

Bittikosmologia

Tekniikka on aina kiehtonut ajattelijoita. Vuosisatoja sitten todellisuus haluttiin nähdä kellokoneistona ja vähän myöhemmin höyrykoneena. Nykyisin ykkösehdokas kaiken malliksi on kuitenkin tietokone.

Teksti: Ville-Matias Heikkilä Kuvat: Ville-Matias Heikkilä

Tässä jutussa kerrotaan tietotekniikan inspiroimista todellisuuskäsityksistä. Tietotekniikan pohjalla on matemaattisia rakenteita, jotka keksittiin kauan ennen tietokoneita ja joihin on liitetty mystiikkaa jo alusta saakka. Kahdesta erilaisesta symbolista muodostuvat jonot ovat yksi näistä. Pääsemme siis aloittamaan tarinamme tuhansien vuosien takaa.

Bitit ennustajina

Ehkä tunnetuin ja vanhin bittijonoihin perustuva ennustusmenetelmä tulee Kiinasta. Menetelmässä arvotaan kuvio, joka koostuu kuudesta vaakasuorasta tikusta. Kukin tikku voi olla joko ehjä tai katkonainen. Lisäksi tikku voi olla siirtymävaiheessa päinvastaiseen tilaan. Muinainen ennustusopas nimeltä *I Ching* (Muutosten kirja) kertoo, kuinka kuuluu tulkita kukin 64 mahdollisesta kuvioista mahdollisine bittimuutoksineen.

Bittiennustaminen vaikutti syvästi siihen, kuinka todellisuutta ruvettiin käsittämään kiinalaisessa filosofiassa. Maailmankaikeuden ajateltiin olevan täynnä asioita, jotka muuttuvat aktiivisen *jang*-tilan ja passiivisen *jin*-tilan välillä. Monimutkaisempien muutosketjujen taakse miellettiin pitempiä bittijonoja. Esimerkiksi kuhunkin kolmen bitin kuvioon eli trigrammiin yhdistyy jokin kiinalaisten viidestä elementistä (tuli, vesi, maa, puu tai metalli).

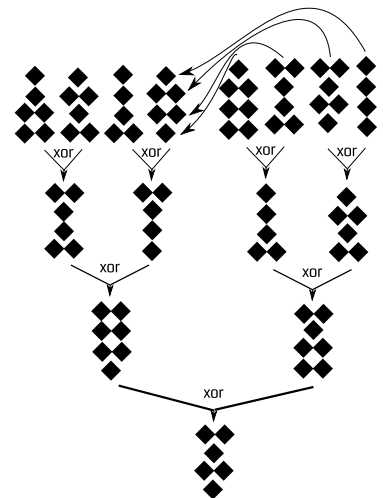
Myöhemmin ilmestyi ennustusopas nimeltään *Tai Xuan Jing* (Suurten ihmeiden kirja), jota voi pitää eräänlaisena trinäärisenä kilpailijana binääriselle *I Chingille*. Opas lisäsi jin- ja jang-tikkujen joukkoon kahdesti katkaistun tikun, joka kuvaa ihmisyyttä (*ren*) ja joka antoi merkityksen kullekin 81:lle neljän tritin yhdistelmälle.

Myös muualla maailmassa on harjoitettu binääriennustamista. Länsiafrikkalaiset järjestelmät käyttävät kuusibittisten yhdistelmien sijaan kahdeksanbittisiä, jotka esitetään kahtena vierekkäisenä nelibittisenä kuviona. Kuviot koostuvat yksittäisistä ja parittaisista kivistä. Yhdistelmä arvotaan heittämällä kahdeksasta simpukankuoresta koostuvaa opele-ketjua, jossa kukin kuori asettuu joko kupera tai kovera puoli ylöspäin. Järjestelmästä käytetään sentapaisia nimiä kuin *Ifa*, *Afa* tai *Fa*.

Bittien tulkintatavat eroavat toisistaan huomattavasti. Nigeriassa elävät *igbot* liittävät kuhunkin yhdistelmään vain yksinkertaisen sanan tai käsitteen, esimerkiksi *nähdä* tai *myrky*. *Jorubat* puolestaan liittävät kuhunkin yhdistelmään pitkän tarinan, ja näin bittijonot toimivat indekseinä, jotka auttavat pitämään suullista perimätietoa kasassa. *Gbe*-kansat puolestaan antavat kahdeksanbittisen tunnuksen paitsi tarinoilleen, myös kasveille, eläimille, tapahtumille, ruokatabuille ja yleensäkin kaikille maa-

ilman ilmiöille.

