Gottfried Wilhelm Leibniz

Lincoyan Kekki

Helsinki 7. hutikuuta 2002
Historia -seminaarin kirjallinen työ
HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Sisällys

1 Johdanto 1

2 Leibniz (1646-1716) 2

2.1 LYHYT ELÄMÄNKERTA 2
2.2 KUVA YLEISNEROSTA 3

3 Metafysiikka 4

3.1 AIKA JA AVARUUS 4
3.2 MONADOLOGIA 5

4 Universaali kieli - lingua characteristica 6

5 Binäärilukujen järjestelmä 7

6 Leibnizin laskukone 8

7 Loppusanat 9

Filosofisten käsitteiden selityksiä 10

Lähteet 11

G W Leibniz. Osa Andreas Scheitsin maalaamasta muotokuvasta, 1711.

1 Johdanto

Vaadittiin paljon pohjatyötä ennen kuin oli mahdollista, että Alan Turing pystyi kehittämään teoriansa universaalista tietokoneesta. Tässä tutkielmassa esitellään 1700-luvun filosofi ja matemaatikko Gottfried Wilhelm von Leibniz ja hänen tietojenkäsittelytieteeseen liittyvät saavutuksensa. On yllättävää huomata kuinka monella eri tavalla Leibnizin havainnot ja keksinnöt ovat tulleet myöhemmin osaksi tietojenkäsittelytiedettä. Leibnizin kehittämä laskukone ei ole ainoa asia, jolla on suora yhteys tietokoneen historiaan. Täytyy muistaa, että myös hänen ajatuksensa ja ihanteensa vaikuttivat myöhempiin tutkijoihin ja innoittivat heitä. Jotta Leibnizista saataisiin kokonaisvaltaisempi kuva esitellään lyhyesti myös hänen metafyysinen järjestelmänsä.

Luvussa kaksi kerrotaan Leibnizin elämästä. Seuraavassa luvussa tarkastellaan Leibnizin käsitystä maailman rakenteesta. Neljännessä luvussa keskitytään hänen yritykseensä luoda universaali kieli, luvuissa viisi ja kuusi esitellään kaksi muuta tietojenkäsittelytieteeseen liittyvää keksintöä.

2 Leibniz (1646-1716)

Saksalaissyntyinen Leibniz oli hyvin tuottelias vaikka hän julkaisi varsin vähän teoksia. Hänellä lasketaan olleen 600 kirjeenvaihtoystävää, joiden kanssa hän vaihtoi ideoita ja kävi keskustelua keksinnöistään [Con98]. Leibniz sai tiedemaailmassa ja politiikassa paljon aikaiseksi ja moni projekti jäi myös kesken. Häneltä jäi jälkeen tuhansia sivuja sekavia muistiinpanoja ja käsikirjoituksia.

2.1 Lyhyt elämänkerta

Gottfried Leibniz syntyi Leipzigissa vuonna 1646. Hänen isänsä Friedrich Leibniz oli moraalifilosofian professori. Isä kuoli Gottfriedin ollessa kuusi vuotias. Lapsena häntä kiinnosti leikkiä enemmän kirjallisuus ja runous. Poika käytti suuren osan vapaa-ajastaan isänsä kirjastossa lukien filosofisia ja teologisia teoksia. Koulun yläluokilla saatiin ensimmäiset merkit tulevasta nerosta. 14-vuotiaana Leibniz huomasi puutteita Aristoteleen logiikassa ja kehitteli siihen parannuksia.

15-vuotiaana Leibniz ryhtyi opiskelemaan Leipzigin yliopistossa ja suoritti kahdessa vuodessa kandidaatin tutkinnon ja jatkoi logiikan, filosofian ja lakitieteen opintojaan kunnes 1666 sai valmiiksi väitöskirjansa. Leipzigin yliopisto hylkäsi Leibnizin anomuksen saada tohtorin arvo tämän alhaisen iän takia, jolloin Leibniz siirtyi Altdorfin yliopistoon Nürnbergiin ja sai siellä filosofian tohtorin arvon 1667.

