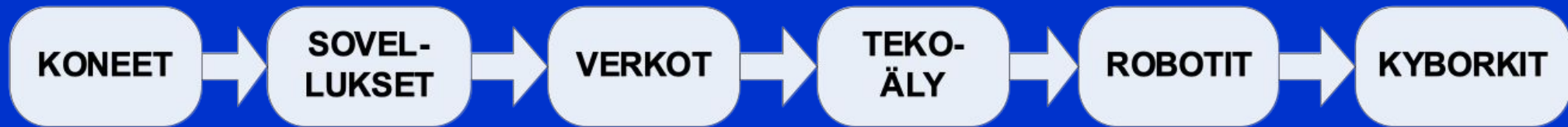
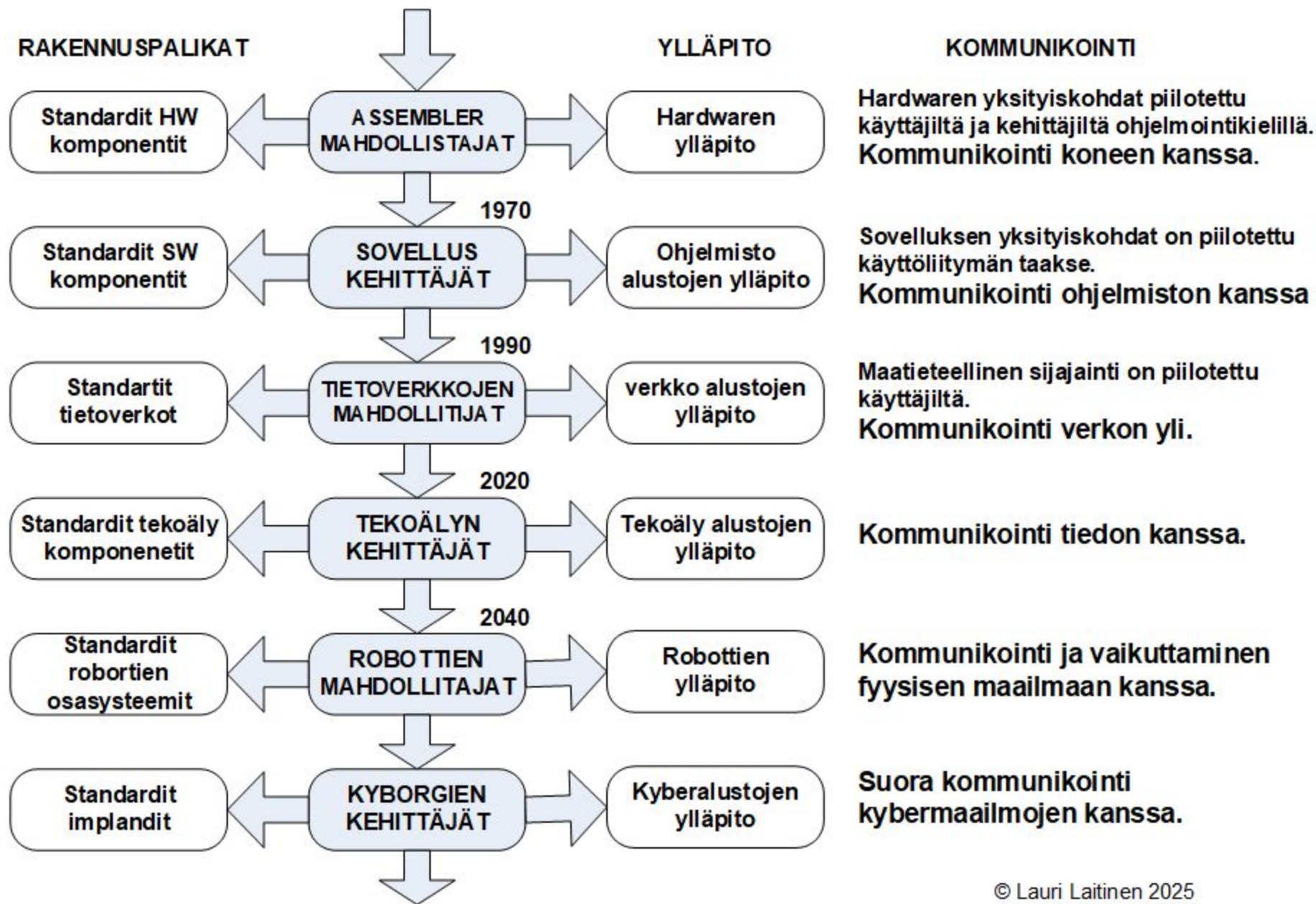


