Luento 4: Yhteistyö, koordinointi, hajautettu ongelmanratkaisu

Raul Hakli

Hajautettu ongelmanratkaisu

- *Hajautetussa ongelmanratkaisussa* (distributed problem solving, cooperative problem solving) oletetaan että agenteilla on jokin *yhteinen tavoite* (common goal) eikä omia, yksityisiä tavoitteita.
- Agentit voidaan siis olettaa *hyväntahtoisiksi* (benevolent), mikä yksinkertaistaa huomattavasti järjestelmän suunnittelua. Tämä oletus voidaan yleensä tehdä vain jos järjestelmä ja sen agentit ovat suunnittelijan hallinnassa. Avoimissa järjestelmissä, joissa on useita käyttäjiä omine agentteineen, oletusta ei voi tehdä.
- Hajautetun tekoälyn varhaisvaihe keskittyi hajautettuun ongelmanratkaisuun ja monet tunnetut ratkaisut ovat peräisin jo 1970-luvulta. Vaikka nykyään keskitytään agentteihin joilla on omat tavoitteensa, yhteistyöhön ja toimintojen koordinointiin liittyvät asiat ovat tärkeitä, koska agentit voivat väliaikaisesti muodostaa ryhmiä jonka tavoitteet agentit jakavat.

Hajautettu ongelmanratkaisu (2)

- Agentit voivat olla heterogeenisiä, jolloin niillä on erilaisia kykyjä ja ominaisuuksia. Hajautetussa ongelmanratkaisussa pyritään löytämään tapa jakaa tehtävä osiin, siten että yhteinen tavoite toteutuu. Tähän liittyy useita ongelmia:
  - Tehtävän jakaminen osiin (riippuu ongelman luonteesta ja käytettävissä olevista agenteista)
  - Osaongelmien ratkaiseminen (voi vaatia agenttien välistä kommunikaatiota ja yhteistyötäkin)
  - Tulosten kokoaminen (informaatiota jaetaan joko proaktiivisesti tai reaktiivisesti)
- Kun agentit ovat autonomisia, eri vaiheista saatetaan joutua sopimaan agenttien kesken ja tarvitaan *neuvottelua* (negotiation).

Tehtävänjaon tavoitteita

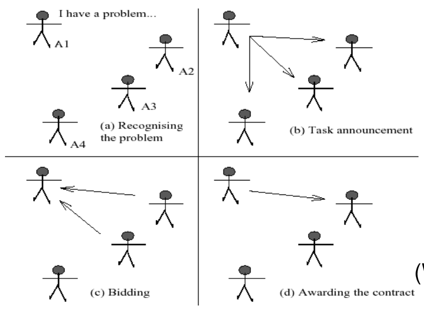
- kriittisten resurssien tehokas käyttö
- tehtävien ja agenttien kykyjen vastaavuus
- tehtävien jako sellaisen agentin tehtäväksi jolla on laaja näkemys tehtävästä
- vastuun jakaminen agenttien kesken
- toisistaan voimakkaasti riippuvat tehtävät keskenään läheisille agenteille (esim. samassa paikassa oleville tai saman omistajan agenteille)
- mekanismit tehtävien uudelleenjakamiseksi tarpeen vaatiessa

Contract Net (1)

Tunnetuin tehtävien jakamiseen keskittyvä protokolla on *Contract Net* (CNET), joka kehitettiin 1970-luvulla (Smith 1977). Metaforana on tilanne, jossa yritys tarjoaa tehtäviä urakoitsijoille, saa heiltä tarjouksia, valitsee sopivat urakoitsijat ja tekee heidän kanssaan sopimuksen tehtävän suorittamisesta.

