

Sami Halttu

**TESTILAITTEIDEN PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN SOVELTU-
VUUSTUTKIMUS**

TESTILAITTEIDEN PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN SOVELTUVUUSTUTKIMUS

Sami Halttu
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, automaatiotekniikka

Tekijä: Sami Halttu

Opinnäytetyön nimi: Testilaitteiden paikannusjärjestelmän soveltuvuustutkimus

Työn ohjaajat: Esa Nakkila ja Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016

Sivumäärä: 48 + 1 liite

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia erilaisia paikannusjärjestelmiä ja teknologioita, jotka voisivat sopia Nokian tehtaalle testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Soveltuvuustutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä ominaisuuksia paikannusjärjestelmältä vaaditaan, mahdollinen paikannusteknologia, paikannusjärjestelmät ja valitulle paikannusjärjestelmälle riskianalyysi. Soveltuvuustutkimus tehtiin Nokian Oulun tehtaalle, joka toimi tässä projektissa pilottitehtaana.

Työn alkuvaiheessa selvitettiin testilaitteiden paikannusjärjestelmän vaatimusmäärittely. Sen pohjalta aloitettiin selvittämään mahdollisia teknologioita ja paikannusjärjestelmiä. Selvitystyö tehtiin etsimällä mahdollisia järjestelmävalmistajia internetistä. Kun mahdollinen valmistaja löytyi, heihin oltiin yhteydessä ja kysyttiin lisätietoja järjestelmään liittyen. Jos valmistajan antamat tiedot järjestelmästä sopivat vaatimusmäärittelyihin, pyrittiin sopimaan tapaaminen valmistajan tai valmistajan edustajan kanssa. Kartoitustyön jälkeen kartoitetuille järjestelmille tehtiin vertailutaulukko vaatimusmäärittelyn pohjalta. Vertailutaulukosta eniten pisteitä saanut järjestelmä valittiin soveltuvuudeltaan parhaaksi järjestelmäksi. Sen jälkeen järjestelmälle tehtiin riskianalyysi ja todettiin järjestelmän olevan sopiva testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi.

Soveltuvuustutkimuksen tuloksena saatiin kartoitetuista järjestelmistä ja teknologioista parhaiten sopiva järjestelmä testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi ja teknologiaksi. Tarkoituksena oli tutkia erikseen, mikä paikannusteknologia ja paikannusjärjestelmä soveltuvat parhaiten paikannusjärjestelmäksi. Parhaimmaksi teknologiaksi soveltui BLE-tekniikka ja parhaimmaksi paikannusjärjestelmäksi valittiin Quuppa Oy:n Intelligent Location System.

Asiasanat: soveltuvuustutkimus, paikannusjärjestelmät, paikannusteknologiat, sisätilanpaikannus

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Nokian Oulun tehtaalle talven 2016 aikana. Haluan kiittää opinnäytetyön tilaajaa Nokiaa mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö mielenkiintoisesta aiheesta. Erityiskiitos Nokian Esa Nakkilalle ja Jani Kyllöselle, joiden kanssa olen saanut tehdä tätä projektia. Haluan kiittää myös ohjaavaa opettajaa Tero Hietasta opinnäytetyön ohjaamisesta.

Oulussa 7.5.2016

Sami Halttu

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 SOVELTUVUUSTUTKIMUKSEN TAVOITTEET	9
3 PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUSMÄÄRITTELY	10
3.1 Paikannuksen tarkkuus	10
3.2 Paikannusjärjestelmän käytettävyys	10
3.3 Huoltovapaus	11
3.4 Luotettavuus	11
3.5 Häiriöttömyys	11
3.6 Liitettävyys muihin järjestelmiin	11
3.7 Tunnisteen koko	12
3.8 ESD-vaatimukset	12
3.9 Luettelo teknisistä vaatimuksista	12
4 TEKNOLOGIAN KARTOITTAMINEN	13
4.1 Testilaitteiden nykytilanne tuotannossa	13
4.2 Paikannusteknologioita	13
4.2.1 RFID-paikannus	13
4.2.2 GPS-paikannus	14
4.2.3 ZigBee-tekniikka	15
4.2.4 UWB-tekniikka	16
4.2.5 BLE-tekniikka	17
4.2.6 WLAN-tekniikka	18
4.3 Paikannusjärjestelmiä	19
4.3.1 Ekahaun RTLS	19
4.3.2 9Solutions RTLS	21
4.3.3 Zebra dart UWB	22
4.3.4 Ubisense	25
4.3.5 Quuppa	29
4.3.6 Kaltiot Proposen Solution	31

5	PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN VALINTA	33
5.1	Paikannusjärjestelmän vertailutaulukko	33
5.2	Esitys paikannusjärjestelmäksi	35
6	RISKIANALYYSI	36
6.1	Riskianalyysin tavoitteet	36
6.1.1	Tietoturva	36
6.1.2	Teknisen tuen saatavuus	37
6.1.3	Laitteiston saatavuus	38
6.1.4	Ylläpitokustannukset	39
6.1.5	Henkilöille mahdollisesti aiheutuvat haittatekijät	40
6.1.6	Paikannusjärjestelmän aiheuttamat häiriöt	41
6.1.7	Paikannusjärjestelmän aiheuttamat ympäristöhaitat	42
6.1.8	Globaali toimitusvarmuus	43
6.1.9	Henkilöstön kouluttaminen	44
6.2	Riskianalyysin tulos	44
7	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	48
	LIITTEET	
	LIITE 1 Lähtötietomuistio	

SANASTO

BLE	Bluetooth Low Energy, lyhyen kantaman likiverkkotekniikka
ESD	Electrostatic discharge, staattisen sähkön purkaus
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
IOT	Internet of Things, esineiden internet
RF	Radio Frequency, radiotaajuus
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
RTLS	Real Time Location System, reaaliaikainen paikannusjärjestelmä
UWB	Ultra WideBand, lyhyenkantaman tiedonsiirtotekniikka.
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka.

1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimi Nokia Solutions and Networks, joka halusi kaikille tehtailleen testilaitteiden ja niiden apulaitteiden automaattisen paikannusjärjestelmän. Nokian Oulun tehdas valittiin pilottitehtaaksi tähän soveltuvuustutkimukseen.

Nokia Networks on Nokia Oyj:n liiketoimintayksikkö, joka suunnittelee ja valmistaa tietoliikenneverkoissa käytettäviä laitteita ja ohjelmistoja. Nokia Oyj on kansainvälinen suuryritys, jonka pääliiketoimia ovat verkkoinfrastruktuuri, teknologiakehitys ja lisensointi.

Paikannusjärjestelmältä vaaditaan kykyä paikantaa tuotannon testilaitteet ja niiden apulaitteet. Esimerkiksi pelkästään Oulun tehtaan tuotannossa sijaitsee tilanteesta riippuen noin 2000 testilaitetta ja niiden apulaitteita. Globaalisti paikannettavia testilaitteita on moninkertainen määrä. Paikannusjärjestelmän tarve perustuu laitteiden määrään ja tuotantohallin isoon kokoon. Tämä tekee yksittäisen laitteen löytämisestä hankalaa ja aikaa vievää. Tällä opinnäytetyöllä on tarkoitus parantaa laitteiden löydettävyyttä, jolloin työntekijöillä ei kuluisi turhaa aikaa laitteiden etsimiseen. Samalla välttäisiin turhilta varalaitteiden hankinnoilta. Opinnäytetyön lähtötavoite on tutkia ja perehtyä testilaitteiden ja niiden apulaitteiden ominaisuuksiin ja liikkumiseen tuotannossa.

Opinnäytetyön keskeisin päämäärä on tuottaa soveltuvuustutkimus. Soveltuvuustutkimuksessa selvitetään mahdolliset paikannusjärjestelmän teknologiat ja esitellään niistä paras vaihtoehto, joka täyttää vaatimusmäärittelyssä määritellyt ominaisuudet. Opinnäytetyö on osa Nokian testilaitteiden paikannusjärjestelmän soveltuvuustutkimusta ja antaa hyvät lähtökohdat lopullisen paikannusjärjestelmän valintaan. Nokia ei tee tämän opinnäytetyön pohjalta valintaa paikannusjärjestelmästä, vaan jatkaa soveltuvuustutkimusta.

2 SOVELTUVUUSTUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Soveltuvuustutkimuksen tarkoituksena on selvittää eri vaihtoehdot, miten Nokian Oulun tehtaan testilaitteiden sisätilapaikannus voitaisiin toteuttaa. Projektin alkuvaiheessa keskityttiin itse ongelmaan ja pyrittiin luomaan ongelmasta kokonaisvaltainen käsitys.