Digitalisaation sukupolvet



Lauri Laitinen



© Lauri Laitinen 2025

Sukupolvimallin historia

Laadin tämän sukupolvimallin kaaviona ensimmäisen version 1995 aloittaessani Systeemityölehden päätoimittajana (12 vuotta). Koska tekstiosuus jäi silloin kirjoittamatta, jäi se julkaisematta lehdessä.

Myöhemmin huomasin, että malli näyttää toimivan, joten täydensin ja terävöitin sitä. Vuonna 2007 pidin myös mallista Nokian Tutkimuskeskuksessa pienen sisäisen esitelmän. Sytyke-lehdessä julkaistiin 2021 nyttemmin vanhentunut versio.

Tämän tekoälystä vapaan esitelmän lähteenä on pääasiassa omat kokemukset ja havainnot, sekä lisäksi asioita on tarkistettu wikipdiasta ja google-haulla.

Huomasin lisäksi kaaviota nyt terävöittäessäni joka toisen sukupolven olevan lähinnä mahdollisuuksien kehittäjiä (enablers) ja sitä seuraavan sisältöä tuottavia hyödyntäjiä (developers).

Sukupolvella tarkoitetaan aikaa, jolloin sen tekniikka on tietotekniikan valtavirtaa. Monet sukupolvet ovat olleet vuosikymmeniä muhimassa poissa julkisuudessa tai unelmissa odottamassa tarvittavaa teknologiamurrosta.

Malliin liittyviä ideoita ja ehdotuksia voi lähettää minulle osoitteeseen **lauri-laitinen@outlook.com**.

1 Assembleristit (Assembler Enablers)

Assembleristit edustavat tietotekniikan pioneeriaikojen sankareita. Alkaen laskukoneista ja oivaltamalla, että kaiken (laskemisen, tekstinkäsittelyn, kuin toimintaohjeet ym.) voi esittää binaarisesti. 1930 luvulla kehitetty teoreettinen binäärinen Turingin kone määritteli ja todisti algoritmisen operoinnin toimivuuden ja sen rajat.

Assembleristit kehittivät käyttökelpoisen yhteyden elektroniikan ja ihmisen ymmärtämän maailman välille aluksi assembler-kielillä. Sittemmin he loivat niiden päälle enemmän tai vähemmän luonnollista kieltä muistuttavia ohjelmointikieliä perusohjelmoijien käyttöön.

Tuotteita mm. taskulaskimet

2 Sovellussuunnittelijat (Application Developers)

Sovellussuunnittelijoiden sukupolvi loi käyttäen vähintään kolmannen sukupolven ohjelmointikieliä yritysmaailmaan kaupallis-hallinnollisten ohjelmistojen infrastruktuurin ja teollisuuteen teollisuusautomaation perusohjelmistot.

Digitalisaation olemassaolo alkoi näkyä länsimaissa kaikille ihmisille. Sovellussuunnittelijat peittivät laitteiston (hardware) käyttäjiltä sovelluksen käyttöliittymän taakse.

Keskeisenä rajapintana oli ihmisen ja tietosysteemin kommunikointi.

Peruskoulutuksena sovellussuunnittelijoilla on ainakin tyypillisesti Suomessa datanomin tai yliopistollinen loppututkinto.

Sovellussuunnittelijoiden sukupolven rajoituksena oli tietojärjestelmien toiminnallinen ja fyysinen erillisuus. Tätä ongelmaa pyrittiin ratkaisemaan erilaisilla rajapintamäärittelyillä ja standardeilla.

Päätuote: kaupallis-hallinnolliset järjestelmät.

3 Verkottajat (Networking Enablers)

Verkottajien sukupolvi yhdisti tietojärjestelmät läpinäkyvästi toisiinsa. Keskeiseksi pohjateknologiaksi nousi Internet. Internet peitti käyttäjiltä järjestelmien fyysisen sijainnin ja mahdollisti hajautetun tietojenkäsittelyn. Keskeisenä rajapintana oli ihmisten keskinäinen kommunikointi (esim. some) ja kauden loppupuolella myös erilaisten ympäristötietoa keräävien sensorien liittäminen osaksi kokonaisuutta (esim. 5G). Tätä sukupolvea varten kehitettiin ICT-termi.