Euroopassa ja Lähi-idässä tunnettu binääriennustusmenetelmä on nimeltään *geomantia* tai *ilm al-raml*. Geomantiassa arvotaan aluksi neljä neljän bitin sarjaa, joita pyörittämällä ja biteittäin yhteen laskemalla (*xor*) saadaan aikaan kartta, joka muodostuu 15:stä neljän bitin sarjasta. Kartan kohdat vastaavat elämän eri osa-alueita samaan tapaan kuin astrologiset huoneet. Geomantia jäi kuitenkin Euroopassa melkoisen harvinaiseksi menetelmäksi. Täällä oli jo Euklideen ajoista alkaen ihannoitu matemaattista jatkuvuutta, ja niinpä ennustajatkin seurasivat



Geomantiaa: oikean yläkulman neljä nelibittistä kuviota arvotaan, ja loput muodostetaan niistä pyörittämällä ja xor-operaatiolla. Kunkin kuvion merkitys riippuu sen koostumuksesta ja sijainnista.



Leibnizin hahmotelma binäärijärjestelmää juhlistavaksi medaljongiksi.

mieluiten planeettojen tasaisia liikkeitä taivaalla ja rakensivat salaoppinsa niiden pohjalle.

Binääriaritmetiikan uskonnollinen esiinmarssi

Nykyisen ykköseen ja nollaan perustuvan binäärilukujärjestelmän keksijänä pidetään saksalaista yleisneroa Gottfried Leibnizia (1646–1716), joka kaiken muun ohella kehitti myös differentiaalilaskennan ja rakensi yhden ensimmäisistä mekaanisista laskukoneista. Myös hän liitti binäärijärjestelmään uskonnollista mystiikkaa.

Leibniz oli ilmeisestikin saanut idean binäärilukujärjestelmästä jo aiemmin, mutta hän innostui kirjoittamaan siitä vasta käytyään kirjeenvaihtoa jesuiittojen kanssa. Kiinassa lähetystyötä tehneet jesuiitat liittivät erääseen kirjeeseensä kuvan kahdeksasta I Chingin trigrammista, jotka Leibniz yhdisti oitis binäärilukujärjestelmään. Se, että täysin vieras kansa oli toisella puolella maailmaa onnistunut löytämään saman matemaattisen periaatteen, oli Leibnizille merkki binäärijärjestelmän universaaliudesta. Koska kyseessä näytti olevan yksinkertaisin mielekäs lukujärjestelmä, varmastikin myös Jumala käyttäisi sitä. Kenties binääriluvuissa olisi salattuja merkityksiä, tai ehkäpä ykköset ja nollat olisivat koko kaikkeuden perustana.

Juutalaisessa mystiikassa on ajatus nimeltä *tzimtzum* 'vetäytyminen'. Sen mukaan maailmankaikkeus oli alussa täynnä jumaluutta, joka tietyistä kohdista valikoidusti vetäytymällä antoi maailmallemuodon. Leibniz sovitti idean binäärijärjestelmään. Jumala eli ykkönen jättäisi vetäytyessään jälkeensä tyhjää eli nollia, joista maailma syntyisi. Leibniz innostui ajatuksesta niin paljon, että suunnitteli siitä kertovan hopeamedaljongin. Toeuttamatta jääneeseen medaljonkiin oli tarkoitus tulla taulukko binääriluvuista ja niiden desimaalivastaineista, esimerkit binäärisestä yhteen- ja kertolaskusta sekä

ajatus "unus ex nihilo omnia" eli "yksi [luo] tyhjästä kaiken".

Luvuista rakentuva maailmankaikkeus oli kuitenkin Leibnizin aikaan jo vanha idea. Kun kreikkalaiset filosofit noin 2500 vuotta sitten kiistelivät siitä, olisiko maailmankaikkeuden peruselementti kenties vesi vai tuli, Pythagoras Samoslainen astui ihan kunnolla laatikon ulkopuolelle ja totesi sen olevan *arithmos* eli luku. Pythagoraan opetuksista lähteneet rönnyt vaikuttivat luonnontieteiden syntyyn mutta samalla ohjasivat ajattelua uralle, jota ruvettiin kunnolla kyseenalaistamaan vasta 1900-luvulla.

Elämmekö soluautomaatissa?