Testilaitteiden paikannuksen tarve perustuu niiden hankalaan löydettävyyteen tuotannosta. Testilaitteiden koko vaihtelee jonkin verran, mutta yleispiirteittäin ne ovat kooltaan noin kannettavan tietokoneen kokoisia. Pienimmät laitteet ovat kooltaan noin matkapuhelimen kokoisia ja eri testilaitteita on tuotannossa tilanteen mukaan 1500–2000 kappaletta. Nykyisessä tilanteessa testilaitteita ei pysytä paikantamaan reaaliajassa mitenkään, joten niiden etsimiseen kuluu turhaa aikaa. Puhumattakaan siitä, jos testilaitetta ei löydy ja joudutaan tilanteeseen, jossa testilaitte on olemassa, mutta sitä ei vain löydetä tuotannosta. Tällöin joudutaan tilaamaan uusi laite hukkaan menneen laitteen tilalle. Testilaitteiden hinnat vaihtelevat noin 1000 eurosta 100 000 euroon, joten reaaliaikaiselle paikannusjärjestelmälle on selkeä tarve.

Ennen teknologioiden kartoitusta määritettiin vaatimusmäärittelyt, joiden perusteella vertailtiin kartoituksessa löytyneitä paikannusteknologioita. Teknologioiden kartoitus aloitettiin miettimällä mahdollisia paikannusteknologioita. Teknologiakartoituksen ohella on tehty vertailutaulukko, jonka ensisijainen tehtävä oli vertailla eri teknologioita vaatimusmäärittelyn perusteella. Teknologiakartoituksen jälkeen lisättiin mahdolliset teknologiat vertailutaulukkoon, jossa oli vaatimusmäärittelyjen perusteella pisteytetty määritellyt vaatimukset. Vertailutaulukon tuloksena saatiin eri teknologiat järjestykseen soveltuvuuden mukaan.

Soveltuvuustutkimusprojekti katsotaan päättyneeksi, kun testilaitteiden paikannusteknologia on valittu ja kirjalliset dokumentit ovat valmiina.

3 PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN VAATIMUSMÄÄRITTELY

Työn alkuvaiheen tärkein vaihe oli määrittellä, mitä ominaisuuksia paikannusjärjestelmältä vaaditaan. Määrittelyn pohjalta pystyimme pisteyttämään eri järjestelmät ja valitsemaan niistä paras paikannusjärjestelmä.

Tarpeen määrittelyssä kiinnitettiin erityistä huomiota tuotannon rakenteeseen ja testilaitteiden liikkumiseen tuotannossa. Testilaitteiden löydettävyyden takaamiseksi määriteltiin paikannuksen tarkkuus ja se, miten paikannus tehdään.

Tarpeen määrittelyssä kiinnitettiin erityistä huomiota paikannusjärjestelmän aiheuttamiin häiriöihin. Tuotannon tiloissa sijaitsee runsaasti herkkiä laitteita ja itse testattavat tuotteet ovat korkean teknologian laitteita. Häiriöitä tuottava paikannusjärjestelmä on suuri riski ja haitta koko tuotannolle. Häiriöttömyyttä käsitellään myös riskianalyysoisiossa.

3.1 Paikannuksen tarkkuus

Paikannuksen tarkkuudella on oleellinen vaikutus paikannusjärjestelmän toimivuuteen. Paikannuksen tarkkuuden määrittämisen perustetta voisi kuvailla "mitä tarkempi sen parempi". Käytännössä tämä tarkoittaa paikannustarkkuutta tarkimmillaan yhden metrin säteellä. Kun paikannettava laite pystytään paikantamaan yhden metrin säteelle, silloin testilaitte on helposti löydettävissä.

3.2 Paikannusjärjestelmän käytettävyys

Paikannusjärjestelmän käytettävyydellä on oleellinen merkitys paikannusjärjestelmän käyttöön ja sitä kautta toimivuuteen. Järjestelmän tulee olla helposti käytettävä, jolloin pystytään takaamaan järjestelmän oikeanlainen käyttö. Erityisesti järjestelmän käytettävyys koskee niitä henkilöitä, joiden työ liittyy testilaitteisiin. Näiden henkilöiden näkemys järjestelmän kokonaisuudesta on erittäin tärkeä, jotta järjestelmästä saadaan käytettävyyden kannalta hyvä. Hyvä käytettävyys koostuu seuraavista tekijöistä: helposti käytettävä, nopeasti saatava, varmatoiminen ja kokonaisuudeltaan helposti hallittava ja käytännöllinen.

3.3 Huoltovapaus

Huoltovapaus on tärkeä osa koko järjestelmän toimivuutta. Paikannuksessa käytettävän teknologian tulisi olla vähän huoltoa tarvitseva järjestelmä. Esimerkiksi ongelmaksi saattaa muodostua laitteiden, kuten tunnistajien virransaanti. Tunnistajien tulee olla akkukäyttöisiä ja akkujen tulee kestää ainakin yhden vuoden. Akkujen vaihto voitaisiin suorittaa testilaitteiden kalibroinnin yhteydessä ja näin säästettäisiin huoltohenkilöiden työpanosta. Testilaitteet kalibroidaan vähintään vuoden välein.

3.4 Luotettavuus

Luotettavuus on paikannusjärjestelmän toimivuuden kannalta tärkeää. Luotettavalle paikannukselle on tässä tapauksessa ominaista laitteiden pysyminen järjestelmässä ja paikannuksen tarkkuuden säilyminen.

3.5 Häiriöttömyys

Häiriöttömyydellä tarkoitetaan paikannusjärjestelmän mahdollisesti aiheuttamia häiriöitä testilaitteille ja testattavalle tuotteelle. Häiriöt vievät pohjan koko paikannusjärjestelmältä. Jos paikannusjärjestelmä aiheuttaa häiriöitä testilaitteille tai tuotteille, se tarkoittaa paikannusjärjestelmän olevan hyödytön, tai jopa erittäin vaarallinen.

3.6 Liitettävyyden muihin järjestelmiin

Liitettävyydellä muihin järjestelmiin tarkoitetaan paikannusjärjestelmän mahdollista liittämistä esimerkiksi IFS-järjestelmään. Nokian Oulun tehtaalla IFS-järjestelmää käytetään testauslaitteiden hallintaan. Paikannusjärjestelmä voisi toimia rinnakkain IFS-järjestelmän kanssa. Kun laitteen huolto tulee ajankohtaiseksi, IFS-järjestelmä ilmoittaa, mikä laite pitää huoltaa, ja paikannusjärjestelmä paikantaa huollettavan laitteen. Järjestelmät toimivat kuitenkin omina järjestelminä, jotka täydentävät toisiaan.

3.7 Tunnisteen koko

Tunnisteen koko on yksi kriittisistä vaatimuksista. Tunnisteen tulisi olla mahdollisimman pieni, noin kahden euron kolikon kokoinen. Tällöin tunnisteen fyysiset mitat eivät rajoittaisi tunnisteen asennusta testilaitteisiin. Testilaitteet asennetaan yleensä testilaittekaappiin, jonka asennustilat ovat rajalliset. Rajalliset asennustilat vaikuttavat voimakkaasti tunnisteiden maksimikokoon.

3.8 ESD-vaatimukset

Tunnisteiden on oltava ESD-pinnoitettuja. Niiden pintaan muodostuva staattinen varaus on johdettava hallitusti maadoitukseen. ESD-pinnoitus voidaan tehdä maalaamalla tuote ESD-maalilla.

3.9 Luettelo teknisistä vaatimuksista

Paikannusjärjestelmän tulee täyttää seuraavat vaatimukset.

- Paikannettavan tunnisteen koon tulisi olla mahdollisimman pieni. Maksimikoko tunnisteelle voidaan pitää 50 mm x 50 mm x 20 mm.
- Tunnisteen akunkesto tulee olla vähintään yhden vuoden mittainen, ilman ulkoista virtalähdettä.
- Paikannusjärjestelmä ei saa aiheuttaa häiriöitä tuotteiden testaukseen.
- Paikannusohjelmiston tulee täyttää Nokian vaatimat tietoturvamääräykset.
- Tunnisteiden tulee täyttää ESD-vaatimukset.

4 TEKNOLOGIAN KARTOITTAMINEN

4.1 Testilaitteiden nykytilanne tuotannossa

Nokian Oulun tehtaalla käytössä olevien testilaitteiden määrä vaihtelee 1500–2000 kappaleen välillä. Testilaitteet sijaitsevat eri puolilla 30 000 m² kokoista tuotantohallia, kalibrintilaboratoriossa sekä varalaittevarastossa. Testilaitteiden hallinta on tällä hetkellä erittäin hankalaa tuotantohallin ison koon ja laitteiden suuren määrän vuoksi. Ilman reaaliaikaista paikannusjärjestelmää testilaitteita on vaikea löytää isosta tuotantohallista, ja niiden sijaintitieto perustuu vain työntekijöiden kirjaamiin sijaintitietoihin tuotannossa. Nykytilanteessa laitteen sijaintipaikan kirjauksen laiminlyönti johtaa laitteen katoamiseen.

Paikannuksessa käytettävän teknologian tulisi sopia tuotantoympäristöön, jossa on paljon herkkiä testilaitteita ja muuta radioliikennettä tuottavia komponentteja. Paikannusjärjestelmän aiheuttama häiriö testilaitteissa voi johtaa väärin mitaustuloksiin. Seurauksena olisi tuotannon saannon huononeminen tai jopa viallisten laitteiden toimittaminen asiakkaille. Mahdolliset häiriön tuottajat selvitetään ennen paikannusjärjestelmän hankintaa.