1. agentti joka tarvitsee tehtäväänsä apua tekee ilmoituksen (announcement) tehtävästä joko kaikille tai valituille agenteille
2. muut agentit esittävät tarjouksensa (bid) joka määrittelee mitä agentti sitoutuu tekemään ja millä ehdoilla
3. tehtävän antaja jakaa tehtävät valitsemilleen agenteille niiden tarjousten perusteella
4. kun tehtävät on suoritettu, agentit raportoivat tehtävän antajalle

Contract Net (2)



(Wooldridge 2002)

Liitutaulujärjestelmät

- Contract net -protokollassa yksittäiset agentit ratkovat osaongelmiaan ja tehtävien jakaja kokoaa tulokset yhteen. Joskus on parempi, että ongelmaa ratkotaan yhdessä ja tulokset ovat kaikkien saatavilla.
- *Liitutaulujärjestelmissä* (blackboard systems) oletetaan yksi yhteinen tiedonlähde "liitutaulu", johon kaikilla agenteilla on luku- ja kirjoitusmahdollisuus.
- Ongelma esitetään liitutaululla ja kukin agentti, joka on jonkin osa-alueen asiantuntija, lukee liitutaulua ja yrittää ratkaista jotakin osaongelmaa.
- Ratkaistuaan osaongelman agentti kirjoittaa tulokset taululle jolloin muut voivat käyttää uutta informaatiota hyväksi omien ongelmiensa ratkaisemisessa.
- Vaatii yhteisen tietovaraston ja kontrollijärjestelmän, joka huolehtii liitutaulun päivityksestä ja uusien tulosten tiedottamisesta agenteille.

Koordinointi (1)

- Koordinoinnilla tarkoitetaan sellaista yksittäisten agenttien päätöksentekoa, joka johtaa kaikille hyviin tuloksiin.
- Agenttien pitäisi pystyä tekemään päätökset mahdollisimman itsenäisesti ilman kontrollin keskittämistä, joskus myös ilman mahdollisuutta kommunikointiin.
- Tarvitaan sekä hajautetussa ongelmanratkaisussa että silloin kun agentit pyrkivät toteuttamaan yksityisiä tavoitteitaan.
- Esimerkiksi yhteistyötilanteissa työt olisi hyvä jakaa siten, ettei tule kilpailua resursseista eikä toisten agenttientarvitse käyttää aikaa toisten odottamiseen (vrt. talon maalaaminen). Yksityisten tavoitteiden tapauksessa taas olisi hyvä ettei synny turhia konflikti- tai ongelmatilanteita (vrt. liikenne).

Koordinointi (2)

- Koordinaatiopelit: useita Nash-tasapainoja. Esim. tapaamispaikka:

	Kirkko	Asema
Kirkko	1,1	0,0
Asema	0,0	1,1

- Tavoitteena päätyä johonkin, mielellään Pareto-optimaaliseen, Nash-tasapainotilaan ilman mahdollisuutta kommunikointiin.

Koordinointimenetelmiä

Osittainen globaali suunnittelu Agenteilla omat suunnitelmansa, vaihtavat informaatiota muiden kanssa saadakseen ja muuttavat sitten omia suunnitelmiaan paremman koordinoinnin saavuttamiseksi.

Yhteiset intentiot Agentit muodostavat ryhmiä, päättävät yhdessä ryhmätavoitteista ja ottavat omaksi tavoitteekseen suorittaa oma osuutensa ryhmätavoitteesta. Vaaditaan yleensä sosiaalista sitoutumista, muutoksista ilmoittamista tai avunantoa.

Sosiaaliset konventiot Agenttiyhteisössä on tiettyjä tapoja, jotka ovat yleistä tietoa ja joita kaikki noudattavat. Vrt. ajaminen oikealla. Peleissä voidaan esimerkiksi määritellä toimintaprofiileille järjestys jonka perusteella useasta tasapainotilasta valitaan ensimmäinen.

Sosiaaliset lait Jotkin toimintaprofiilit kielletään tai tehdään mahdottomiksi.

Organisaatiorakenteet ja roolit Roolit rajoittavat toimintavaihtoehtoja.

Koordinaatioverkko Ongelman osittaminen pienempiin osaongelmiin.

Neuvottelu

Pääsiäisen kotitehtävä: Lue Wooldridge, luku 7.

Argumentointi

Pääsiäisen kotitehtävä: Lue Wooldridge, luku 7.

Lähteitä

- Wooldridge, luvut 7 ja 9.
- Vlassis, luku 4.
- Weiss, luvut 2 ja 3.
- Nick R. Jennings: Coordination techniques for distributed artificial intelligence. Teoksessa *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. Toim. G.M.P. O'Hare & N.R. Jennings, John Wiley & Sons, 1996.