



## BILINE - STATE OF THE ART -SELVITYS

Turvallisuuden liittyvät digitaaliset käytännöt teollisuusympäristöissä



Centria. Raportteja ja selvityksiä, 16

Joni Jämsä & Heidi Kaartinen & Leena Toivanen

## **BILINE - STATE OF THE ART -SELVITYS**

Turvallisuuteen liittyvät digitaaliset käytännöt teollisuusympäristöissä

Centria-ammattikorkeakoulu 2016

**JULKAISIJA:**

Centria-ammattikorkeakoulu  
Talonpojankatu 2, 67100 Kokkola

**JAKELU:**

Centria kirjasto- ja tietopalvelu  
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria-ammattikorkeakoulun markkinointi- ja viestintäpalvelut  
Kannen kuva: Adobe Stock -kuvapalvelu

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 16  
ISBN 978-952-7173-14-5 (PDF)  
ISSN 2342-933X

# SISÄLLYS

1. YLEISTÄ SELVITYKSESTÄ .....	4
2. TURVALLISUUDEN KOKONAISKUVA .....	5
2.1 Digitalisaation tarjoamia ratkaisuja turvallisuuden parantamiseksi teollisuusympäristöissä .....	5
2.2 Internet of Things .....	8
3. PAIKANNUSTEKNIIKAT .....	11
3.1 Radiopaikannus .....	11
3.2 Satelliittipaikannus .....	12
3.3 Lähimenetelmät .....	12
3.4 Sisätilapaikannusteknologiat .....	13
3.5 Bluetooth Beacon-majakat sisätilapaikannuksen apuna .....	14
3.6 Paikannusongelmat sisätiloissa .....	15
3.7 Lupaavimmat teknologiat .....	15
4. TEKNOLOGIOITA TURVALLISUUDEN LISÄÄMISEKSI .....	17
4.1 Älylasit .....	20
4.2 Älykypärät .....	24
4.3 Muita puuttavia älysovelluksia .....	24
4.4 Tilannetietoisuus turvallisuuden takaajana .....	26
5. TEKNOLOGIOIDEN KEHITTYMINEN .....	27
5.1 Aiemmat tutkimukset .....	27
5.2 Centrian aiemmat tutkimukset .....	28
5.2.1. Anturitiedon välittäminen viranomaisverkossa .....	28
5.2.2. Langaton NTC-lämpötilälähetin .....	30
5.2.3. RFID-kirjasto .....	30
5.2.4. 2D-viivakoodit mobiililaitteessa .....	31
5.2.5. RFID-tunnistus varastonhallinnassa .....	31
5.3 Aineiston kattavuus .....	31
6. KONTRIBUUTIO BILINE-HANKKEELLE .....	32
6.1 Teknologiapilotit ja laitehankinnat .....	32
6.2 Uusimman tiedon hankintafoorumit .....	32
6.3 Vierailukohteet .....	32
7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	33

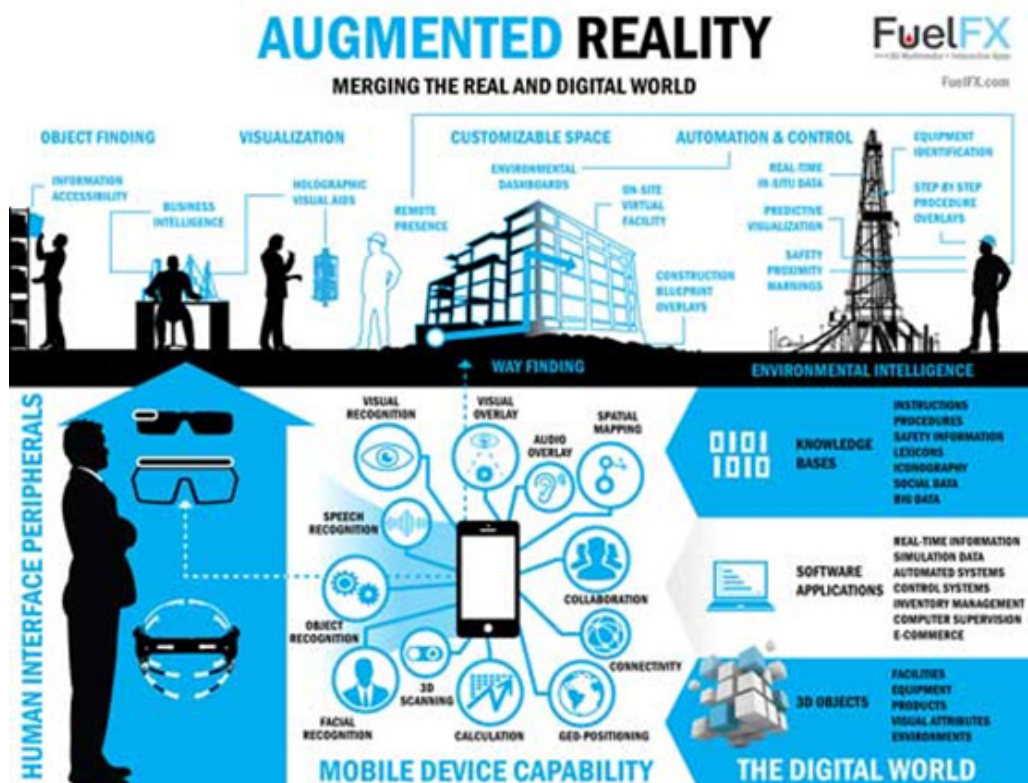
## LÄHTEET

## KUVALÄHTEET

# 1. YLEISTÄ SELVITYKSESTÄ

Suurteollisuusalueella liikkuvat toimijat – koneet, laitteet, ajoneuvot ja ihmiset – muodostavat alati muuttuvia tilanteita, joissa on olemassa riski vaaratilanteisiin. Tämä tutkimus pyrkii kartoittamaan turvallisuuteen liittyvien digitaalisten ratkaisujen nykytilannetta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia. Näitä ratkaisuja yhdistelemällä voidaan rakentaa sovelluksia, jotka mahdollistavat työntekijälle paremman tilannetietoisuuden ja parantaa sen kautta työturvallisuutta. Tutkimus on osa Centrian BILINE-projektia, joka luo kokonaisukvaa suurteollisuusalueella liikkuvien toimijoiden digitaalisesta turvallisuudesta.

BILINE-hanke pyrkii mittaamaan, analysoimaan ja yhdistämään dataa, josta tuodaan reaaliaikainen tilannetieto näkyville. Hanke pyrkii esittelemään älykkäitä tiedonkerääjiä käyttökoh-teissa, jolloin ne olisivat helpommin käyttöön otettavissa teollisuuden yrityksissä. Hankkeen tärkein tavoite on luoda skaalautuva ja monistettavissa oleva digitaalinen kokonaisturvallisuuden ekosysteemi.



Kuva 1. Lisätty todellisuus yhdistää oikean ja digitaalisen maailman.

Nykytilanteen kartoituksessa on tarkasteltu kirjallisuutta tieteellisten ja konferenssijulkaisujen muodossa. Lisäksi tarjolla on jo runsaasti eri kehitysvaiheissa olevia laitteita ja sovelluksia, joiden ominaisuuksia ja saatavuutta on pyritty kartoittamaan tässä katsauksessa.

## 2. TURVALLISUUDEN KOKONAISKUVA

Tämä luku tarkastelee aiheeseen liittyvää tutkimusta ja olemassa olevia kaupallisia sovelluksia. Aluksi tarkastellaan digitalisaation tarjoamia turvallisuusratkaisuja työ- ja teollisuusympäristöille tarjolla olevien tutkimusesimerkkien kautta. Tämän jälkeen keskitytään teknologioihin ja sovelluksiin, jotka mahdollistavat turvallisuustiedon luomisen, jakamisen ja hyödyntämisen. Ensin tutustutaan teollisuuden neljänteen, digitaaliseen sukupolveen ja esineiden internetiin, Internet of Thingsiin. Tämän jälkeen paneudutaan tarkemmin sovelluksiin ja laitteisiin, jotka mahdollistavat tiedonkeruun ja jakamisen työympäristöissä. Laitteistoissa keskitytään erityisesti puettavaan älykkyyteen ja datan visualisointilaitteisiin, kuten älylaseihin ja kypäröihin.

### 2.1 Digitalisaation tarjoamia ratkaisuja turvallisuuden parantamiseksi teollisuusympäristöissä

Työturvallisuuden arviointiin on olemassa lukuisia mobiilisovelluksia, joita voidaan käyttää apuna tapahtumien raportoinneissa ja joihin voidaan syöttää työympäristön toimintojen tai fyysisten olojen turvallisuusarvioita. Esimerkiksi incy.io auttaa tavaratalojen työntekijöitä tai vartijoita arvioimaan ja raportoimaan turvallisuusriskit, kuten varkaudet ja häiriökäyttäytyminen. Rakennustyön turvallisuutta arvioidaan TR-mittareilla, jossa arviointisija arvioi, onko joku kohde kunnossa vai ei. Lukuisien tarkastelukohteiden antama lopputulos selventää kokonaiskuvaa työpaikan turvallisuudesta [Työterveyslaitos]. Esimerkiksi NordSafetyn mobiilisovellus tarjoaa kätevän tavan muodostaa TR-raportteja. Sovelluksessa kohteen turvallisuus valitaan mobiililaitteen kosketusnäytöltä valitsemalla ”kyllä” tai ”ei”. Sovellukseen syötetyt tiedot kohdistetaan ko. työmaahan QR-koodin avulla. [TTT, a.]

Voimalaympäristössä suoritettavat tarkastukset ja vahinkokatselmukset ovat tärkeässä roolissa varmistettaessa laitoksen turvallisuus ja luotettavuus. Tällä hetkellä tarkastukset hoidetaan aikataulun mukaisesti tehtävään määrättyjen henkilöiden toimesta. Tarkastuksissa käytetään useimmiten kirjallisia ohjeita, tarkistuslistoja ja kaavioita, mikä aiheuttaa riskin inhimillisille erehdyksille. Tarkastajan ohjeiden väärinymmärrys tai virhe voi aiheuttaa huomattavia seuraamuksia laitoksen turvallisuuteen ja tehokkuuteen. Tarkastajan käyntimäärän ja reitin seuraamiseksi, ilman häiriöitä esimerkiksi voimakkaista sähkö- tai magneettikentistä, voidaan käyttää RFID-teknologiaa. RFID-tagilla voidaan lähettää paikkatietoa, tulosdataa ja tarkastusohjeita. Näin tarkastuskäyntien oikea-aikaisuus varmistetaan ja tarkastus tehdään oikein. [Kanev et. al.]

Kaivosympäristöihin on kehitetty useita paikannusratkaisuja, joiden tarkoituksena on paikantaa, varoittaa ja seurata kaivostyöläisiä vaarallisissa ympäristöissä reaaliajassa. Paikannukseen on yleisesti käytetty aktiivisia tai passiivisia RFID-tageja. RFID-tageja kiinnitetään työntekijän vaatteisiin ja määrättyihin pisteisiin kaivoksilla. RFID-tekniikan haasteeksi muodostuvat lukuteäisyys ja mahdolliset häiriöt, kun useat työntekijät ovat yhtä aikaa samassa pisteessä. Solmupohjainen seuranta tarjoaa ratkaisun kyseisiin ongelmiin, koska se ei käytä tageja. Prosessi toimii käyttämällä langattomien antureiden verkostoa. Reaaliaikainen data helpottaa vaaran ennakoimista ja mahdollisuutta lähettää varoitussignaaleja alueella työskenteleville. Seurannan yhdistyessä teolliseen internettiin käyttömahdollisuudet ovat rajattomat. [Yadav et. al.]

Eryteisesti kaivosympäristöihin on kehitetty turvallisuusratkaisuja, joissa on käytetty hyväksi lisättyä todellisuutta, sensorteknologioita, paikannusta ja langattomia yhteyksiä. Smart Realityn blogissa vuodelta 2014 listataan viisi tapaa, joilla rakennusteollisuus hyötyy lisätystä todel-

lisuudesta. Tavat liittyvät visualisointiin ja kommunikointiin, mutta myös turvallisuus on huomioitu. Turvallisuutta voidaan parantaa lisätyn todellisuuden (augmented reality, AR) avulla joko turvallisuussuunnitelmien tai harjoittelun kautta oikeassa ympäristössä, johon on lisätty AR-tekniikalla vaaratilanteita. Varsinaisia vaaratilanteista varoittavia sovelluksia blogi ei vielä tuolloin ole huomionnut. [Smart Reality]

Bassan, Srinivasan ja Tang [Bassan et. al. 2013] kuvailevat lisätyn todellisuuden ratkaisuja kaihosympäristössä *white paper*:issaan, jossa otetaan esille muun muassa mahdollisuus käyttää teknologiaa digitaalisissa käyttöohjeissa, etäyhteistyössä, käyttäjän tukena, koulutuksissa ja onnettomuustutkinnassa. Käyttäjän tukena AR-ratkaisut vähentävät esimerkiksi erillisten näkökenttää peittävien ja liikkumista rajoittavien näyttöjen tarvetta ajoneuvon kopissa. Ko. ratkaisussa parannetaan käyttäjän tilannetietoisuutta korostamalla mahdollisia uhkia, kuten esimerkiksi sokeasta kulmasta lähestyvää henkilöä tai kulkuneuvoa. Sopivaksi AR-tekniikaksi tässä yhteydessä esitetään joko dataa esittävää tuulilasiasia, Heads-up Display:tä (HUD). Tärkeänä näkökulmana otetaan esille se, että esitettävän datan tulee olla olennaista, jotta kuljettaja ei saa tiedon ylikuormitusta. Yhteenvedossaan kirjoittavat huomauttavat myös tarpeesta haptisille käyttöliittymille, joissa käyttäjä pystyy ikään kuin koskettamaan lisätyn todellisuuden objekteja niin että ne reagoivat kosketukseen.

Toistaiseksi lisätyn todellisuuden käyttö on siis rajoittunut lähinnä koulutustarkoituksiin, joskin sen mahdollisuudet vaaratilanteiden havainnollistamisessa on myös joissain tapauksissa huomattu, kuten esimerkiksi *Education in Advanced VR/AR Safety Systems for Maintenance in Extreme Environments* (EDUSAFE)-projektissa, joka kehittää lisätyn todellisuuteen (Augmented Reality, AR) perustuvia turvallisuusapplikaatioita äärimmäisissä ympäristöissä työskenteleville henkilöille. Mukana projektissa on muun muassa eurooppalainen hiukkasfysiikan tutkimuskeskus CERN. Projektissa kehitetään työntekijöiden turvallisuutta parantavia järjestelmiä, kuten säteilyn esittävää lisätyn todellisuutta. Työntekijän kypärässä on kamera, joka havaitsee gammasäteilyn ja data siirretään työntekijän älylaseihin, jotta hän voi välttää säteilyä sisältäviä paikkoja (kuva 1). Lisäksi projektissa ollaan kiinnostuneita muun muassa siitä, miten lisätyn todellisuutta voitaisiin hyödyntää kirurgiassa. [CERN bulletin]



**Kuva 2.** Panoraamakuva ATLAS-kammioista, jossa radioaktiiviset kohdat näkyvät lisätyn todellisuutena älylasien välityksellä.

Internetistä löytyy jo jonkin verran AR-sovelluksia tuottavia yrityksiä, jotka mainostavat ratkovansa yritysten ongelmia AR-tuotteillaan. Esimerkiksi Index AR Solutions (<http://www.indexarsolutions.com/>) markkinoi palvelujaan seuraavasti: "The Index AR Solutions team solves enterprise and industrial problems by deploying custom augmented reality apps to improve performance, including safety, quality, cost and schedule". VR Safety puolestaan mainitsee osaamisalueekseen parannetun visuaalisen informaation, ja tunnistaa turvallisuusnäkökul-



man: "Safety: Additional safety instructions for operators when walking through production, warehouse or on site. --Use additional information shown for example to visitors on site or in production, to show them hidden hazards." (www.vrsafety.co.uk/).