4.2 Paikannusteknologioita

Nokian Oulun tehtaan testilaitteiden paikannusjärjestelmätekniologiaksi on kartoitettu eri vaihtoehtoja. Mahdollisia paikannusjärjestelmän teknologioita ovat muun muassa RFID (Radio Frequency Identification), WLAN (Wireless Local Area Network), UWB (Ultra Wideband) ja Bluetooth.

Tässä luvussa käydään läpi yleisellä tasolla yleisimpiä sisätilan paikannusteknologioita ja pohditaan, mikä niistä sopisi parhaiten Nokian testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi.

4.2.1 RFID-paikannus

RFID (Radio Frequency Identification) on automaattinen tunnistusmenetelmä, jossa käytetään RFID-tunnisteita tiedon tallentamiseen ja lukemiseen radioyht-

teydellä. RFID-tunnisteita käytetään tuotteissa, ihmisissä ja eläimissä tunnistus-tarkoitukseen. RFID-tekniikka perustuu kolmeen peruskomponenttiin: tunniste (tag, transponder), lukija (receiver, reader) ja antenni. RFID-tunnisteita on kolmen tyyppisiä: aktiivisia, passiivisia tai puolipassiivisia. Aktiivinen RFID-tunniste sisältää oman virtalähteen ja lähettimen. Näin se voi lähettää omia tietoja koko ajan ympäristöön. Puolipassiivinen RFID-tunniste sisältää oman virtalähteen, jonka avulla lukijan ja RFID:n välinen etäisyys voi olla suurempi. Passiivisessa tunnisteessa on erityinen antenni, johon indusoituu sähkövirtaa saapuvasta skannauksesta, joten se ei tarvitse omaa virtalähdettä. Skannauksesta saadulla virralla tunniste pystyy lähettämään vastauksensa lukijalle. Lukijan täytyy kuitenkin olla lähempänä kuin puolipassiivisessa RFID-tunnisteessa.

Taajuudeltaan käytössä olevia RFID-tunnisteita on neljänlaisia. Erona näillä tunnisteilla on niiden käyttämät radiotaajuudet. Matalataajuustunnisteen taajuus on 125–134 kHz (LF), korkeataajuustunnisteen taajuus on 15,56 MHz (HF), erittäin korkeataajuustunnisteen taajuus on 868–956 MHz (UHF) ja mikroaaltotunnisteen taajuus on 2,45 GHz (SHF). (1, s. 5)

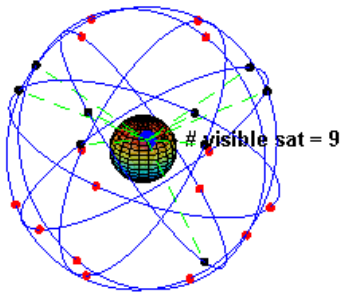
RFID-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

RFID soveltuu paikannusjärjestelmän teknologiaksi huonosti. RFID:n vahvuus on tunnisteen erittäin pieni koko ja virrankulutus. Vastaavasti heikkoutena voidaan pitää paikannuksen tarkkuutta, joka riippuu lukijoiden määrästä sekä tiheydestä paikannettavalla alueella. Tarvittavien lukijoiden suuri määrä on heikkous paikannusjärjestelmän valinnan kannalta. Jos tuotannon rakenteita joudutaan muuttamaan, joudutaan lukijat asentamaan uudelleen. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä.

4.2.2 GPS-paikannus

GPS (Global Positioning System) on maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä. GPS-paikannus perustuu maata kiertäviin 24 satelliittiin, ja niiden avulla tehtävään kolmiomittaukseen. Paikantaminen on mahdollista, kun GPS-laite saa yhteyden vähintään kolmeen satelliittiin. Satelliittien radat ovat tiedossa, joten GPS-laite voi laskea oman sijaintinsa etäisyserojen avulla. Lisäksi GPS-

laite tarvitsee neljännen satelliitin saadakseen tarkan kellonajan etäisyyserojen laskemista varten. (2.)



KUVA 1. GPS-paikannusjärjestelmä. (2.)

GPS-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

GPS-paikannuksen heikoin puoli on paikannus sisätiloissa. Sisätiloissa paikannussatelliittien signaalit eivät ole havaittavissa. Tästä syystä GPS-paikannus ei sovellu sisätiloissa käytettäväksi. Sen luotettava toiminta sisätiloissa vaatisi tukeeseen muita navigointitekniikoita. GPS-tekniikka voi olla mukana toisena paikannusjärjestelmänä testilaitteiden paikannuksessa. Lisäksi tekniikka antaisi mahdollisuuden seurata testilaitteita maailmanlaajuisesti. GPS-tekniikka ei yksin pysty suorittamaan paikannusjärjestelmälle asetettuja vaatimuksia. Jos GPS liitettäisiin johonkin muuhun paikannustekniikkaan, tunnisteiden koko luultavasti kasvaisi liian suureksi. (2.)

4.2.3 ZigBee-tekniikka

ZigBee on lyhyen kantaman tiedonsiirtoverkko. ZigBee-tekniikan kehittämisestä vastaa ZigBee Alliance, johon kuuluu suuria yrityksiä kuten Intel, HP ja Philips. ZigBeen taajuusalueet ovat

- Euroopassa 868 MHz, 1 kanava, 20 kb/s
- Yhdysvalloissa 915 MHz, 10 kanavaa 2 MHz:n välein, 40 kb/s
- Globaalisti 2,4 GHz, 16 kanavaa 5 MHz:n välein, 250 kb/s.

Zigbee-tekniikalla yleisimmin toteutettu sisätilan paikannusjärjestelmä perustuu signaalin voimakkuuden mittaukseen RSSI-menetelmällä (Received Signal Strength Indicator). RSSI-menetelmän isoin heikkous on RSSI-arvon muutokset ajan myötä. Tätä voidaan parantaa järjestelmän säännöllisellä kalibroinnilla. RSSI-menetelmään perustuva paikannus voidaan tehdä kahdella eri tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on kartoittaa paikannettavan alueen kuuluvuuskartta, jonka avulla voidaan laskea päätelaitteen paikka. Toinen vaihtoehto on laskea sijainti vaimennus kaavojen perusteella. (9, s. 9)

ZigBee-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

ZigBee-tekniikka soveltuu huonosti paikannusjärjestelmäksi. Sen suurimpana heikkoutena on signaalinvahvuuteen perustuva RSSI-menetelmä. RSSI-menetelmässä mitattu kuuluvuuskartta on mitattava aina uudestaan, jos paikannettava ympäristö muuttuu. Nokian Oulun tehtaan layout muuttuu hyvin usein, joten kuuluvuusmittaus jouduttaisiin tekemään joka muutoksen yhteydessä. Paikannuksen tarkkuus on parhaimmillaan noin muutaman metrin luokkaa. Yleisesti puhutaan kuitenkin paikannuksesta huoneen tarkkuudella. ZigBee-paikannus tarvitsee myös kattavan anturiverkon paikannettavalle alueelle. (9, s. 9)

4.2.4 UWB-tekniikka

UWB eli Ultra Wide Band on lyhyen kantaman tiedonsiirtotekniikka, jonka historia ulottuu 1800-luvun loppupuolelle. UWB-tekniikka eroaa muista langattomista tiedonsiirtotekniikoista erittäin laajakaistaisen, yleensä 1–2 GHz:n tai jopa 7,5 GHz:n kaistanleveyden vuoksi. (6, s. 3.)

Sisätilapaikannuksessa UWB-tekniikan avulla voidaan paikantaa esineitä UWB-tunnisteen avulla. UWB-tekniikan sisätilapaikannus perustuu signaalin laskentamenetelmiin. Signaalin laskentamenetelmiä ovat seuraavat (6):

TOA-menetelmä

Saapumisaikapaikannus (Time of Arrival, TOA) mittaa etäisyyttä tukiaseman ja tunnisteen välillä. TOA-menetelmä tarvitsee ainakin kolme tukiasemaa, jotka kuulevat tunnisteen lähettämän signaalin. Kolmen tukiaseman kuuleman signaalin avulla voidaan paikantaa tunnisteen 2D-sijainti. (6, s. 10.)

TDOA-menetelmä

Saapumisaikaeropaikannus (Time Difference of Arrival, TDOA) mittaa tunnisteen lähettämän pulssin aikaeroja tukiasemien välillä. Tukiasemat tietävät tarkasti toistensa sijainnin ja näin ollen saapumisaikaerosta voidaan laskea tunnisteen 2D-sijainti. (6, s. 11.)

AOA-menetelmä

Saapumiskulmapaikannus (Angle of Arrival, AOA) mittaa signaalin tulokulmaa. Tulokulman avulla voidaan laskea tunnisteen 3D-sijainti kahden tukiaseman avulla. (6, s. 11.)

