

Automaatiopyramidi lukutehtävä

Automaatiojärjestelmät 1 kurssi keskittyi automaation alimpaan tasoon, joka on suoraan tekemisissä anturien ja toimilaitteiden kanssa. Tämä lukutehtävä hahmottaa automaation kokonaiskuvaa, eli kaikkea sitä tietotekniikkaa mikä matalan tason automaatioon yhdistettynä on tarpeen kaupallisiin sovelluksiin. Perinteisesti automaatiossa on käytetty kerrosarkkitehtuuria. Aloitetaan siitä mitä tämä tarkoittaa IT alalla.

Kerrosarkkitehtuuri IT alalla

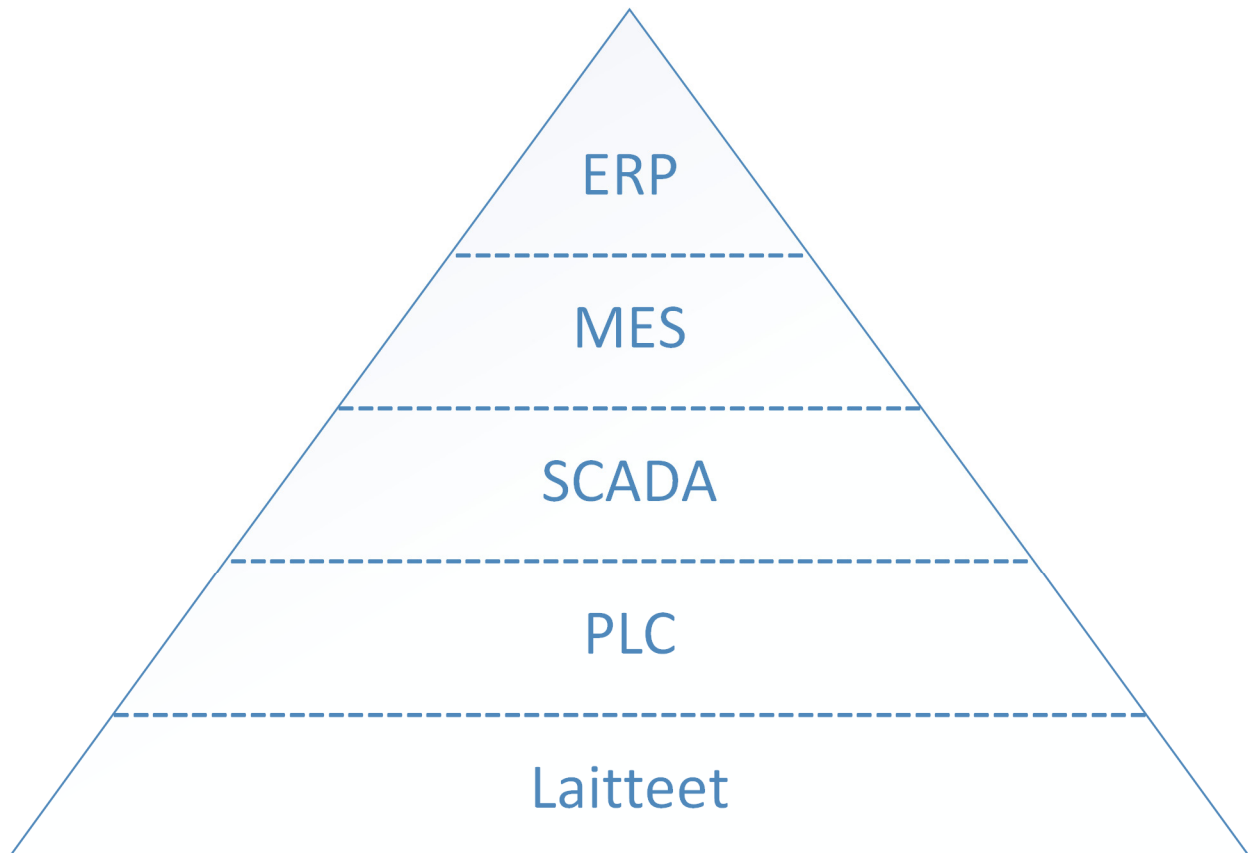
IT alalla hyvän järjestelmäsuunnittelun johtotähtenä on minimoida järjestelmän eri osien välisiä *riippuvuuksia*. Tällöin järjestelmän ymmärrettävyys, ylläpidettävyys, testattavuus ja skaalautuvuus paranevat. Alla on kuvattu hyvin yleinen arkkitehtuuri. Alimmassa kerroksessa on se koodi, joka tekee kyselyjä tietokantaan ja palauttaa vastauksen bisneslogiikalle. Jos esimerkiksi kysymyksessä on online kauppa, kysely voi koskea tietyn tuotteen saatavuutta. Tietokannan ja bisneslogiikan välillä on joku *rajapinta* (esim Javalla tai Pythonilla toteutettu), joka koostuu funktioista/metodeista, joiden avulla yhden kerroksen koodi voi kutsua viereisen kerroksen palveluita. Arkkitehtuurin hyöty käy ilmi esimerkin avulla: oletetaan että tietokanta on yleisesti käytetyllä ilmaisella MySQL ja että käyttäjämäärän lisääntyessä tarvitaan jotain skaalautuvampaa, esim PostGre tai kaupallinen Oracle tietokanta. Tietokannan vaihtamisesta koituvat muutokset rajoittuvat 'tietokanta' kerrokseen, mutta 'tietokanta' ja 'bisneslogiikka' kerrosten välinen rajapinta ei muutu, joten 'bisneslogiikka' ja 'käyttöliittymä' kerrokseen ei tarvitse koskea. Vastaavanlainen skenaario olisi käyttöliittymän ulkoasun muutos – jos käyttöliittymään ei lisätä uutta toiminnallisuutta, hyvä arkkitehtuuri mahdollistaa sen, että muutokset rajoittuvat 'käyttöliittymä' kerrokseen.