PricewaterhouseCoopers (PwC) on tehnyt kyselyn ja tuottanut raportin virtuaali- (virtual reality, VR) ja lisätyn todellisuuden käyttöön otosta amerikkalaisissa yrityksissä. Kyselyyn vastasi 120 yritystä. Jopa kolmannes kyselyyn vastanneista yrityksistä joko jo käytti tai oli ottamassa käyttöön virtuaalitodellisuuden ratkaisuja seuraavan kolmen vuoden aikana. Sama koskee lisättyä todellisuutta. Toisaalta, kolmannes amerikkalaisista yrityksistä ei suunnittele ottaa ko. teknologioita käyttöönsä. VR ja AR-teknologioiden ennustetaan saavuttavan jopa 150 miljardin dollarin markkina-arvon vuoteen 2020 mennessä, josta AR-sovellukset haukkaavat 120 miljardin palan. Kyseessä on siis yksi lähitulevaisuuden merkittävistä liiketalouden osa-alueista. Kyselyssä puolet vastaajista määritteli virtuaalitodellisuuden olevan jossain määrin tärkeää yhdysvaltalaisen tuotantoyritysten kilpailukyvyllä tulevien kolmen vuoden aikana ja 22,5 prosenttia arveli sen olevan erittäin tärkeää. Vain 27,5 prosenttia ei uskonut sen olevan lainkaan tärkeää kilpailukyvyllä. Mihin virtuaali- ja lisättyä todellisuutta sitten käytetään? Kyselyn vastaajat kuvasivat oman yrityksensä yleisimmiksi VR/AR-käyttökohteiksi tuotesuunnittelun ja -kehityksen (noin 39 prosenttia), turvallisuuden ja valmistustaitojen kouluttamisen (noin 27,5 prosenttia) ja prosessisuunnittelun (noin 17 prosenttia). Muita kohteita olivat korjaustyöt ja etätuki/kommunikointi, tiedon saatavuus, etäyhteistyö, asiakasyhteydet ja toimitusketjun kommunikaatio. Kyselyssä otettiin selvää myös syistä, miksi teknologioita ei ollut otettu käyttöön. Noin 31 prosenttia vastanneista arveli teknologioiden olevan vielä keskeneräisiä. 20 prosenttia sanoi kustannusten olevan esteenä. 19 prosenttia ei nähnyt sopivia käyttötarkoituksia ja loput joko kokivat, että yritykseltä puuttuu tietotaitoa teknologioiden käyttöönottamiseksi tai eivät nähneet sen olevan vaivan arvoista. [PricewaterhouseCoopers]

Yhdysvalloissa toimii yritysten lisätyn todellisuuden allianssi, AREA (Augmented Reality for Enterprise Alliance), joka työskentelee lisättyyn todellisuuteen liittyvän tietoisuuden hyväksi. Allianssin verkkosivuilla listataan lisätyn todellisuuden käyttökohteita yritystoiminnassa. Osa-alueiksi listataan muun muassa tuote- ja valmistuksen suunnittelu, tuotteiden tarkastus, koulutus, markkinointi, palvelut kentällä, varastointi, terveyden- ja sairaanhoitoon liittyvät avustavat toiminnot sekä lentoliikenteeseen liittyvät simuloinnit. [9] Varsinaisia työturvallisuuteen liittyviä näkökulmia ei kyseisellä sivustolla oteta esille. AREAn verkkosivustolla löytyy kattavat kuvaukset lisättyyn todellisuuteen liittyvistä teemoista. [Augmented Reality for Enterprise Alliance]

Shabina kuvailee paperissaan maanalaisten kaivosten työntekijöille suunniteltua älykypärää, joka hyödyntää RF- ja WSN-teknologioita. Kypärä suojaa työntekijän päätä, mutta tarjoaa myös järjestelmät tunnistamiseen, paikannukseen, kommunikointiin jne. Ratkaisun suunnittelussa on otettu huomioon ennen kaikkea maanalaiset ja eristävät olosuhteet, kaasuyhdysaineet, lämpötila ja kosteusolosuhteet. Kaivoksissa kommunikoinnin tulee tapahtua kolmella tavalla: langallisesti, langattomasti ja maan läpi. Tiedonsiirrossa käytetään 30 KHz–300 GHz radiotaajuutta, joka toimii kaivosolosuhteissa, jossa päätteiden välillä ei ole suoraa näköyhteyttä. RFID:n käyttöä paikannuksen keinona maanalaisessa ratkaisussa perustellaan sillä, että se ei vaadi näköyhteyttä, kuten infrapunaan perustuvat ratkaisut. WSN-järjestelmää käytetään ratkaisussa ympäristön reaaliaikaiseen havainnointiin. Kypärän sensorit tarkkailevat painetta, lämpötilaa ja kosteutta. Kerätty data toimitetaan tarkkaamoon, josta käsin työntekijöitä varoitetaan, mikäli arvot menevät raja-arvojen ulkopuolelle. Shabinan julkaisussa tunnistetaan tarve parantaa kypärän energiatehokkuutta, jotta kokonaisuudesta tulisi riittävän luotettava. [Shabina, 2014.]



Li ym. käyttivät kypäräratkaisua työntekijöiden väsymyksen tarkasteluun. Tässä ratkaisussa kypäaraan asennetut sensorit tarkkailevat aivosähkökäyrää sekä tunnistavat pään asennon ja liikkeet todeten käyttäjän väsymys- tai stressitason. Kypärä lähettää datan tarkasteltavaksi, kun raja-arvot ylittyvät ja tilanteessa käytettävä kone tai prosessi pysähtyy vaaratilanteen välttämiseksi. Tämän kaltainen ratkaisu vaatii kohtalaisen laajan elektrijaston luomisen, jotta järjestelmä erottaa esimerkiksi portaiden nousemisen tai laskeutumisen väsymisestä johtuvista eleistä. Kypäaraan asennettiin tässä ratkaisussa EEG-sensori ja kiihtyvyysanturit. [Li et. al.]

Behr ym. kehittivät myös kaivosmiehen suojakypärää, jossa keskityttiin suojaamiseen kolmelta vaaralta: vaarallisilta kaasuilta (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) ja hiukkasilta, kypärän pois ottamiselta työtehtävien aikana, sekä kovilta iskuilta. Julkaisussa huomioitiin erityisesti raskaiden työ-/suojavarusteiden pois ottaminen työtehtävien aikana, joka altistaa työntekijän fyysisille riskeille. Koska kypärä on kuitenkin sellainen suojaväline, jonka työmiehet pitävät yllään, siihen päätettiin ko. projektissa asentaa WSN-järjestelmä, jonka avulla pystytään tarkastelemaan ympäristöä ja reagoimaan ympäristön tapahtumiin. Projektin haasteina olivat järjestelmän koon pitäminen mahdollisimman pienenä muuttamatta kypärän rakennetta ja painoa, sekä riittävän pitkäkestoinen virransaanti. Kypärien tiedonsiirron etäisyydeksi määriteltiin viisi metriä, sillä ko. työtehtävissä ollaan suhteellisen lähekkäin, mutta äänekkäissä olosuhteissa, joten työtoverille sattunutta vahinkoa tai vaaratilannetta ei välttämättä aina huomata. [Behr et. al.]

## 2.2 Internet of Things

Digitalisaatiota edeltävät kolme teollisuuden sukupolvea olivat höyryn (ja höyrykoneiden), sähköistymisen ja automaation teollisuussukupolvet. McKinsey Digitalin julkaisussa *Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector* [Wee et. al.] määritellään teollisuuden kehityskaaren neljänteen version johtavat digitalisaation elementit. Esineiden internetin lisäksi pilvipalvelut ja Big Data mahdollistavat valtavan datamäärän saatavuuden ja virtuaalisen varastoitavuuden, sekä kustannusten alenemisen. Toiseksi, neljännen sukupolven teollisuus hyödyntää tekoälyä ja koneellista oppimista, sekä niiden kautta tapahtuvaa datan analyysiä. Kolmanneksi, kosketus- ja muut uudenlaiset graafiset käyttöliittymät, sekä virtuaali- ja lisätty todellisuus mahdollistavat tiedon uudet esitystavat ja käsittelyn. Neljänneksi, robotiikka, 3D-tulostus, sekä sähkön keräily ja varastointi mahdollistavat uudenlaisia energiatehokkaita toimintatapoja valmistavan teollisuuden prosesseissa.

Koska teollisuuden käytössä olevat laitteet ovat jo laajalti automatisoituneita ja hyödyntävät osin digitalisaation mukanaan tuomia laitteita ja sovelluksia, teollisuuden neljäs sukupolvi omaksuu luonnostaan käyttöönsä digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia. McKinsey'n tutkimuksen mukaan teollisuus joutuu uusimaan kalustosta vain noin puolet, tai hieman alle, ottaakseen seuraavan kymmenen vuoden aikana käyttöön IoT:n ja digitalisaation tarjoamat uudet liiketoimintamallit. Askel turvallisuuden kokonaiskuvaan ei ole näille digitalisoituneille teollisuusyrityksille kovinkaan suuri.

Esineiden internetillä on suomen kielessä jo monta nimeä, vaikka käsite on suhteellisen uusi. Puhutaan teollisesta internetistä, asioiden internetistä, ja jopa kaiken internetistä. Esineiden internetin kaikki laitteet ovat yksilöitävissä ja yhteydessä internetiin, minkä lisäksi ne reagoivat ympäristön muutoksiin. Se laajentaa uusien ratkaisujen kautta ihmisen ja laitteiden tai sovellusten välistä kommunikaatiota. Digitalisaation ja langattomien järjestelmien nopean kehityksen mahdollistama ilmiö kasvaa ja sovelluksia kehitetään sitä mukaa kun kehitystyön tekijöillä

mielikuvitusta riittää. Esineiden internetin ympärillä on valtava potentiaali liiketoimintaan. Innovaatiotoiminnan onkin syytä ottaa huomioon esineiden internetin liitetoiminnalle tuomat mahdollisuudet. [Teknologiaeteollisuus], [Ailisto] Tällä hetkellä kuluttajien käsitys asiasta on kuitenkin vielä melko abstrakti, joten asiakaslähtöisyyttä ja määriteltyä asiakkaiden tarvetta kehitystyöllä ei ehkä toistaiseksi vielä ole. Teknologiaeteollisuuden blogissa Nokia Networksin matkapuhelinverkkojen globaalista myynnistä vastaava johtaja ja Nokia Networksin Suomen maajohtaja Tommi Uitto listaa esineiden internetin käyttökohteita, joiden joukossa teollisuuden ympäristöt ja toimitilat mainitaan [Teknologiaeteollisuus]. Työntekijöiden turvallisuus asettaa vaatimuksia teollisuuden toimintaympäristöille, jotka ovat potentiaalisia kohteita esineiden internetille.



**Kuva 3.** Intel® Compute Stick on vain noin 10 cm pitkä laite, joka kykenee suorittamaan täysiverisen tietokoneen tehtäviä.

Käytännössä edellytykset esineiden internetin toteuttamiseen ovat olleet olemassa jo kauan sitten. Laitteiden suorituskyky kasvaa kuitenkin koko ajan ja niiden laskentateho lisääntyy, jolloin laitteista tulee koko ajan "älykkäämpiä". Taskukokoakin pienemmät minitietokoneet (esim. Intel Compute Stick, kuva 2) kykenevät suorittamaan lähes samanlaisia laskenta-algoritmeja kuin tehokkaat normaalikokoiset tietokoneemme. Suurten datamäärien kerääminen ja jalostaminen käytettävään muotoon mahdollistuu kasvavan tiedonsiirtokapasiteetin myötä ja tuottaa hyötyä tuotanto- ja liiketoiminnalle. Sekä kiinteät että langattomat yhteydet mahdollistavat laitteiden yhteydet toisiinsa ja näiden verkkojen välityksellä laitteet ja ihmiset voivat jakaa tietoa ja havaintoja ympäristöstään ja toiminnastaan muille verkon toimijoille. Tietoa jakavat laitteet voivat olla hyvinkin pieniä, sillä nykyteknologia mahdollistaa pienten ja erilaisia raskuuksia kestävien laitteiden valmistamisen ja tekee niistä helposti kannettavia, jopa puettavia. MEMS (microelectromechanical systems) -tekniikat mahdollistavat pienikokoisten järjestelmien rakentamisen. Näiden sijoittaminen puolestaan vaatteisiin ja mobiililaitteisiin mahdollistaa erilaisten antureiden ja viestintävälineiden jatkuvan mukana kuljettamisen työtehtävissä. Älykkäiden ohjelmistojen ja sovellusten yhdistäminen näihin laitteisiin mahdollistaa työturvallisuutta parantavat ratkaisut. Muun muassa VTT työskentelee MEMS-tekniikoiden parissa. [Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, a.]

IoT tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuksia saada tietoja olosuhteista ja tapahtumista lähes reaaliaikaisesti. Tiedot voivat olla raakadataa yrityksen hallinnon hyödynnettäväksi toiminnan suunnittelun tarpeisiin tai loppukäyttäjälle valmiiksi tulkittua tietoa varoituksina tai ohjeina. Eriyisen tärkeää ja huomionarvoista kuitenkin on, että mittaus tapahtuu riittävän tiheästi, paikannus on tarkkaa, ja tiedon käsittely ja välitys on riittävän nopeaa. Mittauslaitteen laitteistovaatimukset riippuvat mittauksen kohteista ja siitä kuinka nopeasti arvot muuttuvat. Mittauksissa, joissa arvot vaihtelevat nopeasti, kuten liikkuvissa ajoneuvoissa, laitteiston tulee suoriutua suuresta määrästä mittauksia lyhyessä ajassa ja käsitellä ja välittää oleellinen mittaus-tieto eteenpäin.

Teollisuudessa on perinteisesti suoritettu mittauksia lähinnä koneiden toiminnan seuraamiseksi ja huoltotarpeen ennakoimiseksi. Jos tieto tulee käyttäjälle riittävän aikaisin, ongelmatilanteisiin voidaan reagoida riittävän aikaisin suurten vahinkojen ehkäisemiseksi. Lisäksi toimintoja on pyritty automatisoimaan, jolloin sensoritekniologia on tullut hyödyksi muun muassa lämpötilojen tai erilaisten virtausnopeuksien automaattisessa säätelyssä. Automatisaatio vähentää inhimillisiä virheitä teollisuuden toiminnassa. Tarkat mittaustulokset auttavat ennakoimaan muuttuvia tilanteita ja säätämään laitteita tarpeen mukaan. Suurten tietomäärien siirtäminen asettaa vaatimuksia tiedonsiirtonopeuksille, jotka ovatkin viime aikoina kasvaneet. Langattomat yhteydet mahdollistavat koko ajan suurempien tietomäärien siirtämisen taustajärjestelmiin prosessoitaviksi nopeasti ja varmasti. Tiedon käsittely muuttuu näin ollen lähes reaaliaikaiseksi ja tapahtumiin reagointi nopeutuu. IoT mahdollistaa laitteiden ja koneiden välisen kommunikoinnin, jossa tieto siirtyy laitteelta toiselle. Sensorimittausten tuloksia voidaan siis verrata ja tulkita konetasolla, mikä helpottaa automaattisten toimintojen suorittamista. Tutuimpia esimerkkejä IoT-ratkaisuista ovat koneet, jotka voivat ilmoittaa automaattisesti huollon tarpeesta, joka teollisuuden näkökulmasta on sekä turvallisuusriski, että riski liiketoiminnan katkeamattomuudelle. Sensoridataa voidaan kuitenkin hyödyntää myös muissa teollisuuden turvallisuuteen liittyvissä näkökulmissa, kun sen käsittely on riittävän nopeaa ja luotettavaa. Koska esineiden internetin tiedonsiirto tapahtuu usein langattomasti ja laitteiden tulee monissa käyttötapauksissa olla kannettavia, niiden haasteeksi muodostuu toimintaan vaadittavan virran saanti, sekä langattomien ratkaisujen riittävä tietoturvallisuus toiminnan takaamiseksi.

Edellä oleva katsaus esineiden internetiin pohjautuu Centrian kesällä 2016 päättyneen Electric Vehicles Goes Arctic (EVGA) -projektin puitteissa tehtyyn selvitykseen tulevaisuuden Internet of Things mittaussympäristöistä. Kyseisessä selvityksessä tutustuttiin tarjolla oleviin kaupallisiin ja kehityksen alla oleviin ratkaisuihin. Lisäksi raportissa punnittiin IoT-mittaussympäristöjen hyötyjä ja haasteita. [Verronen et. al.]

Teknologiat voivat auttaa tekemään teollisuuden toimintaympäristöistä turvallisempia. AR- ja VR-sovellusten käyttöönotto mahdollistaa esimerkiksi särkymässä olevien koneiden tilan tarkastelun niiden lähettämän sensoridatan perusteella. Smith tunnistaa myös lennokkien (drone) käytön mahdollisuuden teollisuusympäristöissä. Niiden avulla voidaan tarkastella tilannetta olosuhteissa, jotka ovat työntekijälle vaarallisia, ja ne voivat jopa suorittaa työtehtäviä, jos olosuhteet eivät salli ihmisen menoa työskentelyalueelle. Smith tunnistaa myös paikannusjärjestelmien mahdollisuudet toiminnan suunnittelussa ja esimerkiksi kuljetustehtävissä olevan henkilön avunsaannissa onnettomuustilanteessa. Hänen mukaansa itsestään ajavat ajoneuvot vähentävät myös onnettomuustilanteita. [Smith]

### 3. PAIKANNUSTEKNIIKAT

Paikannustekniikat vaarallisten kohteiden ja toisten alueella liikkuvien paikantamiseksi ovat kehittyneet huomattavasti, ja ovat erityisen tärkeitä työturvallisuuden parantamiseksi teollisuusympäristössä. Seuraavassa esitellään tärkeimmät saatavilla olevat paikannusteknologiat.

#### 3.1 Radiopaikannus

Verkkopaikannus toimii matkapuhelinverkon avulla tai sen avustamana. Verkkopaikannus sisältää useita standardoituja erillisiä menetelmiä. Yhteistä näille kaikille on käyttökelpoisuus rakennetulla alueella, matkapuhelinverkon kuuluvuusalueella ja sitä kautta suuri joukko potentiaalisia käyttäjiä.

Solun tunnistus (Cell Global Identity, CGI) kertoo päätelaitteen sijainnin tukiaseman tarkkuudella. Tekniikka vaatii tuen verkkolaitteiden ohjelmistolta, joka onkin laajalti jo valmiina. Tekniikan tarkkuus riippuu solun koosta, eli siitä kuinka kaukana toisistaan tukiasemat sijaitsevat. Ruuhka-alueilla (kaupunkien ydinkeskustat) päästään jopa zoom tarkkuuteen, maaseudulla on tyytyminen 25km:n tarkkuuteen.

Signaalitasojen mittaaminen edellyttää tuen laitteen ohjelmistolta. Määrittää sijainnin mittamalla eri tukiasemien signaalivoimakkuuksia. Tyypillinen tarkkuus on 300m, mikäli kolmen tukiaseman signaali on havaittavissa.

Kulkuajojen mittaaminen perustuu signaalin kulkuajan määrittämiseen tukiasemalta päätelaitteeseen (TOA, Time-of-Arrival, TA). Edellyttää ohjelmistotukea päätelaitteelta, lisäksi vaatii ohjelmistotuen ja laitemuutoksia verkon laitteilta. Tarkkuudessa päästään 100m-200m tasolle.

CGI+TA menetelmä laajentaa soluntunnistusta kulkuajan mittaamisella. Se käyttää hyväkseen vain yhtä tukiasemaa ja se toimii kaikissa GSM-laitteissa. Menetelmä ei vaadi muutoksia GSM-verkkoon. Paikannuksen tarkkuus vaihtelee sen mukaan, kuinka tiheä verkko on. Kaupunkialueilla tarkkuus on parempi, mutta harvaan asutuilla alueilla solun koko saattaa kasvaa niin suureksi, ettei menetelmä anna kovin luotettavaa tulosta. Parhaimmillaan CGI+TA:n tarkkuus on noin 100m-200m.