RSS-menetelmä

Vastaanotetun signaalin voimakkuuteen perustuu RSS-paikannusmenetelmä (Received Signal Strength, RSS). Siinä paikannettavasta alueesta luodaan kuu-luvuuskartta, jonka perusteella tunniste voidaan paikantaa 2D:nä. (6, s. 11.)

UWB-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

UWB-tekniikka soveltuu hyvin paikannusjärjestelmäksi. UWB-tekniikalla pystytään paikantamaan tunnisteita menetelmästä riippuen noin 1–2 metrin tarkkuuteen. Tunnisteen iso koko on hieman ongelmallinen asia UWB-tekniikassa. Useimmissa UWB-järjestelmissä tunnisteeseen on kiinnitetty paljon muitakin ominaisuuksia, kuten GPS-paikannus. UWB-järjestelmiä käytetään nykyisin paljon esimerkiksi ajoneuvoteollisuudessa. Eli kyseessä on jo käytössä oleva ja toimiva paikannusjärjestelmä.

Nokian testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi UWB-tekniikka sopisi kohtalaisen hyvin, jos tunnisteen kokoa saataisiin lähemmäksi vaadittavaa kokoa. UWB-järjestelmän hankintaa paikannusjärjestelmäksi tukee sen tämänhetkinen laaja käyttö, eli käytännössä puhutaan jo valmistaa järjestelmästä. Sen heikkoutena on vaadittava suuri UWB-tukiasemien määrä.

4.2.5 BLE-tekniikka

BLE (Bluetooth Low Energy) on Nokian kehittämä yksinkertainen lyhyen kantaman tiedonsiirtotekniikka, joka on tarkoitettu matkapuhelimien tiedonsiirtoon. BLE tunnetaan myös nimellä Bluetooth Smart ja se on osana Bluetooth 4.0

-määrittelyä. BLE-tekniikka on kehitetty erityisesti pieniä datamääriä ja pidempää akunkestoa silmällä pitäen. BLE-tekniikka käyttää 2,4 GHz:n taajuuskaistaa. (7.)

BLE-tekniikka perustuu samoihin laskentamenetelmiin, joita käytetään UWB-tekniikassa. Laskentamenetelmät on esitetty luvussa 4.2.4 UWB-tekniikka. BLE-tekniikka on suosittu Internet of Things (IoT) -rajapinta. IoT-rajapinta mahdollistaa erittäin monipuolisia käyttömahdollisuuksia laitteilleen. BLE-tekniikan etuina on vähäinen virrankulutus, AOA-menetelmällä tehty tarkka paikannus, IoT-rajapinta ja tunnisteen pieni koko. (7.)

BLE-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

BLE-tekniikka soveltuu erittäin hyvin paikannusjärjestelmäksi. Vähäinen virrankulutus, tunnisteen pieni koko ja paikannuksen tarkkuus mahdollistavat paikannusjärjestelmän toimivuuden. IoT-rajapinnan avulla BLE-tekniikkaan perustuva paikannusjärjestelmä antaa mahdollisuuden paikantaa edullisesti paikannusta tarvitsevia esineitä. Heikkoutena on vaadittavan tukiasemajärjestelmän rakentaminen. Tällaista järjestelmää ei tarvita, jos paikannus suoritetaan esimerkiksi puhelimella tai tietokoneilla. Nokian testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi BLE-tekniikka soveltuu erittäin hyvin juuri edellä mainittujen ominaisuuksien vuoksi.

4.2.6 WLAN-tekniikka

WLAN (Wireless Local Area Network) on langaton lähiverkkotekniikka, joka käyttää 2,4 GHz:n taajuuskaistaa. WLAN:n avulla voidaan yhdistää verkkolaitteita langattomasti. WLAN-verkko käyttää langattomille lähiverkoille suunniteltua standardia IEEE 802.11. WLAN-verkkoa käytetään yleisesti kotitalouksien ja julkisten paikkojen langattoman internetyhteyden jakamiseen. (8.)

WLAN-tekniikan soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

WLAN-tekniikka soveltuu paikannusjärjestelmäksi hyvin silloin, kun järjestelmältä ei vaadita tarkkaa paikannustarkkuutta ja WLAN-verkko on olemassa. WLAN-tekniikkaan perustuvat paikannusjärjestelmät pystyvät hyödyntämään suurinta osaa jo olemassa olevista paikannusjärjestelmistä. Olemassa olevan

WLAN-verkon hyödyntäminen on tekniikan parhaita puolia. Toki olemassa olevalle verkolle pitää tehdä kuuluvuusmittaus, jonka perusteella WLAN-verkkoa voidaan joutua parantamaan.

WLAN-tekniikan avulla tehtävä paikannus perustuu tukiasemien lähettämien signaalien vertailuun. Kun tukiasemien paikka tiedetään, voidaan selvittää tunnisteen sijainti noin viiden metrin tarkkuudella. Tarkkuus riippuu paikannettava alueesta ja tukiasemien tiheydestä. (8.)

4.3 Paikannusjärjestelmiä

Tässä osiossa käydään läpi eri vaihtoehtoja testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Nämä paikannusjärjestelmät perustuvat kappaleessa 4.2 esiteltyihin paikannusteknologioihin. Seuraavissa alaluvuissa on esitelty järjestelmät ja valmistajat, joiden kanssa on neuvoteltu heidän järjestelmistään. Järjestelmiä ovat käyneet esittelemässä EkaHau, 9Solutions, Quuppa ja Kaltiot. Muiden valmistajien kanssa olemme neuvotelleet, joko puhelimitse tai sähköpostin välityksellä. Ajan puutteen vuoksi eri järjestelmiin on tutustuttu hieman eriarvoisesti, mutta määritettyihin vaatimuksiin on saatu vastaukset jokaisesta läpi käydystä järjestelmästä.

4.3.1 Ekahaun RTLS

Ekahaun RTLS -paikannusjärjestelmä perustuu WLAN (Wireless Local Area Network) -tekniikkaan. Toimiakseen WLAN-paikannus tarvitsee toimivan ja kattavan WLAN-verkon. Ekahaun WLAN-paikannusjärjestelmä pystyy käyttämään jo kiinteistössä olevaa WLAN-verkkoa. Ennen asennusta on kuitenkin varmistettava WLAN-verkon kuuluvuus kiinteistössä. Tämä toimenpide suoritetaan mittaamalla verkon kuuluvuus Ekahaun Site Survey -ohjelmalla ja luomalla siitä kuuluvuuskartta. Alueille, joissa WLAN-verkolla on huono kuuluvuus tai ei kuuluvuutta ollenkaan, lisätään WLAN-tukiasemia. (14.)

Ekahau käyttää paikantamiseen RFID-tekniikkaa yhdistettynä WLAN-tekniikkaan. Käytännössä RFID-tunniste lähettää tietonsa WLAN-verkkoon ja sitä kautta Ekahaun ohjelmistoon, jossa päätelaitteelta voidaan paikantaa laite tarpeen tullen. (14.)

EkaHaun RTLS-tunnisteen akkujen kesto riippuu tunnisteen konfiguroinnista, jolloin akkujen kestoikä voidaan säätää yhdestä viiteen vuoteen. Tunnisteen akunkesto vastaa erittäin hyvin järjestelmälle asetettuja vaatimuksia.

Ekahaun WLAN-paikannusjärjestelmä tarvitsee toimiakseen kattavan WLAN-verkon. Verkon tulee käyttää WLAN protokollaa IEEE 802.11. Lisäksi tarvitaan Ekahaun paikannustunnisteet, Ekahaun ohjelmisto ja päätelaite, jolle ohjelmisto voidaan asentaa. EkaHaun järjestelmän avulla voidaan paikantaa 10 000 kohdetta. (14.)

Ekahaun RTLS:n esittely

Ekahaun RTL -tuotetta kävi meille esittelemässä DCI-ratkaisut Oy:stä Veli-Matti Laurikka. Tuntemukset Ekahausta olivat kaksijakoiset. Toisaalta Ekahaun RTLS-tuote vaikuttaa valmiilta järjestelmältä, joka on käytössä jo monessa paikassa. Järjestelmässä on vielä kuitenkin parantamisen varaa. Ekahau ilmoittaa sivuillaan tunnisteen paikannustarkkuudeksi yhdestä kolmeen metriä, mutta avoimen tehdashallin tapauksessa paikannuksen tarkkuudeksi luvataan vain kymmenen metriä. Tunnisteiden akunvaihto on myös sellainen asia, joka ei mielestämme ole kovin hyvin hoidettu. Tunnisteiden akkuja ei voi itse vaihtaa vaan Ekahau hoitaa akkujen vaihdon. Tällaisessa tilanteessa tunnisteita tarvitaan enemmän kuin yksi tunniste paikannettavaa laitteita kohden. (14.)

Ekahaulla on myös oma ohjelmisto, jonka voi asentaa mihin tahansa tietokoneeseen, joka tukee WLAN-verkkoa. Ohjelmistolla voidaan paikantaa laite Ekahaun järjestelmässä. Tällainen ominaisuus voi olla hyödyksi paikannusjärjestelmässä etsittäessä paikannettavaa laitetta esimerkiksi tablettitietokoneella. Tällöin nähdään myös oma sijainti. Oman sijainnin näkeminen helpottaa testilaitteen etsimistä. (14.)

