



ICT-arkkitehtuuri suurten laitosten koordinoivaan optimointiin

TEKSTI PETRI KANNISTO, DAVID HÄSTBACKA, MATTI VILKKO, TAMPEREEN YLIOPISTO, KARI RAINIO, JOUNI SAVOLAINEN, VTT, JUSSI LEINONEN, OUTOTEC OYJ
KUVAT ISTOCKPHOTO

Kun optimoidaan suuren tuotantolaitoksen toimintaa kokonaisuutena, tarvitaan kehittyneitä laskentatyökaluja. Näiden työkalujen käyttöä helpottaa sellainen tietojärjestelmien integrointitapa, joka sopii heterogeeniseen ympäristöön, helpottaa oikea-aikaista reagointia tapahtumiin sekä skaalautuu suureenkin tietoverkkoon.

Teollisissa laitosympäristöissä käytetään monasti useiden eri valmistajien järjestelmiä eri aikakausilta, mikä luo haasteita ICT-integraatioarkkitehtuuriin. Toisaalta laajoissa laitoksissa eri yksikköprosessit ovat fyysisesti hajallaan, eikä kokonaisuuden koordinointi ole helppoa. Esimerkiksi kuparinjalostamoissa on

tyypillisesti ketjuna useita yksikköprosessseja, joista osa on jatkuvatoimisia ja osa taas panosprosesseja. Näitä prosesseja ovat esimerkiksi liekkisulatus, konverterit sekä anodiuunit. Panosprosessit aiheuttavat ajoitusvaatimuksia, sillä välituotteiden lämpötaseesta on huolehdittava. Toisaalta resurssien käyttöastetta, tuotannon laatua sekä hävikkiä on voitava hallita. Edelleen

tuotanto on voitava aikatauluttaa siten, että kunkin yksikköprosessin operoinnin vaatimukset sekä mahdolliset käyttökatkot huomioidaan.

COCOP-arkkitehtuuri järjestelmien integrointiin

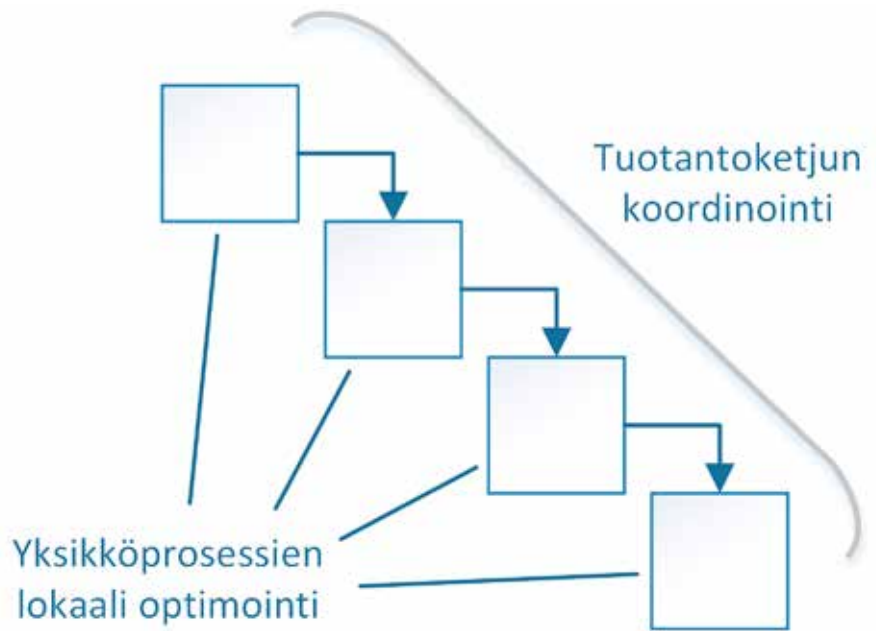
Suurikokoisessa laitoksessa ei ole kannattavaa taloudellisesti eikä ylläpidon

kannalta toteuttaa yhtä monoliittista optimointiratkaisua. Siten optimointia on hajautettava. Toisaalta halutaan mahdollistaa eri laskenta-alustojen käyttö eri tarpeisiin. Näiden vaatimusten täyttämistä tutkitaan EU-rahoitteisessa COCOP-projektissa (Coordinating Optimisation of Complex Industrial Processes) [1; 2].