UL-TOA menetelmässä päätelaite lähettää signaalin kaikkiin tukiasemiin, jotka ovat kuuluvuusalueella. Sen jälkeen tukiasemat vertaavat signaalin kulkuajokoja ja laskevat niistä sijainnin. UL-TOA tarvitsee paikannukseen vähintään kolmea tukiasemaa. LMU:ta (mittausasemia) ei tarvita, mutta sen sijaan UL-TOA tarvitsee synkronoinnin tukiasemille, joko atomikelloilla tai GPS:lla.

Enhanced Observed Time Difference on menetelmä, jossa mitataan kolmesta eri GSM-tukiasemasta tulevien signaalien kulkuajokoja. Lisäksi siinä käytetään apuna tunnetussa pisteessä sijaitsevaa mittausasemaa (Location Measurement Units, LMU), jonka kanssa verrataan samoilta kolmelta tukiasemalta tulevia signaalien saapumisaikoja. E-OTD tarvitsee runsaasti laskentatehoa, mutta laskenta voidaan siirtää myös verkon paikannuspalvelimelle. E-OTD tarvitsee toimiakseen muutoksia sekä päätelaitteisiin, että verkkoon. Paikannuksen tarkkuus on luokkaa 50-125 metriä ja vasteaika laskentoinen noin 5 sekuntia.

Tulokulman mittaamistekniikka määrittää sijainnin mittaamalla signaalien saapumiskulmat tukiasemista päätelaitteeseen (AOA, Angle-of-Arrival). Edellyttää ohjelmistotukea sekä laite-muutoksia verkon laitteissa. Tyypillinen tarkkuus 50m, mikäli vähintään kolmen tukiaseman signaali on havaittavissa.

Signaalien statistiikka on ryhmä matemaattisia menetelmiä sijainnin laskemiseen, kun on käytössä historiatietoa vastaanotetuista signaaleista. Käyttökelpoinen on mm. DCM-korrelaatiomenetelmä, jolla päästään n. 50m:n tarkkuuteen sijainnin määrittämisessä.

### 3.2 Satelliittipaikannus

Paikannustekniikalla on hyvä tarkkuus avoimissa ulkotiloissa, sekä lisäksi hyvä kattavuus ympäri maapallon napa-alueita lukuun ottamatta. Ongelmana on tarvittava näkyvyys satelliitteihin, jonka estää menetelmän käytön suoraan sisätiloissa tai korkeiden rakennusten välissä. Maailmassa on tuloillaan kolme saman tyyppistä järjestelmää: amerikkalainen GPS, venäläinen Glonass, sekä eurooppalainen Galileo. Näistä ainoastaan GPS on tällä hetkellä käyttövalmiina, tarkkuus noin kymmenen metriä. Galileo valmistunee vuoden 2008 loppuun mennessä. Glonass toiminnassa on kahdeksan satelliittia suunnitellusta kahdestakymmenestä neljästä.

Differentiaalisessa GPS:ssä käytetään hyväksi maa-asemaa, pseudoliittiä, jonka sijainti on tarkasti tiedossa. Pseudoliitti laskee satelliittipaikannuksen antaman eron todelliseen sijaintiinsa ja ilmoittaa eron radioverkon avulla. Tyypillinen tarkkuus on alle kymmenen senttimetriä.

A-GPS (Assisted GPS) on mukana GSM- ja UMTS-standardeissa. Järjestelmässä matkapuhelin saa verkosta satelliittien ratatiedot ja se voi lähettää laskentatyön varsinaisen paikannuspalvelimen tehtäväksi, jolloin itse päätelaite ei kuormitu ja paikannus nopeutuu huomattavasti. Tällä menetelmällä laajennetaan GPS-järjestelmän suorituskykyä sisätiloihin, tarkkuuden ollessa muutamia kymmeniä metrejä. Päätelaite vaatii kuitenkin verkkoyhteyden paikannuspalvelimelle.

### 3.3 Lähimenetelmät

Lähimenetelmät ovat joukko toisistaan poikkeavia tekniikoita, joita voi käyttää paikannukseen. Langaton lähiverkko perustuu soluntunnistukseen tai kulkuaikojen mittaamiseen useiden tukiasemien avulla. Tarkkuudessa päästään jopa muutamiin metreihin tiheillä tukiasemaverkoilla. Kaupallisia, lähiverkkoa paikannuksessa käyttäviä sovelluksia on jo olemassa. Tarkkuutta voidaan parantaa kertomalla ohjelmistolle sallittuja paikkoja, joissa paikannettavan oletetaan olevan. Järjestelmä sijoittaa paikannettavan lähimpään sallittuun pisteeseen. Laitteen on oltava langattoman verkon toimivuusalueella.

Majakamenetelmässä voi käyttää radio-, infrapuna- tai ultraäänimajakoita. Majakoiden sijainnit ovat tiedossa ja suuntakulmien perusteella voidaan määrittää sijainti. Saatu paikannustieto on suhteellista verrattuna majakoiden sijaintiin, joten absoluuttisen paikkatiedon hankkimiseksi on majakan sijainti tunnettava. Käyttökohteena majakkaa käytetään esimerkiksi lumivyöryn uhrien paikallistamisessa. Majakka on nopea pystyttävä haluttuun toimintapaikkaan, ja se voidaan pystyttää myös sisätiloihin.

Käytettäessä kaukoluettavia tunnuksia, lukijan havaitessa (radiosignaali) etäluettavan passiivipiirin (RFID) tai optisesti tunnistettavan kuvion voidaan päätellä sijainnin olevan kohteen läheisyydessä. Tekniikka edellyttää kiinteiden kohteiden asentamista paikkoihin, joissa lukijan

sijainti on tunnistettava. Tarkkuus on lukijalaitteen tehosta ja piirien sijoittelutiheydestä muutamasta sentistä ylöspäin (pieni teho).

Erikoistekniikoista esimerkkinä kuvantunnistukseen perustuva paikannus, jossa kamerakuva sovitetaan ennalta tunnettuun näkymään. Kameran kuvaa verrataan tunnettuun näkymään ja kuvien vastatessa toisiaan riittävällä tarkkuudella sijainti on tunnetussa paikassa.

### 3.4 Sisätalapaikannusteknologiat

Sisätalapaikannukseen on esitelty useita teknologioita, ja näitä on esitetty erilaisissa tutkimuksissa ja julkaisuissa. Näissä julkaisuissa on vertailtu erilaisia ominaisuuksia ja painotettu teknologioiden soveltuvuutta erilaisissa tilanteissa. Esimerkiksi Hui Liu et al. [Liu et. al.] ja Hakan & Shuang [Koyuncu ja Yang] ovat verranneet teknologioita etäisyyden, tarkkuuden ja muiden teknisten ominaisuuksien kautta. Yanying et al. [Gu et. al.] on taas ottanut vertailuperusteeksi paikannusnopeuden ja teknologina saatavuuden.

Useimmat sisätalapaikannusmenetelmät käyttävät infrapuna - [Harter ja Hopper] tai muita -radiotaajuusteknologioita [64] paikannuksessa ja monet käyttävät olemassa olevia WLAN tai Bluetooth -teknologioita. Myös satelliittipaikannusta on mahdollista käyttää, lisäämällä paikallinen toistin välittämään satelliittien signaalia sisätiloissa. Tällaisia toistimia kutsutaan pseudoliiteiksi [Ning et. al.]. Saatavilla on myös muita hieman eksoottisempia ratkaisuja, kuten ultraääneen [Priyantha et. al.], kuvaukseen [Krumm et. al.] tai magnetismiin [Chung et. al.] perustuvia menetelmiä. 3D-kameroita voidaan käyttää kulunseurantaan [Izadi et. al. ja Saarinen, 2009.]. Usein erilaisia teknologioita yhdistellään hybridiratkaisuiksi, jossa vaikkapa kameralla kuvattua kuvaa yhdistetään muista sensoreista, kuten gyroskoopista tai kiihtyvyyssanturista saatua tietoon.

Langattomien signaalien eteneminen sisätiloissa on monimutkaista useista syistä. Tällainen on esimerkiksi signaalien heijastuminen esteistä ja saapuminen vastaanottimeen useita reittejä pitkin. Tällöin signaalien kulku aika ja saapumiskulma vaihtelevat. Tämä vaikeuttaa sijainnin laskea ulkotiloihin verrattuna [Casas et. al.].

Langattomat paikannusmenetelmät perustuvat tyypillisesti kolmiomittaukseen tai ennalta mitattuun radiokentän sormenjälkeen. Kolmiomittauksessa sijainti selvitetään tunnettuihin kohteisiin etäisyyden tai suunnan perusteella. Sormenjälkimenetelmässä radiokentän kuvaa nauhoitetaan tilassa liikkuen etukäteen ja tallentaen referenssipisteitä muistiin. Paikannettaessa sijaintia, hetkellistä radiokenttää verrataan näihin pisteisiin ja sijainti voidaan laskea myös referenssipisteiden väliin. Seinät, käytävät ja oviaukot rajaavat liikkumista sisätiloissa, jota voidaan käyttää hyväksi liikkuvaa kohdetta paikannettaessa.

Kuvaan perustuvissa menetelmissä, paikka ja suunta voidaan selvittää analysoimalla yksittäisiä kuvia kuvavirrasta. Kamera voi sijaita esimerkiksi matkapuhelimessa tai kypärässä. Kameran asento voidaan päätellä vertaamalla hetkellisen kuvan suhdetta ennalta tunnettuihin kuvaelementteihin. Tunnistamista voidaan helpottaa lisäämällä näkyville helposti kuvavirrasta tunnistettavia muotoja tai merkintöjä. Yksittäisen kuvan irrottaminen kuvavirrasta ja muodon vertaaminen reaali maailmaan on haasteellista, mutta useita hyviä esimerkkejä onnistuneesta paikannuksesta on jo olemassa, kuinka tämä voidaan toteuttaa 3D-ympäristössä [Klein & Murray, 2008]. Nykyiset tutkimukset perustuvat vastaavan toiminnallisuuden siirtämiseen mobiilialustoille [Klein ja Murray, 2009 ja Wagner et. al.].

### 3.5 Bluetooth Beacon-majakat sisätilapaikannuksen apuna

Bluetooth-majakat mahdollistavat tarkan sisätilapaikannuksen, jotta sovellukset voivat kohdistaa toimintansa juuri kyseisen sijainnin mukaiseksi. Tällaisia laitesovellusyhdistelmiä voidaan hyödyntää esimerkiksi tarjousten kohdentamisessa liikekeskuksissa liikkuville asiakkaille. Toisaalta teollisuuden työympäristöt ovat täynnä paikkoja ja tilanteita, joissa voidaan hyödyntää tällaista teknologiaa ja sen sovelluksia. Bluetooth-majakat eivät vaadi suoraa näkyvyyttä satelliitteihin, kuten GPS, ja niiden tarkkuus on paljon matkapuhelinmastojen kolmiomittausta tarkempi. Majakoiden etu RFID-tunnistukseen nähden on se, etteivät ne vaadi erillisiä lukijoita vaan ovat yhteensopivia jo useiden mobiililaitteiden kanssa. [InfoWorld from IDG]

Toistaiseksi Bluetooth-majakoihin liittyvä tutkimus on keskittynyt lähinnä niiden ominaisuuksien, toiminnallisuuksien ja soveltuvuuden testaamiseen. Esimerkiksi Sharhan ja Zickau kuvailevat paperissaan kehittyvän langattoman teknologian aiheuttamista vaatimuksista lyhyen kantaman langattomien palveluiden standardeille, kuten RFID:lle tai Bluetoothille. Älylaitteiden yleistyminen vaatii entistä enemmän kapasiteettiä ja akunkestoa, johon Bluetooth 4.x -laitteet ovat vastanneet Bluetooth Low Energy (BLE)-teknologialla. Teknologian tutuimpia käyttökohteita ovat äly- ja fitnesskellojen yhteydet älypuhelimiin sekä kohdennettu mainonta kauppakeskuksissa. Bluetooth-majakoiden läheisyys laukaisee toiminnon mobiililaitteissa. Sharhanin ja Zickaun tutkimuksessa teknologiaa on hyödynnetty terveydenhuollon toimintaympäristössä kulunvalvonnassa. [Sharhan ja Zickau]

Palumbo, Barsocchi ja Chessa arvelevat, että vähäkulutuksisten BLE-laitteiden yleistyessä niitä tullaan sijoittamaan lähitulevaisuudessa lukuisiin rakennuksiin paikannusta mahdollistamaan. Bluetoothin yhteensopivuus kuluttajalaitteiden, kuten älypuhelimien, kanssa mahdollistaa niiden käyttöönoton hyvin pienillä kustannuksilla. Yhteensopivuus onkin perusedellytys laitteistojen yleistymiselle niiden kaikissa käyttötarkoituksissa, oli kyseessä sitten turvallisuussovellukset tai markkinoinnilliset tarkoitukset. Palumbo ym. toteavat kuitenkin paperissaan, että koska mobiililaitteet skannaavat Bluetooth-laitetta noin kymmenen sekunnin välein, ehtii sen sijainti tässä ajassa muuttua paljonkin. Tästä syystä laitteiden käyttö paikannuksessa ei ole vielä yleistynyt. BLE-laitteiden luvataan poistavan tämän ongelman. Tutkimuksessaan Palumbo ym. ovat testanneet BLE-majakoiden toimivuutta paikannuksessa ja todenneet niiden olevan teknologisesti valmiita ja lupaavia ratkaisuja paikannukseen. [Palumbo et. al.]

Myös Ireland ym. ovat tutkineet Bluetooth-majakoiden sopivuutta terveydenhuollon tarpeisiin. Heidän tutkimuksessaan tarkasteltiin muistisairaiden liikkeitä kotonaan älypuhelimien ja Bluetooth-majakoiden avulla. Laitteiden avulla pystyttiin keräämään tietoa henkilöistä, jotka eivät kyenneet itse raportoimaan liikkeistään. Tässä tutkimuksessa majakat koettiin hyödyllisiksi ja edullisiksi ratkaisuksi sijaintitietojen keräämisessä. [Ireland et. al.] Samaa teknologiaa voidaan käyttää ihmisten seurantaan työskentelyalueilla, koska työtehtäviä suoritettaessa voi olla hyvinkin haasteellista raportoida siitä, missä kulloinkin liikkuu. Sijaintitietojen perusteella voidaan varoittaa esimerkiksi koneiden käyttäjiä siitä, millä alueilla jalan kulkevat työntekijät liikkuvat.

Lee ym. ovat tutkineet Bluetooth-majakoiden käyttöä paikannuksen välineenä radioaktiivisissa ympäristöissä. Nykyisessä mallissa henkilöt, jotka työskentelevät radioaktiivisissa ympäristöissä, kantavat mukanaan dosimetriä, joka tarkkailee ympäristön radioaktiivisuuden määrää ja hälyttää tarvittaessa. Nämä laitteet eivät kuitenkaan mahdollista kommunikointia tai varoitusten siirtämistä tietokantaan ja toisille henkilöille. Lee ym. ovat tutkineet dosimetritiedon ja Bluetooth BLE-majakoiden paikannustiedon yhdistämistä mobiililaitteen, eli älypuhelimien, avulla



esineiden internetiin. Näiden tietojen perusteella työntekijät saavat varoituksia vaaratilanteesta paikkatietonsa mukaisesti. tutkijoiden mukaan teknologiat ovat jo lähes valmiita otettavaksi käyttöön reaali maailman käyttökohteissa. [Lee et. al.]

Wirepasin ja u-bloxin yhteistyössä kehittämä IoT-ratkaisu vastaa esineiden internetin vaativiin tarpeisiin. Yritysten yhteinen ratkaisu auttaa asiakkaita ottamaan esineiden internetin käyttöön helposti. u-bloxin NINA-B1 -moduuli on pieni ja matalan energiankulutuksen laite, joka soveltuu monenlaisiin käyttöympäristöihin ja -tarpeisiin. NINA-B1 toimii jopa yli 300 metrin säteellä ja Wirepas-ohjelmistojen ansiosta sitä voidaan käyttää suuren kokoluokan teollisissa verkoissa. [Ireland et. al.] Laitteen toimintalämpötiloiksi luvataan jopa -40 – +85 asteen lämpötiloja, joten se soveltuu fyysisesti vaikeisiin olosuhteisiin, joissa työskennellään kylmissä tai kuumissa olosuhteissa. [u-blox, a ja b.]

### 3.6 Paikannusongelmat sisätiloissa

Paikannus edellyttää koordinaattien laskemista haluttuun sijaintiin. Käytettäessä satelliittipaikannusta, kuten GPS tai GLONASS, tämä voidaan tehdä kohtuullisen tarkasti ulkotiloissa. Satelliittipaikannusjärjestelmät vaativat kuitenkin katkeamattoman yhteyden vastaanottimesta riittävän moneen satelliittiin.

Verrattuna ulkotilojen sovelluksiin, sisätiloissa edellytetään tyypillisesti tarkempaa paikannusta. Usein tarvitaan myös tietoa, missä kerroksessa liikutaan tai missä huoneessa paikannettava esine tai henkilö sijaitsee. Joissakin, erityisissä sovelluksissa tarvitaan vieläkin tarkempaa, jopa senttimetrien tarkkuutta. Vieläkin tarkempaa sijaintia ja asennontunnistusta tarvitaan esimerkiksi lisättyä todellisuutta (Augmented Reality, AR) hyödyntävissä sovelluksissa.