Ekahaun RTLS-paikannusjärjestelmän soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

Ekahau RTLS -paikannusjärjestelmä soveltuu kohtalaisesti Nokian Oulun tehtaan testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Järjestelmän hankinnan hyviä ominaisuuksia on käytössä olevan WLAN-verkon hyödyntäminen. Alueelle joudu-

taan kuitenkin luultavasti lisäämään WLAN-tukiasemia. Ekahau RTLS -järjestelmän käyttöliittymä vaikutti lupaavalta. Järjestelmä on myös käytössä jo muissa kohteissa, joten järjestelmä on valmis tuote. (14.)

Ekahau RTLS -järjestelmässä on kuitenkin enemmän huonoja ominaisuuksia kuin hyviä. Paikannuksen tarkkuus, tunnisteen koko, akunkesto ja akunvaihto eivät tue Ekahau RTLS -järjestelmän hankintaa. Paikannuksen tarkkuudeksi avoimessa tilassa luvataan vain 10 m:n tarkkuus. Tunnisteet ovat kooltaan 29,5 mm x 51,0 mm x 9,6 mm, eli tunnisteen koko ei vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Akunkestoksi luvataan yhdestä viiteen vuotta, mutta tunnisteen akkuja ei voi itse vaihtaa. Akun loputtua joudutaan tilaamaan uusi tunniste. (14.)

4.3.2 9Solutions RTLS

9Solutionsin paikannusjärjestelmä perustuu Bluetooth 4.0 -tekniikkaan. 9Solutionsin paikannusjärjestelmässä paikannettavaan alueeseen asennetaan itse organisoituva Bluetooth Node -verkko. Node-verkon paikannuksen tarkkuus perustuu siihen, mikä Nodeista kuulee paikannettavan tunnisteen. Jos useampi Node kuulee tunnisteen, niin vahvimman signaalin omaava Node ilmaisee järjestelmälle tunnisteen olevan sen alueella. Avoimessa tilassa Nodejen asennustiheydeksi suositellaan seitsemän metrin välejä. Tämä tarkoittaa meidän tapauksessa paikannuksen tarkkuutta seitsemän metrin tarkkuudella. 9Solutionsin tunnistevalikoima on laaja ja lähimmäksi vaatimusmäärittelyn mukaista tunnisteen kokoa pääsi Asset Tag (kuva 2). Asset Tag on kooltaan 50 mm x 52 mm x 22 mm. (15.)



KUVA 2. Asset Tag -tunniste. (15.)

9Solutionsn soveltuvuus sisätilanpaikannusjärjestelmäksi

9Solutionsin sisätilanpaikannusjärjestelmä soveltuu huonosti testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Järjestelmän hyviä ominaisuuksia ovat käyttöliittymä ja tunnisteiden akunkesto. Käyttöliittymä vaikutti lupaavalta kokonaisuudelta ja tunnisteiden akunkestoksi luvataan jopa 10 vuotta.

Tunnisteiden koko ja paikannuksen tarkkuus eivät vastaa vaatimusmäärittelyä. Pienin tunniste on kooltaan hieman tavoiteltua suurempi, 50 mm x 52 mm x 22 mm, joten se ei vastaa vaatimusmäärittelyä. Paikannuksen tarkkuus avoimessa tilassa on seitsemän metriä. Käytännössä avoimessa tilassa järjestelmän tukiasemia joudutaan asentamaan seitsemän metrin välein. Tämä tarkoittaa Nokian tuotannon tiloissa yli 600 tukiaseman asentamista. 9Solutions sai vertailutaulukon pisteytyksessä 65 pistettä 100 pisteestä.

4.3.3 Zebra dart UWB

Zebbran sisätilanpaikannusjärjestelmä Zebra Dart perustuu Ultra Wideband (UWB) -radiotekniikkaan. Ultra Wideband -tekniikassa tieto lähetään erittäin lyhyinä ja pienitehoisina pulsseina laajalle taajuuskaistalle. Tyypillisimmin yhdestä kahteen GHz:n taajuudella. Zebra Dart -sisätilanpaikannusjärjestelmään kuuluu suunnitteluohjelmisto, Dart Hub, Dart Sensors, DartTags, Dart Vision Reader ja Dart Wand. (11.)

Suunnitteluohjelmisto

Zebra System Builder on virtuaalinen suunnitteluohjelmisto. Ohjelmiston avulla suunnitellaan Zebra Dart -laitteistojen sijoittelu paikannuksen kohteena olevaan tilaan. (11.)

DartTag

Zebra Dart -sisätilanpaikannusjärjestelmä tarjoaa kahdenlaisia tunnisteita: DartTag ja DartTag badge. DartTag on yleiskäyttöinen tunniste, joka on suunniteltu esineiden tai esimerkiksi tuotteiden reaaliaikaiseen paikantamiseen. DartTag

badge on henkilöiden ja esineiden paikannukseen suunniteltu tunniste. Dart-Tag- ja DartTag badge -tunnisteet ovat pöly- ja vesitiiviitä ja ne kestävät pudotuksen 1,8 metrin korkeudelta. Tunnisteilla on IP-67 luokitus. (10.)

Zebra DartTag on järjestelmä, joka täyttää uudet kansainväliset IEEE 802.15.4.f- ja ISO 24730-61 -standardit. Zebra DartTag voidaan ohjelmoida toimimaan Zebran formaatissa tai ISO/IEEE-standardien mukaisesti. Standardien avulla voidaan tunnistetta käyttää myös muiden valmistajien paikannusjärjestelmissä. (10.)

Zebra DartTagin lähettämät signaalit ovat lyhytkestoisia, mikä mahdollistaa erinomaisen paikannuksen tarkkuuden ja sallii tuhansien tunnisteiden yhtäaikaisen käytön. Lyhytaikaisten UWB-pulssien ansiosta tunnisteiden akunkesto on pitkä. Esimerkiksi yhden Hz:n paikannustajuuudella tunnisteiden akut kestävät jopa seitsemän vuotta. Tunnisteet saavat virtansa 3 V:n nappiparistosta. Tunnisteen voi kytkeä etäkäytöllä päälle ja pois käyttäen Zebra DartWand ohjelmistoa. Tällöin tunnisteen paristo ei kulu. (10.)

Zebra DartTag on mitoiltaan 40 mm x 40 mm x 20 mm ja DartTag Badge on 42 mm x 7 mm x 74 mm. Paikannuksen tarkkuudeksi luvataan näköyhteydellä alle 0,3 m:n tarkkuus. (10.)

Darthub

Darthub pyörittää Zebran UWB-paikannusohjelmistoa, joka pystyy paikantamaan tuhansia tunnisteita 0,3 m:n tarkkuudella. Darthub mahdollistaa kaikkien DartTag-tunnisteiden paikantamisen yhden tukiaseman alueella. (11.)

Dart sensors

Dart-tuotevalikoimassa on kolme erityyppistä tukiasemaa, joissa on kaikissa kiinteä antenni. Antenni tyypit ovat High Gain, Mid Gain ja Omni. High Gain -antennin ominaisuus on pitkä kantama ja kapea pääkeila, johon antenni lähettää signaaliaan. Mid Gain -antenni lähettää ja vastaanottaa signaaliaan 180 asteen pääkeilaan. Omni-antenni lähettää signaaliaan 360 asteen alueelle, eli on ympärisäteilevä. Heikkoutena Omni-antennilla lähetyksen kantama. RF-teho jakautuu joka puolelle antennia, joten sen kantama jää lyhyeksi verrattuna High Gain

-antenniin ja Mid Gain -antenniin. Dart-anturit sijoitetaan niin, että koko paikannettava alue saadaan katettua. (11.)

Dart-anturit voidaan myös ohjelmoida lukemaan RFID-tunnisteita. RFID-tunnisteiden lukuherkkyyttä voidaan säädellä ohjelmallisesti. (11.)

Bulkhead-anturi on suunniteltu ulkoilmaan tai vaaralliseen ympäristöön. Bulkhead-anturi täyttää ATEX-direktiivin eli se voidaan asentaa myös räjähdysalttiin ympäristöön. (11.)

Dart Vision Reader

Dart Vision Readerin avulla voidaan tehdä läsnäolotunnistus hyödyntäen Zebbran UWB-tekniikkaa. Lukijan avulla voidaan luoda erikokoisia läsnäolovyöhykkeitä, joita voidaan käyttää kulunvalvontaan. (11.)

DartWand Module

DartWand Module on laite, jolla ohjelmoidaan DartTag-tunnisteita ja tallennetaan tunnisteiden tiedot järjestelmään. DartWand Modulen avulla voidaan käynnistää ja sulkea tunnisteita sekä ohjelmoida niille uusia paikannusvälejä. (11.)

Dart UWB Starter Solution

Dart UWB Starter Solutions on aloituspaketti, jolla voi kokeilla paikannusjärjestelmän toimintaa. (11.)

