

Tavalliset asiat ja tavarat saavat pian digitaaliset vastineet. Digitaalisuus työntyy kaikkialle elämäämme. Mukanaan se tuo uusia palveluja ja toimintoja, jotka perustuvat avoimiin ratkaisuihin.



Avoimet ratkaisut vauhdittavat

# Ubimaailma tulee

**T**ekesin Ubicom-ohjelman Opute-projektin (Open Ubiquitous Technologies) taustalla on näkemys, että avoimet ratkaisut ja -tekniikat ovat paras tapa ubimaailman kehittämiseen. Älykkään maailman tekeminen onnistu koskaan, elleivät perusratkaisut ole kaikkien kehittäjien vapaassa käytössä samalla tavalla kuin Internetissä.

Älykäs maailma edellyttää myös voimakasta uusiokäyttöä. Ei ole mielekasta, järkevää eikä edes aina mahdollista rakentaa jokaista osaa ja palasta jokaista sovellusta ja toimintaa varten uudelleen.

Jos on olemassa jokin sähköinen palvelu tai tieto, niin sitä pitää pystyä käyttämään mahdollisuuksien mukaan myös muissa sovelluksissa kuin mihin se on alun perin tarkoitettu.

Opute-hankkeen painopiste on ollut hyvin kokeilulähtöinen. Toisaalta on haluttu verkottua japanilaisen tutkimuksen kanssa ja hakea synergioita meillä tehtävän tutkimuksen kanssa. Japani on ollut monella tavalla edelläkävijä myös ubimaailman rakentamisessa, sillä uusien tekniikoiden käyttöönotto on helppoa ja yhteiskunnan tukemaa.

## Avoimet alustat Japanista

M3-, uCode- ja TRON-käyttöjärjestelmät ovat hyviä esimerkkejä avoimista teknologioista, joiden varaan ubicom voidaan rakentaa. Niistä M3 on avoin semanttisen

informaation välityspalvelu, jonka avulla voidaan välittää tietoa erilaisten sovellusalueiden, suoritusalueiden ja laitteiden välillä.

M3:n perusajatus on semanttisen netin tekniikoiden tuominen mukaan laitteiden väliseen yhteistoimintaan. Eurooppalaisista M3-ratkaisua on kehitetty Tekesin rahoituksella Artemis-ohjelman Sofiaprojektissa sekä Tivit Oy:n shok-hankeessa DIEM (Device Interoperability Ecosystem). Smart-M3 on Open Source -toteutus M3-konseptista.

Tokion yliopistossa professori **Ken Sakamuran** ryhmässä kehitetty uCode avoin tunnistajärjestelmä, jossa käytetään 128-bittistä koodia. Sen avulla voidaan yksilöidä mitä tahansa katukivistä virtuaalihahmoin.

Koodi on täysin irrallinen fyysisestä toteutuksesta. Sen hyödyntämistä varten on olemassa palveluinfrastruktuureja, esimerkiksi Ubiquitous ID -palvelimia, joiden avulla yksittäisiin koodeihin voidaan liittää informaatiota tai palveluja.

Niin ikään Sakamuran ryhmässä kehitetty skaalautuva TRON-käyttöjärjestelmä (The Real-time Operating system Nucleus) mahdollistaa älykkyyden toteuttamisen pienimmässäkin laitteissa. TRON-johdannaiset käyttöjärjestelmät ovat suosittuja erilaisissa sulautetuissa laitteissa. TRONin väitetään olevankin maailman laajimmin levinnyt käyttöjärjestelmä.

## Tieto liitetään tavaroihin

Ubimaailma koostuu ympärillämme olevista laitteista, tavaroista, niihin liittyvistä palveluista ja ihmisistä. Tavoiteltaessa vuorovaikutusta ympäristön kanssa tarvitaan kyky havainnoida ja tunnistaa ympäristössä olevat kohteet. Näin käyttäjälle ja tämän laitteille voidaan tuoda tavallista yksityiskohtaisempi kuva elinympäristöstä ja samalla ympäristö pystyy mukauttamaan toimintansa paremmin käyttäjälle sopivaksi.

Perinteiset menetelmät asioiden tunnistamiseen ovat käytännössä ilmainen optinen koodi sekä RFID, joka mahdollistaa asioiden tunnistamiseen joko koskettamalla tai jopa usean metrin etäisyydeltä.