### 3.7 Lupaavimmat teknologiat

Sisätilapaikannuksen ongelma riittävästä tarkkuudesta navigointitarpeisiin näyttää toistaiseksi ratkaisemattomalta [Kalliola]. Aiheesta on kuitenkin julkaistu useita tutkimuksia [Baniukevic et. al., Bell et. al., Gao et al., Kawaji et. al., Khanzada et. al., Kuflik et. al., Teramoto et. al., Rodrigo et. al. ja Wang et. al.]. Aiheelle on myös haettu patenttia [Klepal et. al.]. Edellä mainitut lähteet eivät yritä kattaa koko sisätilapaikannusta, mutta ovat esimerkkejä toteutuksista, joita voidaan hyödyntää tulevassa työssä. Nykyinen tutkimus näyttää kattavan laajan kirjon elektroniikasta (WLAN, Bluetooth, ym.) laskenta-algoritmeihin, joilla voidaan selvittää kuuluttavan (saapuneen) signaalin perusteella nykyinen sijainti.

Tällä hetkellä, ei ole laajasti käytössä olevaa sisätilapaikannusjärjestelmää julkiseen käyttöön. Galileo satelliittipaikannusjärjestelmä sisältää erillisen sisätiloihin etenevän taajuuden, jonka toivotaan ratkaisevan ongelman 2020. Centrian voittama Eurooppalainen satelliittipaikannuspalkinto viranomaisarjassa 2015 mahdollistaa Galileon PRS-kanavan käyttämisen tutkimushankkeessamme ensimmäisenä Suomessa. Euroopan avaruusjärjestö ESA on tuottamassa prototyyppielektronikkaa tyyppihyväksynnän pohjaksi myöhemmin sarjatuotettavalle laitteelle.

SLAM-järjestelmät ja kuvaan perustuvat menetelmät ovat esimerkkejä teknologisista lähestymistavoista, joissa on runsaasti tutkimusta käynnissä. Prototyyppejä käytännönläheisistä ratkaisuista on jo esitetty. Näissä käytetään erityisiä merkintäkylttejä geometrisilla ja värikoodatuuilla tunnuksilla varustettuna. Tällaiset tunnukset kyetään helpommin irrottamaan kuvavirrasta ja kameran asento niihin verrattuna on helpompi selvittää.

Kypärän asennetut, tietyn kuvion muodostavat IR-ledit edustavat esimerkkiä toisin päin ta-  
pahtuvasta paikannuksesta. Tehdassaliin asennetut kamerat kykenevät tunnistamaan hen-  
kilön ja hänen asentonsa, ja tästä onkin paikannuksen osalta saatu lupaavaa näyttöä [Klein].  
Asennon tunnistaminen on selvästi vaikeampaa ja edellyttää liikkuvaan kohteeseen asennet-  
tua anturointia.

Näkyvän valon aallonpituuteen perustuvat lidar-tunnistimet ovat suosittuja liikkuvien robot-  
tien paikantamisessa. Lidar-tekniikalla saadaan tyypillisesti tarkka, kaksiulotteinen kuva ym-  
päristöstä. Tätä voidaan esteiden havaitsemisen lisäksi käyttää myös paikannuksessa, mikäli  
tallennettua informaatiota ympäristöstä on saatavilla [Saarinen]. Centrian tutkimuksissa myös  
edulliset 3D-kamerat, kuten Kinect, ovat mahdollistaneet kolmiulotteisen liikkeen tunnistami-  
sen luotettavasti reaaliajassa.

## 4. TEKNOLOGIOITA TURVALLISUUDEN LISÄÄMISEKSI

Teollisessa ympäristössä työskentelevään henkilöön kohdistuvat uhat voivat olla hänen omasta toiminnastaan riippuvia tai ulkoisista tekijöistä johtuvia. Työntekijä saattaa esimerkiksi poistaa raskaita tai työtä hankaloittavia turvavarusteita joko päältäään tai käyttämistään laitteista ja aiheuttaa näin itseensä kohdistuvan turvallisuusuhan. Tällöin sensoriteknologia ja langattomat yhteydet voivat toimia tiedonvälittäjinä ja varoittajina työnjohtoon ja muille työntekijöille. Toisaalta laitteiden ja järjestelmien suunnittelussa tulee ottaa huomioon niiden käytännöllisyys ja käyttömukavuus.

ABB tunnisti ABB Review -lehdessä 2014 puettavien sensoritekniologioiden mahdollisuudet työntekijöiden integroimisessa työtehtäviin ja turvallisuuden varmistamisessa. Tiedon esittäminen työntekijälle AR-laitteiden välityksellä koetaan kyseisessä artikkelissa suureksi mahdollisuudeksi. AR-laitteiden ja GPS-paikannuksen avulla voitaisiin ABB:n mukaan paikantaa laitteita teollisuusympäristössä. Laitteiden tunnistuksessa ja lisätiedon haussa voidaan käyttää NFC- (near-field communication) ja RFID-tekniologioita (radio-frequency identification). Lisäksi muuttuva tilannetieto voidaan esittää työntekijälle joko AR-laitteiston tai älykellon avulla. Viestintä hoituu varusteisiin asennettujen kameroiden ja mikrofonien avulla. Artikkelin mukaan puettava järjestelmä tarkastelisi, keräisi tietoa ja varoittaisi mahdollisista uhkaavista tilanteista ympäristön muutosten perusteella: lämpötila, kosteus, happitaso, myrkylliset kaasut, melu ja säteily. Lisäksi käyttäjän kehon muutokset, kuten syke, väsymys- ja vireystasot, sekä henkinen taakka ja stressitaso olisivat tarkasteltavia kohteita. ABB:n artikkelissa kuvataan myös puettavien tekniologioiden mahdollisuudet työntekijän varoittamisessa esimerkiksi tulipalon tai hengitysilman puutteen vuoksi, ja pelastusreittien osoittamisessa silloin, kun reitin opasteiden näkeminen on esimerkiksi savun vuoksi vaikeaa. ABB:lla tehtiin työntekijän liiviin prototyyppi sensorikokonaisuudesta, jota käytettiin matkapuhelimella. Liivi keräsi tietoa sekä ympäristöstä että käyttäjistä ja siinä oli mahdollisuudet ottaa vastaan viestejä kaiuttimien kautta ja lähettää hätäkutsuja. Lisäksi ABB:lla on tehty kokeiluja AR: kanssa. Muun muassa esineiden lämpötilaa tai laitteiden toimintatilaa voitiin tarkastella mobiililaitteen välityksellä. ABB:n artikkeli nostaa esille tärkeän näkökulman, että tilanteiden tarkkailuun ja tiedon jakamiseen soveltuvaa tekniologiaa on jo paljon olemassa ja käytettävissä. Kyse on vain siitä, että yritys osaa tarkastella toimintaansa ja keksiä tekniologioille käyttökohteita. [Aleksy et. al.]



Kuva 4. Lisättyä todellisuutta Google-lasien käyttäjän silmin.

Tiedon jakamisen keinona älylasit (smart glasses) vaikuttaisivat olevan kypsyysvaiheeltaan tällä hetkellä viimeistellyin ratkaisu. Puettavan älyn sovelluksena ne tarjoavat tietoa käyttäjälle siten, ettei käyttäjän tarvitse vilkaista kannettavaa laitetta saadakseen tiedon, vaan se tuodaan suoraan silmien eteen. Toistaiseksi saatavilla olevat puettavan älyn sovellukset liittyvät lähinnä käyttäjän kuntoon ja terveyteen, ja käyttöliittymänä toimivat erilaiset vyöt ja rannekkeet, joiden tieto siirretään langattomasti mobiililaitteisiin. Älylasit tarjoavat uudenlaisia mahdollisuuksia toimintaan erilaisissa ympäristöissä. Sobeih ym. kuvaavat älylasien mahdollisuuksiksi muun muassa ympäristön olosuhteiden (lämpötila, jne.) muuttamisen käyttäjän liikkeiden mukaan tai tiedonvälityksen palo- ja viranomaistehtävissä. Heidän projektissaan Google-lasien ympärille on rakennettu puettava järjestelmä, joka mahdollistaa käyttäjän interaktiivisen anturien kanssa ympäristön säätämiseksi. Julkaisussa esitelty älykkäisiin koteihin ja ympäristöihin kohdennettu järjestelmä olisi helposti laajennettavissa turvallisiin työympäristöihin. Kirjoittajat tunnustavat tietoturvan merkityksen esineiden internetissä (IoT) toimimiselle. [Sobeih et al.]

Eurooppalaisessa *Enhanced miner-information interaction to improve maintenance and safety with augmented reality technologies and new sensors* (EMIMSAR) -projektissa on myös tartuttu kaivostyöläisten toimintaan vaikeissa olosuhteissa. Projektissa on kerätty anturidataa koneiden ja laitteiden toiminnasta ja kulumisesta sekä toimitettu se reaaliajassa työntekijöille, jotka työskentelevät koneiden parissa. Tämän tiedon perusteella työntekijät ovat voineet tehdä laitteille huoltotoimenpiteitä. Yhteydenmuodostukseen ja työntekijöiden paikannukseen käytettiin kaivostunneleihin sijoitettuja kiinteitä soluja ja työntekijöiden mukana kulkevia mobiilisoluja. [HORIZON 2020]

Hiukkasfysiikan tutkimuskeskus CERN:ssä on hyödynnetty älylaseja työssä vaikeissa olosuhteissa, esimerkiksi radioaktiivisten aineiden käsittelyssä. Vaarallisissa olosuhteissa on tärkeää, että työ voidaan suorittaa mahdollisimman lyhyessä ajassa, jotta onnettomuuden riski on mahdollisimman pieni. EDUSAFE-projektissaan työntekijät ottivat käyttöön puettavia sensoreita, jotka lisäävät turvallisuutta ja antavat tietoa, jolla työ voidaan suorittaa nopeasti. Järjestelmän sensorit ja kamerat yhdistyvät maanpäällisiin monitoreihin, jotta työtä voidaan valvoa. Samaan aikaan laitteet tunnustavat aineita reaaliaikaisesti, ja antavat ympäristöstä tietoa työntekijän älylaseihin. Lasit varoittavat vaarallisista aineista ja alueista älylasien välityksellä. Projektissa kehitetään tarkkaa tunnistusta vaihtelevassa valaistuksessa. [CERN bulletin, 2016.]

Optiscan kehittää varastonhallintaa avustavia älylasisovelluksia, joissa lisätyn todellisuuden avulla voitaisiin tukea varastotyötä. Yritys tunnistaa älylasien valtavan potentiaalinn liikkuvassa työssä ja varastoinnin tukena, mutta näkee niiden tekniikassa olevan vielä runsaasti kehitettävää, jotta ne voisivat vastata liiketoiminnan vaatimuksiin. [Optiscan Group, 2016, a ja b.]

Älylaseja ja AR-tekniikkaa on testattu tehtaiden kokoamislinjaston työntekijän avuksi tuotteita koottaessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli lisätä tuotannon nopeutta, mutta myös turvallista työtapaa ohjeiden mukaisesti ja helpottaa työntekijän henkistä rasitusta. Tutkimuksessa verrattiin kokoamisprosesseja kirjallisia ohjeita käyttäen, video-ohjeistuksella ja AR-laseja käyttäen. Tulokset kertoivat, että älylaseja käyttäen kokoamisnopeus paranee jonkin verran, ja virheiden määrä vähenee huomattavasti. [Loch et al.]

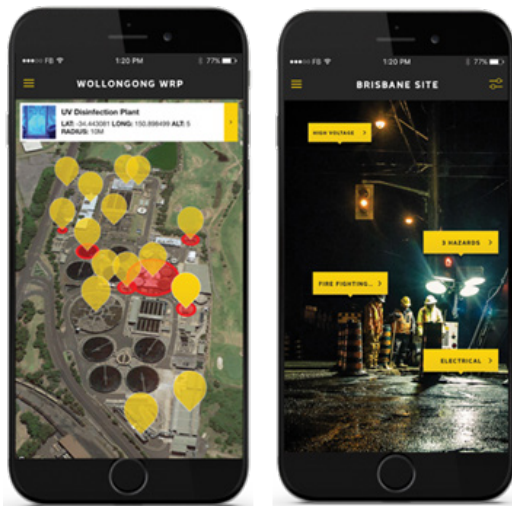
Älylasien ympärille on rakenneltu myös monenlaisia skenaarioita sairaanhoidon ja sairaalaympäristöissä toimimisen tiimoilta. Muun muassa Czuszynski ym. kuvaavat työssään älylasien käyttömahdollisuuksia kirurgin työssä, jossa potilaan tiedot ja operaatioissa käytettävät lait-

teet esitettäisiin yksityisesti kirurgin laseihin. Eleisiin (silmän liikkeit ja käden liike lähellä lasin sanka) perustuva käyttöliittymä mahdollistaa laitteen käytön ilman käsikontaktia. Paperissa esiteltävät ratkaisut ovat osa vuoden 2016 loppuun jatkuvaa eGlasses-projektia. [Czuszynski]

Vaikka AR-laitteilla on ennustettavissa monia etuja ja hyötyjä, ovat ne silti vielä kehitysvaiheessa olevia tuotteita, joihin liittyy monenlaisia haasteitakin. Kuten mobiililaitteilla yleisesti vielä tällä hetkellä, akun kesto muodostuu suureksi haasteeksi. Aktiivisessa käytössä oleva laite kuluttaa akkunsaa loppuun noin 2-3 tunnissa – lepotilassa oleva laite alle päivässä. Kanadalainen Fortem on kerännyt nettiartikkeliinsa AR-laitteiden hyötyjä ja mahdollisuuksia, mutta myös haasteita. Yrityksen mukaan laitteet ovat vielä raskaita ja epämiellyttäviä kokoaikaiseen käyttöön. Lisäksi useissa laitteiden ominaisuuksissa hyödynnetään infrapunateknologiaa, joka ei toimi luotettavasti ulkotiloissa. Laitteita ei ole tarkoitettu yhdenaikaiseen käyttöön samassa tilassa, joten ne häiritsevät toistensa toimintaa. Niihin ei myöskään vielä löydy valmiita ohjelmistoja, joka valjastaisi niiden koko potentiaalin yritysten käyttöön. Fortem ottaa esille myös laitteiden hinnan: laitteet ovat toistaiseksi vielä melko hintavia, joten kaikkien yritysten saatavilla ne eivät ole. Fortem uskoo laitteita koskevien ongelmien kuitenkin hälvenevän lähivuosien aikana ja hintakehityskin tulee muiden laitteiden (kuten älypuhelimet) tapaan olemaan laskujohtanteinen. [Fortem]

Tuulilasinäytöt (head-up display, HUD) mahdollistavat tiedon esittämisen ajoneuvon/koneen kuljettajalle. Tieto näkyy suoraan kuljettajan näkökentässä työskennellessä, ilman että kuljettajan tarvitsee kääntää katsettaan mobiililaitteeseen. Taistelulentokoneista lähtöisin oleva teknologia kopioitiin ensin kaupallisten lentojen koneisiin ja sittemmin ajoneuvoteollisuuteen. Nykyään monet automerkit tarjoavat jopa keskihintaisissa malleissaan HUD-ratkaisuja. [Wheeler] HUD-sovellukset mahdollistavat hyvinkin reaaliaikaisen tiedon esittämisen, joten ne olisivat helposti implementoitavissa esimerkiksi varastojen trukkeihin, jolloin kuljettaja näkisi nopeasti muuttuvat tilanteet ja esimerkiksi sokeaan kulmaan jäävä ”jalankulkija” tulisi nähtyäsi koneellisesti. Itseasiassa HUD toimii sisällä paremmin kuin ulkona, sillä sisällä valon suunta on yleensä vakio, eikä se pääse heijastuksillaan häiritsemään HUD:n esittämää tietoa.

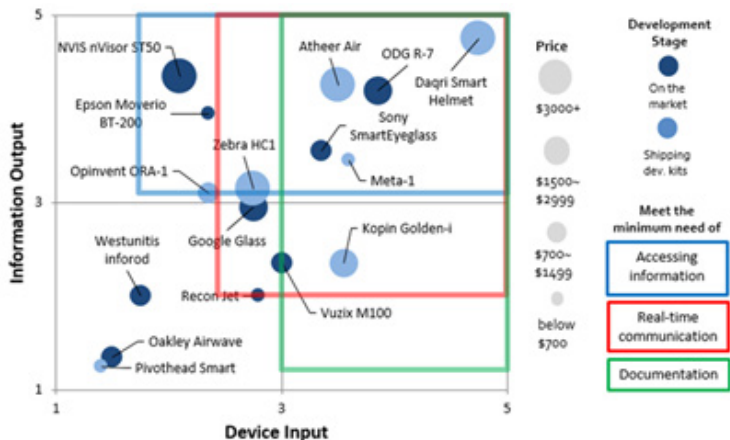
Australialainen The Safety Compass on älypuhelimelle kehitetty sovellus, joka näyttää työskentelyalueen vaarapaikat älypuhelimien näytöllä työntekijän sijaintiin nähden. Se tunnistaa työntekijän sijainnin ja varoittaa tarvittaessa työntekijää ja koko tiimiä antaen heille mahdollisuuden esimerkiksi lisätä tarpeellista suojaruustusta ennen alueelle siirtymistä. Sovelluksen valmistaja lupaa vaara-alueiden lisäämisen sovellukseen olevan helppoa. Uusien riskien lisääminen sovellukseen ja työntekijöiden hyödynnettäväksi tapahtuu valmistajan mukaan muutamissa minuuteissa. Ohjelmisto ei kuitenkaan itsessään ota vastaan sensoritietoa ympäristöstä ja reagoi muuttuviin vaaratilanteisiin. [Safety Compass]



Kuva 5. Näkymiä The Safety Compass -sovelluksesta.