Zebra Dart -järjestelmän soveltuvuus paikannusjärjestelmäksi

Zebra Dart -paikannusjärjestelmä soveltuisi hyvin testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Hyviä ominaisuuksia on muun muassa paikannuksen tarkkuus ja tunnisteiden akunkesto. Paikannuksen tarkkuudeksi avoimella luvataan 0,5 m:n tarkkuus ja tunnisteiden akunkestoksi seitsemän vuotta.

Heikkona ominaisuutena on tunnisteiden koko, joka on 40 mm x 40 mm x 20 mm. Täytyy kuitenkin huomioda, että käyttöliittymää emme ehtineet näkemään aikatauluongelmien vuoksi. Zebra Dart -paikannusjärjestelmä sai vertailutaulukon pisteytyksessä 90 pistettä 100 pisteestä.

4.3.4 Ubisense

Ubisense RTLS perustuu Ultra WideBand eli UWB-tekniikkaan. UWB:n erittäin lyhyt kestoisten signaalien ja laajan kaistaleveyden ansiosta sisätilanpaikannusjärjestelmällä ei käytännössä rajoita paikannettavien laitteiden määrää. Tuhansia laitteita voidaan paikantaa samanaikaisesti. Paikannusjärjestelmän tarkkuus on yksi metri, joten se on hyvä teollisuusympäristöön.

Ubisense Industrial Tag

Ubisense Industrial Tagin teollisuustunniste on suunniteltu teollisuuden olosuhteisiin. Se on mekaanisesti kestävä, pöly- ja vedenkestävä sekä asennettavissa erilaisilla kiinnitysmekanismeilla. Industrial Tag -tunnisteen avulla laitetta voidaan seurata 3D:nä reaaliajassa. Tunniste lähettää UWB-radiopulsseja, jonka perusteella Ubisensen paikannusjärjestelmä laskee signaalista tunnisteen sijainnin. Ubisensen paikannusjärjestelmä pystyy käyttämään Angle of Arrival (AoA)- ja Time Difference of Arrival (TDOA) -menetelmiä tunnisteen sijainnin laskemiseen. AoA- ja TDOA-menetelmien avulla voidaan tuottaa 3D-sijaintitieto kahdella tukiasemalla. (17.)

Alhaisen virrankulutuksen vuoksi tunnisteen akunkesto on pitkä. Kerran sekunnissa tapahtuvassa paikannuksessa akunkestoksi ilmoitetaan 10 v. Tunniste ilmoittaa, kun akkujen varaus on heikko. Tunnisteen akku on vaihdettavissa. (17.)

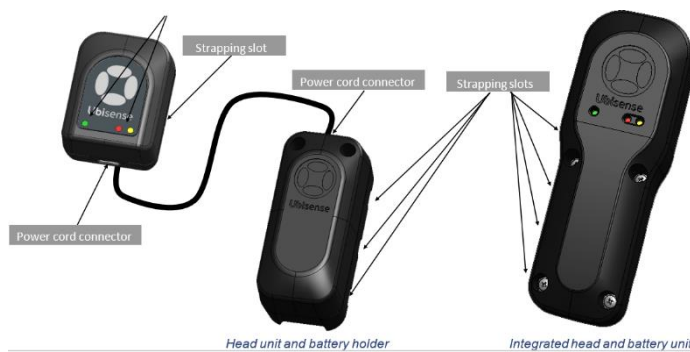
Industrial Tag on kooltaan 71 mm x 64 mm x 47 mm. Tunniste soveltuu myös tehdasolosuhteisiin, jolloin sen käyttölämpötila-alue on $-40-85$ °C. (17.)

Tool Tag

Tool Tag on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen kuin edellä mainittu Industrial Tag. Molemmat tunnisteet paikannetaan samalla periaatteella eli käyttäen AoA- ja TDOA-menetelmiä, joiden avulla saadaan reaaliaikainen 3D-paikannus. Tool Tag on suunniteltu tehdasolosuhteisiin. (12.)

Tool Tag -tunnisteen alhaisen virrankulutuksen vuoksi tunnisteiden akunkestoksi ilmoitetaan 10 v. Akunkesto riippuu voimakkaasti tunnisteiden konfiguroinnista, erityisesti siitä, millä taajuudella tunniste lähettää oman sijainnin.

Tool Tag -tunnisteesta on kaksi erilaista versiota. Yhdistetyssä yksikössä on tunnisteyksikkö ja akkuyksikkö samassa laitteessa. Toisessa versiossa on tunnisteyksikkö ja akkuyksikkö erikseen. Tunnisteyksikön ja akkuyksikön välillä on mikro-USB-kaapeli, jolla virransyöttö tapahtuu. (Kuva 3.) (12.)



KUVA 3. Tool Tag tunniste. (12.)

Trimode Tag

Ubisense Trimode Tag -tunniste on tarkoitettu sellaisien laitteiden paikannukseen, jossa tarvitaan paikannusta niin ulkoilmassa ja sisätiloissa. Trimode Tag -tunnisteen paikannus perustuu Ultra WideBand (UWB) -tekniikkaan, GPS-tekniikkaan ja 2,4 GHz:n radiotekniikkaan. (13.)

Trimode Tag -tunnisteen UWB-paikannus perustuu samoihin laskentamenetelmiin kuin Ubisensen Tool Tag ja Industrial Tag. 3D-paikannus saadaan AoA- ja TDOA-laskentamenetelmien avulla. (13.)

Trimode tag -tunniste sisältää SiRFStar-pohjaisen GPS-vastaanottimen. GPS yrittää jatkuvasti löytää sijainnin. Kun GPS löytää sijainnin, se ilmoittaa sen järjestelmään 2,4 GHz:n radion kautta. (13.)

Trimode Tag -tunnisteen akunkesto riippuu voimakkaasti tunnisteiden käytöstä, eli käytännössä siitä mitä teknologiaa järjestelmä joutuu käyttämään eniten. Ultra WideBand (UWB) -tekniikkaa käytettäessä akunvirran kulutus on vähäistä

ja akunkeston on pitkä. Tunnisteen joutuessa UWB-verkon ulkopuolelle se etsii sijaintinsa GPS-paikannuksen avulla. GPS-paikannus kuluttaa suhteessa enemmän akkua verrattuna UWB-paikannukseen. Trimode Tag -tunnisteessa on akun heikon varauksen ilmoitusjärjestelmä. Tunniste ilmoittaa, milloin akunvaraus on heikko, jolloin tunnisteeseen pitää vaihtaa akut. (13.)

Trimode Tag -tunnisteessa on 2,4 GHz:n radio, jota käytetään tunnisteen konfigurointiin. 2,4 GHz:n radiolla voidaan ohjelmoida tunnisteen parametreja, kuten sijainninpäivitysnopeutta. 2,4 GHz:n radio ei ole käytössä normaalin käytön aikana, eli kun tunnisteen sijaintia etsitään. (13.)

Trimode Tag -tunniste on fyysisiltä mitoiltaan 71 mm x 64 mm x 47 mm. Tunniste soveltuu käytettäväksi $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. (13.)

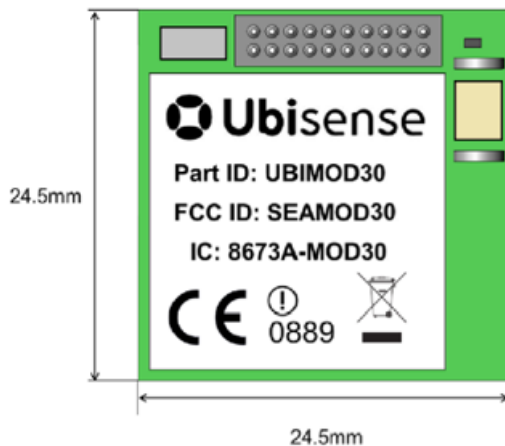


KUVA 4. Trimode Tag -tunniste. (13.)

Ubisense Tag Module

Ubisensen valikoimassa on myös Tag Module, joka on tarkoitettu suoraan integroitavaksi paikannettavaan laitteeseen. Se liitetään laitteeseen 20-pinnisellä kytkentärimalla. Kytkentäriman kautta Tag Moduleen kytketään syöttöjännite ja sisään/ulos-sarjaliikenne. Tag Module toimii samalla tekniikalla kuin aiemmin esitellyt Ubisensen tunnisteet Trimode tag, Tool Tag ja Industrial Tag. Tag Module lähettää UWB-signaalia, jonka perusteella Ubisensen paikannusjärjestelmä laskee Tag Modulen sijainnin Angle of Arrival (AoA)- ja Time Difference of Arrival (TDOA) -menetelmien avulla. AoA -ja TDOA-menetelmien avulla saadaan laskettua tarkka 3D-sijainti kahden UWB-tukiaseman avulla. (16.)

Kuten muutkin Ubisensen tunnisteet, Tag Module sisältää 2,4 GHz:n radion, jota käytetään Tag Modulen ohjelmointiin ja päivityksiin. 2,4 GHz:n radio ei ole käytössä normaalin käytön eli paikannuksen aikana. Tag Module on mitoiltaan 24,5 mm x 24,5 mm x 9,1 mm. (16.)



