

## Paikalliset hajautetut verkkoalgoritmit

Monet tietojenkäsittelytieteessä vastaan tulevat ongelmat ovat luonteeltaan sellaisia, että yksi laskentayksikkö, jolle on annettu kaikki tieto ongelmasta, voi luontevasti löytää ratkaisun sopivalla algoritmilla. Kaikki ongelmat eivät kuitenkaan ole helppoja yksittäisten laskentayksiköiden ratkaistaviksi. Varsinkin suurikokoisia ja monimutkaisia verkkoja, kuten Internetiä tai suuria sensoriverkkoja on vaikeaa tai mahdotonta hallita yhdellä kaikkitietävällä laskentayksiköllä. Mikäli verkon tietomäärää ei voida käsitellä keskitetysti, voidaan käyttää paikallisia hajautettuja verkkoalgoritmeja, *PHV*:eitä, joissa verkon osat ratkaisevat itseään koskevia osaongelmia vain paikallista tietoa hyödyntämällä.

Paikalliset hajautetut verkkoalgoritmit ovat algoritmeja, joissa jokaisella verkon alueella on käytössään vain rajallinen määrä tietoa ympäristöstään. *PHV*:t toimivat suuntaamattomissa verkoissa, joiden jokainen solmu esittää prosessoria. Näiden verkkojen kaaret kuvaavat prosessorien välisiä välittömiä kommunikointiyhteyksiä. Verkon solmujen asteluvut ovat rajoitettuja, eli jokaisella prosessorilla saa olla vain äärellinen määrä yhteyksiä muihin prosessoreihin.

Paikalliset hajautetut verkkoalgoritmit poikkeavat ohjelmoinnille tyypillisestä ajatusmaailmasta — sen sijaan, että ohjelmoitaisiin yksittäisiä prosessoreita, ohjelmoitetaan verkkoja. Verkoissa tehokkaasti ratkeavat ongelmat poikkeavat usein merkittävästi yksittäisillä prosessoreilla tehokkaasti ratkeavista ongelmista. Esimerkiksi pienimmän virittävän puun löytäminen on *PHV*:eille mahdotonta, mikäli sen alussa saama tieto on rajallista. *PHV*:t sen sijaan voivat kyetä ratkaisemaan hyvin tehokkaasti sellaisia ongelmia, joissa paikallisen ratkaisun oikeellisuuden osoittaminen ei ole hankalaa. Esimerkiksi solmuväriytyksen oikeellisuuden osoittaminen on paikallisesti helppoa, sillä on yksinkertaista tarkistaa, että kaikkien naapurisolmujen väri poikkeaa omasta väristä.

*PHV*:eillä pyritään tyypillisesti ratkaisemaan ongelmia hyvin suurissa verkoissa, sillä *PHV*:eiden aikavaatimukset kasvavat usein hyvin hitaasti verkon koon funktiona, ja toisinaan ongelmat voidaan ratkaista jopa vakioajassa. Mikäli nopeaa tarkan vastauksen antavaa *PHV*:tä ei ole mahdollista kehittää, on usein kuitenkin mahdollista kehittää nopea *PHV* approksimoimaan oikeaa tulosta. Varsinkin hyvin suurten verkkojen tapauksessa hyvä approksimaatio on usein lähes yhtä arvokas kuin optimaalinen ratkaisu.

Usein suurissa verkoissa kommunikaatio solmujen välillä on huomattavasti hitaam-

paa kuin operaatiot itse solmujen sisällä. Esimerkiksi suurissa sensoriverkoissa yhteyden muodostaminen ja tiedon siirtäminen kahden sensorin välillä on suuri operaatio. Tästä syystä PHV:eiden aikavaativuusanalyysissä ollaan kiinnostuneita vain prosessorien välisten kommunikaatiokierrosten määrästä. Perinteiseen aikavaativuusanalyysiin verrattuna ero on merkittävä, sillä kommunikaatiokierrosten väleissä prosessorit voivat tehdä minkä tahansa äärellisen määrän työtä vaikuttamatta aikavaativuuteen.

Verkkojen ohjelmointi ajamalla samaa algoritmia jokaisessa verkon solmussa on mielenkiintoinen lähestymistapa myös siksi, että tällaista laskentamallia ei tunneta vielä kovin hyvin. On kuitenkin olemassa viitteitä, että joihinkin tiettyihin ongelmiin hajautettu laskentamalli voisi soveltua paremmin kuin aiemmat olemassaolevat mallit. Esimerkiksi ihmisten aivosolut näyttävät pystyvän tekemään päätöksiä oman tilansa suhteen vain paikallisen tiedon perusteella. Analogia PHV:eihin on huomattava, sillä neuronit voivat olla yhteydessä vain rajalliseen määrään lähistöllä sijaitseviin muihin neuroneihin. Näiden neuroneiden täytyy keskenäisen kommunikointinsa perusteella tulla yhteiseen lopputulokseen, joka vaikuttaa ihmisen toimintaan.

Paikalliset hajautetut verkkoalgoritmit on tutkimusalueena vielä nuori, eikä tutkimus ole jumiutunut tietyille urille, vaan alalla on vielä useita avoimia tutkimusongelmia, jotka poikkeavat parhaimmillaan hyvin paljon toisistaan. Tässä esseessä annetaan yleiskuva PHV:eillä ratkeavista ongelmista sekä tällä hetkellä hankalista ongelmista. Lisäksi pyritään havainnollistamaan PHV:eiden toimintaa esittelemällä PHV:itä yksinkertaisiin ongelmiin.