#### 4.1 Älylasit

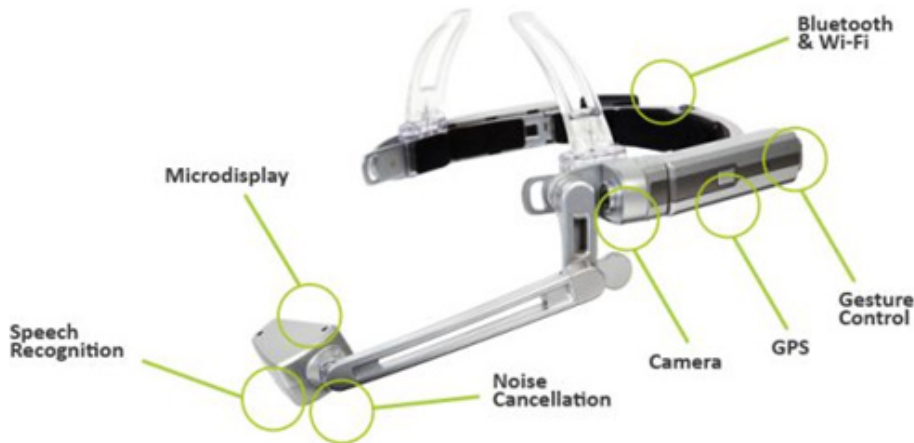
Lux Research on tarkastellut ja vertailleet älylasien kypsyyssastetta ja ominaisuuksia. Kuva 5 esittää ratkaisut matriisilla. Tummansiniset ympyrät esittävät markkinoilla olevia valmiita tuotteita ja vaaleansiniset kehitysvaiheessa olevia tuotteita, joita voi tilata kehitykseen. Tony Sun kuvaa blogissaan Google Glassin ympärillä ollutta keskustelua, joka kaatui lasien ongelmiin. Älylasit kuitenkin kiinnostavat eri teollisuuden aloja ja niiden ympärille on kehitetty monenlaisia projekteja. Laitteilla on monenlaisia käyttötarkoituksia, joiden vaatimuksiin ne on kehitetty, joten kuhunkin tarpeeseen voidaan valita omanlaisensa laitteistoratkaisut. Sun on jakanut laitteet kolmeen ryhmään: Tietoa hakeviin HMD-laitteisiin (head-mounted display), jotka esittävät tietokannoista haetun datan käyttäjälle; AR-laitteet (augmented reality), jotka lisäävät dataa, kuvia ja videota lasien läpi näkyvän näkymän päälle, sekä mahdollistavat kommunikoinnin ja etätuen; ja dokumentointilaitteet, joilla voidaan ottaa kuvia ja videota, sekä arkistoida sen myöhempää käyttöä varten. [Sun]



Source: Lux Research, Inc.  
www.luxresearchinc.com

Kuva 6. Älylasit Lux Researchin matriisissa.

Lux Researchin matriisin (kuva 6) laitteiden hinnat vaihtelevat 500 ja 20 000 dollarin välillä sen mukaan, millaiseen tarpeeseen ne on tuotettu ja mikä niiden kypsyyssaste on. Suuri osa laitteista on langallisia ja tietokoneeseen kytkettäviä, mutta osa niistä sisältää jo langattoman yhteyden tai jopa oman sisäisen prosessorin. Osa laitteista on selkeästi tavallisten kuluttajien urheilukäyttöön kehitettyjä, kuten laskettelijan Oakley Airwave (hinta: 550,00 \$) tai juoksijan ja pyöräilijän Recon Jet (hinta: 499,00–599,00 \$). Näiden laitteiden näytöllä esitetään suoritukseen liittyviä tietoja, kuten ajat, nopeudet jne. [Recon Instruments] Osasta laitteita näkee jo ulkoisesti selvästi, että niiden kehitystyö on vielä kesken tai että ne eivät sovellu teollisuuden usein fyysisesti vaativiin olosuhteisiin ja tarpeisiin. Tällaisia laitteita ovat mm. Opinvent ORA, Westunitis inforod, Kopin Golden-i (kuva 5, kehitettävä laite, ei hintatietoja) ja Vuzix M100 (hinta: 1079,99 €), sekä Google Glass (ei myynnissä tällä hetkellä). Vuzix tarjoaa verkkosivuillaan useita älylasiratkaisua, joista osa on vielä kehitteillä ja myynnissä tuotteista on vain kaksi. [Vuzix]



**Kuva 7.** Kopin Golden-I 3.8D.

Osa älylaseista on hyvinkin paljon tavallisten silmä- tai aurinkolasien näköisiä, mutta esimerkiksi Sony SmartEyeglass-ratkaisussa [Sony] (hinta esimerkiksi Saksassa 861,45 €, ja Epson MOVERIO BT-200 ja BT-300 -laitteissa [38] (BT-200 699,99 \$ ohjauslaitteesta on tehty erillinen langallinen yksikkö, joka sisältää myös tiedon prosessoinnin).



**Kuva 8.** Epson MOVERIO BT-200.



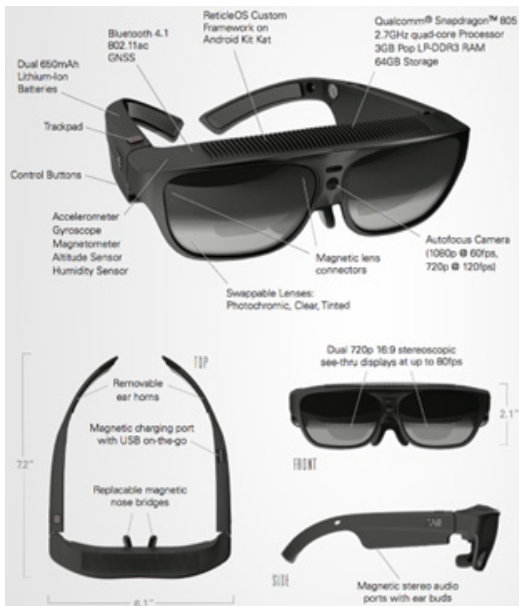


**Kuva 9.** N-Visor ST50.

Sonyn ratkaisua hieman fyysisesti raskaampi on Meta 2, joka lupaa käden liikkeiden tunnistuksen hologrammien käytössä. Meta 2 -kehityspaketti on monta muuta kilpailevaa laitetta edullisempi, sen hinta on 949 \$ [Epson]. nVisor ST50 puolestaan muistuttaa ulkoisesti hieman virtuaalilaseja ja on selkeästi edellä mainittuja vankkatekoisempi ratkaisu. Hintakin on sen mukainen – 19700,00 \$. Laseissa on SXGA1280x1024 värinäytöt, jotka voidaan asettaa läpinäkyväksi tai läpinäkymättömäksi. Näin ollen laitetta voidaan käyttää myös virtuaalitodellisuuden sovelluksiin. [Meta]

Microsoft Hololens on myös valmis tuote, jota myydään Yhdysvaltain ja Kanadan markkinoilla 3000 \$ hintaan. Kehityspaketti sisältää fyysisen tuotteen, mutta ohjelmistojen rakentaminen jää asiakkaalle. Laitteen holografiset linssit mahdollistavat 3D-sisällön näyttämisen läpinäkyvien lasien maisemassa. Se sisältää muun muassa pään liikkeen tunnistavan sensorin (IMU); viisi kameraa, joista yksi syvyyskamera; videokameran, neljä mikrofonia ja vallitsevan valon sensorin. Lisäksi laitteessa on tunnistimet katseen suunnalle ja eleille, äänikomennot ja tilaäänenäentoisto. Windows 10 -käyttöjärjestelmää hyödyntävä laite sisältää 32 bittisen prosessorin. [Microsoft]

ODG R-7 -älylasit on tarkoitettu teollisuuden ja yritystarpeisiin. Lasit sisältävät datan prosessointiin vaadittavaa teknologiaa (mm. Android ReticleOS/Android KitKat 4.4) ja runsaasti sensoreita, kuten kolmeakseliset kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin ja magnetometrin, sekä korkeus-, kosteus- ja valosensorit. Lisäksi laite sisältää kameran, 720 p/80 fps läpinäkyvät näytöt linssissä, kaksi digitaalista mikrofonia käyttäjän ja ympäristön äänten tallennukseen ja mahdollisuuden äänenäentoistoon kuulokkeilla. Pään liikkeet tunnistetaan kolmen yhdeksänakselisen kehon liikkeen tunnistimen (IMU) avulla. Yhteysmuotoina on Bluetooth ja 802.11ac. Paikannus toimii GNSS (GPS/GLONASS) avulla. Valmistajalla on olemassa myös asevoimien käyttöön kehitetty versio R-6. Teollisuuskäyttöön tarkoitettun R-7-mallin hinta on valmistajan verkkosivuilla 2750,00 \$. [ODG]

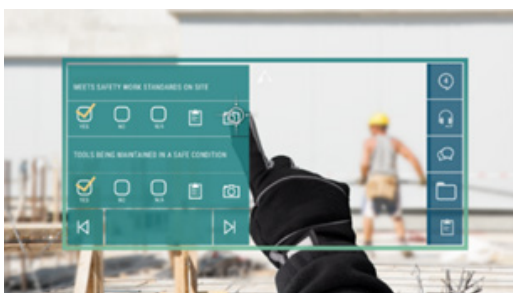


**Kuva 10.** ODG R-7 -älylasien sisältämä teknologia.

Atheer AiR GLASS -älylasit sisältävät laajat läpinäkyvät 720p näytöt ja dual RGB -kamerat yhdistettynä 3D-syvyyskameraan. Laitteessa on erillinen prosessointi- ja yhteysyksikkö Android-pohjaisella AiR-käyttöjärjestelmällä. Pään asento tunnustetaan 9-akselisella IMU:lla. Lasien yhteydet hoituvat WiFi- ja Bluetooth-yhteyksillä, lähitulevaisuudessa myös 4G LTE-verkossa. AiR GLASS -laseissa on tavallisten sangojen sijasta pään ympäri menevä säädettävä panta. Myös AiR GLASS on suunnattu teollisuuden ja yritystoiminnan tarpeisiin. Laitteen hinta valmistajan sivuilla on 3995,00 \$. [Atheer]



**Kuva 11.** Atheer AiR GLASS -älylasit.



**Kuva 12.** Näkymä Atheer AiR GLASS's läpi.

## 4.2 Älykypärät

Daqri Smart Helmet edustaa ulkoisesti valmista ratkaisua raskaaseen teollisuuteen, jossa pää täytyy suojata kypärällä. Laitteen verkkosivuilta kuitenkin käy ilmi, että laite ei vielä ole valmis kaupallinen tuote. Näin ollen sille ei löydy myöskään myyntihintaa. Laitteessa on kuitenkin lukuisia mielenkiintoisia ratkaisuja, kuten lataustelakka, johon kypärä laitetaan latautumaan. Kypärässä on myös kasvoja suojaava visiiri. Usb-porttien avulla kypärään voidaan liittää lisälaitteita ja sensoreita. Kypärässä mainitaan olevan lämpötila-antureita sekä kamera- ja infrapunatekniikkaa syvyyden arviointiin. Lisäksi laitteeseen on sisällytetty ääniulostulo kuulokkeita varten. Kahden IMU-sensorin avulla voidaan muun muassa tarkastella käyttäjän pään liikkeitä. [Daqri]



**Kuva 13.** Daqri Smart Helmet.

Kypärän käyttö vähentää muiden kannettavien mobiililaitteiden, kuten tablettien ja älypuhelin mukana kantamisen tarvetta ja parantaa korkeiden työpaikkojen turvallisuutta sitä kautta: kun kädet ovat vapaana, on helpompaa ylläpitää tasapainoa. Kypärän eteen- ja taaksepäin suunnatut kamerat puolestaan lisäävät turvallisuutta, kun työskennellään paikoissa, joissa on paljon melua ja liikkuu raskaita työkoneita, kuten trukkeja. Kypärä voi varoittaa visuaalisella tai äänivaroituksella, jos kone tulee liian lähelle. Lisäksi työntekijän omia elintoimintoja seuraava panta voi varoittaa, mikäli jotain työnteon turvallisuuteen liittyviä riskejä on havaittavissa. [The American Society of Mechanical Engineers, ASME]

## 4.3 Muita puettavia älysovelluksia

Lapin yliopiston Body-Fit-hankkeessa kehitettiin toimivaa ulkoiluvaatetta liikuntarajoitteisille lapsille ja vaatteiden teknisten ominaisuuksien ohella toteutettiin pienimuotoinen demonstraatio vaatteiden anturoinnista fysiologisten olosuhteiden tarkkailuksi. Demonstraatiossa anturit tarkkailivat lasten raajojen lämpötilaa, joka näytettiin käyttäjälle pienellä näytöllä. Haasteeksi kyseisessä demonstraatiossa muodostuivat kuitenkin laitteiden kestävyys ja huollettavuus osana vaatetta, sekä paristojen kesto kylmissä olosuhteissa. Kyseiset epäkohdat vaikuttivat järjestelmän toimintavarmuutta ja luotettavuutta heikentävästi. [Harjuniemi ja Kaartinen]

Oululainen Medanets tarjoaa kirjaamissovelluksiinsa potilasrannekeratkaisua, jossa integroituvat potilaan tiedot potilastietojärjestelmästä sekä tunnistautuminen sairaalassa. Ranneketta voidaan käyttää apuna sekä hoitotoimenpiteissä että potilaan kulunvalvonnassa. Medanetin vedenkestävissä rannekeissa on sekä sirullisia NFC/RFID-rannekkeita että viivakoodilla toimivia ratkaisuja. [Medanets]

Suomalainen Navigil on kehittänyt yhteistyössä hoiva- ja terveyspalveluita tuottavan Esperi Caren kanssa puettavan turvaratkaisun, kellon, joka sisältää turvalaitteet, älyverkkopohjaiset saavutettavuuspalvelut ja paikannus- ja hallintapalvelut. [48] Kellolla voi muun muassa soittaa hätäpuhelun yhdellä napinpainalluksella, joka samalla lähettää paikkatiedon Rafael-palveluun. Laite sisältää 3D kiihtyvyyssanturin ja lämpötilansensorin ja se tulee langattomia sensoreita. Siinä on sisäänrakennettu kaiutin ja kaksirivinen OLED-näyttö. Yhteys- ja kommunikaatiomuotoina laite käyttää seuraavia: Quad band GSM/GPRS/EDGE, SMS, FTP, HTTP, TCP, UDP, USSD. Laite on kehitetty hoivapalvelun kotihoidon asiakkaille, mutta siinä on potentiaalia myös muunlaisiin käyttötarkoituksiin sen tyylikkään ulkomuodon ja yksinkertaisen käytettävyyden vuoksi. Lisätietoa laitteesta:[http://www.navigil.com/download/s1/S1\\_R1.o8.pdf](http://www.navigil.com/download/s1/S1_R1.o8.pdf) [Navigil]



**Kuva 14.** Navigilin S1-turvakello.

Suomalainen Clothing+ on Reima Oy:n spin-off yritys, joka tuottaa vaatteita, joihin on lisätty sensoriteknologiaa kehon toimintojen tarkastelua varten. Clothing+:n vaatteissa käytetään muun muassa sellaisia sensoreita sykkeen mittaamiseen, joita ei tarvitse irrottaa vaateen pesua varten. Yritys tekee yhteistyötä monien toimijoiden kanssa ja esittääkin verkkosivuillaan, että jos jollain on olemassa asiakaslähtöinen tarve, heihin voi ottaa yhteyttä. [Clothing+]

Kuopiolainen Myontec Oy tuottaa älyshortseja, joiden sensoriteknologiaan liitetty sovellus mahdollistaa liikuntasuoritusten tarkastelun lihastyöskentelyn perusteella [Myontec]. Tällaisen teknologian hyödyntäminen työtehtävien ergonomian tarkastelussa voisi hyödyttää sekä työntekijää että työnantajaa vähentämällä työperäisiä tuki- ja liikuntaelinten ongelmia.

Aalto-yliopistossa puolestaan on kehitetty puettavan älyn kurssilla oppilastyönä muun muassa panta, jonka avulla voidaan rakennustyömiehen käsivarteen kiinnittää anturi mittaamaan melun tasoa. Päivittäisen äänikuormituksen määrää voidaan tarkastella pannaan värivalojen avulla ja näin ollen ehkäistä työntekijöiden työperäisiä kuulovaurioita. [Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2016, b.]

Tampereen teknillisessä yliopistossa on kehitetty myös opiskelijaprojektina 'Smart Glove controller'ia. Kone Cranes'in kanssa yhteistyössä tehdyssä projektissa on tarkoituksena kehittää hansikas, jolla nosturin toimintoja. Toiminta on edennyt jo prototyyppivaiheeseen ja nähtävää on, miten hyvin opiskelijat pääsevät asetettuun tavoitteeseen. [Demola Tampere]

Oregonin osavaltion yliopistossa viiden opiskelijan ryhmä on yhteistyössä Intelin harjoittelijoiden kanssa luonut polkupyöräilijöille älykypärän, joka tunnistaa onnettomuuden ja ottaa yhteyden tarvittaessa hätäkeskukseen. Tutkijat pyrkivät tekemään kypärästä ikään kuin pyöräilijän mustan laatikon, joka auttaa tarkastelemaan onnettomuuksien syitä ja vahingon laajuutta. Kypärä sisältää muun muassa yhteyden älypuheliimeen ja kiihtyvyyssantureita, sekä laitteiston, jonka avulla kommunikointi ennalta määritetyn avuntarjoajan kanssa onnistuu. Androidille rakennettu älypuhelinapplikaatio seuraa pyöräilijän nopeutta, ajoetaisyyttä ja reittiä. Kypärän prototyyppi on tulostettu 3D-tulostimella. Laitteisto mahdollistaa suojaavien toimintojen lisäksi kuitenkin myös mahdollisuuden musiikin kuunteluun ja kypärän käytön hands free -puheluihin. [Intel Corporation]

#### 4.4 Tilannetietoisuus turvallisuuden takaajana

Tilannetietoisuus määritetään kyvykkydeksi havaita muutoksia käyttäjän tilanteessa ja tarjota tilanteeseen sopivia palveluja. Toisin sanoen tilannetietoiset palvelut reagoivat havaitsemiinsa muutoksiin. Reagointi edellyttää tietoa ympäristöstä, käyttäjästä ja käytetyistä teknologioista.

