Orponen, Pekka

Tietotekniikkaa ennen tietokoneita - Alan Turing ja tietotekniikan kiehtovat alkuvaiheet

Published in:
Tietoa

Julkaistu: 01/01/2003

Document Version
Early version, also known as pre-print

Please cite the original version:
Orponen, P. (2003). Tietotekniikkaa ennen tietokoneita - Alan Turing ja tietotekniikan kiehtovat alkuvaiheet. *Tietoa*, (4), 4-6.

TIETOTEKNIIKKAA ENNEN TIETOKONEITA --
Alan Turing ja tietotekniikan kiehtovat alkuvaiheet

Pekka Orponen
Teknillinen korkeakoulu
Tietojenkäsittelyteorian laboratorio

Tietotekniikan lyhyen historian katsotaan usein alkavan ENIAC-tietokoneen valmistumisesta Philadelphiassa Yhdysvalloissa syksyllä 1945. Lähemmässä tarkastelussa tämä tietotekniikan alkuhetken valinta osoittautuu kuitenkin joko jonkin verran liian varhaiseksi tai aivan liian myöhäiseksi.

Juhlapäivän varhaisuutta voi perustella sillä, että ENIAC ei vielä noudattanut niitä nykyaikaisen tietokoneen rakenneperiaatteita, jotka esitettiin ensimmäisen kerran matemaattisen yleisneron John von Neumannin toimittamassa EDVAC-raportissa ("First Draft of a Report on the EDVAC"). ENIACin alkuperäiset suunnittelijat Presper Eckert ja John Mauchly eivät muun muassa olleet vielä rakennustyön alkaessa keksineet koneen muistiin tallennetun ohjelman ideaa, vaan ENIACia ohjelmointiin kömpelösti kytkintaulujen avulla: nykylaitteista kone muistutti siis paremminkin näppäinjonojen tallennusta tukevaa taskulaskinta kuin yleiskäyttöistä tietokonetta.

Muistiin tallennetun ohjelman periaate keksittiin vasta John von Neumannin liityttyä Pennsylvanian yliopiston tietokoneryhmään ja julkaistiin, ilmeisesti Eckertin ja Mauchlyn lupaa kysymättä, em. EDVAC-raportissa kesäkuussa 1945. Philadelphian tietokoneryhmän hajottua sodan loppumisen takia sekä EDVAC-raportin synnyttämiin katkeriin patentti- ja prioriteettikiistoihin viivästyi ensimmäisten EDVAC-tyyppisten "nykyaikaisten" tietokoneiden valmistuminen syksyyn 1949. Tällöin valmistuivat jokseenkin samanaikaisesti Manchesterin yliopiston Mark I- ja Cambridgen yliopiston EDSAC-laitteistot.

Vuosikymmeniä näiden ensimmäisten tietokoneiden valmistumisen jälkeen hämmästeltiin sitä, miten nopeasti britit olivat omaksuneet uuden amerikkalaisen teknologian ja joksikin aikaa jopa ohittaneet sen alkuperäiset kehittäjät. Vasta 1970-luvulla, joidenkin Britannian sodanaikaisten tiedusteluasiakirjojen tullessa julkisiksi, alkoi selvitä että Britannian varhaiset tietokoneprojektit olivatkin pitkälti omalähtöistä ja perustuivat useiden avainhenkilöiden, kuten Manchesterin koneen suunnitelleiden matemaatikoiden M. H. A. Newmanin, Alan Turingin ja I. J. Goodin sodan aikana huippusalaisissa radiotiedusteluhankkeissa tekemään tutkimus- ja kehitystyöhön.

Manchesterin yliopiston tietokonehankkeen käynnistäjä oli maailmankuulu topologi ja Royal Societyn jäsen Max Newman, joka sodan aikana oli johtanut saksalaisten viestiliikenteen salauksen purkamiseen tähdännyttä laitteistokehitystyötä Britannian radiotiedustelun tutkimuskeskuksessa "Government Code and Cypher School"issa, Pohjois-Lontoossa sijaitsevassa Bletchley Parkin kartanossa. Bletchley Parkin järjestelmien avulla britit onnistuivat murtamaan mm. useita Atlantin sukellusvenesodan kannalta ratkaisevan tärkeitä saksalaisten käyttämän Enigma-salauslaitteen koodeja.

Koodinmurtotyöhön kehitettiin Bletchley Parkissa ensin reletekniikkaa käyttävä erikoislaite "Bombe" 1940 ja sitten sarja radioputkista koostuvia, edellistä massiivisempia ja yleiskäyttöisempiä "Colossus"-koodinmurtolaitteita vuodesta 1943 alkaen. Sekä toteutustekniikaltaan että käyttötavoiltaan Colossukset näyttävät monin tavoin muistuttaneen ajallisesti pari vuotta myöhempää ENIACia, joskin sovellusalueiden erot (numeerinen laskenta vs. kryptologinen päättely) olivat johtaneet myös eroihin toteutuksissa. Ellei näiden koneiden olemassaolo olisi ollut brittiläinen valtionsalaisuus 1970-luvun alkuun asti, olisi tietokoneiden varhaishistoria kirjoitettu toisin.