Tyypillisiä soveltamisaloja näille tunnistamismenetelmille ovat kauppa ja logistiikka. Pelkkä tuotetyypin ja valmistuserän ilmaiseva RFID tai optinen koodi ei ole riittävä, vaan tarvitaan menetelmä asioiden yksilölliseen tunnistamiseen.

Ympäristön kohde voidaan yhdistää tämän digitaaliseen vastineeseen. Kohteen digitaalinen kuvaus voi yksinkertaisimmillaan olla vaikka nettisivu, joka antaa käyttäjälle lisätietoa havaitusta kohteesta.

Opute-projektissa asioiden tunnistamisessa hyödynnetään uID-arkkitehtuuria (Ubiquitous ID), jota kehitetään ja ylläpidetään nykyään avoimessa uID Centerissä.

Jäseninä keskuksessa on noin 500 pää-

# Avoimet ratkaisut vauhdittavat

asiassa japanilaista yritys- ja tutkimusorganisaatiota. Pääideana uID-arkkitehtuurissa on antaa jokaiselle ympäristön objektille oma yksilöllinen tunniste, ucode. Sen avulla uID-arkkitehtuurissa voidaan yksittäiseen tavaraan tai asiaan liittää periaatteessa mitä tahansa tietoa.

Tavaran tyyppiin lisäksi voidaan liittää tietoa esimerkiksi sen jakeluketjusta, valmistusoloista, historiasta ja paikasta. Lisäksi uID-arkkitehtuuri tarjoaa tavan yhdistää tunniste tietoon käyttäen laajoja ucode-tietokantoja.

Ucode-tietokannat noudattavat hierarkista rakennetta, josta tunnisteiden lukemiseen kykenevä laite voi pyytää tiedot tunnistetusta kohteesta.

Vastaanotettu tieto voi olla yksinkertaisimmillaan osoite kohteeseen liittyviin lisätietoihin. Tiivistettynä uID-arkkitehtuurin pääideat ovat asioiden yksikäsitteinen tunnistaminen ja tiedon globaali saatavuus.

## Kolmen kerroksen järjestelmä

Japanilainen uID-palvelininfrastruktuuri on uCode-osoitteenjaon osalta jaettu kolmeen eri kerrokseen. Ylintä kerrosta hallinnoi uID Center. Se jakaa hakemuksesta 108 bitin osoiteavaruuksia TLD-kerroksen (Top level domain) -palvelimille, joita käytännössä hallinnoi esimerkiksi jokin voittoa tavoittelematon instanssi.

TLD-kerros on siis välikerros, joka puolestaan jakaa alaspäin 48 bitin osoiteavaruuksia SLD-palvelinkerrokselle (Second level domain) varsinaiseen hyötykäyttöön. SLD-kerroksen palvelimen omistaja on esimerkiksi yritys, joka hyödyntää tunnistetekniikkaa omaan liiketoimintaansa.

Käytännössä SLD-kerroksen palvelin toimii niin sanottuna resoluutiopalvelimena, jossa jokaista uID-osoitetta eli uCodea vastaa jokin tieto. Yleensä uCodea vastaava tieto on osoite informaatiopalvelimella olevaan varsinaiseen tietoon. Tämä tieto voi olla esimerkiksi nettisivu.

Jos hyödynnettävä tieto on kooltaan pientä, se voi sijaita myös suoraan resoluutiopalvelimella. Koska uID-arkkitehtuurissa käytetään resoluutiopalvelinta välissä, voidaan objektia koskeva tieto helposti päivittää suoraan informaatiopalvelimelle tarvitsematta käsitellä itse objektia.

Tällä hetkellä yleisin tapa hyödyntää uID:ta on HTTP-pyyntö, jolla haetaan resoluutiopalvelimeen liitetystä Web-palvelimelta uID:ta vastaavan tiedon osoite. HTTP-pyyntö voidaan lähettää uID-osoitteen, joko suoraan SLD-palvelimelle tai vaihtoehtoisesti joko TLD- tai uID Centerin palvelimille, jotka osaavat hakea uCodea vastaavan tiedon alhaaltapäin SLD-palvelimelta. Varsinainen tietokin haetaan yleensä HTTP-pyyntöllä informaatiopalvelimelta.