Kun tietokoneet yleistyivät tiedepiireissä, niitä haluttiin käyttää esimerkiksi maailman ilmiöiden simulointiin. 1960-luvulla nousi matematiikan ala nimeltä *symbolinen dynamiikka*, jossa maailman jatkuvia prosesseja pyritään mallintamaan soluautomaateilla ja muilla symbolijärjestelmillä. Aikakaudella vallinnut kyseenalaistava henki antoi pontta myös ajatukselle, jonka mukaan maailma ei olisi pohjimmiltaan jatkuva vaan diskreetti: symbolinen dynamiikka ei siis tarjoaisi maailmasta vain pikselöitynyttä likiarvoa, vaan todellisuus voisi oikeastikin koostua "paliakoista". Esimerkiksi fyysikoiden aiemmin löytämät energiakvantit voisivat olla heijastumaa tästä diskreettiydestä.

Saksalainen tietotekniikkapioneeri Konrad Zuse kirjoitti vuonna 1969 kirjan *Rechnender Raum* (Laskeva avaruus), jossa hän esitti hypoteesin, jonka mukaan maailmankaikkeus olisi pohjimmiltaan kuin soluautomaatti tai muu tietokonemalli. Kirja loi perustan uudelle näkökulmalle, jota ruvettiin kutsumaan digitaalifysiikaksi.

Ehkä tunnetuin soluautomaatti on John Conwayn kehittämä *Game of Life*. Suoraviivaisimmillaan oma maailmankaikkeutemme voisi olla Game of Lifen kolmiulotteinen versio, jossa erilaiset paikalliset liiturien ja muiden kuvioiden rykelmät vastaavat esimerkiksi kvarkkeja ja välittäjähiukkasia. Soluautomaatin ei kuitenkaan tarvitse vastata havaittavaa fyysikaalista maailmaa näin säntillisesti. Pohjalla voisi aivan hyvin olla vaikka yksiulotteinen Turing-täydellinen soluautomaatti, joka Turing-täydellisyytensä vuoksi pystyy samaan kuin kaikki kolmitai vaikka viisiulotteiset automaattitkin.

Jokainen tietokoneohjelma on universumi

Millainen laskentamekanismi maailmankaikkeuden pohjalla sitten olisi?

Leibniz oli sitä mieltä, että Jumala oli luonut parhaan mahdollisen maailman – sellaisen, joka synnyttää mahdollisimman paljon monimuotoisuutta mahdollisimman yksinkertaisista periaatteista. Jos tätä ajatusta viedään pidemmälle, voidaan päätyä maailmaan, johon kuuluvat kaikki mahdolliset maailmat. Voi hyvinkin olla yksinkertaisempaa kuvata periaate, joka tuottaa kaikenlaiset universumit luonnonlakeineen ja vakioineen, kuin kuvata vain yksi tietty vaihtoehto. Sama ajatus on esimerkiksi kosmologi Max Tegmarkilla, joka tunnetaan matemaattisen ja fyysikaalisen olemassaolon samais-tavista multiversumiteorioistaan.

Tekoälytutkija Jürgen Schmidhuber esitti vuonna 1997, että todellisuuden voisi kuvata pelkistettynä mutta muisti-avaruudeltaan rajattomana tietokoneena, joka ajaa kaikkia mahdollisia ohjelmiaan samanaikaisesti. Vaikka suurin osa ohjelmista ei tekisikään mitään tolkullista, niiden joukkoon kuuluisivat myös kaikki mahdolliset maailmankaikkeuksien mallit, jotka siis toteutuisivat olemassa olevina maailmankaikkeuksina. Tämä ajattelutapa edustaa pankomputationalismia, jossa todellisuus ei ole pelkästään täysin mallinnettavissa ohjelmoitavalla tietokoneella vaan se pohjimmiltaan myös on sellainen.

Kaikki mahdolliset maailmankaikkeudet eivät kuitenkaan näytä olevan meille yhtä todennäköisiä asuinpaikkoja. Koska pitempiä ohjelmia on huomattavasti enemmän kuin lyhyempiä, älyllisiä olentoja ilmestyisi eniten sellaisiin maailmoihin, joista saa monimutkaisuuksensa vuoksi hädin tuskin tolkkua. Luonnonlait olisivat täynnä omituisia poikkeuksia mutta kuitenkin riittävän säännönmukaisia kehittämään ja ylläpitämään älyllistä elämää. Meidän maailmamme ei nähtävästi ole tällainen, sillä sen luonnonlait tuntuvat tiivistyvän melkoisen ytimekkäiksi matemaattisiksi lausekkeiksi. Todellisuusselitykseen tarvitaan siis jotain, joka painottaa yksinkertaisempia malleja.