Johtuen tietoliikenneverkkoihin liittyvistä alkuaikojen teknisistä ongelmista verkottajat ovat toistaiseksi olleet peruskoulutukseltaan useimmiten matkapuhelin-infran luoja lähinnä diplomi-insinöörejä. Yrityksissä verkotus kuului lähinnä mikrotuen tehtäväkenttään.

Verkottajien sukupolven rajoituksena oli edelleen ihmisten rajallinen kyky kommunikoida tietojärjestelmien kanssa.

Päätuote on tietoliikenneverkot.

~~Virtuaalisoiijat (Virtualization Developers)~~

**TÄTÄ VAIHETTA EI TULLUTKAAN VERKOTTAJIEN JÄKEEN,
VAIKKA SE SILLOIN OLISI OLLUT VERKOTTAJIEN JÄLKEEN LUONNOLISTA.**

Virtualisoiijien sukupolvi olisi yhdistää tietojärjestelmät suoraan ihmisten aistimaailmaan heidän luontaisten aistiensa välityksellä. Virtualisointi ei kuitenkaan varsinaisesti pyrkinyt yhdistämään tietojärjestelmiä ihmisiin.

Virtualialisoiijien rajoituksena oli kuitenkin ihmisen biologiseen ympäristöön optimoidut lintumaiset aistit (näkö, kuulo).

Kun insinöörit ovat rakentaneet virtuaalijärjestelmien pohjastandardit, ala olisi täyttynyt lähinnä sisällöntuottajista. Näinkään ei kuitenkaan käynyt.

Aluksi tätä sukupolvea olisi edustanut mm. puhe- ja eleohjatut laitteet, jotka kuitenkin **olisivat lopulta tarvinneet tuekseen tekoälyn**. Myöhemmin olisi ollut todella toimivat visuaaliset virtuaaliset ja lisätyt todellisuudet virtuaalisine avatareineen. Ehkä myös tuntoaistia käytetään haptiseen hahmotukseen. Loppuvaiheessa kyse olisi voinut olla esim. robotisaation kautta fyysisestä maailmasta avatareineen.

Vain nämä teknologian alut ovat jääneet joidenkin pelihallien käyttöön.

Ilmeisesti virtuaalitekniikka oli niin kömpelöä, että se on jäänyt erikoistarkoituksiin sulautuen tuleviin kausiin yhtenä tekniikkana...

4 Tekoälystäjät (Artificial intelligence developers)

Tekoälyä (keinoäly, tukiäly, apuäly, jne.) on kehitetty jo vuosikymmeniä. Esimerkiksi jo 1988 puhuttiin jo neuraaliverkoista. Suoritin jo silloin neuraaliverkkokurssin.

Vasta tekstipohjainen generatiivinen tekoäly (GenAI) teki tekoälyn yleisesti tunnetuksi ja käytetyksi. GenAI toi sen näkyviin ATK:n valtavirrassa. Sitä ennen tekoälyä oli jo parin vuosikymmen ajan toiminnassa ja taustalla kehittymässä.

Nykyisin tekoälyjärjestelmät (esim. ChatGTP) vaikuttavat monoliitilta. Todennäköisesti syntyy erilaistuneita tekoälyjä, jotka keskustelevat keskenään. Esimerkiksi yksi tekoäly keksi ideoita ja toinen kritisoi (HS 250309).

Ja lähes varmasti syntyy mm. poliittista syistä vallanpitäjien yms. toimesta toisia tekoälyjä valvovia ja sensuroivia tekoälyjä. Jne.

Tekoälyjärjestelmien kriittinen resurssi on virrankulutus. Mitä enemmän virtaa käytetään laskentaan, sitä paremmat tulokset. Tämä erottanee yleensä ilmaiset ja maksulliset palvelut. Tällä hetkellä taitaa kiinalainen Deepseek johtaa virtatehokkuutta.

GenAI on joukko algoritmeja. GenAI ei pelkästään etsi seuraavan sanan todennäköisyyttä, vaan osaa palata takaisin arvioituaan umpikujaan joutumistaan, jne.

AutomaattinenTietojenKäsittely (ATK) alkaa oikeasti toteutuu vasta tekoälyllä.