COCOP-projektissa on kehitetty arkkitehtuuri tuotannon järjestelmien ja optimointisovellusten integrointiin. Vaatimuksia on useita. Viestinnän pitää skaalautua korkeaan datavolyymiin sekä suureen määrään tiedon lähteitä ja käyttäjiä. Edelleen arkkitehtuurin on tuettava tapahtumapohjaista viestintää, koska optimointiin käytettävien simulointimallien tulee voida reagoida tapahtumiin, kuten aikataulutuksen asettamien ehtojen muuttumiseen, tietyn panosprosessin valmistumiseen tai laitteiston vikaantumiseen. Arkkitehtuurin tulee myös helpottaa integraatioiden hallintaa heterogeenisessä ympäristössä, koska perinteisesti vallalla oleva integrointitapa aiheuttaa suoria fyysisiä riippuvuuksia järjestelmien välille, mikä taas hankaloittaa muutosten tekemistä. Siten tarvitaan laitoksenlaajuinen sopimus tietoliikenneprotokollasta sekä viestirakenteista.

Arkkitehtuurin tietoliikenneprotokollaksi on valittu AMQP (Advanced Message Queueing Protocol), joka määrittää asynkronisen viestiväylän. AMQP-protokollan yleisin käyttötapa on ns. publish-subscribe -viestintä. Tämä sopii hyvin paitsi prosessien jatkuvaan monitorointiin myös tapahtumien välittämiseen, sillä tietoa ei tarvitse jatkuvasti kysellä, vaan seurattavien arvojen muutoksia välitetään ilman eri pyyntöä. Silti AMQP mahdollistaa myös pyyntö-vastaus -tyyppisen viestinnän, joka on tarpeen esimerkiksi menneisyyden mittausarvoja pyydetessä. AMQP ei ole valmis tuote vaan protokolla. COCOP-projektissa AMQP:n toteuttava palvelin on avoimen lähdekoodin RabbitMQ.

AMQP-viestiväylä skaalautuu paremmin kuin esimerkiksi asiakas-palvelin-malliin perustuva OPC UA, jossa tietolähteen pitää palvella yksitellen kutakin tiedon käyttäjää. Viestiväylästäkin voi tulla pullonkaula, mutta tällöin on mahdollista lisätä sille resursseja tai käyttää kuorman-



Koordinoinnissa on huomioitava koko laitoksen operoinnin vaatimukset.

tasausta usean palvelimen kesken. OPC UA:n uuden PubSub-osan myötä skaalautuvuus paranee, mutta tämän saatavuus tuotteissa on vielä rajallinen.

AMQP huomioi tietoturvan. Se tukee käyttäjien tunnistusta, pääsynhallintaa ja viestien kryptausta väylällä. Tarvittaessa sen yhteyteen voidaan toteuttaa muitakin turvamekanismeja, kuten tiedon "end-to-end" -kryptaus käyttäjien kesken. Toisaalta turvallisuus vaatii kuitenkin aina myös valistusta ja sopivia käytäntöjä.

Myc heterogeenisuuden hallinta on olennaista. Tähän ei riitä pelkkä tietoliikenneprotokolla, vaan on oltava sopimus viestien rakenteista. COCOP-arkkitehtuurissa sopimus pohjautuu joukkoon standardeja. Mittausarvojen välitykseen käyvät tarpeista riippuen esimerkiksi Observations and Measurements tai TimeseriesML. Aikataulujen välittämiseen käytetään ANSI/ISA-95 -pohjaista Business To Manufacturing Markup Languagea (B2MML). Kaikki valitut standardit määrittävät viestirakenteet XML-muodossa.