Ympäristönä toimii käyttäjän lähialueen fyysiset, sosiaaliset ja kulttuuriset ominaisuudet. Sijainti, lähistöllä olevat esineet ja paikat, aika, myös päivän hetki ja suoritus aika vaikuttavat, kun analysoidaan ympäristön tilaa. Käytetty teknologia taas sisältää paikannuksen langattomat yhteydet ja käytetyn paikkatietojärjestelmän.

Käyttäjä kontekstina vaikuttaa kuinka palveluja pyydetään. Käyttäjä voi pyytää tietoa sekä lähiympäristönsä järjestelmiltä, että paikkatietoilta palveluilta. Käyttäjä tietoisuuteen liittyvät hänen henkilökohtaiset ominaisuutensa: ikä, sukupuoli, taustat ja teknologinen osaamistaso. Myös käyttäjän tunnetila pitäisi ottaa tilanteena huomioon.

Eräs lähestymistapa tilannetietoisuudessa on havaita muutoksia. Käyttäjän liikkumassa ympäristö muuttuu jatkuvasti. Tilannetietoisuus edellyttääkin tiedonvaihtoa niin käyttäjän ja ympäristön, ympäristön ja päätelaitteen kuin käyttäjän ja päätelaitteen välillä. Dynaaminen konteksti voi mukautua myös käyttäjän liikkeeseen. Käyttäjän ollessa paikoillaan tarkkaillaan ympäristön muutoksia joka puolelta. Liikkeessä keskitytään liikkeen suunnassa olevaan ympäristöön, nopeuden noustessa yhä kauemmas liikesuunnassa.

Kyselyt ovat paikkatietoisten palvelujen perusta. Yksikään palvelu ei tuota mitään vastauksia, ellei siihen ole syötetty algoritmeja, joilla tieto haetaan tai sitä ei kysytä. Oliopohjainen data mahdollistaa datan luokittelun tietojärjestelmässä. Tavanomaisemmat datamuodot eivät myöskään kykene tallettamaan tiedolle abstrakteja ominaisuuksia, jotka eivät suoraan liity paikkaan. Oliopohjaiset mallit tulevat vahvistamaan asemaansa tulevaisuudessa.

Käsiteltäessä suuria tietomääriä tulee dataa tiivistää ja sen käsittelymenetelmät optimoida suorituskyvyn takaamiseksi. Parantunut prosessointikyky jopa mobiililaitteissa ei saa johtaa huolimattomaan algoritmikehitykseen. Optimoinnille on olemassa erilaisia tapoja, kuinka olioiden keskinäisiä suhteita voidaan kuvata. Esikäsitelty tieto voidaan indeksoida myöhemmän tiedonhaun nopeuttamiseksi. Tiedon lyhyt elinaika edellyttää jatkuvaa päivittämistä ja uutta indeksointia. [Brimicombe ja Li]

## 5. TEKNOLOGIOIDEN KEHITTYMINEN

Teollinen internet elää suurta nousukautta juuri nyt. Kaupallisten sovellusten lisäksi Internet of Things tavoittaa yritys- ja teollisuusympäristöt, missä kasvun mahdollisuudet ovat huomattavat. Hanke ajoittuu aktiiviseen kasvun aikaan, ja on todennäköistä, että teollinen internet kehittyy hankkeen aikana paljon. Tekniikka tulee kehittymään sujuvaksi ja ketteräksi, sekä luotettavaksi. Hankkeen toteutusaikana teollinen internet kehittyy tavalla, jossa hankkeen on hyvä olla mukana.

Teollisen internetin kehittyessä tärkeä painoarvo tulee olemaan laitteiden tietoturvalle. Tietoturvan kehittäminen on tärkeässä roolissa erityisesti kun, luodaan sovelluksia teollisuuden käyttöön. Turvallisuussovelluksissa käytetään usein henkilön paikannustietoa ja mahdollisesti jopa ihmisen terveystietoa, joilla on korkea yksityisyyden suoja. Tämän vuoksi teollisen internetin tietosuojauksen täytyy olla erittäin luotettava.

Hankkeen aikana suurin kehitys tapahtunee teollisuuden tarkoituksiin kehitettävissä äylaseissa ja suojakypärissä, joissa on lisättyä älykkyyttä. Näin ollen BILINE ajoittuu hienosti tutkimuksen suureen aaltoon ja ottanee paikkansa tutkimuskentällä. Laitehankinnoilla ja niiden päälle rakenneltavilla sovelluksilla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka uskottava ja hyödyllinen hankkeen lopputulos on.

### 5.1 Aiemmat tutkimukset

Euroopan Unioni (EU) on ottanut tavoitteekseen kehittää teollisen internetin innovaatioiden tukemisen. Erityisen tärkeiksi asioiksi nostetaan älykkäiden esineiden kehittyneet alustat, upotettu älykkyys ja tehokkaat tietoverkot. Nykyisestä trendistä käyttää sensoreita älykkyyden lisäämisessä, siirytään laitteiden älykkääseen käyttäytymiseen. Tärkeiksi toimialoiksi teollisen internetin hyödyntämisessä mainitaan maatalous, älykkäät kaupungit, logistiikka ja teollisuus. Euroopan Unioni tukee teollisen internetin kehittämistä erityisesti avointen ja vapaiden teollisen internetin alustojen luomisessa. Tähän liittyen EU on käynnistänyt aloitteen "Alliance for Internet of Things innovation (AIOTI)", jonka tarkoitus on yhdistää suuret teollisen internetin tekijät yhdeksi, suurimmaksi teollisen internetin liitoksi. [Digital Single Market]

Hankkeen aikana suurta kehitystä tulee tapahtumaan teollisen internetin käytössä kaupallisesti ja teollisuudessa. Älylaitteet tulevat kehittämään sensoripainotteisesta älykkääksi käyttäytymiseksi ja käynnistymiseksi. Tällä hetkellä älylaitteissa hyödynnetään ensisijaisesti tehasympäristöissä ja pieninä kaupallisina sovelluksina, mutta tämä tulee kehittymään laajaan mittakaavaan, jossa älysovelluksia käytetään kaupallisissa tarkoituksissa.

Morgan Stanleyn tekemän tutkimuksen mukaan suurimmat haasteet teollisen internetin ja älykkäiden ratkaisujen käyttöönotolle ovat tietoturvaluottisuus, standardoinnin puuttuminen, perinteiset alustat, hinta ja osaavien työntekijöiden puute. Tärkeimmät syyt miksi teollista internetiä halutaan hyödyntää ovat tehokkuuden ja tuottavuuden lisääminen, uudet liiketoimintamahdollisuudet, laitteiden käytön maksimointi ja seisonta-ajan vähentäminen. [I-Scoop]

Tietoturvaluottisuus todetaan tärkeimmäksi kehitysalueeksi, mikä on hyvä huomioida hankkeen tutkimuksessa. On tärkeää luoda sovellukset niin, että ne on helppo sulauttaa yrityksen ohjelmistojen kanssa yhteistyöhön. Käyttöönoton pitää olla helppoa. Hankkeen kehityskohteena on teollisuusalueiden turvallisuus, mutta myös yrityksille tärkeät tuottavuusaspektit on tar-

peen ottaa huomioon. Usein turvallisuutta kehittävät ratkaisut kehittävätkin myös tuottavuutta ja nopeutta. Nämä tutkimustulokset ovat syytä ottaa huomioon hankkeen toteutuksessa, jotta tuloksista tulisi mahdollisimman käytännölliset yritysten käyttöön.

Suomessa on suunnitteilla erilaisten turvallisuuskorttien yhtenäinen digitaalinen arkisto. Arkiston kautta työnantaja voi tarkistaa helposti työntekijän turvallisuuspätevyydet ja niiden ajantasaisuuden. Kortin voi myös uusia verkossa. [Nollis]

Rauman satamassa on otettu käyttöön työturvallisuusuudistuksia, joiden avulla satamassa ei ole tapahtunut yhtäkään onnettomuutta yli kolmeen vuoteen. Alueella käytetään älykästä tunnistusta, jossa auton rekisterinumero tunnistetaan ja puomi nostetaan vain autoille, joilla on lupa tulla alueelle. Nopeusrajoituksia valvotaan ja ylinopeudesta varoitetaan liikenteessä ja rangaistaan. Liikenne onkin suurin vaaran aiheuttaja satama-alueella, jossa liikkuu erilaisia kuluneuvoja, joissa osassa on huono näkyvyys. (TTT, 2016, b.)

Automaation käyttö tieliikenteessä on kehittynyt viime vuosina huomattavasti, ja nyt kehitys on siirtynyt myös teolliseen toimintaan. Autonominen ajoneuvo voi säätää nopeuden, turvavälit ja ajolinjat, mikä poistaa inhimillisen virheen riskin. Kuljettajan vastuulle jää suuret ohjausliikkeet, kuten kääntyminen. Tällainen teknologia lisää turvallisuutta, koska kone voi reagoida yllättävään tilanteeseen ihmistä nopeammin ja varmemmin pitkälläkin työajalla. Länsi-Australiassa on otettu käyttöön täysin automaattiset ajoneuvot rautamalmin kuljetukseen. Autoja on 6g kappaletta suljetulla alueella. Autonomisia rekkvoja on tutkinut myös muun muassa Volvo, Daimler ja Scania. (Pöyskö et. al.)

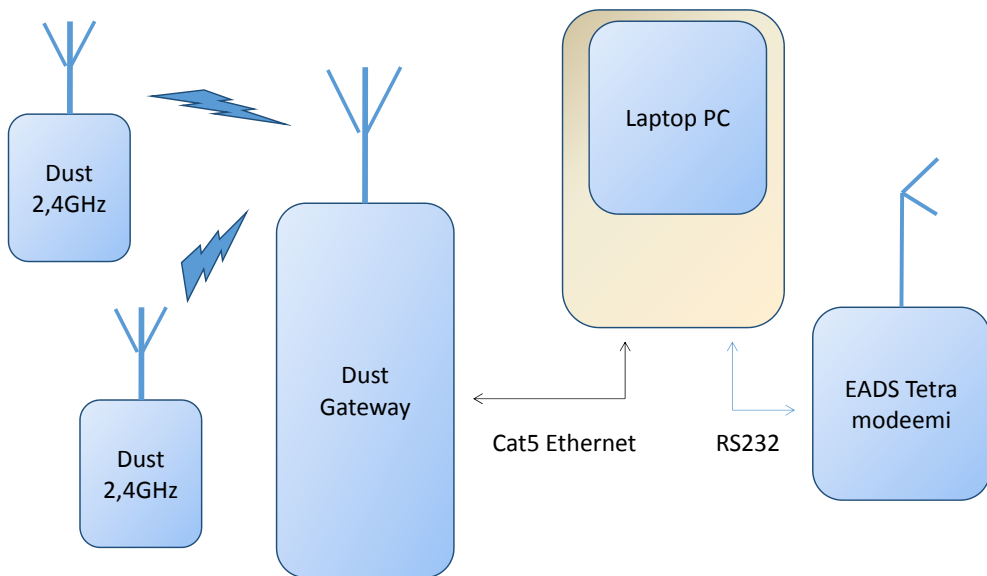
## **5.2 Centrian aiemmat tutkimukset**

Centria on tutkinut pitkään useita läheisesti Bilinen aihepiiriin liittyviä teknologioita. Tästä saadut kokemukset ovat suoraan hyödynnettävissä tässä hankkeessa. Centria oli mukana Celtic plus -rahoitteisessa CoMoSeF-hankkeessa, jossa jaettiin liikenteestä kuljettajilta kerättyä dataa toisten kuljettajien ajoratkaisujen tueksi. Jakamisen keinona käytettiin mobiiliyhteyksiä ja GPS-laitteita. Tieto esitettiin kuljettajille matkapuhelimen, tabletin tai GPS-navigaattorin näytöllä.

### **5.2.1 Anturitiedon välittäminen viranomaisverkossa**

Centria on lähettänyt VIRVE-modeemilla sensoriverkon anturitietoja tekstiviestillä VIRVE-puhelimeen. Testissä käytettiin Dust Networks:n 2.4GHz:n sensoriradioita, sensoriverkon-gateway, EADS:n VIRVE-datamodeemi sekä tietokone. Gateway liitettiin tietokoneen verkkoporttiin ja modeemi tietokoneen sarjaporttiin.

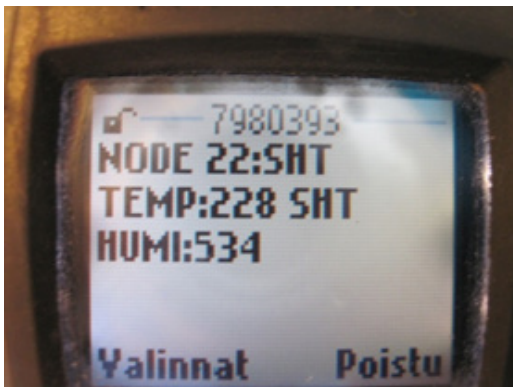




**Kuva 15.** Viestiliikenne ja kytkennät modeemin testauksessa.

Tietokoneelle ohjelmoitiin PERL-scriptti, joka ohjaa ja hallinnoi sensoriverkkoa gatewayn avulla ja lukee tarvittavat anturitiedot. Kun scriptti saa vastaanotettua tarvittavat anturitiedot, se aloittaa ohjaamaan modeemia AT-komentojen avulla. AT-komennoilla määritellään, että kyseessä on SDS<sub>4</sub> tyyppinen tekstimuotoinen viesti. AT-komennoilla määritellään myös itsinumero, eli vastaanottajan numero, sekä viestin sisältö, joka tässä tilanteessa oli SHT-anturin lämpötila- ja ilmankosteustieto.

Testaus saatiin suoritettua onnistuneesti. Tekstiviesti lähetettiin VIRVE-puhelimeen, josta anturin arvot voitiin lukea.



**Kuva 16.** Virve käsipuhelimeen saapunut viesti.

SDS<sub>4</sub>-tekstiviestin pituus voi olla enintään 140 merkkiä, joten riippuu anturien lukumäärästä, saadaanko tarvittavat informaatiot lähetettyä yhdellä tekstiviestillä. Modeemilla voidaan myös lähettää status-viestejä. Status-viesteillä voidaan ilmaista esimerkiksi tilaviestit, soittopyynnöt, kiirekutsut, hätäkutsut, kuittausviestit jne. Status-viestin arvo on välillä 0-65535 ja arvoilla on jokin ennalta määritelty merkitys.

Centria on myös selvittänyt mahdollisuuksia lähettää VIRVE-modeemilla anturidataa FTP-palvelimelle. Kyseiselle toiminnolle ei löydy AT-komentoja, joten sitä ei ole mahdollista toteuttaa. Operaattorin asiantuntija kertoi yhteyden tarvitsevan erityistä välityspalvelinta, jollainen oli pystytetty joitain vuosia sitten kotimaisen laitevalmistajan tarpeisiin. Laitevalmistajalta saadun tiedon perusteella yhteyskokeilu oli onnistunut, mutta yhteyden osoittautui käyttökeltovottomaksi puutteellisen siirtonopeuden takia. Testin perusteella sensoriverkon anturiarvojen välittäminen viranomaisverkon sisällä näyttäisi onnistuvan mallikkaasti, kun taas yhteydet internetiin tai ”siviilipalvelimelle” edellyttävät operaattorin välityspalvelinta. Viranomaisverkko onkin suunniteltu lyhyiden puhe- ja tekstityyppisten viestien välitykseen, kun taas suurempi datansiirto edellyttäisi kehittyneempiä kaupallisia verkkoja.

### 5.2.2 Langaton NTC-lämpötilälahetin

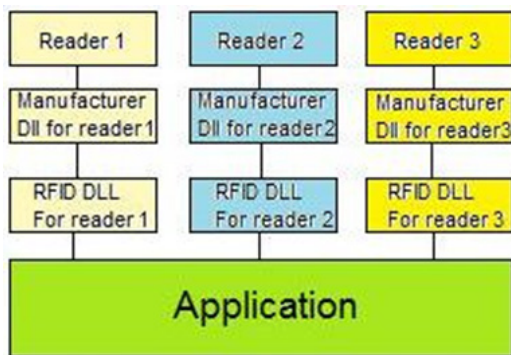
Centria on suunnitellut pilottilaitteen resistanssin mittaamiseksi – tai paremmin sanoen, resistanssin toistamisen – langattomasti. Erilaisissa sähköisiä termostaatteja käyttävissä laitteissa kuten ilmastointi- tai jäädytyslaitteissa on usein mittaavana elimenä NTC-vastus. Jos vastuksen resistanssi voitaisiin mitata jollakin laitteella ja toistaa toisella sekä välittää tieto langattomasti, niin vastuksen voisi sijoittaa lähes mihin tahansa eikä kaapelointia tarvittaisi.

Tehtävää varten suunniteltiin kytkentä, jossa käytetään NTC-vastuksen mittaamiseen ulkoisen kontrollerin ohjaamaa digitaalipotentiometriä ja operaatiovahvistimella toteutettua jännitevertailijaa. Digitaalipotentiometrillä tuotettiin lähinnä NTC-vastuksen resistanssia oleva vastusarvo ja tämä tieto lähetettiin vastaanottimelle ZigBee-radion välityksellä. Vastaanottimessa oli lähes samanlainen laitteisto, jossa mikrokontrolleri ohjaa digitaalipotentiometrin lähettimeltä saadun tiedon mukaiseen tilaan. Näin ollen potentiometrissä saadaan nyt lähettimien kytketyn NTC-vastuksen arvo.