Valmistuttuaan Leibniz pääsi Mainzin vaaliruhtinaan palvelukseen ja matkusti 1672 Pariisiin, jossa oleskeli vuoteen 1676. Tänä aikana hän tutustui matemaatikkoihin ja luonnontieteilijöihin ja alkoi kehitellä omaa versiotaan differentiaalilaskennasta. Pariisista

Leibniz palasi Saksaan ja toimi Hannoverin vaaliruhtinaan kirjastonhoitajana sekä monissa poliittisissa, hallinnollisissa, diplomaattisissa ja tieteellisissä tehtävissä.

Viimeisinä vuosinaan hän oli syrjässä valtion asioista ja kuoli yksinäisyydessä vuonna 1716. Leibnizin epäsuosioon oli useita syitä. Vuosia kestäneet tuloksettomat oikeudenkäynnit Newtonia vastaan murensivat hänen mainettaan tiedemiehenä. Englantilaiset syyttivät häntä integraali- ja differentiaalilaskennan plagioinnista. Leibnizin metafysiikka ei miellyttänyt kaikkia, Hannoverissa häntä pidettiin ateistina. Häntä tukeneet hallitsijat olivat kuolleet eivätkä uudet kuninkaalliset arvostaneet häntä yhtä paljon kuin heidän edeltäjänsä. Myöhemmin on todistettu, että Leibniz kehitti integraali- ja differentiaalilaskennan itsenäisesti samoihin aikoihin kuin Newton. Leibnizin ainoa perijä oli hänen sisaren tyttärensä.

2.2 Kuva yleisnerosta

Parhaimmillaan Leibniz työskenteli viidelle eri hoville ja nosti palkkaa näistä kaikista. Leibnizilla näytti olevan rajaton itseluottamus. Hän liikkui mielellään ylhäisöpiireissä, joissa saavutti suosiota nopealla älyllään ja eleganssillaan. Erään herttuattaren kerrotaan todenneen hänestä: "On epätavallista, että älymystöön kuuluva mies pukeutuu niin hyvin, ei haise, ja ymmärtää kaiken lisäksi huumoria." Filosofi-matemaatikko matkusti jatkuvasti paikasta toiseen suorittamaan jo pahasti rästiin jääneitä tehtäviään.

Leibniz oli paitsi diplomaatti myös filosofi, lakimies, kielitieteilijä, historioitsija, matemaatikko, fyysikko ja geologi [Kur85]. Lukuisista hänen tutkimuksistaan mainittakoon erikoisuutena hänen julkaisemansa kirjoitus, jossa todistetaan vääräksi ruotsalainen teesi, jonka mukaan germaaniset kansat olisivat peräisin Skandinaviasta. Hänen suurimmat saavutuksensa ovat filosofian ja matematiikan alalta. Monadologiaa pidetään hänen filosofisena pääteoksenaan. Matematiikassa hän kehitti integraali- ja differentiaalilaskennan samoihin aikoihin kuin Newton ja häntä pidetään topologian ja determinanttiopin esi-isänä sekä yhtenä kaikkien aikojen suurimpana loogikkona.

Bertrand Russel on sanonut Leibnizista: "Hän teki matemaattisen logiikan alalla työtä, jolla olisi ollut valtava merkitys, jos hän olisi julkaissut sen tulokset; hän olisi siinä tapauksessa

perustanut matemaattisen logiikan, joka olisi tullut tunnetuksi puolitoista vuosisataa aikaisemmin kuin todella tapahtui." Leibnizin loogiset ideat hautautuivat hänen lukemattomien käsikirjoitustensa ja muistiinpanojensa joukkoon, josta ne kaivettiin esiin modernin logiikan jo synnyttä 1800-luvun loppupuolella.