Newmanin Bletchley Parkin ryhmän tähtikryptologi ja varhaisten Bombe-laitteiden suunnittelija oli nuori matemaatikko Alan Turing, joka oli opiskellut Cambridgessa Newmanin johdolla 1935-36.

Turing oli monin tavoin mielenkiintoinen ja kompleksinen persoona, jonka elämäkerran pohjalta on laadittu jopa melko hyvin menestynyt, Suomenkin teattereissa ja televisiossa esitetty näytelmä.

Turing oli osallistunut kevätlukukaudella 1935 Newmanin Cambridgessa järjestämään, matematiikan perusteita käsitelleeseen seminaariin, ja siellä tutustunut ns. Hilbertin ratkaisuongelmaan. Hilbertin ongelman selvittäminen johti Turingin siirtymään aiemmin tutkimistaan todennäköisyyslaskennan ja ryhmäteorian kysymyksistä logiikan ja matemaattisen päättelyn teorian piiriin, ja sitä kautta yhdeksi varhaisen tietotekniikan keskeisimmistä kehittäjistä.

David Hilbert, 1800-luvun lopun ehkä vaikutusvaltaisin matemaatikko, oli vuoden 1900 kansainvälisessä matemaatikkokongressissa esittänyt 23 haasteellista tutkimusongelmaa, tai oikeastaan kokonaista tutkimusohjelmaa, alkavan vuosisadan tutkijoiden selvitettäviksi. Yksi Hilbertin ongelmista koski matematiikan formalismin täydellisyyden, ristiriidattomuuden ja ratkeavuuden osoittamista.

Matematiikkaa olivat 1800-luvulla piinanneet sen perusteita ja käytettyjen päättelyjen pätevyyttä koskevat ongelmat, jotka olivat aiheutuneet peruskäsitteiden ja päättelymenetelmien puutteellisesta formalisoinnista. Aiemmat epäformaalit määritelmät ja päättelyperusteet eivät olleet kestäneet 1800-luvulla tapahtunutta tutkimuksen laajenemista ja syvenemistä, mutta vuosisadan lopulle tultaessa näytti siltä, että työ oli jälleen saatu vankalle perustalle. Hilbert asetti vuoden 1900 kongressiesitelmässään alkavan vuosisadan tehtäväksi saavutetun uuden konsensuksen täsmentämisen ja sen seikan eksaktin todistamisen, että ristiriidat eivät enää palaa. Lisäksi hänen visionaan oli, että kun uusi matemaattinen järjestelmä on saatu täsmällisesti formalisoitua ja aksiomatisoitua, voidaan ehkä laatia yleiskäyttöinen menetelmä, jonka avulla minkä tahansa täsmällisesti muotoillun matemaattisen väitteen totuus tai epätotuus voidaan ratkaista mekaanisesti, inhimilliseen intuitioon vetoamatta.

Vuosisadan alussa Hilbertin ohjelma eteni, varsinkin Bertrand Russellin ja Alfred Whiteheadin työn ansiosta, hyvän aikaa menestyksellisesti, kunnes vuonna 1930 itävaltalainen Kurt Gödel teki siitä lopun osoittamalla, että mikä tahansa riittävän vahva ja ristiriidaton matemaattinen järjestelmä (erityisesti sellainen, jossa pystytään käsittelemään kokonaislukujen aritmetiikkaa) on välttämättä myös epätäydellinen, so. sisältää tosia lauseita, joita ei voida järjestelmän päättelysäännöin todistaa oikeiksi. Hilbertin muotoilemaan tutkimusohjelmaan Gödelin tuloksella oli murskaava vaikutus, mutta pitkällä aikavälillä sen osoittama matemaattisten päättelyjärjestelmien rikkaus on ollut huomattava tutkimuksen innoittaja.

Gödelin teoreeman jälkeen Hilbertin ohjelmasta jäi selvitettäväksi vielä ratkaisuongelma, tosin uudelleenmuotoiltuna koskemaan todistuvien ja todistumattomien väitteiden mekaanista erottelua toisistaan. Kuultuaan tästä ongelmasta Newmanin seminaarissa Turing päätti pyrkiä formalisoimaan "mekaanisen ratkaisemisen" idean mahdollisimman yleisesti ja tarkastella kysymystä tästä yleisestä näkökulmasta. Työ johti Turingin kesällä 1935 määrittelemään vielä nykyisinkin tietojenkäsittelyteoreettisten tarkastelujen perustana käytetyn laskentamallin, ns. Turingin koneen, ja osoittamaan että tässä mallissa Hilbertin ongelma on ratkeamaton. Yleisesti sanoen Turing siis osoitti, että minkä tahansa riittävän vahvan matemaattisen järjestelmän ei-todistuvat väitteet muodostavat niin monimutkaisen joukon, että sitä ei voida millään yleisellä algoritmilla (Turingin koneella) tunnistaa.