Kuva 1 havainnollistaa uID:n tavallimpia käyttötilanteita. Tuotteesta tai paikasta luetaan uCode älypuhelimien NFC-lukimella, joko NFC-tägistä tai kameralla

QR-koodista. Lukemisen jälkeen uCode lähetetään resoluutiopalvelimelle käyttäen älypuhelimien langatonta nettiyhteyttä ja HTTP-pyyntöä. Paluuviestinä saadaan nettiosoite, jonka perusteella puhelimen selaimella tai muulla ohjelmalla voidaan katsella vaikkapa tuote- tai turisti-informaatiota.

## Yhteistoiminnalla uusia sovelluksia

Ympäristössämme olevat laitteet sisältävät paljon hyödyllistä tietoa, joka on kuitenkin tyyppillisesti tarkoitettu vain laitteen omaan käyttöön. Poikkeuksena ovat rajattuihin käyttötarkoituksiin luodut UPnP:n ja DLNA:n kaltaiset ohjelmistoarkkitehtuurit, joiden avulla saadaan laitteet yhteistoimintaan esimerkiksi viihde-elektroniikkaympäristössä.

M3 on ubimaailman yhteistoimintaratkaisu, jonka avulla erilliset laitteet ja järjestelmät saadaan yhteen. Sen ideana on mahdollistaa laitteen tai palvelun tietojen julkaiseminen yleiskäyttöisesti muiden laitteiden ja palveluiden hyödynnettäväksi.

Kun ympäristössä oleva digitaalinen informaatio on saatavilla kootusti ja se esitetään joustavalla tavalla, luodaan mahdollisuus uusille älykkäille ja tilakohtaisille sovelluksille. Ominainen piirre M3-sovelluskehitykselle on, että uusia sovelluksia luodaan yhdistelemällä ja jalostamalla järjestelmässä olevaa tietoa tavalla, jota alkuperäisen tiedon julkaisija on tuskin edes ajatellut.

Tiedon esitystavat perustuvat M3:ssa semanttisen webin tekniikoihin. Niihin kuuluvat RDF (Resource Description Framework), sekä ontologiakielen RDFS (RDF Schema) ja OWL (Web Ontology Language).

RDF:n avulla informaatio esitetään joustavalla ja laitteiden helposti tulkittavalla tavalla subjekti-predikaatti-objekti-kolmikoina. RDFS ja OWL tarjoavat tekniikoita ontologiaan perustuvaan tiedon jalostamiseen, jonka avulla tiedosta voidaan päätellä uusia faktoja.

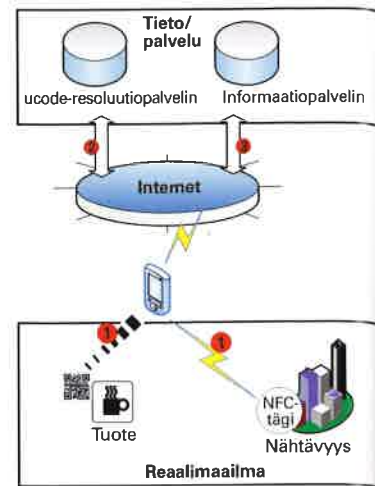
M3:ssa semanttista tietoa jaetaan kuvassa 2 esitetyn mallin mukaisesti. Siinä on kahdenlaisia toimijoita: SIB (Semantic Information Broker) ja KP (Knowledge Processor). SIB on semanttisen tiedon välittäjä, jonka kautta informaatio välitetään laitteiden välillä. KP:t ovat laitteita ja sovelluksia, jotka joko julkaisevat tietoa SIB:issä tai tarjoavat käyttäjälle palveluja hyödyntämällä julkaistua tietoa.