Leibnizilla oli suuri tavoite formalisoida ihmisen ajatukset matemaattisesti. Hänen keksimänsä laskukone oli esimerkki ajatusten mekanisoimisesta. Leibniz ei ainoastaan tehnyt logiikasta matemaattista vaan myös matematiikasta loogista [Sty69].

3 Metafysiikka

Metafysiikka on oppia todellisuuden yleisimmistä periaatteista, rakenteesta ja koostumuksesta. Metafysiikka tarkoittaa kirjaimellisesti sitä mikä tulee fysiikan jälkeen (kreikaksi meta ta physika). Filosofina Leibniz kuuluu samaan rationalistien joukkoon kuin Descartes ja Spinoza.

3.1 Aika ja avaruus

Leibnizin käsitys ajasta ja avaruudesta poikkeaa täysin Newtonin järjestelmästä. Leibnizin teoriassa ei ole absoluuttista sijaintia ajassa tai avaruudessa. Olion sijainti on aina suhteellinen muihin olioihin nähden. Aika ja avaruus eivät ole substansseja eivätkä näin ollen ole todellisia vaan ideaalisia. Avaruus on olemassa olevien olioiden järjestystä ja aika ei ole muuta kuin peräkkäisten tapahtumien järjestys [Burn01]. Mitä sitten ovat aika ja avaruus? Leibnizin mukaan ne ovat olioiden sisäisiä ominaisuuksia ja ne ilmenevät olioiden välisinä relaatioina.

Teoriaa voi havainnollistaa tietokoneiden virtuaalitodellisuudella. Se mitä näemme näyttölaitteella on ajan ja avaruuden illuusio. Tietokoneen muistissa olevat binääriset luvut kuvailevat meille virtuaalisen maailman, jossa asioita voi olla, liikkua ja tapahtua. Esittäköön esimerkiksi jokin luku lintua. Tämä luku on sidoksissa neljään muuhun lukuun, jotka määrittelevät sen sijainnin aika-avaruudessa. Ajatellaan vielä, että tietokoneen käyttäjälle on varattu vastaavanlaiset luvut, jotka kertovat katsojan paikan ja kolme lukua lisää esittämään

katseen suuntaa. Nyt jos linnun aikaa kuvaava luku on sama kuin katsojalla ja paikkaa koskevat luvut ovat sopivassa suhteessa käyttäjän lukuihin paikasta ja katseen suunnasta, niin voimme nähdä linnun virtuaalimaailmassa. Kahdella objektilla on siis aikaa ja avaruutta kuvaavat ominaisuudet ja niillä on matemaattisesti laskettavissa oleva yhteys.

3.2 Monadologia

Rationalistina Leibniz uskoi, että asioilla on olemuksellinen muoto, jonka järkiperäinen analyysi voi paljastaa. Keskittämällä huomio omaan ajatteluun voidaan yksilöidä todellisuuden olemus.

Leibnizin mukaan todellisuus ei voi koostua mistään aineellisista olioista. Kaikella aineellisella on ulottuvaisuus, aivan kuten arkiajattelu vakuuttaa. On tuo ulottuvaisuus miten pieni tahansa, niin aina on kuviteltavissa, että se voidaan jakaa vielä pienempiin osiin. Metafysiikassa todellisuuden äärimmäisiä perusyksiköitä kutsutaan substansseiksi. Mikään aineellinen ei voi kelvata substanssiksi, koska jokainen aineellinen yksikkö on ainakin periaatteessa jaettavissa. Leibniz päätteli, että todellisuus rakentuu ei-materiaalisista henkisistä osista, joita hän kutsui monadeiksi. Monadi on substanssina jakamaton eikä se koostu toisista substansseista. Leibniz oli vakuuttunut todellisuuden koostuvan yksiköistä, erillisistä yksilömäisesti olemassa olevista aineksista [Saa85].