Kerrosarkkitehtuuri automaatioalalla: automaatiopyramidi

Automaatioalan vakiintunut kerrosarkkitehtuuri on kuvassa esitetty automaatiopyramidi. Siitä on useita variaatioita, esimerkiksi jos kenttäväyliä on käytössä, ne joskus esitetään joskus omana kerroksenaan. ERP (Enterprise Resource Planning) käsittelee esimerkiksi asiakkaiden tilauksia ja tavarantoimitusketjua ja pyrkii organisoimaan toiminnan siten, että resurssit ovat tehokkaassa käytössä. ERP on kuitenkin kaukana fyysisestä automaatiosta, koska sen piirissä voi olla jopa useampi tehdas, joten siellä ei ole mahdollista

suunnitella ja ajoittaa tuotteen valmistukseen liittyviä toimintoja yksityiskohtaisesti, joten tämä tehdään MES (Manufacturing Execution Systems) tasolla. MES-tasolla voidaan pyrkiä esimerkiksi minimoimaan toimitusaikaa ja optimoimaan varastojen käyttöä. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) on valvomotaso, jonka toteuttamisesta sinulla on kokemusta Automaatiojärjestelmät 1 kurssilta. Operaattori voi tällä tasolla esimerkiksi muuttaa asetusarvoja tai reagoida hälytyksiin. PLC ja laitetasot ovatkin tuttuja Automaatiojärjestelmät 1 kurssilta.



On huomattavaa, että reaaliaikaisuusvaatimukset kiristyvät, kun mennään pyramidissa alaspäin, mikä vaikuttaa käytettyihin tietoliikenne tekniikoihin. Alimmilla tasoilla käytetään yleensä teollista Ethernetiä, kenttäväyliä tai suoraan PLC:hen kytkettyä I/O:ta. MES ja ERP saattavat olla yrityksen sisäisessä Ethernet toimistoverkossa, mutta tämänhetkinen vahva trendi on siirtää niitä pilveen, jolloin liikenne tapahtuu julkisen Internetin kautta, mikä luonnollisesti aiheuttaa tietoturvaasteita. Pilvipalvelu on kuitenkin asiakkaalle mielekäs ratkaisu, koska silloin tehtaan operointiin keskittyvä yritys ei joudu asentamaan raskaita ERP ja MES järjestelmiä ja ylläpitämään toimintavarmaa datakeskusta, mikä edellyttäisi investointia IT-infrastruktuuriin ja sen operointiin kykeneviin ammattilaisiin. Näin ollen monet ERP ja MES toimittajat hyödyntävät pilvipalveluita ja ottavat vastuun järjestelmän operoinnista, jolloin riittää, että asiakkaalle annetaan web-sivun osoite. ERP ja MES ovatkin kokonaisia IT alan järjestelmiä, joiden toteutukseen on usein käytetty aiemmin kuvattua IT alan kerrosarkkitehtuuria, joten järjestelmän siirtäminen pilveen onkin helpompaa, jos arkkitehtuuri on suunniteltu siten että järjestelmän eri osien riippuvuudet on hyvin hallinnassa.