Arkkitehtuurin soveltaminen

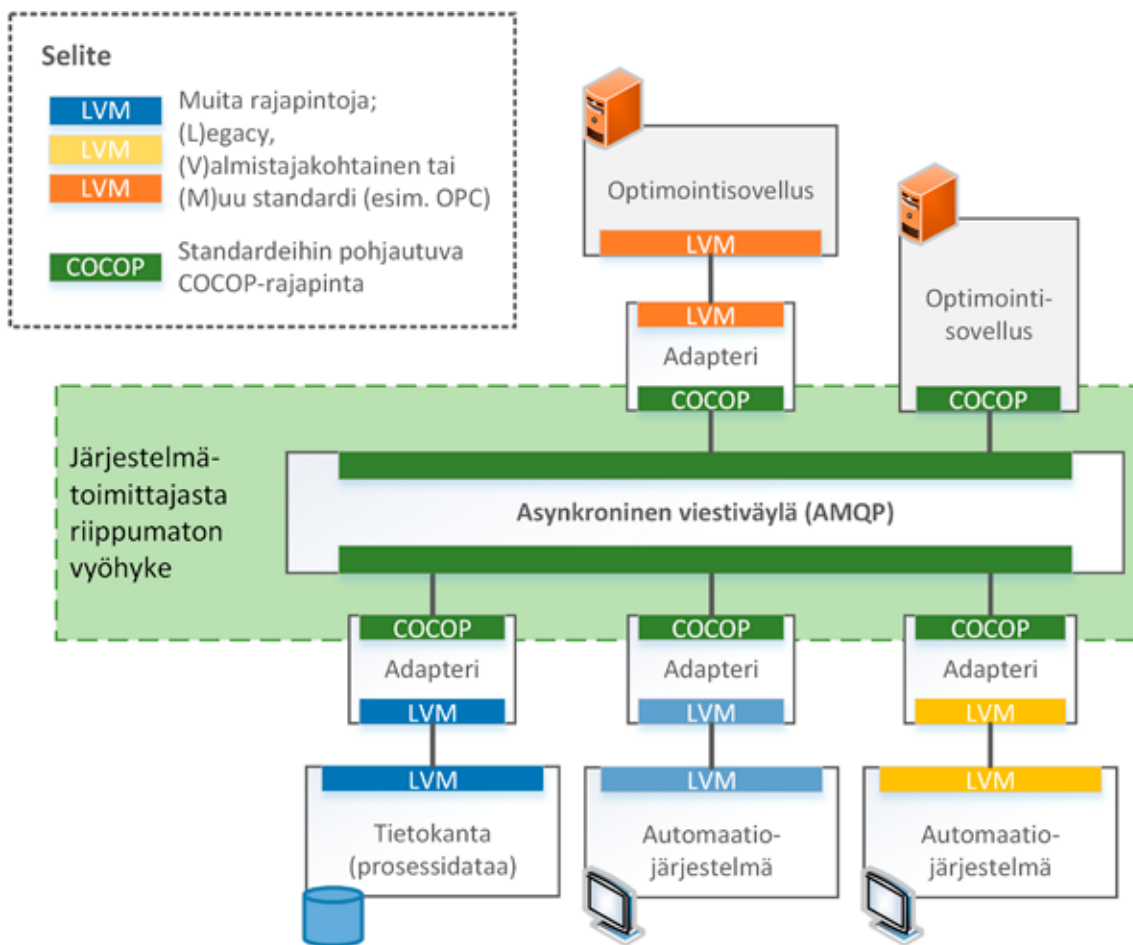
Koska olemassa olevat järjestelmät eivät

tue COCOP-arkkitehtuuriin valittuja teknologioita, tarvitaan adaptereita. Adapteri yhdistää valmistajakohortaisen rajapinnan haluttuun protokollaan ja sanomarakenteisiin. Mikä tahansa tietojärjestelmä voi vaihtaa tietoa toisen järjestelmän kanssa, kunhan sopivat adapterit toteutetaan. Adapteri voi toimia millä tahansa ohjelmistoalustalla, kunhan se käyttää soveltua protokollaa sekä viestirakenteita.