Itsenäisyydestään huolimatta jokainen monadi heijastaa samalla koko valtavaa universumia. Jumala on asettanut maailmaa luodessaan monadit keskinäiseen sopusointuun. Tämä on Leibnizin "ennalta määrätyn harmonian" periaate. Tätä voisi verrata kelloihin, jotka on vedetty kaikki käyntiin samalla hetkellä. Kellot tikittävät toisistaan riippumatta näyttäen samaa aikaa ennalta määrätyllä tavalla. Jokaisen kellon koneisto käy itsenäisesti ja samalla ne kaikki toimivat yhdessä.

Leibniz väittää todellisuutta perimmältään henkiseksi. Ulottuvaiset aineelliset kappaleet hän selittää vaikutelmiksi, jotka syntyvät tietyistä monadien yhdistelmistä. Kädessä oleva kynä ei ole olemassa aineellisena kappaleena. On vain luonteeltaan henkisiä perussubstansseja, jotka ihmisen - tietyn monadin - näkökulmasta ilmenevät kynänä.

4 Universaali kieli - lingua characteristica

Koko elämänsä ajan Leibniz pyrki löytämään universaalin kielen, joka standardisoisi numeeriset laskutoimitukset ja samalla kaikki inhimillisen ajattelun prosessit. Hänen päämääränään oli luoda merkkijärjestelmä, joka kodifioisi ja yksinkertaistaisi loogisen päättelyn olennaiset peruspiirteet. Tällainen kieli olisi antanut kaikille sivistyneille ihmisille kyvyn selkeään ja oikeaan päättelyyn. Universaali kieli yhdistäisi kaikkia tieteenaloja, tiedemiehillä olisi yksi yhteinen kommunikointikieli. Leibniz ajatteli, että joukko oppineita voisi tulevaisuudessa ratkoa ihmiskunnan ongelmia sanomalla toisilleen: ”Laskekaamme!” , ”Lasst uns rechnen!” [Mar87].

Kieltä oli tarkoitus käyttää kiistattomien matemaattisten ja luonnontieteellisten totuuksien määrittämisessä. Ihmisten väliset riidat voitaisiin ratkaista täysin rauhallisesti ilman tulkinnallisten erimielisyyksien vaaraa, kiistattomasti todistettava lopputulos takaisi yhteisymmärryksen kaikissa tapauksissa.

Leibniz ei ollut ensimmäinen, joka yritti kodifioida inhimillisen tietokyvyn formaaliseen toimintamalliin. Tällaisen kielen idea voidaan jäljittää aina antiikin kreikkaan. Ennen Leibnizia oli Descartes pohtinut samaa ongelmaa ja todennut idean universaalista kielestä mahdottomaksi. Tämä ei estänyt Leibnizia, sillä hänen mielestään Descartesilla oli kielen suhteen virheelliset lähtökohdat.

Ensimmäisessä Leibnizin universaalin kielen mallissa tarkoituksena oli kuvata kaikki matemaattisilla luvuilla, ideat olivat numeroita ja käsitteet näiden numeroiden yhdistelmiä [Roi97]. Mallissa yhdistelmät muodostetaan yhteen- ja vähennyslaskuilla. Siinä yhdeksän konsonanttia ja vokaalit korvataan numeroilla seuraavasti:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	C	D	F	G	H	L	M	N

ja

1	10	100	1000	10000
A	E	I	O	U

Mallin mukaisesti numero 81374 vastaisi sanaa Mubodilefa. Sama numero voitaisiin kirjoittaa myös Bodifalemu (=1000+300+4+70+8000), Famuledibo tai Lebomufadi. Leibniz halusi tätä universaalia kieltä käytettävän tieteen lisäksi myös musiikissa ja runoudessa. Kielessä olevat synonyymit mahdollistaisivat sen, että sama ajatus voitaisiin lausua lukemattomalla eri tavalla. Musiikissa numerot esittäisivät nuotteja ja sävelet numeroita. Tällä keinolla Leibniz ajatteli herättää kansan kiinnostuksen hänen luomaansa kieltä kohtaan.