Yleistä tekoälyä ”artificial general intelligence (AGI)” odotetaan ja myös pelätään.

4 Tekoälyn vaikutuksia

Tekoäly tulee sulauttamaan itseensä monia aikaisempia tekniikoita esim. virtuaalitodellisuudet, lisätyt todellisuudet jne.

Tekoälyn yhteydessä on syntynyt mm. digitaalisten kaksosten käsite, joka vastaa olio-ohjelmoinnissa olioita. Digitaaliset kaksoset tallentavat tietoa kohteestaan ja keskustelevat käyttäjänsä kanssa tekoälyllä. Tavallaan ne ovat muistioliota. Digitaalisia kaksosia voi luoda mistä tahansa tarpeellisen mutkikkaasta ajallisesti muuttuvasta kohteesta.

Tekoälyllä luotavat ihmisten digitaaliset kaksoset voivat esimerkiksi tehdä facebookin kaltaiset nykyiset mainosrahoitteiset sosiaalisen median palvelut vanhanaikaisiksi. Digitaaliset kaksoset saattavat myös aloittaa maksullisuuden Internetin palveluille. Ihmiset maksavat jo digikaksosistaan. Tuskin ihmiset haluavat mainostavia digikaksosia – paitsi somettajat.

Eräät tekoälyt käyttävät nykyään mm. syväoppimista. Syväoppimisessa neuroverkon solmut on järjestetty peräkkäisiksi kerroksiksi, jne...

Joskus on sanottu myös: Koneoppiminen antaa samasta datasta aina saman tuloksen. Tekoäly voi antaa vahtelevia tuloksia.

4 Eräs skenaario – Kirjoitus on koneita varten

Parin sukupolven jälkeen luku- ja kirjoitustaidosta on tullut hyvin harvinaista. Tilanne muistuttaa tällöin keskiaikaa, jolloin lähinnä vain munkit, juutalaiset miehet ja virkamiehet osasivat lukea ja kirjoittaa. Kirjoitustaito kehitettiin savitauluista lähtien asioiden muistiin merkitsemiseen ja tiedon siirtämiseen. Nykyisin asiat voidaan äänittää ja siirtää puheena ilman kirjoitusta.

Nykyinen genAI perustuu tekstimuotoiseen tietoon. **Tekstimuotoisesta tiedosta voikin tulla koneiden – ei ihmisten – tapa käsitellä ja säilyttää huonosti strukturoitua ihmisten puhetta.** Eräänlainen välikieli. Ellei sitten kehitellä parempia tapoja käsitellä ihmisten jorinoita. Esimerkiksi parikymmentä vuotta sitten tutkittiin mm. semanttisia verkkoja, jne. Tekstimuotoisen välikielen käyttö suoraan äänestä tallentamisen sijaan on energiatehokkaampaa.

Eli ihmiset puhuvat, puhe litteroidaan tekstiksi, tallennetaan ja käsitellään tekstinä ja luetaan halutulla äänellä.

Tässä prosessissa tosin katoaa silmien tuomat edut. Esim. kirjaa on paljon helpompi selata silmillä kuin kuuntelemalla.

5 Robotisoijat

Botti on tietokoneohjelma, joka suorittaa tiettyjä tehtäviä määriteltujen ohjeiden mukaan ainakin osittain itsenäisesti eli ilman ihmisen myötävaikutusta. Botit kuuluvat vielä tekoälyn aikakauteen.

Robotti on lopulta itsenäisesti liikkuva ympäristöään muokkaava kone, joka pystyy suorittamaan mutkikkaita tehtäviä itsenäisesti. Todellisia robotteja ei olisi voitu tehdä ilman tekoälyä.

Robotisoijat tulevat siirtämään tekoälyn robotteihin.

20 vuotta sitten eräässä EU-projektissa tajusin, että japanilaiset haluavat ihmisen näköisiä robotteja ja länsimaiset selvästi robotin näköisiä robotteja.

Tieteiskirjailija Isaac Asimov muotoili vuonna 1942 kirjoissaan niin sanotut Robottiin lait.