Piirilevyä suunniteltiin sellaiseksi, jossa sekä lahetin että vastaanotin voitiin kalustaa samalle layoutille. Centria valmisti kaksi prototyyppiä ja niiden toiminta testattiin. Tekniikka osoittautui periaatteeltaan toimivaksi, mutta käytetty digitaalipotentiometri ei salli useiden volttien mitausjännitettä vastaanottopäässä. Tämä on ongelmallista kytkettäessä laite 10V jännitteellä toimivaan termostaattiin, koska jännite oikosulkeutuu potentiometrissä olevien suojadiodien kautta ja sotkee mittaustuloksen täydellisesti. Ongelman voisi kiittää esimerkiksi käyttämällä laitteelle erillistä galvaanisesti erotettua virtalähdettä. Muuten potentiometrin tilalle täytyisi etsiä sopivampi malli. Asennusympäristöistä kerätyn tiedon perusteella on tosin varsin yleistä, että potentiometrien lähdeissä on mainitut suojadiodit.

### 5.2.3 RFID-kirjasto

Centria on kehittänyt RFID-lukija-adaptoreita käyttäville (SD-korttipaikka) käsipäätteille dll-kirjaston. Kirjaston tarkoituksena oli nopeuttaa kehitystyötä ja vähentää samankaltaisten toimintojen koodin kirjoittamista jokaisessa kehityskohteessa uudelleen. Toinen merkittävä hyöty tällaisesta kirjastosta on, että kirjastolle tehdyn määrittelyn pohjalta luodut dll-kirjastot ovat ohjelmoijalle aina saman näköisiä. Tavoitteena oli minimoida ohjelmoijalta vaadittava lisätyö vaihdettaessa lukijaa toiseen syystä tai toisesta. Ohjelmointikielenä oli C-kieli, jotta voidaan maksimoida kirjastojen uudelleenkäytettävyys mahdollisimman monella ohjelmointikielillä sekä käyttöjärjestelmässä.



**Kuva 17.** RFID-kirjaston periaatekuva.

Testauksessa käytetyn lukijan SD-korttipaikkaan kytkettävä lukija toimi HF-taajuusalueella. Tällä taajuusalueella luentaetäisyys on käytännössä noin 1-2 cm. Laitteiston mukana tullut ohjelmointirajapintaan liittyvä dokumentaatio, esimerkit sekä dll-kirjastot olivat toteutettu C++-kielellä. DLL-kirjastosta ei ollut tietoa onko se toteutettu C vai C++ kielellä, joten teimme testauksen kirjastolle. Testauksessa ilmeni, että se on toteutettu C++ kielellä. Jonka vuoksi jouduimme joustamaan periaatteesta, että RFID kirjastot olisivat puhdasta C koodia. Toteutimme kirjastoon tarvittavat toiminnot lukutapahtumaa varten.

#### 5.2.4 2D-viivakoodit mobiililaitteissa

2D-viivakoodien lukemista varten on matkapuhelimelle toteutettu luokkafunktio, jolla puhelimen kamerasta saadaan haettua kuva viivakoodin etsintään. Rakennetun luokan toteutuksessa on huomioitu kehitetyn koodin uudelleenkäytettävyys mahdollisissa muissa laiteympäristöissä. Viivakoodien lukemista testattiin ensivaiheessa ZBar-kirjastoa käyttäen, mutta tämä osoittautui ongelmalliseksi valitulla alustalla. Tämän jälkeen siirryttiin käyttämään ZMing-kirjastoa, jonka avulla 2D-viivakoodien lukeminen onnistui, ja tätä on sovellettu mm. myöhemmin toteutetussa geokätkentäsovelluksessa.

#### 5.2.5 RFID-tunnistus varastonhallinnassa

Aiemmin kehitetyssä varastonhallintasovelluksessa oli perehdytty optiseen kamerajärjestelmään. Tämä kameraseurantajärjestelmä integroitiin osaksi koejärjestelmää. Samalla luotiin tarvittava sovellus testin toteuttamiseksi. Järjestelmä asetettiin esille Centrian automaatiolaboratorioon, jonne luotiin simuloitu varastotila kahdeksalla hyllyllä ja kameraseurantajärjestelmällä. Sovellusta on demonstroitu alueen yrityksille ja kehitystyötä on mahdollista jatkaa tulevaisuuden hankkeissa.

### 5.3 Aineiston kattavuus

Tässä julkaisussa ollaan käytetty monipuolista aineistoa koskien turvallisuutta teollisuusympäristöissä, teollista internetiä, lisättyä todellisuutta ja virtuaalitodellisuutta. Julkaisun tärkeimmät lähteet ovat tieteellinen kirjallisuus ja konferenssijulkaisut. Lähteitä ovat kansainväliset ja suomalaiset julkaisut kyseisistä aihealueista. Olemassa olevien tekniikoiden kartoittamiseen on käytetty yritysten internet-sivuja ja tuote-esitteitä. Lähteinä on käytetty mahdollisimman tuoreita julkaisuja, jotka on julkaistu vuonna 2011 tai myöhemmin. Centrian aiemmat tutkimukset on myös huomioitu tätä julkaisua tehdessä.

## 6. KONTRIBUUTIO BILINE-HANKKEELLE

Tutkitut teknologiat auttavat hanketta kohdistamaan tutkimuspanoksensa kehityskelpoisimpiin kohteisiin. Digitalisaation eteneminen on tuonut lukuisia mahdollisuuksia toteuttaa uusia työturvallisuutta parantavia ratkaisuja. Seuraavissa kappaleissa on esitetty hankkeen aikana tehtäviä hankintoja ja tapahtumia, jotka tuovat lisäarvoa hankkeen toteuttamiseen.

### 6.1 Teknologiapilotit ja laitehankinnat

Hankitun tiedon perusteella vaikuttaisi siltä, että älylasien ja -kypärien elinkaari on vasta kehitysvaiheessa, joten niiden soveltaminen tutkimuksessa olisi varteenotettava vaihtoehto. Yhteistyö laitevalmistajien kanssa voisi siis olla varsin hedelmällinen.

Bluetooth-majakoiden osalta tutkimusta on jo tehty useilla eri toimialoilla, kuten matkailussa, kaupan alalla, terveydenhuollossa ja osin jo turvallisuudessakin. Näiden käyttöönotto hankkeessa olisi kuitenkin mielenkiintoinen ja edullinen ratkaisu, joten sekin lienee järkevää.

### 6.2 Uusimman tiedon hankintafoorumit

Nopeasti etenevän teknologian kehityksen viimeisimpiin saavutuksiin voi tutustua muun muassa seuraavissa kansainvälisissä tapahtumissa.

IoT Tech Expo Global 2017, 23.-24.1. 2017, Lontoo, UK

Augmented Reality & VR Show Conference, 7.-8.3.2017, Lontoo, UK

CeBIT 2017, 20-24.3. Hannover, Saksa

ICTexpo 2017, Huhtikuu, Messukeskus, Helsinki

4th ARVR Innovate Conference: Where Augmented and Virtual Reality Get Down to Business, 11.5.2017, Dublin, Irlanti

IoT Applications, Connecting the ENGA, 10-11.5.2017, Berliini, Saksa

Sensors Expo 2017, 27.-29.6. 2017, McEnery Convention Center | San Jose, CA

Industry of Things World, 18.-19.9. 2017, Berliini

FinnSec kansainväliset turvallisuusalan messut, 26-27.9.2017, Messukeskus, Helsinki

Teknologia'17, 10.-12.10.2017, Helsinki

### 6.3 Vierailukohteet

Osallistumalla hankkeen aihepiirien kannalta ansioituneiden tutkimuslaitosten toimintaan vaihtotutkijana avaa hankkeelle tien uusimpien teknologioiden hyödyntämiseen. Toimiminen alalla pitkään toimineessa tutkimusryhmässä näyttää käytännön keinot vaatimusmäärittelystä toteutukseen. Centria on hankkeissaan verkostoitunut useiden kansainvälisten tutkimuslaitosten kanssa. Bilinen aihepiirissä tällaisia tutkimusryhmä on lueteltu liitteessä 2.

## 7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Toistaiseksi vaikuttaa siltä, että varsinkin lisätyn todellisuuden sovellukset painottuvat teollisuudessa lähinnä työntekijöiden koulutustarkoituksiin ja koneiden ja laitteiden ylläpidon tukemiseen. Nykyiset turvallisuussovellukset sen sijaan keskittyvät staattisten vaarapaikkojen ilmaisuun, eikä niissä ole hyödynnetty nykyteknologian ja IoT:n mahdollistamaa reaaliaikaisuutta tai tilanne-/paikkatietoisuutta.

Digitaaliset IoT-laitteet, kuten etätunnisteet keskustelevat langattomasti paikasta riippumatta taustajärjestelmän kanssa. Tulevaisuudessa kiinteistöihin voidaan asentaa paremman peiton takaamiseksi tukiasemia, jotka parantavat kuuluvuutta kriittisissä paikoissa. Erilaisia sensoriverkon tukiasemaratkaisuja tullaan kehittämään kattamaan koko Suomi. Langaton tunnistus on koko ajan kehittyvä tekniikka, jota käytetään ihmisten tunnistukseen ja kulunvalvontaan, sekä ajoneuvojen seurantaan.

Tilannetiedon tulee olla reaaliaikaista, ja sitä seurataan erilaisilla puettavilla laitteilla ja seurantatekniikoilla. Laitteiden liike ja kunnossapito ovat osa reaaliaikaista tilannetiedon seuraamista, jolla varmistetaan laitteiden turvallinen toimivuus ja huollon tarve.

Teollinen internet hyödyntää tekniikkaa hyvin monialaisesti. Teollisen internetin soveltamisalueet, älykkäät tehtaan, autonomiset tuotteet, ennakoiva huolto, tarvitsevat erilaisia tietoliikenteen, tietojen käsittelyn, sensoroinnin teknisiä ratkaisuja. Näiden rinnalle pitäisi nostaa liiketoimintamallien ja asiakkaalle arvon tuottaminen. Teollisen internetin osaaminen on Centrian vahvuus. Infra ja monipuolista osaamista on tällä hetkellä paljon. Centrian matkaviestinverkkojen testausympäristö on maailman huippua ja osaamisen puolesta Centria pystyy osallistumaan maailmanluokan tutkimuksen tekemiseen. Tiivis yritysysteistyö mahdollistaa teollisen intranetin sovellusten kehittämisen ja kouluttamisen. Kehittämiskohteena huippututkimuksen tulosten jalkauttaminen Centria-alueen yritysten ja opiskelijoiden hyödyksi.

Centrian osaaminen on hankkeen aihepiireissä varsin korkealla tasolla. Centria kouluttaa yritysten henkilökuntaa vuosittain, tarjoten työturvallisuuskortti-koulutuksia. Koulutus huomioi digitalisaation kehittymisen osana työturvallisuusratkaisuja työympäristössä. Mobiiliteknologioiden kehitysryhmä tuottaa jatkuvasti uusia ratkaisuja työturvallisuuden kehittämiseksi. Centria on toteuttanut useita sisätilapaikannukseen liittyviä pilotteja, joita voidaan käyttää osana Biline-hankkeen nopeita pilotteja.

Tutkimustiimien osaamisen kehittämisessä painottuvat alan uudet haasteet. Digitalisaation alueella teknologiset harppaukset ovat kiihtyneet viime vuosina. Erityisesti Esineiden internet (IoT), mobiilirobotiikan uudet ratkaisut ja uudet visualisointitekniikat ovat tärkeitä aihealueita, joiden tutkiminen Centriassa on jo aloitettu. Aktiivinen mukanaolo niiden kehittämisessä on erittäin tärkeää. Kyseisten teknologioiden kehittyessä, esille nousevat erityisesti niiden tuottaman informaation hallinta.

Työturvallisuuden kehittyvät sensoritekniikat tuovat erityisiä haasteita kasvavan tietotulvan käsittelyyn. Trendien ja poikkeamien tunnistamiseen sekä ennusteiden ja älykkäiden toimintojen kehittämiseen käytetään erilaisia tilasto- ja sääntöpohjaisia menetelmiä. Datan analysoinnissa on selkeä kehitystarve.

Uudet tietolähteet, avoin data ja tuoreet tekniset ratkaisut asettavat entistä korkeampia vaatimuksia tietoturvalle. Tämä tarkoittaa toisaalta teknistä tietoturvaa laitteiden ja ohjelmistojen muodossa, mutta erityisesti tietoturvakulttuurin ja toimivien tietoturvallisten käytäntöjen edelleen kehittämistä. [Centria]

Olemassa oleva teknologia tarjoaa valmiita ratkaisuja työturvallisuuden parantamiseksi teollisuusympäristössä. Teknologiat tulee tunnistaa ja jalostaa toimiviksi yrityskohtaisiksi sovelluksiksi. Osaamisen jatkuva kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää palveltaessa yrityksiä viimeisimpiä teknologioita hyödyntäen.

## LÄHTEET

Ailisto, H. "Esineiden ja asioiden internet – seuraava teollinen murros," 2013, saatavilla: [http://www.vtt.fi/Documents/2013\\_Esineiden\\_ja\\_asioiden\\_internet\\_Ailisto.pdf](http://www.vtt.fi/Documents/2013_Esineiden_ja_asioiden_internet_Ailisto.pdf)

Aleksy, M. Vartiainen, E. ja Naedele, M. "Modern cyborgs - Going where only science fiction dared to venture," ABB review 3/14, sivut 70–75, saatavilla: [https://library.e.abb.com/public/4678be0d0b04df23c1257d7e00550b36/70-75%203m462\\_EN\\_72dpi.pdf](https://library.e.abb.com/public/4678be0d0b04df23c1257d7e00550b36/70-75%203m462_EN_72dpi.pdf)

Atheer, "AIR GLASSES – Enterprise ready smart glasses," 2016, saatavilla: <http://www.atheerair.com/air-glasses>

Augmented Reality for Enterprise Alliance, "Why AR For Enterprise - ENTERPRISE AR USE CASES," 2016, saatavilla: <http://thearea.org/category/why-ar-for-enterprise/use-cases/>

Augmented Reality for Enterprise Alliance, "Why AR For Enterprise - TECHNOLOGIES FOR ENTERPRISE AR," 2016, saatavilla: <http://thearea.org/category/why-ar-for-enterprise/technologies/>

Baniukevic, A. Sabonis, D. Jensen, C.S. ja Hua Lu. "Improving wi-fi based indoor positioning using bluetooth add-ons." In Proceedings of the 2011 IEEE 12th International Conference on Mobile Data Management - Volume 01, MDM '11, pages 246–255, Washington, DC, USA, 2011. IEEE Computer Society

Bassan, J. Srinivasan, V. ja Tang, A. "The Augmented Mine Worker: Applications of Augmented Reality in Mining," CSC Australia, 2013, saatavilla: [http://www.csc.com/au/insights/98317-the-augmented\\_mine\\_worker\\_applications\\_of\\_augmented\\_reality\\_in\\_mining](http://www.csc.com/au/insights/98317-the-augmented_mine_worker_applications_of_augmented_reality_in_mining)

Behr, C.J. Kumar, A. ja Hancke, G.P. "A Smart Helmet for Air Quality and Hazardous Event Detection for the Mining Industry," 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), s. 2026–2031, Taipei, maaliskuu 2016.

Bell, S. Wei, T. Wook Rak Jung, ja Scott, A. "A conceptual model of trust for indoor positioning systems." In Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness, ISA '11, sivut 7–14, New York, NY, USA, 2011. ACM.

Brimicombe A. ja Li. C. "Location-Based Services and Geo-Information Engineering". Wiley. 2009.

Casas, R. Cuartielles, D. Marco, À. Gracia, H.J. ja Falcó, J. L. "Hidden issues in deploying an indoor location system." IEEE Pervasive Computing, 6:62–69, 2007.

Centria. "Digitalisaation kehittämissuunnitelma 2017-2020". Centria Ammattikorkeakoulu. 2016.

CERN Bulletin, "Augmented Reality for Improved Safety," helmikuu 2016, saatavilla: <https://cds.cern.ch/journal/CERNBulletin/2016/07/News%20Articles/2130668>

Chung, J. Donahoe M. Schmandt, C. Ig-Jae Kim, Razavai, P. ja Wiseman. M. "Indoor location sensing using geo-magnetism." Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services, MobiSys '11, pages 141–154, New York, NY, USA, 2011. ACM.

Clothing+ HQ, "Weaving Technology Into the Fabric of Life!," 2016, saatavilla: <http://www.clothingplus.com/index.php>

Czuszynski, K. Ruminski, J. Kocejko, T. ja Wtorek, J. "Septic safe interactions with smart glasses in health care," 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), s. 1604–1607, Milano, elokuu 2015.

Daqri, "DAQRI SMART HELMET™ - Workers connect to their environment through the power of augmented reality," 2016, saatavilla: <http://daqri.com/home/product/daqri-smart-helmet/>

Demola Tampere, "Smart Glove Controller," toukokuu 2016, saatavilla: <http://tampere.demola.net/projects/smart-glove-controller>

Digital Single Market, "Research and Innovation" kesäkuu 2016, saatavilla: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/research-innovation-iot>

Epson, "Smart Glasses – A New Way of Seeing the World," 2016, saatavilla: <http://www.epson.com/cgi-bin/Store/jsp/Landing/moverio-augmented-reality-smart-glasses.do>

Fortem, "Augmented Reality for Physical Security," 2016, saatavilla: <http://fortem.com/augmented-reality-for-physical-security/>

Gao, Y. Yang, Q. Li, G. Edward Y. Chang, Wang, D. Wang, C. Qu, H. Dong, P. ja Zhang, F. "Xins: the anatomy of an indoor positioning and navigation architecture." In Proceedings of the 1st international workshop on Mobile location-based service, MLBS '11, sivut 41–50, New York, NY, USA, 2011. ACM.

Gu, Y. Lo, A. ja Niemegeers, I. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. Communications Surveys Tutorials, IEEE, 11(1):13–32, 2009.

Harjuniemi, E. ja Kaartinen, H. Pursiainen, M. (toim.), "Ulkoiluvaatetuksen suunnittelu ja toteutus liikuntarajoitteisille nuorille," Vaatemuotoilu kehoskannauksen valossa - Body-Fit -tutkimushankkeen tuloksia, s. 50–80, Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan julkaisu, Sarja C. Kat-sauksia ja puheenvuoroja no. 37, 2011, Rovaniemi.