Kielen muodostaminen oli ongelmallisempaa kuin hän oli aluksi luullut. Leibniz hylkäsi ajatuksen siitä, että mallin pitäisi perustua puhuttuun kieleen, tässä tapauksessa latinaan. Leibniz mietti tapaa pilkkoa loogiset argumentit alkutekijöihinsä siten, että jokaiseen niistä liittyisi oma alkulukunsa. Myöhemmin hän tutki jopa kiinalaisten piktogrammien käyttömahdollisuuksia symbolisen kielen muodostamiseksi. Tavoitteena oli pystyä ilmaisemaan monimutkaisia argumentteja erikoisilla merkkijonoilla. Näiden merkkijonojen järjestämisestä huolehti tietyt loogisesti pätevät säännöt, joilla oli tarkka algebrallinen muoto. Vaikka Leibniz ei pystynytkään viemään tätä suunnitelmaansa loppuun, niin hän tuli siinä sivussa perustaneeksi symbolisen logiikan [Bar92].

5 Binäärilukujen järjestelmä

Leibniz esitteli ensimmäisenä binäärilukujen järjestelmän, jossa luvut esitetään numeroilla 0 ja 1. Hän laati luvuille laskusääntöjä ja määritteli binääriluvuilla esiintyviä lainalaisuuksia. Itse binääriluvut ovat paljon vanhempi keksintö, sillä jo muinaisessa kiinalaisessa filosofiassa esiintyi järjestelmä, jossa lukuja esitettiin pitkän ja lyhyen viivan kombinaatioina. Leibniz näki binääriluvuissa selvän analogian hänen omaan filosofiaansa monadeista ja maailman jatkuvaan luomistyöhön [Ait85].

Leibniz havaitsi useissa binäärilukujen sarjoissa säännöllisiä jaksoja lukujen sarakebiteissä. Sarjoille kuten luonnolliset luvut, sekä kolmella ja neljällä jaolliset luvut on yhteistä se, että toistuvien jaksojen pituus on verrannollinen bitin merkitsevyystasoon. Esimerkiksi kolmella jaollisten lukujen lukusarjassa toistuu vähiten merkitsevän bitin kohdalla jakso 01 seuraavien bittisarakkeiden jaksojen ollessa 0110 ja 00101101 [taulu 1]. Tätä havaintoa voidaan käyttää apuna laskettaessa lukusarjojen välisiä laskutoimituksia.

0 0 0 0 0	0
0 0 0 1 1	3
0 0 1 1 0	6
0 1 0 0 1	9
0 1 1 0 0	12
0 1 1 1 1	15
1 0 0 1 0	18
1 0 1 0 1	21

Taulu 1. Kolmella jaollisia lukuja

6 Leibnizin laskukone

Leibnizilla oli useita teknisiä ideoita. Kuuluisin on hänen rakentamansa laskukone, joka oli ylivertainen aikaisempiin verrattuna. Merenkäyntiin ja louhintaan liittyvät keksinnöt eivät saaneet yhtä suurta suosiota. Laskukone oli kehittyneempi versio Pascalin keksimästä Pascaline-koneesta, joka pystyi vain yhteen- ja vähennyslaskuihin. Leibnizin laskukoneella oli mahdollista suorittaa myös jako- ja kertolaskuja. Leibnizin kehittämät mekaaniset ratkaisut siirtyivät myöhempään laskukoneteknologiaan.

Vuonna 1673 Leibniz esitti laskukoneesta puisen prototyyppimallin. Kahden vuoden päästä hän oli onnistunut rakentamaan koneestaan toimivan yksilön. Laskettavat luvut valittiin pyörittämällä koneessa olevia valitsinkiekkoja. Kiekot liikuttivat rattaita laskimen sisällä. Rattaat oli kytketty toisiinsa siten, että kokonaisen kierroksen pyörähtäminen sai aikaan seuraavan rattaan siirtymisen 1/10 eteenpäin. Laskun tulos voitiin lukea suoraan koneen päällä olevista numeronäytöistä. Koneessa oli paljon hienoja mekaanisia osia ja välistä nämä osat jumiutuivat paikoilleen.