KUVA 5. Ubisense Tag Module -tunniste. (16.)

Ubisensen soveltuvuus testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi

Ubisensen paikannusjärjestelmä soveltuisi melko hyvin testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Hyviä ominaisuuksia ovat paikannuksen tarkkuus ja tunnisteiden akunkesto. Paikannuksen tarkkuudeksi luvataan 0,15 m ja tunnisteiden akunkestoksi 10 v.

Soveltuvuuden kannalta heikoimpia ominaisuuksia on tunnisteiden koko. Tunnisteiden koko riippuu tunnisteesta, mutta pienin Ubisensen tarjoama tunniste on kooltaan 71 mm x 64 mm x 47 mm.

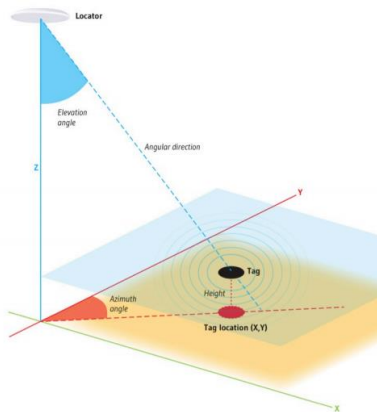
Huomioitavaa on myös se, että paikannusohjelmistosta emme saaneet kaikkia haluttuja tietoja. Yleispiirteittäin paikannusohjelma näytti kuitenkin lupaavalta.

Ubisensen paikannusjärjestelmä sai vertailutaulukon pisteytyksessä 85 pistettä 100 pisteestä.

4.3.5 Quuppa

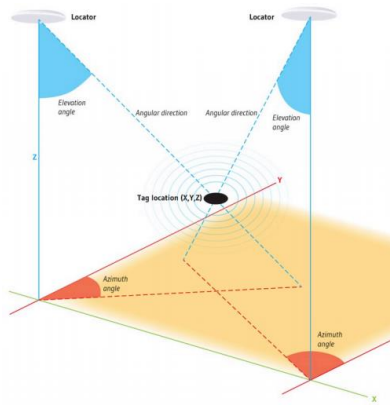
Quuppa Intelligent Location System -paikannusjärjestelmä perustuu BLE-tekniikkaan, joka tunnetaan myös nimellä Bluetooth Smart. BLE on Nokian kehittämä uuden sukupolven Bluetooth-tekniikka. BLE on osana Bluetooth-standardia 4.0. BLE-tekniikan suurimpia etuja on pieni tehonkulutus. Yleisimmin BLE-laitteiden akunkesto on useita vuosia pelkällä nappiparistolla. Akkujen tehonkulutus perustuu Single mode -tilaan. Single mode -tilassa laite on normaalisti koko ajan lepotilassa. Kun laitteelle lähetään heräteviesti, se suorittaa halutun tehtävän. (5.)

Quupan paikannusjärjestelmä hyödyntää BLE-tekniikkaa Intelligent Location System -järjestelmässään. Paikannus perustuu BLE-signaalin Angle of Arrival (AoA) -laskentaan. Quupan järjestelmässä jo yhdellä tukiasemalla saadaan tarkka 2D-paikannus (kuva 5). (5.)



KUVA 6. Quuppa 2D-paikannus. (5.)

3D-paikannukseen vaaditaan kaksi tukiasemaa, jolloin AoA-menetelmän avulla saadaan selville laitteen sijainti 3D:nä. (5.)



KUVA 7. Quuppa 3D-paikannus. (5.)

Quuppa Intelligent Location System -järjestelmä

Quupan paikannusjärjestelmän infrastruktuuri koostuu Locatoreista eli tukiasemista, Quuppa Positioning Enginestä (QPE) eli järjestelmän aivoista, jossa kaikki laskenta ja paikantaminen suoritetaan ja tageista eli tunnisteista. (5.)

Quupan tunnistet

Quupan tunnisteen akunkestoksi luvataan yksi vuosi, silloin kun tunniste lähettää viestin, joka sekunti vuoden ajan. Tunnisteen akunkestoa voidaan parantaa merkittävästi, jos viestin lähetysväliä muutetaan harvemmaksi tai jos tunnistet lähettävät sijaintitietonsa pelkästään kyselyn yhteydessä. (5.)

Quupan tunniste on myös BLE-tekniikan ansiosta hyvin pienikokoinen. Suurin syy BLE-tekniikan tunnisteen pieneen kokoon on vähäinen virrankulutus. Näin ollen tunniste ei tarvitse suurta akkua. Quupan tunniste on kooltaan noin kahden euron kolikon kokoinen eli noin 18 mm x 18 mm. (5.)

Quupan soveltuvuus testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi

Quuppa Intelligent Location System soveltuu hyvin testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Hyviä ominaisuuksia on tunnisteen koko, tunnisteen akunkesto, paikannuksen tarkkuus ja käyttöliittymä. Tunnisteen kooksi luvataan 18 mm x 18 mm. Akunkestoksi luvataan noin kolme vuotta, riippuen paikannusväleistä. Paikannuksen tarkkuudeksi luvataan 10 cm:n tarkkuus. Käyttöliittymästä saadut tiedot ja kuvat vaikuttivat meidän tarpeisiimme riittävältä.

Soveltuvuuden kannalta heikkoja ominaisuuksia ei juurikaan ole näillä tiedoilla. Ainoana heikkona ominaisuutena on BLE-tekniikkainfrastruktuurin rakentaminen paikannettavalle alueelle. Quoppa-paikannusjärjestelmän laajemmasta käytöstä ei ole tietoa, toisin kuin muista paikannusjärjestelmistä. Järjestelmä vaikuttaa kuitenkin saatujen tietojen perusteella potentiaaliselta testilaitteiden paikannusjärjestelmältä. Quoppa Intelligent Location System sai vertailutaulukossa 95 pistettä 100 pisteestä.

4.3.6 Kaltiot Proposen Solution

Kaltiot Technologies tarjoaa paikannusjärjestelmää, joka perustuu BLE-tekniikkaan. Kaltiot Technologies on käynyt neuvotteluja Nokian Oulun yksikön tuotekehityksen kanssa ja yrityksen paikannusjärjestelmä perustuu täysin langattomaan järjestelmään. Täysin langattomalla järjestelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa paikannusjärjestelmää, joka perustuu puhelimilla tehtävään paikannukseen. Puhelimella tehtävän paikannuksen etuna on infrastruktuurin puuttuminen eli paikannettavalle alueelle ei tarvitse asentaa Bluetooth tukiasemia.

(18.)

Kaltiot Proposen Solution -toimintaperiaate

Kaltiot Proposen Solution -paikannusjärjestelmän toimintaperiaate on varsin nerokas ja erottuu muista paikannusjärjestelmistä ainakin näin ideatasolla. Paikannusjärjestelmä koostuu kolmesta pääkomponentista: Bluetooth-tunnisteesta, mobiilisovelluksesta ja pilvipalvelusta. Paikannusjärjestelmän aivoina toimii pilvipalvelu, jossa kaikki laskenta ja ohjelmointi suoritetaan. Pilvipalvelu takaa myös paikannusjärjestelmän käytön, eli paikannusjärjestelmään voidaan ohjelmoida uusia toimintoja ja se voidaan liittää muihin järjestelmiin, kuten Nokian Oulun tehtaalla olevaan IFS-järjestelmään. Mobiilisovelluksen tehtävä on kerätä paikannustietoa sen laitteen avulla, mihin mobiilisovellus on asennettu. Kun mobiililaitte huomaa alueellaan tunnisteiden, se alkaa keräämään paikannustietoa. Tällöin mobiililaitte lähettää pilvipalveluun tunnisteiden sijaintitiedon. Mobiilisovelluksella on myös tärkeä tehtävä toimia paikannusjärjestelmän käyttöliittymänä. Mobiilikäyttöliittymän avulla paikannus voitaisiin tehdä missä tahansa alueella,

jossa mobiililaitte on kytkeytynyt verkkoon. Bluetooth-tunnisteen tehtävä on lähettää Bluetooth-viestiä ympärilleen. Tällöin mobiililaitteet kuulevat tunnisteen sijaintiviestin ja lähettävät sijaintitiedot pilvipalveluun. (19.)

Kaltiot Proposen Solution -paikannusjärjestelmän soveltuvuus

Kaltiot Proposen Solution -paikannusjärjestelmä on vasta ideatasolla, mutta Nokian Oulun yksikön tuotekehityksen samankaltainen tarve luo synergiaetuja järjestelmän hankinnassa. Lisäksi Kaltiot Proposen Solution kehittyy ja se voi luoda mahdollisuuksia myös tuotannon testilaitteiden paikannusongelman ratkaisuun. Järjestelmän hyviä ominaisuuksia on nollatason infrastruktuuri, tunnisteen koko ja käyttöliittymä. Nollatason infrastruktuurin mahdollistaa puhelimella tehtävä paikannus. Tällöin erillistä infraa ei tarvitse asentaa paikannettavalle alueelle. Tunnisteen koko riippuu markkinoilla olevista BLE-tunnisteista, mutta yleisesti päästään noin 20 mm x 20 mm x 10 mm kokoon. Mikäli kyseinen tuote valitaan paikannusjärjestelmäksi, käyttöliittymä suunnitellaan tuotekehityksen ja tuotannon tarpeita vastaavaksi.