Ongelman ratkaisu voisi löytyä siitä, kuinka todellisuus jakaa laskenta-aikaansa eri maailmankaikkeuksille. Ohjelmia voitaisiin esimerkiksi ajaa sitä hitaammin, mitä pitempiä ne ovat. Jos perimmäistä todellisuutta ei haluta kuvitella ajalliseksi, voidaan laskenta-ajan sijaan ajatella, että lyhyempien ohjelmien tulosteet saavat osakseen "enemmän olemassaoloa" kuin pitempien, ja sen vuoksi koemme todennäköisemmin juuri niitä.

Schmidhuber haluaa nähdä maailmankaikkeuden pohjalla perinteisen Tu-



Hiukkasentapaisten törmäilyä alkeissoluauto-
maatti 110:ssä. Satakymppi on Turing-täydellin,
joten se voisi teoriassa pyörittää meikä-
läistenkin todellisuutta.

ringin koneen, jolla on kuitenkin omat suorituskykyongelmansa. Kvanttimekaniikan kummallisuudet ovat melkoisen raskaita laskettavia Turingin koneen tapaan toimivilla koneilla, minkä fyysikot ovat simulaatioita tehdessään huomanneet. Kvanttifysiikka David Deutsch käyttää omassa mallissaan Turingin koneen kvanttiversiona, joka antaa paremmat toteutumismahdollisuudet erilaisille kvanttitaso- outouksille.

Simulaatiota simulaation päälle

Yksi tietojenkäsittelyn peruspilareista on Churchin-Turingin teesi, jonka mukaan kaikki tietokoneet ja tietojenkäsittelyn mallit pystyvät suorittamaan täysin samat tehtävät, mikäli muistitilaa on tarpeeksi. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että erilaiset tietokoneet pystyvät emuloimaan toisiaan tarkasti. Digitaalifysiikassa se voisi tarkoittaa, että pienempiä maailmankaikkeuksia voidaan simuloida isompien sisällä. Simulaatio voi olla niin tarkka, ettei simulaatiossa elävä pysty mitenkään havaitsemaan, ettei hänen maailmansa ole itsenäinen universumi.

Transhumanistifilosofi Nick Bostrom esitti vuonna 2003 niin kutsutun simulaatiohypoteesin. Mikäli pienikin osuus ihmisen kaltaisista sivilisaatioista pääsee tasolle, jossa sillä on sekä valtavasti laskentakapasiteettia että kiinnostusta "menneisyys-*simulaatioita*" kohtaan, se todennäköisesti ryhtyy toteuttamaan sellaisia. Vieläpä niin valtavissa määrin, että simuloituja elämiä on kaikkeudessa lopulta paljon enemmän kuin simuloimattomia.

Monet transhumanistit puhuvat teknologisesti singulariteetista, mutta kosmologi Frank J. Tipler menee vielä pi-

demälle. Tipplerin mukaan universumi saavuttaa luhistuessaan kosmologisen singulariteetin, *omegapiste*, jossa universumin laskentakapasiteetti paukahtaa äärettömäksi. Tällaisella laskentakapasiteetilla simuloituvat kaikki mahdolliset maailmankaikkeudet, ja kukin simulaatio voi kestää äärettömän pitkään.

Äärettömyys palauttaa meidät takaisin monimutkaisuusongelmaan. Jos olemme jo *omegapisteessä*, elämme todennäköisesti simulaatiossa mutta vielä todennäköisemmin simulaation sisäisessä simulaatiossa. Sisäkkäisiä tasoja on todennäköisesti aivan tolkuton määrä. Tarvitsemme kenties jonkin vielä vahvemman periaatteen, joka sijoittaa elämämme todennäköisemmin simulaatioiden ulko- kuin sisäpuolelle?

Voiko universuminsa valita?

Kaikkien mahdollisten tietokoneohjelmien joukossa on toki paljon muutakin kuin maailmasimulaattoreita. Esimerkiksi minkä tahansa elokuvan voi pakata ohjelmaksi, joka tulostaa sen. Mikäli kaikki erilaisten maailmasimulaattorien tuottamat maailmat ovat olemassa, pitäisi myös jokaisen elokuvan olla samaan tapaan olemassa itsenäisenä olionaan, joka ei tarvitse maailmankaikkeutta alleen.