## Älyä kasvihuoneeseen

Esimerkkinä M3- ja uID-tekniikoihin perustuvasta ubi-ympäristöstä on Opute-projektissa käytetty pienikokoista älykästä kasvihuonetta. Älykäs kasvihuone on kehitetty neljässä eri vaiheessa, joten se myös demonstroi, miten avoimiin tekniikoihin perustuva ubiikki ympäristö tukee järjestelmän laajentamista ja uusien sovellusten kehittämistä tietoa yhdistelemällä. On

**Kuva 1. uID-arkkitehtuurissa uCode luetaan älypuhelimella (1). uCodea vastaava informaatiopalvelimen osoite saadaan resoluutiopalvelimelta (2) ja lopullinen tieto informaatiopalvelimelta (3).**

In uID architecture the uCode is read with e.g. smart phone (1). uCode resolution server returns information server address (2) and information itself is requested from there (3).



tärkeä huomata, ettei nykyisiä sovelluksia tarvinnut muokata missään vaiheessa, kun uusia toiminnallisuuksia lisättiin kasvihuoneeseen.

Ensi vaiheessa kasvihuone sisälsi neljä M3-laitetta: anturi, toimilaitte, käyttöliittymä ja kasvitietokanta. Anturilaitte tuotti tietoa kasvihuoneen lämpötilasta, ilman kosteudesta ja valomäärästä. Toimilaitte puolestaan julkaisi tietoa kasvihuoneen vesipumpusta, tuulettimista ja ledivaloista. Kasvitietokantasovellus taas julkaisi tiedot salaatin kasvuympäristön preferensseistä. Käyttöliittymän kautta puutarhuri pystyi tarkastelemaan kasvi- ja anturitietoja, sekä manuaalisesti ohjaamaan kasvihuoneen toimilaitteita.

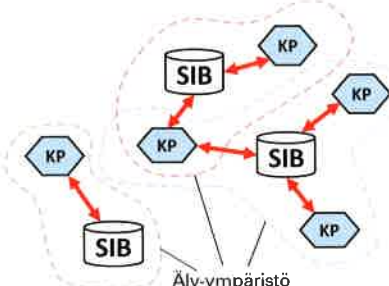
Toisessa vaiheessa kasvihuoneeseen lisättiin itsenäinen ohjauslaitte, joka ohjasi automaattisesti kasvihuoneen toimilaitteita hyödyntämällä kasvi- ja mittautustietoja.

Kolmannessa vaiheessa kasvihuoneeseen tuotiin mukaan uID-tekniikka. Kasvihuoneen antureihin, toimilaitteisiin ja kasveihin lisättiin uCode-merkit ja merkissä oleva uID-tunnus yhdistettiin M3:ssa olevaan semanttiseen tietoon kyseisestä esineestä. Näin käyttäjä pystyi lukemaan kasvien ja anturien tietoja sekä ohjaamaan toimilaitteita koskettamalla niitä.

Lisäksi uID-tekniikan avulla tapahtuva kasvihuoneen kasvien tunnistus mahdollisti kasvitietojen dynaamisen päivittämisen. Itsenäisesti toimiva ohjauslaitte pystyi siten sopeutumaan erilaisten kasvien hoitovaatimuksiin.

## Linkkipankki

Prossessorin 11–12/2011 -linkkipankin kautta voi tutustua tarkemmin VTT:n Opens-ohjelman älykkään ympäristön tutkimukseen. Mukana on myös linkki DineTender-nettivideoon.



**Kuva 2. M3:n tiedon jakomalli koostuu semanttisen tiedon välityspalveluista (SIB) ja tietoa tuottavista ja sitä hyödyntävistä laitteista ja sovelluksista (KP).**

M3 based information sharing architecture consists of semantic information brokers (SIB) and knowledge processors (KP).



**Kuva 3. Mullan kosteutta mittaava älykäs kukkakeppi on radioyhteydessä SIB-tietokantaan semanttisen rajapinnan avulla.**

The battery operated prototype of intelligent flower stick measures the moisture of the soil and communicates with M3 SIB through radio and semantic information interface.

Neljännessä vaiheessa kasvihuoneeseen lisättiin sääntöihin perustuva yleiskäyttöinen ohjaustyökalu. Ohjaustyökalun avulla käyttäjä pystyi muokkaamaan äly-ympäristön toimintaa mieleisikseen luomalla sääntöjä erilaisten tilanteiden varalle. Ohjaustyökalua voidaan hyödyntää kaikissa M3-pohjaisissa äly-ympäristöissä.