Leibniz suunnitteli koneestaan paranneltua versiota, mutta ei useiden projektiensa vuoksi ehtinyt koskaan viimeistellä sitä. Hän ideoi myös koneen, jolla voisi suoriutua binäärilukujen aritmetiikasta. Vaikeinta suunnitelmassa oli toteuttaa osa, joka muuntaisi numerot desimaalijärjestelmästä binäärimuotoon ja takaisin. Tämä kone ei koskaan nähnyt päivänvaloa. [Ait85]

Leibniz halusi vapauttaa ihmisen tylsien automaattisten laskujen tehtävältä. Hänen mielestään tiedemiesten oli turha uhrata aikaa toimenpiteisiin, jotka voitaisiin antaa koneiden laskettavaksi [Wag96].

7 Loppusanat

Leibniz työskenteli mielellään aatelisille, sillä hän piti yliopistoja vanhoillisina ja paikalleen jämähtäneinä laitoksina. Hovissa hän sai usein varsin vapaat kädet edetä työssään niin kuin hän itse parhaakseen näki ja palkka oli parempi kuin yliopistolla. Leibniz oli hyvin työteliäs ja saavutti monella alalla merkittäviä tuloksia vaikka moni hänen projekteistaan jäi kesken. Leibnizin idea tehdä logiikasta algebrallinen ja hänen unelmansa ongelmien laskennallisesta käsittelystä ovat molemmat toteutuneet luonnontieteiden kehittyessä.

Filosofisten käsitteiden selityksiä

Idealismi

Näkemys, jonka mukaan todellisuus on henkinen tai olennaisella tavalla riippuu tietoisuudesta.

Logiikka

Filosofian perinteinen osa-alue, joka tarkastelee muodollisesti pätevää päättelyä. Oppi ajattelun laeista.

Metafysiikka

Filosofian osa-alue, joka tutkii olevaa sellaisenaan. Oppi todellisuuden yleisimmistä periaatteista, rakenteesta ja koostumuksesta.

Monadi

Leibnizin metafysiikan peruskäsite, todellisuuden äärimmäinen yksikkö.

Monadologia

Leibnizin metafyysinen teoria.

Rationalismi

Järkeisusko. Näkemys, joka korostaa järjen tai käsitteellisen päättelyn asemaa kokemuksen ja aistihavainnon kustannuksella.

Substanssi

Todellisuuden perimmäinen aines. Substanssin luonne vaihtelee eri teorioissa.

Lähteet

Ait85 Aiton, E., Leibniz a Biography. Adam Hilger, 1985.

Bar92 Barrow, J., Lukujen taivas. Art House, 1992.

Burn01 Burnham, D., Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) Metaphysics. The Internet Encyclopedia of Philosophy. http://www.utm.edu/research/iep/l/leib-met.htm, 2001.

Con98 Connor, J., Robertson, E., Gottfried Wilhelm von Leibniz. http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Mathematicians/Leibniz.html, 1998.

Kur85 Kurola, O., Kuka kukin oli matematiikan historiassa. Oulun yliopisto, Matematiikan laitos, 1985.

Mar87 Martin, D., Mathematical Logic and the Origin of Modern Computers. Studies in the History of Mathematics, The Mathematical Association of America, 1987, 137-165.

Roi97 Roinila, M., G. W. Leibniz's Philosophy and Practical Projects. Lisensiaattitutkimus, Helsingin Yliopisto, Yleisen Historian laitos, 1997.

Saa85 Saarinen, E., Länsimaisen filosofian historia huipulta huipulle Sokrateesta Marxiin. WSOY, 1985, 155-175.

Sty69 Styazhkin, N., History of Mathematical Logic from Leibniz to Peano, The Massachusetts Institute of Technology, 1969, 57-92.

Wag96 Wagner, B., History of Science Research Paper: Early developments in computers (to the mid 1800s). http://filebox.vt.edu/users/brwagne2/comphist.htm, 1996.