, joka valvoo kortilla olevien muiden prosessoreiden toimintaa.

Massiivinen rinnakkaislaskenta on hyvin taloudellinen tapa saavuttaa suuria tehokkuuksia. Tämä perustuu siihen, että käytetään massatuotettuja mikroprosesseja ja muistia. Esimerkiksi Hathi-2 koneen komponenttikustannukset ovat alle miljoona markkaa. Koneen modulaarinen rakenne mahdollistaa mielivaltaisen tehokkaiden rinnakkaistietokoneiden rakentamisen vain korttien lukumäärää lisäämällä.

Massiivisten moniprosessoroiden ohjelmoinnin keskeinen ongelma on ohjelmointitehtävän osittaminen rinnakkain suoritettaviin osiin eli prosesseihin. Pro-

sessit voidaan sijoittaa eri prosessoreille. Rinnakkaislaskennan hyöty saadaan irti silloin, kuin prosessit on identifioitu ja sijoitettu siten, että kaikki prosessorit ovat hyvin työllistettyjä laskennan aikana. Tämä kuormituksen tasaaminen onkin suurin ongelma rinnakkaislaskennassa.

Millipede-projektissa rakennetaan työkalupakki ja ohjelmointiympäristö rinnakkaisohjelmien rakentamisen helpottamiseksi, erikoisesti Hathi-2 koneen ohjelmointia silmälläpitäen. Keskeisiä työkaluja ovat konfigurointiohjelma, jonka avulla voidaan automatisoida prosessien tehokas sijoittelu prosessoreille sekä monitorointijärjestelmä, jolla voidaan mitata rinnakkaisohjelman tehokkuus ja identifioida mahdolliset pullonkaulat.

## CONNECT-projektista simulaattori hermoverkkojen rakentamiseen

Professori Erkki Ojan johtama Connect projekti Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa on yhteydessä Teuvo Kohosen urauurtavaan hermoverkkojen ja assosiativisen muistin tutkimustyöhön. Projektin keskeisenä tavoitteena on tutkia hermoverkkoalgoritmeiden tiedonkäsittelyalgoritmeja käyttäen konenäköä pääasiallisena sovellusalueena. Toinen tavoite projektissa on rakentaa ympäristö, joka tukee erilaisten hermoverkkoalgoritmien nopeaa rakentamista ja kokeilemistä sekä mahdollistaa hermoverk-

kojen rinnakkaistoteutuksen.

Hermoverkkojen mahdollistama rinnakkaisuus voidaan periaatteessa toteuttaa suoraan kytkemällä yhteen suuri joukko laskentayksiköitä, jotka toimivat solmuina. Toinen mahdollisuus on simuloida hermoverkkoalgoritmeja massiivisella rinnakkaistietokoneella. Ensinmainittu lähestymistapa lupaa pitemmällä tähtäimellä suurimman tehokkuuden. Se on kuitenkin hankala toteuttaa nykyteknologialla, koska se edellyttää lähes täydellistä kytkentää prosessoreiden välillä. Simulointi

rinnakkaistietokoneella on toisaalta täysin mahdollista ja tehokasta jo tämän päivän teknologialla.

Connect-projektin konkreettisenä tavoitteena on rakentaa joustava simulaattori hermoverkoille (Carelia simulator). Tämän simulaattorin avulla voidaan tutkia hermoverkkoalgoritmien ja -mallien tehokkuutta eri sovelluksissa. Simulaattori toteutetaan transputerverkolla, jolloin suurten hermoverkkojen nopea ratkaiseminen tulee mahdolliseksi.