Harter, A. ja Hopper, A. A distributed location system for the active office. IEEE Network, 8, 1994.

HORIZON 2020 – The EU Framework for Research and Innovation, "Augmented reality improves safety and productivity in mines," syyskuu 2014, saatavilla: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/augmented-reality-improves-safety-and-productivity-mines>

InfoWorld from IDG, "What you need to know about using Bluetooth beacons," InfoWorld, Inc., heinäkuu 2014, saatavilla: <http://www.infoworld.com/article/2608498/mobile-apps/what-you-need-to-know-about-using-bluetooth-beacons.html>



Intel Corporation, "Tech Interns Create Smart Bike Helmet That Could Save Your Life," elokuu 2014, saatavilla: <http://www.intelfreepress.com/news/smart-bike-helmet-smartphone-app/8533/>

Ireland, D. Liddle, J. Harrison, F. Sachdcev, P. ja Brodaty, H. "Low-energy Bluetooth beacons for lifespace assessment of people with neurological conditions," Antennas and Propagation (ISAP), 2015 International Symposium, sivut 1–3, Hobart, marraskuu 2015.

I-Scoop, "The Industrial Internet of Things (IIoT): innovation, benefits and barriers", marraskuu 2016 <http://www.i-scoop.eu/internet-of-things/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>

Izadi, S. Kim, D. Hilliges, O. Molyneaux, D. Newcombe R. Kohli,, P. Shotton, J.Hodges, S. Freeman, D. Davison, A. ja Fitzgibbon, A. "Kinectfusion: real-time 3d reconstruction and interaction using a moving depth camera." Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology, UIST '11, pages 559–568, New York, NY, USA, 2011. ACM.

Kalliola, K. "High accuracy indoor positioning based on BLE." Seminar Speech in Tekes Advanced Bluetooth Seminar, huhtikuu 2011.

Kanev, K. Cheng, X. ja Mirenkov, N. "Methods and Technologies for Enhancing and Optimizing Power Plant Inspection Procedures", Seventh International Conference on Computer and Information Technology, sivut 605-608, Tsuruga, 2007.

Kawaji, H. Hatada, K. Yamasaki, T. ja Aizawa. K. "Image-based indoor positioning system: fast image matching using omnidirectional panoramic images." In Proceedings of the 1st ACM international workshop on Multimodal pervasive video analysis, MPVA '10, sivut 1–4, New York, NY, USA, 2010. ACM.

Khazada, T. J. S. Ali R. Ali, S. Napoleon, A. ja Omar, A.S. "Use of super resolution algorithms for indoor positioning keeping novel designed wlan signal structure." In Proceedings of the First International Workshop on Digital Engineering, IWDE '10, sivut 59–63, New York, NY, USA, 2010. ACM.

Klein, G. ja Murray, D. "Improving the agility of keyframe-based SLAM." Proceedings of the European Conference on Computer Vision, 2008.

Klein, G. ja Murray, D. "Parallel tracking and mapping on a camera phone." In Proc. Eighth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (IS-MAR'09), Orlando, syyskuu 2009.

Klein, G. Visual Tracking for Augmented Reality. PhD thesis, University of Cambridge, 2006.

Klepal, M. Widyawan, ja Pesch, D. A location and tracking system, syyskuu 2010.

Koyuncu, H. and Shuang Hua Yang. A survey of indoor positioning and object locating system. International Journal of Computer Science and Network Security, 10:121–128, 2010.

Krumm, J. Harris, S. Meyers, B. Brumitt, B. Hale, M. ja Shafer, S. Multi-camera multi-person tracking for easy living. In *Visual Surveillance*, 2000. Proceedings. Third IEEE International Workshop on, pages 3–10, 2000.

Kuflik, T. Lanir, J. Dim, E. Wecker, A. Corra', M. Zancanaro, M. ja Stock, O. "Indoor positioning: challenges and solutions for indoor cultural heritage sites." In *Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces, IUI '11*, sivut 375–378, New York, NY, USA, 2011. ACM.

Lee, J.-W. Jeong, K.-H. Jong-Il Kim ja Im, C.-W. "The development of remote wireless radiation dose monitoring system," 4th International Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications (ANIMMA), sivut 1–4, Lissabon, huh-tikuu 2015.

Li, P. Meziane, R. Otis, M. J.-D. Ezzaidi, H. ja Cardou, P. "A Smart Safety Helmet using IMU and EEG sensors for worker fatigue detection," 2014 IEEE International Symposium on Robot and Sensors Environments (ROSE), s. 55–60, Timisoara, lokakuu 2014.

Liu, H. Darabi, H. Banerjee, P. ja Liu, J. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, IEEE Transactions on, 37(6):1067–1080, marraskuu 2007.

Loch, F. Quint, F. ja Brishtel, I. "Comparing Video and Augmented Reality Assistance in Manual Assembly", 2016 12th International Conference on Intelligent Environments, sivut 147-150, Kaiserslautern, syyskuu 2016.

Medanets, "Medanets Digital Care & Human Touch," 2016, saatavilla: <http://medanets.com/fi/raatkaisut/>

Meta, 2016, saatavilla: <https://www.metavision.com/>

Microsoft, "Bring ideas to life," 2016, saatavilla: <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/development-edition>

Myontec, "Myontec designs intelligent clothing," 2015, saatavilla: <http://www.myontec.com/en/>

Navigil, "Esperi ja Navigil tuovat markkinoille edistyksellisen puettavan turvaratkaisun," 2014, saatavilla: <http://www.navigil.com/esperi-ja-navigil-tuovat-markkinoille-edistyksellisen-puettavan-turvaratkaisun/>

Ning, F. Kao, S. Chang, C. ja Meng. X. "Preliminary testing of pseudolite to improve gps precision." 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering, 2004.

Nollis, "Turvallisuskorttikoulutukseen toivotaan lisää moduulijattelua ja digitalisaation hyödyt käyttöön", Työterveyslaitoksen tiedote, Helsinki, 30.11.2016, saatavilla: <https://www.nollis.fi/uutiset/turvallisuskorttikoulutukset>

NVIS, "nVisor ST50," 2016, saatavilla: <http://www.nvisinc.com/product/products.html?layout=product&fid=aoQG0000008qrFFMAQ>

ODG, "R-7 Smartglasses," 2016, saatavilla: <http://www.osterhoutgroup.com/products-r7-glasses>

Optiscan Group, "PUETTAVA TEKNOLOGIA - ÄLYLASIT," 2016, saatavilla: <http://www.optiscangroup.com/fi/smartglasses>

Optiscan Group, "ÄLYLASIT - PELKKÄÄ HYPEÄ? ," 2016, saatavilla: [http://www.optiscangroup.com/fi/smart\\_glasses\\_mobile\\_work](http://www.optiscangroup.com/fi/smart_glasses_mobile_work)

Palumbo, F. Barsocchi, P. ja Chessa, S. "A stigmergic approach to indoor localization using Bluetooth Low Energy beacons," 12th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), sivut 1–6, Karlsruhe, elokuu 2015.

PricewaterhouseCoopers, "For US manufacturing, virtual reality is for real: How virtual and augmented reality technologies are reimagining America's factory floors," tutkimusraportti, tammikuu 2016, saatavilla: <https://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/augmented-virtual-reality-next-manufacturing-pwc.pdf>

Priyantha, N.B. Chakraborty, A. ja Balakrishnan, H. The cricket location-support system. In Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, MobiCom '00, pages 32–43, New York, NY, USA, 2000. ACM.

Pöyskö, T. Hurskainen, E. Lapp, T. Vaarala, H. "Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa - Kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla". Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2016. Sivut: 18-21. Helsinki. 2016

Recon Instruments, 2016, saatavilla: <http://www.reconinstruments.com/>

Saarin, J. "A sensor-based personal navigation system and its application for incorporating humans into a human-robot team." PhD thesis, Helsinki University of Technology, 2009.

Safety Compass, "Creating a world where everyone comes home from work," 2016, saatavilla: <http://thesafetycompass.com.au/>

Shabina, S. "Smart Helmet Using RF and WSN Technology for Underground Mines Safety," 2014 International Conference on Intelligent Computing Applications (ICICA), s. 305–309, Coimbatore, maaliskuu 2014.

Sharhan, S. M. H ja Zickau, S. "Indoor mapping for location-based policy tooling using Bluetooth Low Energy beacons," 11th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), sivut 28–36, Abu Dhabi, lokakuu 2015.

Smart Reality, "Five Ways The Construction Industry Will Benefit From Augmented Reality," helmikuu 2014, saatavilla: <http://smartreality.co/five-ways-construction-industry-will-benefit-augmented-reality/>

Smith, Z. "Technology That Can Improve Safety In Manufacturing and the Supply Chain," marraskuu 2015, saatavilla: <http://blog.thomasnet.com/technology-that-can-improve-safety-in-the-supply-chain-manufacturing>

Sobeih, T. Whittaker, N. ja Han, L. "DIVINE: Building a wearable device for intelligent control of environment using Google Glass," 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), s. 1280–1285, Liverpool, lokakuu 2015.

Sony, "Develop apps for SmartEyeglass," 2016, saatavilla: <https://developer.sony.com/develop/wearables/smarteyeglass-sdk/>

Sun, T. "Differentiating Consumer Smart Glass Hype From Enterprise Smart Glass Potential," Lux Research, tammikuu 2016, saatavilla: <http://blog.luxresearchinc.com/blog/2016/01/differentiating-consumer-smart-glass-hype-from-enterprise-smart-glass-potential-google-leads-in-one-of-these-categories/>

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy, "MEMS – Mikrosysteemit," 2016, saatavilla: <http://www.vtt.fi/palvelut/digitaalinen-maailma/avaruusteknologi/anturit-kuvantaminen-ja-data-analytiikka/mems-%E2%80%93-mikrosysteemit>

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy, "Opiskelijat loivat tulevaisuuden puettavan älyn ratkaisuja yhdessä VTT:n kanssa," kesäkuu 2016, saatavilla: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/opiskelijat-loivat-tulevaisuuden-puettavan-%C3%A4lyn-ratkaisuja>

Teknologiateollisuus, "Tätä kaikkea on esineiden internet," lokakuu 2015, saatavilla: <http://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/toimitusjohtajablogi/tata-kaikkea-esineiden-internet>

Teramoto, Y. Sato, A. Asahara, A. ja Tomita, H. "Indoor positioning based on radio signal strength distribution modeling using mirror image method." In Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness, ISA '11, sivut 15–22, New York, NY, USA, 2011. ACM.

The American Society of Mechanical Engineers, ASME, "Engineering Safety with Smart Helmets," maaliskuu 2016, saatavilla: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/manufacturing-design/engineering-safety-with-smart-helmets>

Tsung-Nan Lin ja Po-Chiang Lin. Performance comparison of indoor positioning techniques based on location fingerprinting in wireless networks. In Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005 International Conference on, volume 2, pages 1569 – 1574 vol.2, kesäkuu 2005.

TTT, Työ Terveys Turvallisuus, "Turvatiedot talteen mobiilisti," nro 4/2016, s. 48–49, TTT-kustannus Oy, Espoo, 2016.

TTT, Työ Terveys Turvallisuus, "Vaarallisesta tuli turvallinen", 5/2016, 22.11.2016, saatavilla: <http://www.tttlehti.fi/vaarallisesta-tuli-turvallinen/>

Työterveyslaitos, "TR-mittauksen toteutus," päivitetty 13.06.2013, saatavilla: [http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ehkaisy/tyoturvaluisuuden\\_edistamiskeino-ja/tr\\_tuoteperhe/tr\\_mittauksen\\_toteutus/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ehkaisy/tyoturvaluisuuden_edistamiskeino-ja/tr_tuoteperhe/tr_mittauksen_toteutus/sivut/default.aspx)

u-blox, "NINA-B1 series – Stand-alone Bluetooth low energy modules," 2016, saatavilla: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/NINA-B1\\_ProductSummary\\_%28UBX-15018552%29.pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/NINA-B1_ProductSummary_%28UBX-15018552%29.pdf)

u-blox, "Wirepas and u-blox partner for scalable and easy-to-use industrial Internet of Things solutions," elokuu 2016, saatavilla: <https://www.u-blox.com/en/press-release/wirepas-and-u-blox-partner-scalable-and-easy-use-industrial-internet-things-solutions>

Wagner, D. Mulloni, A. Langlotz, T. ja Schmalstieg, D. "Real-time panoramic mapping and tracking on mobile phones." In Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE, pages 211 –218, maaliskuu 2010.

Wang, Y. Li, J. Zhang, J. ja Yu, L. "An indoor tracking algorithm with the virtual reference based positioning." In Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '10, sivut 568–574, New York, NY, USA, 2010. ACM.

Wee, D. Kelly, R. Cattell, J. ja Breunig, M. "Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector," raportti, McKinsey Digital, 2015, saatavilla: [https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf)

Vera, R. Ochoa, S.F. ja Aldunate. R.G." Edips: an easy to deploy indoor positioning system to support loosely coupled mobile work." Personal Ubiquitous Comput., 15(4):365–376, April 2011.

Verronen, P. Kaartinen, H. ja Nokela, S. "Tulevaisuuden Internet of Things (IoT) mittausympäristöt," Centria-ammattikorkeakoulu, Raportteja ja selvityksiä, 6, 2016, rajoitetusti saatavilla: <https://publications.theseus.fi/xmlui/handle/10024/96414/browse?value=esineiden+internet&type=subject>

Wheeler, M. "HUD Systems: Augmented Reality Is Coming to Your Windshield," Photonics Spectra, helmikuu 2016, saatavilla: <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=58298>

Vuzix, "Vuzix Products," 2016, saatavilla: <https://www.vuzix.com/Products/>

Yadav, K.Y. Mishra, P. ja Das, S.K. "Study of Real-Time Miner Tracking Using Wireless Sensor Area Network", International Conference on Microwave, Optical and Communication Engineering, sivut 330-333, Bhubaneswar, 2015.

## KUVALÄHTEET

- [1] FuelFX. "Video Game Simulation Taking Hold in Energy Industry Training." Pipeline&Gas Journal. vol. 241, No. 2. 2014.
- [2] CERN Bulletin. "Panoramic view of the ATLAS cavern: the radioactive spots are highlighted on the smart glasses worn by the operator via AR." suomennettu. Saatavilla: <https://cds.cern.ch/journal/CERNBulletin/2016/07/News%20Articles/2130668>
- [3] Intel®. "Built for Performance". Saatavilla: <http://www.intel.eu/content/www/eu/en/compute-stick/intel-compute-stick.html?redirected=true&mboxSession=1471343241833-923644>
- [4] Edudemic. Saatavilla: <http://www.edudemic.com/wp-content/uploads/2013/05/max-resdefault3.jpg>
- [5] The Safety Compass. "View Hazards Site-Wide" ja "Scan Your Location for Hazards Using Augmented Reality". Saatavilla: <http://thesafetycompass.com.au/>
- [6] Lux Research. "Älylasit Lux Researchin matriisissa". Saatavilla: [www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com)
- [7] Kopin. "Golden-I 3 8D". Saatavilla: <http://www.kopin.com/offerings/headset-solutions/default.aspx>
- [8] Epson. "Moverio BT-200." Saatavilla: <https://www.epson.fi/products/see-through-mobile-viewer/moverio-bt-200>
- [9] NVIS. "nVisor ST50". Saatavilla: <http://www.nvisinc.com/product/products.html?layout=product&fid=aoQG0000008qrfFMAQ>
- [10] ODG. "R-7 Smartglasses Overview". Saatavilla: <http://www.osterhoutgroup.com/products-r7-glasses>
- [11] Atheer. "AiR GLASSES". Saatavilla: <http://www.atheerair.com/smartglasses>
- [12] Atheer. "Insurance, Construction". Saatavilla: <http://www.atheerair.com/air-glasses>
- [13] Daqri. "Smart Helmet". Saatavilla: <https://daqri.com/products/smart-helmet/>
- [14] Navigil. S1-turvakello. Saatavilla: <http://www.navigil.com/pictures/>
- [15] Centria Tutkimus ja kehitys. 2009.
- [16] Centria Tutkimus ja kehitys. 2009.
- [17] Centria Tutkimus ja kehitys. 2011.

## BILINE - STATE OF THE ART -SELVITYS

Turvallisuuteen liittyvät digitaaliset käytännöt teollisuusympäristöissä

Suurteollisuusalueella liikkuvat toimijat – koneet, laitteet, ajoneuvot ja ihmiset – muodostavat alati muuttuvia tilanteita, joissa on olemassa riski vaaratilanteisiin. Tämä tutkimus pyrkii kartoittamaan turvallisuuteen liittyvien digitaalisten ratkaisujen nykytilannetta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia. Näitä ratkaisuja yhdistelemällä voidaan rakentaa sovelluksia, jotka mahdollistavat työntekijälle paremman tilannetietoisuuden ja parantaen sen kautta työturvallisuutta. Tutkimus on osa Centria BILINE-projektia, joka luo kokonaiskuvaa suurteollisuusalueella liikkuvien toimijoiden digitaalisesta turvallisuudesta.

BILINE-hanke pyrkii mittaamaan, analysoimaan ja yhdistämään dataa, josta tuodaan reaaliaikainen tilannetieto näkyville. Hanke pyrkii esittelemään älykkäitä tiedonkerääjiä käyttökohteissa, jolloin ne olisivat helpommin käyttöön otettavissa teollisuuden yrityksissä. Hankkeen tärkein tavoite on luoda skaalautuva ja monistettavissa oleva digitaalinen kokonaisturvallisuuden ekosysteemi.

Nykytilanteen kartoituksessa on tarkasteltu kirjallisuutta tieteellisten ja konferenssijulkaisujen muodossa. Lisäksi tarjolla on jo runsaasti eri kehitysvaiheissa olevia laitteita ja sovelluksia, joiden ominaisuuksia ja saatavuutta on pyritty kartoittamaan tässä katsauksessa.

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 16

ISBN 978-952-7173-14-5 (PDF)

ISSN 2342-933X