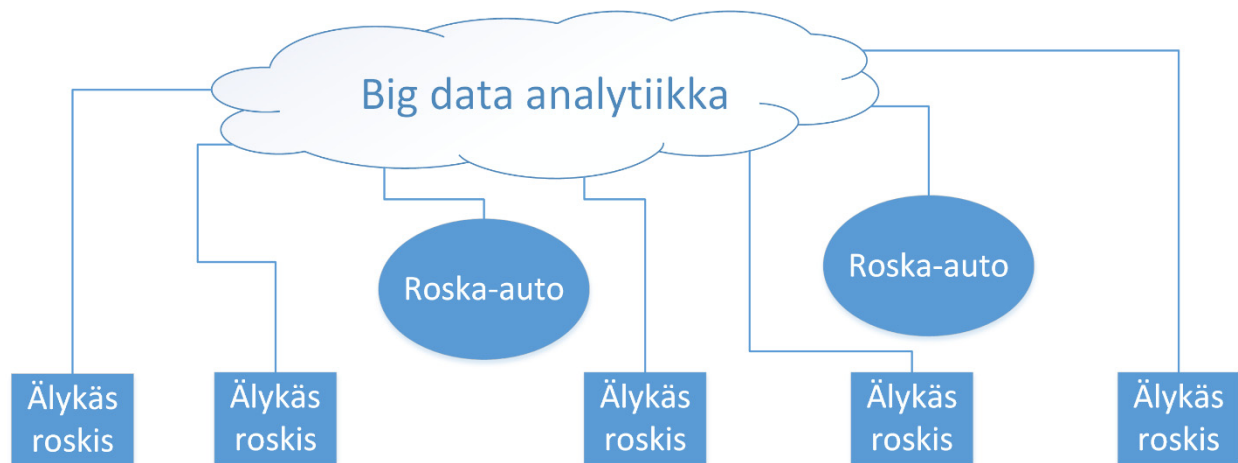
Kuvan automaatiopyramidi, kuten suurin osa Internetistä löytyvistä kuvista, on piirretty erityisesti tehdasautomaatiota silmälläpitäen. Koneautomaatiossa on erilaiset järjestelmät, mutta samankaltainen

kerrosarkkitehtuuri on havaittavissa. Siellä PLC:n rinnalla käytetään usein mikrokontrollereita ja kenttäväylä (yleensä CAN) on keskeisessä roolissa ja ohjelmistosuunnittelun keskeinen tavoite on jakaa ohjelmistoa eri PLC tai mikrokontrollerinoodeille siten, että noodien välinen tietoliikenne saataisiin optimoitua. ERP ja MES järjestelmien sijaan on sovellusalueesta riippuvat järjestelmät. Esimerkiksi konttisatamassa on YMS (Yard Management System), jonka avulla voidaan suunnitella esimerkiksi laivan lastaaminen. Tämän alla olevat järjestelmät saattavat vaihdella hyvinkin paljon satamasta toiseen riippuen sataman automaatioasteesta ja erityisesti siitä, että toimivatko työkoneet autonomisesti ilman ihmistä. Toisena esimerkkinä voidaan mainita maatalousautomaatio, joka on myös suuressa muutoksessa kun traktorinkuljettajan tehtävää ollaan automatisoimassa ja EU byrokratia tuo automaatiopyramidin huipulle monimutkaisia tietojärjestelmiä, joiden käyttöön kuluu maanviljelijän ajasta suuri osa. Yhteenvetona voidaan sanoa, että automaatiopyramidin kaltaisia järjestelmäarkkitehtuureja löytyy myös tuotantolaitosten ulkopuolelta, mutta arkkitehtuurit eivät ole vakiintuneita, kun työkoneiden käyttäjien ja kuljettajien tehtäviä automatisoidaan ja työnjohtajien tai valvontaviranomaisten tehtävien tueksi kehitellään tietojärjestelmiä.