Jos tietty elokuva halutaan pakata mahdollisimman lyhyeksi ohjelmaksi laitevaatimuksista piittaamatta, kannattaa ohjelmaan kuitenkin ympätä maailmasimulaattori. Mikäli elämme yksinkertaisessa maailmassa, simulaattoriohjelma on todennäköisesti lyhin mahdollinen ratkaisu. Ohjelma käytännössä simuloisi maailman, jossa elokuvantekijät syntyvät, elävät ja toteuttavat elokuvansa. Elokuvan valmistuttua simulaatiossa ohjelma lukisi sen solutaulukosta ja tulostaisi sen. Jos käytössämme olisi ääretön laskentakapasiteetti, ei meidän tarvitsisi edes suunnitella simulaattoria. Voisimme yksinkertaisesti vain käydä läpi kaikki mahdolliset ohjelmat lyhimmästä alkaen, kunnes vastaan tulee ohjelma, joka tulostaa elokuvan.

Simulaattorin ei tarvitsisi täysin vastata omaa universumiamme. Riittää, että itse elokuva tulostuu oikein. Tarkalleen saman elokuvan voi siis toteuttaa lukemattomilla eri tavoilla erilaisissa maailmankaikkeuksissa. Tämä avaa mielenkiintoisia näkökulmia myös ihmiselämän ja pankomputationalistisen todellisuuden suhteeseen.

Ihmiset vertaavat usein elämäänsä filmiin, joka sisältää kaikki elämän aikana koetut aistimukset, ajatukset, tunteet ja muut kognitiot. Myös tällainen elämän-

filmi voidaan olettaa itsenäiseksi olioksi, joka on riippumaton maailmankaikkeuksista mutta joka voidaan kuvata monien mahdollisten universumien avulla. Voisi jopa sanoa, että elämme elämämme samaan aikaan kaikissa mahdollisissa universumeissa, joissa elämäkokemuksemme pystyy toteutumaan. Eri ihmisillä voi olla hyvinkin erilainen universumijoukko, eli jokaisella on oma yksilöllinen todellisuutensa.

Tietyissä älykköpiireissä suosioon ovat nousseet äärimmäisen relativistiset elämäkatsomukset, joissa todellisuus on paitsi yksilöllinen, myös yksilön tietoisesti valittavissa. Peter J. Carrollin kaaosma-*gia* perustelee käsitystä kvanttimekaniisella multiversumilla, jossa tietoisuus etenee rinnakkaismaailmasta toiseen. Yhtä hyvin sitä voisi perustella myös pankomputationalistisen maailmankuvan kautta.

Onko tässä lopulta perää?

Tietokoneena kuvattu todellisuus vetoaa nykyihmisiin monin tavoin, ovathan digitaaliset virtuaalimaailmat arkipäivää. Simuloidun todellisuuden ajatusta on käsitelty valtavirtavihteessäkin jo hyvän aikaa. Jos bittikosmologiset rakennelmat uppoavat jopa maallikoihin, saattavat ohjelmoijat ottaa ne vastaan suorastaan valaistuksenomaisesti. Oman alan teoria ei pädekään enää vain tietyillä sovellusalueilla vaan on avain koko todellisuuden ymmärtämiseen. Tiedepiireissä bittikosmologia on omiaan tuulettamaan luutuneita dogmeja ja avaamaan uusia näköaloja.

Kaikista valaistumiskokemuksista huolimatta kannattanee kuitenkin muistaa, että tietokonemetafora kertoo todennäköisesti enemmän meistä itsestämme ja nykykulttuurista kuin perimmäisestä todellisuudesta. Kun järjestäytyneet yhteiskunta oli uusi asia, haluttiin maailma nähdä eri asioihin erikoistuneiden jumalten ohjaamana. Kun höyrykone mullisti elämää, syntyi termodynamiikan kaltainen psykodynamiikka selittämään, kuinka ihmismieli käy kuumana ja päästelee höyryjä.

Parin sadan vuoden päästä saatamme jo naureskella sille, kuinka joskus uskoimme tietotekniikan olevan koko todellisuuden avain. Sitä, kuinka höyrypää odottivat erilaisia singulariteetteja ja ties kuinka monennen sukupolven virtuaalitodellisuuksia kuin mitäkään uskovien ylöstempausta. Mutta älkäämme murehtiko myöhempien sukupolvien tuhahteluja nyt vaan nauttikaamme näköaloista, kun ne ovat vielä tuoreita! 🚀