Adapteripohjainen lähestymistapa skaalautuu suurinkin verkostoihin, koska järjestelmien välillä ei ole fyysisiä riippuvuuksia. Jos esimerkiksi jokin tietolähde vaihdetaan toisen valmistajan tuotteeseen, muutokset rajoittuvat adapteriin eivätkä tietoa käyttäviin sovelluksiin, joita voi olla useita.

Sovelluskohteita

COCOP-projektissa ensisijaiset käyttötapaukset ovat kuparin- ja teräksenjalostus. Kuparicasessa pyrkimyksenä on luoda joukko työkaluja, jotka yhdessä muun muassa nostavat käyttöastetta sekä vähentävät hävikkiä ja päästöjä. Työkalujen tulee auttaa eri prosessien operoinnissa, aikatauluttaa tuotantoa ja reagoida häiriöihin. Teräscasessa pyritään vähentämään »



Viestiväylä, adapterit ja yhteisesti sovitut rajapinnat toteuttavat järjestelmätoimittajasta riippumattoman vyöhykkeen kommunikointiin.

laatuongelmia ja samalla ylläpitämään korkeaa tuotantomäärää. Tämä saavutetaan monitorointi- ja opastustyökaluilla, jotka hyödyntävät tietämystä prosessien dynamiikasta. COCOP-arkkitehtuuri on olennainen molemmissa käyttötapauksissa. Niissä optimoidaan koko laitoksen toimintaa, mikä edellyttää paitsi järjestelmien integrointia myös oikea-aikaista reagointia tuotannon tapahtumiin.

Eräässä prototyypissä toteutettiin ns. Online LCA. LCA eli Life Cycle Assessment arviointiin koko elinkaaren aikana. Online LCA sen sijaan laskee ympäristövaikutuksia jatkuvatoimisesti, joten sitä voidaan käyttää aktiivisena operaattorien opastusvälineenä. Prototyypissä arvioidaan etanolintilaukonnin ympäristövaikutuksia.

COCOP-projektissa arvioidaan tulosten siirrettävyyttä myös kemiallisiin prosesseihin sekä jäteveden käsittelyyn. Arkkitehtuuria voidaan kuitenkin soveltaa periaatteessa mihin tahansa heterogeeniseen laitosympäristöön.

Hyödyt ja potentiaali

AMQP:n ja valittujen sanomarakenteiden tärkein kilpailija on OPC UA. UA:n tietomalli on rajallisempi kuin COCOP-arkkitehtuuriin valittujen standardien. Edelleen COCOP-arkkitehtuuriin toteuttamisessa on alhaisempi kynnyksen kuin OPC UA -pohjaisessa ratkaisussa, sillä se vaatii vain AMQP-protokollan toteuttavan palvelimen (esim. RabbitMQ) sekä joukon standardeitua XML-viestirakenteita, jotka ovat avoimesti saatavilla.

COCOP-arkkitehtuuri helpottaa järjestelmäintegraatioiden hallintaa sekä tuo mahdollisuuksia uusille sovelluksille. Suorat fyysiset riippuvuudet poistuvat järjestelmien väliltä, ja tapahtumapohjainen viestintä helpottuu. Edelleen koska AMQP-protokolla skaalautuu suurillekin tietovolyymeille, kaikenlaiset dataan perustuvat menetelmät ovat mahdollisia. [AV](#)

Viittaukset

- [1] "COCOP SPIRE H2020 Project", <https://cocop-spire.eu/>
- [2] M. Vilkkonen, D. Hästbacka & J. Savolainen, "Uudenlaista tehdasmittakaavan optimointia", Automaatioväylä 2/2017, ss. 22-23