Automaatiojärjestelmän arkkitehtuuri Esineiden Internetin aikakaudella

Automaatiopyramidi perustuu siihen, että ohjattava prosessi on instrumentoitu ja että instrumentteihin päästään käsiksi korkeamman tason järjestelmistä. Tuotantolaitosten ulkopuolella näin ei ole useinkaan ollut, koska järjestelmät saattavat kattaa suuria maantieteellisiä alueita ja sijaita ympäristöissä, joita on vaikeampi kontrolloida kuin suljettua tehdasympäristöä. Esineiden Internet (IoT – Internet of Things) ja pilvipalvelut kuitenkin nykyään mahdollistavat automaatiotratkaisujen innovoinnin uudenvuolisiin ympäristöihin, kuten älykkäisiin kaupunkoihin ja hajautettuun energiantuotantoon. Esineiden Internetissä ei ole automaatiopyramidin kaltaista vakiintunutta arkkitehtuuria. Arkkitehtuuria suunniteltaessa kannattaa huomioida sovellusalueen ominaispiirteet ja erityisesti se, että kuinka tietoliikenne voidaan järjestää minimaalisin investoinnein. Joka tapauksessa tarvitaan innovaatio, eli pitää vastata kysymykseen että ”kuka olisi valmis maksamaan tästä enemmän kuin mitä järjestelmän pystyttäminen ja ylläpito maksavat”. Jos tähän ei löydy vastausta niin IoT:n pystyttämislle ei ole edellytyksiä ainakaan yliopiston ulkopuolella.

Havainnollistetaan asiaa esimerkksiovelluksen kautta: älykäs jätehuolto. Perinteisesti jätesäiliöt käydään tyhjentämässä sovittuina aikoina riippumatta siitä, että miten täysiä ne ovat ja tämä aiheuttaa paljon tarpeetonta ajoa, mistä syntyy huomattavat kustannukset ja hiilidioksidipäästöt. Jos olisi reaaliaikainen tieto jäteastioiden täyttöasteesta niin voitaisiin optimoida kuljetukset. Alla on kuvattu IoT ratkaisu, minkälaisia on hiljattain näkynyt automaatioalan ammattilehdissä. Jäteasitoissa on anturointi ja Internet-yhteys, jolloin pilveen voidaan välittää reaaliaikainen tieto täyttöasteista. Myös roska-autojen sijainnit ja muut tiedot voidaan välittää pilveen. Näin pilveen voidaan kerätä huomattava määrä tietoa ja siellä on myös huomattava laskentakapasiteetti esimerkiksi tekoälyn tukeutuvan optimoinnin kehittämiseksi.