Ja sitten kirjoitti kirjoja, joissa lakeja pyrittiin kiertämään:

- Robotti ei saa vahingoittaa ihmistä eikä toiminnasta pidättäytymällä saattaa tätä vahingoittumaan.
- Robotin täytyy totella ihmisten sille antamia määräyksiä, paitsi silloin kun ne ovat ristiriidassa ensimmäisen pääsäännön kanssa.
- Robotin täytyy varjella omaa olemassaoloaan sikäli kuin se ei ole ristiriidassa ensimmäisen tai toisen pääsäännön kanssa.
- [myöhenpi lisäys] Robotti ei voi vahingoittaa ihmiskuntaa eikä antaa ihmiskunnan vahingoittua. *Tajusin kirjoittaessani, että tämä neljännen lisäyksen loppu tekisi roboteista ihmiskunnan holhoojia ja kaitsijoita.*

Erityistä **Avatar**-termiä on alkujaan käytetty hahmona, joka edustaa käyttäjää virtuaalimaailmassa (1992).

Alunperin se tarkoitti sanskriitin kielisen hindulaisen jumaluuden inkarnaatiota.

Termi saattaa levitä myös robotteihin eräänlaisena **mekaanisena kaksosena** esim. pelastuskäytössä.

Tai itsenäisenä esim. hoitajana, tarjoilijana, opettajana, kuljetuksissa, vartioinnissa, seurana jne.

6 Kyborgisoijat (Cyborg Enabler)

Kyborgi eli kyberneettinen organismi on olento, joka on yhdistelmä orgaanista ja teknologista materiaalia. Kyborgit voivat olla joko ihmisiä tai eläimiä, joille on asennettu teknologisia laitteita tai implantteja, jotka parantavat tai laajentavat niiden fyysisiä tai henkisiä kykyjä.

Kyborgisoijat ohittavat kommunikointia rajoittavat aistit.

Suora kytkentä aivoihin ohittaen eläimelliset aistit ei ole vielä näköpiirissä, vaikka sitäkin on jo hiukan kokeiltu. Joustava aivojen hermoverkosto suorittanee itse adaptaation. Tällöin ihmisen ja kapasiteetiltaan kasvavat koneen hermoverkot joko keskustelevat tai sulautuvat. Tämä kybernisaatio tapahtunee ainakin teknisesti jo tällä vuosisadalla.

Luultavasti aluksi käytetään kehoon upotettuja sensoreita tiedonkeruuseen. Sittemmin käytetään myös kehoon upotettujen implanttien ja keinoelinten ohjausta. Hermoverkon tilaa ja vastetta voidaan tarkkailla. Viimeisessä vaiheessa onnistutaan kommunikoidaan ihmisen hermoverkon kanssa suoraan. Luultavasti se tapahtuu biologisen hermoverkon itsensä toimesta.

Koulutus

Digitaalinen maailma rakentuu kerroksittain edellisten sukupolvien päälle. Jokainen sukupolvi sisältää itsessään myös aikaisempien sukupolvien kestävimmmät osat.

Jokainen sukupolvi luo joukon standarditeknologioita, joita kehitetään ja ylläpidetään ympäristön muuttuessa. Aina tarvitaan henkilöstöä myös kehittämään ja ylläpitämään kaikessa hiljaisuudessa aikaisempien sukupolvien teknologiota. Julkisuudessa on esillä lähinnä uusin vallitseva sukupolvi ja seuraavan sukupolven kokeilut.

Mitä pitemmälle sukupolvissa päästään, sitä vähemmän loppukäyttäjien omalla sukupolvella on merkitystä. Mahdollisesti tekoälyn aikakaudella virtualisoijat jo alkavat onnistuvat luomaan loppukäyttäjille jonkinlaisia ”teknologiavapaita” luonnollisia käyttöliittymiä.

Luultavasti ns. ATK-henkiöiden tarve alkaa vähentyä verkottajien sukupolven jälkeen. Esim. taulukkolaskenta säästi paljon sovellussunnittelijoilta ohjelmointityötä. Verkottajat tekivät tietojen siirron läpinäkyväksi. jne.

Sukupolvikierto

Ammattilaiset saavat yleensä koulutuksensa vallitsevaan sukupolveen ja mahdollisesti siirtyvät työelämänsä aikana seuraavaan.

Sitä seuraavaan sukupolveen he eivät enää sovellu.

Heidän lapsensa saavat yleensä koulutuksen seuraavaan sukupolveen.

Esim. Itse sain koulutuksen sovellussuunnittelijaksi ja siirryin verkottajaksi, mutta tekoälyyn vain käyttäjänä.