Turingin konemalli ja hänen Hilbertin ongelmaa varten kehittämänsä ratkeamattomuustodistustekniikka ovat tietotekniikan myöhemmän kehityksen kannalta erittäin merkittäviä. Avainasemassa Turingin todistuksessa on nimittäin ns. universaalin Turingin koneen idea: tämä on laite, joka syötteenä saamansa kuvauksen perusteella pystyy simuloimaan minkä tahansa muun Turingin koneen toimintaa. Turingin todistuksen lähempi tarkastelu paljastaa, että juuri universaalikoneen rakentamisen mahdollisuus antaa Turingin konemallille sen yleispätevän laskentavoiman, ja tekee myös mahdolliseksi Hilbertin ongelman, samoin kuin lukuisien muidenkin matemaattisten ongelmien, osoittamisen mekaanisesti ratkeamattomiksi.

Nykykatsannossa universaalikoneen idea ei ole kovin merkillinen: kyseessä on vain laite, joka pystyy tulkkiohjelman avulla suorittamaan

jollakin yleiskäyttöisellä ohjelmointikielellä laadittuja ohjelmia. (Matemaattisessa mielessä voitaisiin siis perustellusti sanoa, että esimerkiksi se PC, jolla tämä kirjoitus on laadittu, on eräs universaalin Turingin koneen toteutus.) Mutta 1930-luvulla idea oli vallankumouksellinen: matemaattisen merkityksensä lisäksi siihen sisältyvät idullaan myös ajatukset yleiskäyttöisistä ohjelmointikielistä ja kymmenen vuotta myöhemmissä tietokoneprojekteissa niin suuria prioriteettikiistoja herättäneestä muistiin tallennetun ohjelman periaatteesta.

(Oikeudenmukaisuuden nimissä lienee syytä huomauttaa, että samaan aikaan Turingin kanssa Hilbertin ongelman osoitti ratkeamattomaksi myös Alonzo Church Princetonin yliopistossa. Churchin käyttämä formalismi, ns. lambda-kalkyyli oli päällisin puolin huomattavan erilainen kuin Turingin konemalli, mutta osoittautui sittemmin yhtä kuvausvoimaiseksi. Churchin lambda-kalkyylin pohjalta on kehitetty mm. nykyisin esimerkiksi tekoälysovelluksissa paljon käytetty LISP-ohjelmointikieli.)

Turingin työ julkaistiin lehdessä "Proceedings of the London Mathematical Society" vuonna 1937, ja on luonnollista ettei se kiinnittänyt aivan toisista lähtökohdista tietojenkäsittelyongelmia lähestyneiden ENIAC-insinöörien Eckertin ja Mauchlyn huomiota. Mutta von Neumann oli lukenut tämän artikkelin ja kirjoitti monessa yhteydessä ylistävästi Turingin perustavaa laatua olevasta tutkimuksesta. Turing myös vietti vuodet 1936-38 Princetonin "Institute for Advanced Study"ssa, jossa von Neumannkin toimi tuohon aikaan. Von Neumann jopa tarjosi vuonna 1938 Turingille paikkaa assistenttinaan IAS:ssä, mutta Turing päätti palata sodan uhkaamaan Eurooppaan.

Von Neumann ei liene missään kirjoituksessaan suoraan ilmaissut, että hän olisi saanut tallennetun ohjelman idean Turingin artikkelista, mutta ajatus on luonteva. Mahdollista on myös, että vuoteen 1943 mennessä, jolloin von Neumann liittyi ENIAC-hankkeeseen, hän oli siinä määrin sisäistänyt Turingin työn, että ajatus universaaleista laskulaitteista ja niiden yleiskäyttöisestä ohjelmoinnista tuntui hänestä itsestään selvältä. Kun ENIAC-ryhmä sitten osoitti von Neumannille mahdollisuuden tehdä näistä matemaattisista abstraktioista toimivaa todellisuutta, hän tarttui innolla tilaisuuteen, tuloksena EDVAC-suunnitelma ja nykyistenkin tietokoneiden perustana oleva "von Neumann"-laitearkkitehtuuri. Ainakin brittien tietokonehankkeisiin, sekä sodanaikaisiin koodinmurtolaitteisiin että sodanjälkeisiin varhaisiin yleistietokoneisiin, Turingin aktiivisella osallistumisella oli suora vaikutus.

Aiheesta lisää:

Aspray, William: John von Neumann and the Origins of Modern Computing. The MIT Press, Cambridge MA, 1990.

Davis, Martin: Tietokoneiden esihistoria Leibnizista Turingiin (suom. Risto Vilkko). Art House, Helsinki, 2003.

Hodges, Andrew: Alan Turing, arvoitus (suom. Kimmo Pietiläinen). Terra Cognita, Helsinki, 2000.

Williams, Michael: History of Computing Technology, 2nd Ed. IEEE Computer Society, Los Alamitos CA, 1997.

Alkuperäisartikkeleita:

Davis, Martin (toim.): The Undecidable. Basic Papers on Undecidable Propositions, Unsolvable Problems and Computable Functions. Dover Publications, New York NY, 2003. (Alkup. Raven Press, New York NY, 1965.)

Randell, Brian (toim.): The Origins of Digital Computers, 3rd Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1982.