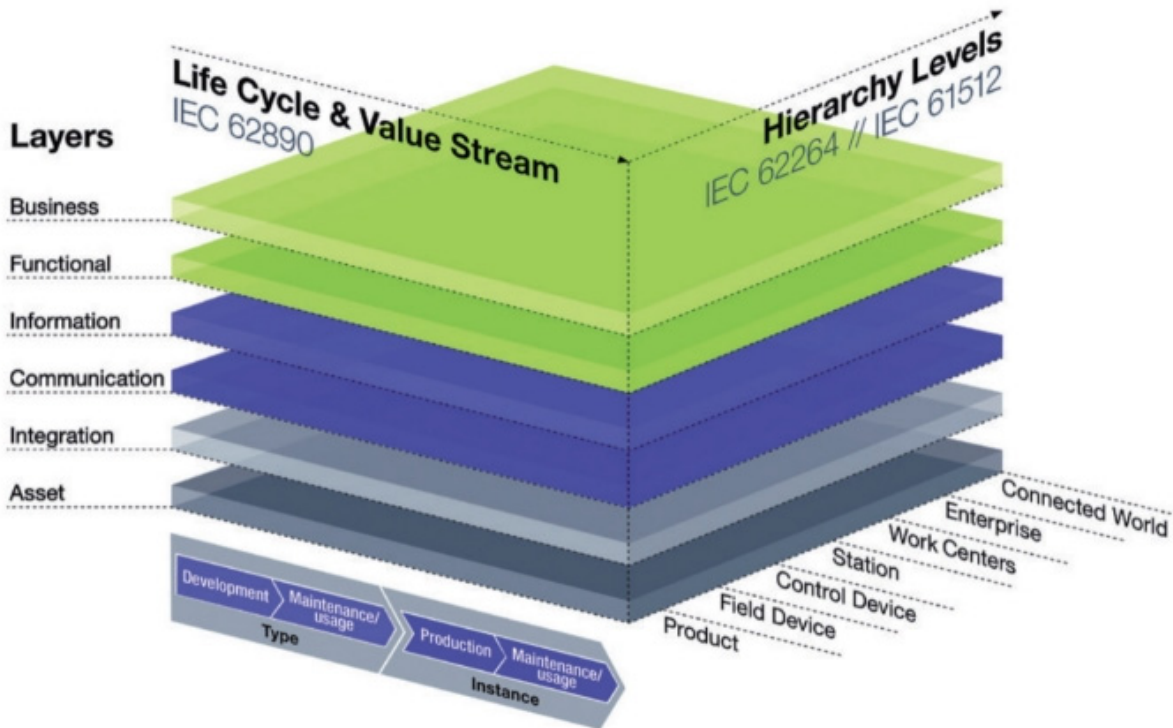
Teollinen internet ja automaatiopyramidi

Vuosituhannen vaihteen jälkeen automaatio-järjestelmiä, prosessilaitteita ja koneita toimittavissa yrityksissä havahduttiin siihen, että liiketoiminnan kannalta olisi erittäin suotavaa, jos asiakasta voisi laskuttaa toimituksen jälkeen erilaisista palveluista, kuten ennakoivasti kunnossapidosta tai prosessin optimoinnista. Tällaisten palveluiden kehittäminen edellyttää suurten datamäärien keräämistä kentälle asennetusta laitekannasta. Datan kerääminen ja palveluiden tarjoaminen eivät onnistu automaatiopyramidin kautta, niin että mennään asiakkaan MES ja ERP järjestelmien kautta, vaan tarvitaan erilaisia virityksiä. Kehitys huipentui saksalaisten ideoimaan "neljänteen teolliseen vallankumoukseen", joka tunnetaan nimellä "Industrie 4.0" (saksaksi) tai "Industry 4.0". Vuoden 2013 Hannoverin messuilla Industrie 4.0 työryhmä antoi loppuraporttinsa Saksan hallitukselle, joka on sittemmin satsannut hulppeita summia tutkimus&kehitysrahaa automaatioalan yrityksille ja tutkimuslaitoksille. Monessa muussa Euroopan maassa kuten Suomessa ei tehty tällaisia julkisia investointeja.

Industrie 4.0 perusajatus on, että kaikki tieto on saatavilla reaaliaikaisesti kaikkialla missä sitä tarvitaan. Tällöin laitteet, järjestelmät ja työstettävät kappaleetkin ovat älykkäitä ja pystyvät käynnistämään toimintoja autonomisesti. Paradigman muutos top-down ohjattuun automaatiopyramidiin on melkoinen. Joissain lähteissä jo ennustetaan automaatiopyramidin siirtymistä historiaan, mutta toistaiseksi ERP, MES ja SCADA järjestelmät eivät ole poistuneet minnekään, vaikka niiden ohitse tapahtuu paljonkin tiedonsiirtoa. Industrie 4.0 työryhmän esitys uudeksi arkkitehtuuriksi on RAMI, joka näkyy seuraavassa kuvassa. Tällä kurssilla ei ole edellytyksiä syventyä tähän arkkitehtuuriin, mutta huomataan että 'Hierarchy levels' muistuttaa jossain määrin automatiopyramidia vaikka se ei ota kantaa siihen että hoidetaanko asiat jatkossa ERP, MES ja SCADA järjestelmillä vai jollain muulla. Huomattavaa on että 'Field device' kerroksen alla on 'Product' kerros – toisin kuin automaatiopyramidissa, RAMI:ssa lähdetään siitä että tuotteet ja kokoonpanoa odottavat kappaleetkin ovat älykkäitä – niillä voi olla siru ja/tai virtuaalinen kaksoisolento jossain tietojärjestelmässä.