Älykkään kasvihuoneen merkittävin piirre on, että siinä ei tarvita varsinaista järjestelmäntegraattoria. Yhteistoiminta perustuu ainoastaan tiedon jakamiseen ja jaetun tiedon hyödyntämiseen. Kaikki laitteet ja ohjelmat ovat sinällään itsenäisiä ja ne kommunikoivat ainoastaan M3:n tiedonjakamispalvelun kautta.

Laitteet eivät varsinaisesti tiedä, mitä muita laitteita kokonaisuuteen kuuluu. Tällainen yhteistoimintamalli on radikaalisti erilainen kuin nykyisin käytössä olevat integraattori-keskeiset mallit. Se voisi avata kokonaan uuden tavan erikoistuneiden yritysten yhteistyölle.

### Paikallinen äly-ympäristö

DineTender-prototyyppi on hahmotelma tulevaisuuden mobiilipalvelusta, joka tuottaa lisäarvoa loppukäyttäjälle ja yritykselle. Se hyödyntää ubi-tekniikoita ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksessa.

Palvelun ideana on tarjota ravintolan asiakkaille erikoistarjouksia. Ravintolalle palvelu tarjoaa mahdollisuuden tehdä kyseiseen hetkeen sopivia tarjouksia; tarvitaanko esimerkiksi houkutusuote, jonka avulla tietty ruoka-aine voidaan kuluttaa

loppuun ennen sen vanhenemista. Asiakkaalle hyöty ilmenee halvempaan hintana.

Ravintola julkaisee erikoistarjouksen tiedot älykkäässä ympäristössä käyttäen hyväksi M3-tekniikkaa. Asiakas koskettaa ravintolassa puhelimellaan NFC-tägiä tai ottaa kuvan QR-tägistä. Ne yhdistävät asiakkaan puhelimen ravintolan paikalliseen älykkääseen tilaan. Kun yhteys on muodostettu puhelin hakee käyttäjälle tarjouksen tiedot paikalliselta M3-palvelimelta.

Sovellukseen voidaan lisätä myös muita toimintoja kuten ravintolaan saapumisen ilmoittaminen sekä asiakasjonon ja -varausten hallinta. Ravintolan ollessa täynnä asiakas joutuu jonottamaan vuoroaan, mutta voi tehdä sen lähiympäristön tiloissa (esimerkiksi kaupassa) ja älykäs ympäristö lähettää tekstiviestin, kun pöytä on valmis.

### Semanttista tietoa pienlaitteisiin

Semanttisen rajapinnan toteuttamisessa pieniin sulautettuihin laitteisiin, kuten langattomiin paristokäyttöisiin antureihin, on omat haasteensa. Itsenäisesti toimivat anturit ovat ympäristön ja tavaroiden valvonnan perustekniikkaa. VTT:n toteuttama langattoman älykkään kukkakepin prototyyppi osoittaa tämän olevan kuitenkin mahdollista. Siihen liittyvä mobiilisovellus puolestaan hyödyntää näin tuotettua anturitietoa (kuvat 3 ja 4).

Semanttisen rajapinnan hyödyntämisen ongelmat liittyvät lähinnä semanttisten tietorakenteiden aiheuttamaan suureen datamäärään, jos se suhteutetaan langattomissa antureissa tyypillisesti käytettävien radioiden tiedonsiirtokapasiteettiin, muistin määrään ja paristokäyttöisen laitteen tehonkulutusvaatimuksiin. Näiden tietorakenteiden purku on myös saattanut vaatia melko paljon resursseja vaativia apuohjelmia kuten XML-parserin.

VTT:n ratkaisussa semanttista tietorakennetta muokattiin tiiviimpään muotoon siten, että radiolla siirrettävän datan määrää saatiin oleellisesti pienemmäksi. Sanomien muodostus ja käsittely onnistuu näin pienemmällä ja tehokkaammalla ohjelmistolla.

Semanttisen rajapinnan sisällyttäminen osaksi sulautettujen, pienikapasiteettisten laitteiden ohjelmistoja voi olla perusteltua erityisesti silloin, jos kyseinen laite osaa

paitsi esittää oman informaationsa semanttisessa muodossa myös itse käyttää hyväksi muiden laitteiden tuottamaa semanttista tietoa.