Jatkokurssilla "Automaation ohjelmistoprojektit" perehdytään OPC UA (Open Platform Communications- Unified Architecture) tekniikkaan johon RAMI:n "Communication" kerros perustuu. Kuten kuvasta näkyy, ideana ei enää ole, että automaatiopyramidin vierekkäisten kerrosten välillä on milloin mitään kommunikaatoratkaisuja, vaan että tieto on saatavilla kaikkialla.

Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)



<https://opccconnect.opcfoundation.org/2015/06/opc-ua-in-the-reference-architecture-model-rami-4-0/>

Reflektiokysymyksiä

Sitten kun olet miettinyt seuraavia kysymyksiä, ota yhteyttä opettajaan viikoittaisten harjoitusten aikana. Kysymyksiin ei ole yhtä oikeaa vastausta ja pisteet saa, jos on lukenut dokumentin ja ainakin tehnyt hyvän yrityksen keksiä vastauksia.

1. (1 piste) Käytännön insinööriyöt automaatiopyramidin ja RAMIn korkeammissa kerroksissa (heti kun mennään PLC ja mikrokontrolleritasolta ylöspäin) ovat lähinnä olio-ohjelmointia kielillä kuten Java, Python, C# tai C++. Teknologioiden käyttäminen edellyttää sovellusohjelmointirajapinnan (API) käyttöä. Tämän moduulin harjoitustyössä annetaan perusvalmiuksia näihin teknologioihin ja osaamista syvennetään jatkokurssilla "Automaation ohjelmistoprojektit". Tässä vaiheessa valmistaudu kertomaan että mikä on tämän hektinen taustasi olio-ohjelmointiin ja APlen käyttöön liittyen. (Kurssilaisten taustat ovat hyvin erilaisia, mutta emme oleta muuta esitietoa kuin OODIssa mainitut esitiedot).
2. (1 piste) IT alan kerrosarkkitehtuuri suojasi järjestelmän ylempiä kerroksia jos tietokantaan tulee muutos. Entä mitä apua automaatiopyramidista on, jos vaihdetaan erilainen analoginen anturi. (Anturistahan ei tule insinööriyksikköinä mittaustuloksia, kuten etäisyyttä senttimetreinä, vaan

sieltä tulee johtoa pitkin sähköinen viesti Voltteina tai Ampeereina, mikä pitää myöhemmin muuttaa insinööriyksiköiksi.) Mitä automaatiopyramidin kerroksia muutos koskee?

3. (1 piste) Automaatiojärjestelmät 1 kurssin anturitaulu-tehtävän yhteydessä luettiin RFID tekniikasta. RFID:n voi kiinnittää kappaleeseen ja siihen voi kirjoittaa tietoa esimerkiksi ladunvarmistuksesta tai muista operaatioista, joita kappaleelle on tehty. Mihin kohtaan RAMI mallia sijoittaisit tällaisen RFID:llä varustetun kappaleen.
4. (2 pistettä) Yllä kuvattiin esimerkki esineiden internet sovelluksesta jätehuoltoon. Mikä olisi joku muu esimerkki? (Jos ei tule mieleen, niin tässä vähän ideoita: älyliikenne, älykäs katuvalaistus, erilaiset terveyteen tai vanhustenhoitoon liittyvät sovellukset). Ota kantaa seuraaviin:
 - a. Mitä on tarpeen mitata?
 - b. Mitä on tarpeen ohjata? (Aina ei ole välttämättä tarpeen ohjata mitään automaattisesti – jo pelkkä valvontasovellus/seuranta voi olla hyödyllinen.)
 - c. Tarvitaanko isoja datamääriä ja niihin perustuvaa älykästä analytiikkaa ja optimointia?
 - d. Mitä investointeja idea edellyttäisi?
 - e. Kuka hyötyisi innovaatiosta ja kuka olisi valmis maksamaan siitä?