VTT:n demossa mullan kosteutta mittaava kukkakeppi lukee kasvikohtaiset kosteusraja-arvot SIB-tietokannasta. Lisäksi se lukee tietokannasta puutarhurin läsnäolotiedon ja antaa hälytyksen kastelutarpeesta merkkivaloa vilkuttamalla vain, jos puutarhuri on paikalla. Muussa tapauksessa tämäkin teho säästetään.

Suurin osa ajasta vietetään noin kymmenen mikroampeeria kuluttavassa virransäästötalossa. Heräämistheydestä riippuen paristojen (2 x AA) kesto voi olla jopa useita vuosia. Laite perustuu Freescalen MC13224V-piiriin, joka sisältää lyhyen kantaman 2,4 gigahertsin IEEE 802.15.4 -radion ja ARM7-mikro-ohjaimen.

Kukkakepin mikro-ohjaimen käyttöjärjestelmänä on Contiki OS. Semanttisen rajapinnan lisääminen kasvatti ohjelmakoodin kokoa noin neljänneksellä ja tarvittavan RAM-muistin määrää vajaat 80% verrattuna yksinkertaisempaan, sovellyskohtaisesti optimoituun kommunikointipaap käyttävään toteutukseen.

### Avoimuus on valttia

Fyysisen maailman rinnalle on tulossa siihen liittyvä digitaalinen maailma. Tunnistet, optiset koodit ja NFC-lukimet ovat jo arkipäivää monella alueella. Sosiaalista maailmaa ja osin myös reaali maailmaa katsotaan älypuhelimien ruudusta Facebookin, navigaattorin ja Googlen Street View'n kautta. M2M-markkinoille ja tavaroiden liittämiseksi nettiin (Internet of Things) povataan huikaa kasvua. Käynnissä onkin kamppailu siitä, kuka hallitsee tämän uuden tulevaisuuden avaimia.

Internetin menestys perustui yleiseen, avoimesti käytettyyn infrastruktuuriin ja yhteiseen protokollaan. Webin menestys on perustunut avoimeen tiedon saantiin ja tavallisten ihmisten valjastamiseen sisällön tuottajiksi. Web 2.0:n palvelujen menestyksen takana ovat olleet avoimet palvelukuvaukset ja -rajapinnat.

Opute-projektissa on kokeiltu ja tutkittu avoimia ubi-tekniikoita seuravan askeleen eli ubimaailman mahdollistajana. Kokeemukset ovat hyviä, mutta paljon työtä on myös edessä. Ubimaailman suuri uhka-kuva on yhden tai muutaman kasvotoman suuryrityksen hallitseva asema. Se voidaan estää vain avoimella perustalla, jonka päälle kaikki voivat rakentaa haluamaansa älykkyyttä. ■

### Taustat

**Kirjoittajat:** Juha-Pekka Soininen, Heikki Ailisto, Janne Takalo-Mattila, Esa Viljamaa, Arto Ylisaukko-oja, Jussi Kiljander, Matti Eteläperä, Vili Törmänen, Jussi Roivainen, VTT  
**Yhteystiedot:** juha-pekka.soininen@vtt.fi  
**Tutkimus:** Opute – Open Ubiquitous Technology  
**Yhteistyössä:** VTT, Centria, neljä yritystä ja Tokion Yliopisto/YRP laboratory  
**Tekes-ohjelma:** Ubicom

## The world will be ubiquitous

The vision of ubiquitous computing and services has existed more than 20 years. Now the technologies are maturing to the level that allows us to implement them. In Open Ubiquitous Technology (OPUTE) project we have developed and experimented with open technologies, because we believe that open solutions are the way to make things happen. Ubiquitous world is about creating digital counterparts for real things and developing applications, smartness, and intelligence on top of them.

The uCode and uD server architecture from University of Tokyo enable unique object identification and as-

sociation of information and services to those objects. M3 semantic information sharing service enables interoperability across device, domain, and platform boundaries. We have merged these technologies together and demonstrated their feasibility in distributed control systems (Smart Greenhouse), in creating easy to use services on top of private information space (DineTender), and in pushing the limits of semantic information towards very low capacity devices (Intelligent Flower Stick). OPUTE is part of Tekes Ubicom. Contact person for the project is Juha-Pekka.Soininen@vtt.fi.