Soveltuvuuden kannalta heikkona puolena on tietämättömyys paikannuksen tarkkuudesta ja toimivuudesta. Paikannus on tarkoitus tehdä puhelimella hyödyntäen puhelimen ja tunnisteen BLE-tekniikkaa. BLE-tekniikalla saatu paikannuksen tarkkuus on yleensä yhden metrin luokkaa, joka olisi aivan riittävä paikannuksen tarkkuudeksi. Paikannuksen tarkkuudessa mietityttää se, miten puhelin saa paikkatietonsa ja kuinka tarkka saatu paikkatieto on. Tuotekehityksen määrittelemä tarkkuus on huonetarkkuus, joka ei sovellu tuotannon tarpeisiin.

Kaltiot Proposen Solutionsin paikannusjärjestelmä sai vertailutaulukossa 70 pistettä 100 pisteestä. Täytyy kuitenkin huomioida, että vertailutaulukon tiedot tässä tapauksessa ovat vain suuntaa antavia, varsinkin kun puhutaan järjestelmästä, joka on vasta idea-asteella. Suurin etu tällä järjestelmällä on tuotekehityksen kiinnostus tästä järjestelmästä. Tämä luo synergiaetua ja voi hyvinkin päätyä lopulliseksi järjestelmäksi. (19.)

5 PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN VALINTA

Paikannusjärjestelmän valinta perustuu Nokian testilaitteiden paikannusjärjestelmän tarpeenmäärittelyosioon, jossa käydään läpi ominaisuuksia, joita paikannusjärjestelmän pitää toteuttaa. Ominaisuudet on pisteytetty tärkeysjärjestykseen ja korkeimmat pisteet saanut järjestelmä on potentiaalisin vaihtoehto paikannusjärjestelmäksi.

5.1 Paikannusjärjestelmän vertailutaulukko

Seuraavassa vertailutaulukossa 1 on käyty läpi mahdollisten paikannusjärjestelmien vertailu. Järjestelmät on pisteytetty määriteltyjen ominaisuuksien mukaan. Vertailun maksimimäärä on 100.

TAULUKKO 1. Vertailutaulukko.

	Teknologia/ valmistaja	RFID	GPS	ZigBee, meshWorks Wireless	EkaHaus	Ubisense	9Solutions	Quuppa	Zebra UWB	Kaltiot
	Paikannuksen tarkkuus (30)	5	0	20	10	30	5	30	30	5
	Paikannuksen käytettävyys (10)	5	2	10	10	15	10	10	10	10
	Huoltovapaus ja akunkesto / virransaanti (20)	20	10	15	10	20	20	20	20	20
	Luotettavuus (20)	10	0	10	10	15	20	15	20	15
	Häiriöttömyys (kyllä tai ei)	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
	Laitekoko (20)	20	10	5	10	5	10	20	10	20
Arvionti kategoriat	Kommentit	60	22	60	50	85	65	95	90	70
Yhteensä	Max 100	60	22	60	50	85	65	95	90	70
Paikannuksen tarkkuus	Mitä tarkempi sitä parempi. Ihanne noin 1 m tarkkuudella.	Epätarkka, riippuu "lukijoiden" määrästä.	Ei toimi sisällä.	noin 2 m tarkkuudella, mutta vain 30 m päähän, olosuhteista riippuen	Noin 1 - 2 m, avoimella 10 m.	15cm tarkkuudella.	Huonetarkkuudella, eli meidän tapauksessa 7 m.	Jopa 10 cm tarkkuudella, yleensä puhutaan 0,5 - 1 m.	Noin 0,5 m tarkkuudella.	Huonetarkkuus.
Paikannuksen käytettävyys	Minkälainen on paikannusjärjestelmän käyttöliittymä.	Riippuu ohjelmistosta, ei vielä kaupallista ratkaisua löytynyt.	Riippuu ohjelmistosta, ei vielä kaupallista ratkaisua löytynyt.	Verkkoselain pohjainen käyttöliittymä	Verkkoselain pohjainen käyttöliittymä	Oma paikannusohjelmisto.	IPCS Smooth käyttöliittymä	Verkkoselain pohjainen käyttöliittymä, vaikuttaa hyvältä	?	Mobiili- sekä selainsovellus.
Huoltovapaus ja akunkesto / virransaanti	Huoltovapaus ja akunkesto / virransaanti.	RFID toiminta varma,	Patterien vaihto.	Jopa vuosia.	Ei voi vaihtaa itse akkuja. 1-5 vuotta, riippuu voimakkaasti, konfiguraatiosta.	10v	10v	Valmistajan mukaan huoltovapaa, akun kesto 1 - 5 vuotta.	Jopa 7 vuotta	Riippu tunnisteesta. Yleensä vuosia.
Luotettavuus	Arvio paikannusjärjestelmän luotettavuudesta.	Toiminta yksinkertainen.	Toiminta sisätiloissa epävarmaa	Selvitettävä.	Hyvä, mikäli WLAN-verkko on riittävän kattava ja suunniteltu oikein.	"Oletettavasti" luotettava	Luotettava, mutta vaatii kattavan verkon, joka sisältää paljon laitteita.	Valmistajan mukaan luotettava.	Valmistaja huomioon ottaen. Luotettava tekniikka.	Ei tietoa.
Häiriöttömyys	Häiriöttömyys. Paikannusjärjestelmä ei saa aiheuttaa häiriötä testattavalle tuotteelle tai muille laitteille.	Selvitettävä	X	?	Selvitettävä, tuotannossa jo nyt muita WLAN-laitteita, joten tuskin on ongelma.	Taajuudet jaettu joten ei aiheuta häiriötä.	Valmistajan mukaan ei aiheuta häiriötä ainakaan WLAN-järjestelmille.	Lyhyet matalatehoiset pulssit tuskin aiheuttavat häiriötä. (selvitettävä)	Mahdollisesti procompin kautta.	Lyhyet ja matalatehoiset pulssit. (selvitettävä)
Laitekoko	Laitte tulisi olla mahdollisimman pieni, jolloin sen käyttö tulisi mahdolliseksi.	Erittäin pieni, jopa 5 mm x 5 mm	X	pin 40 mm X 40 mm x 20 m	29,5 mm x 51 mm x 9,6 mm	71 mm x 64 mm x 47 mm	50 mm x 52 mm x 22 mm	18 mm x 18 mm	40mm x 40mm x 20mm	20 mm x 20 mm x 10 mm
Kokonaispisteet. Maksimi 100.		60	22	60	50	85	65	95	90	70

5.2 Esitys paikannusjärjestelmäksi

Soveltuvuustutkimuksen päätavoite oli tutkia eri vaihtoehtoja ja teknologioita paikannusjärjestelmäksi. Vertailu osoitti, että BLE-tekniikka soveltuu parhaiten paikannusjärjestelmän teknologiaksi. Suurimman painoarvon järjestelmän valinnassa antoi järjestelmien vertailutaulukko, jossa on pisteytetty vaatimusmäärittelyosiossa määritellyt ominaisuudet. Vertailutaulukon ja teknologiavertailun perusteella parhaiten paikannusjärjestelmäksi soveltuu Quuppa Oy:n paikannusjärjestelmä.

Quupan paikannusjärjestelmän ehdottomia etuja ovat tunnisteen pieni koko, paikannuksen tarkkuus ja tunnisteen akunkesto. Pienenä miinuksena on rakennettavan infrastruktuurin laajuus. Käytännössä paikannettavalle alueelle joudutaan rakentamaan BLE-tekniikkainfrastruktuuri. Rakennettava infrastruktuuri jouduttaisiin rakentamaan joka tapauksessa muillekin paikannusjärjestelmille. Lukuun ottamatta Kaltiot Proposen Solutions -järjestelmää, joka perustuu puhe-
limella tehtävään paikannukseen.

6 RISKIANALYYSI

6.1 Riskianalyysin tavoitteet

Riskianalyysin tarkoituksena on kartoittaa mahdolliset testilaitteiden paikannusjärjestelmän riskitekijät, riskien todennäköisyys ja riskien vakavuus, joita paikannusjärjestelmä voi aiheuttaa. Lisäksi mietitään riskeille ennaltaehkäiseviä toimia.

Paikannusjärjestelmän hankinnassa on tarkasteltava eri riskitekijöitä. Riskitekijöiden tarkastelulla pyritään minimoimaan riskejä ja varautumaan niihin jo ennen paikannusjärjestelmän hankintaa. Riskeille määritellään riskin tapahtuman todennäköisyys ja riskin vakavuus.

Riskianalyysi tehdään valitulle paikannusjärjestelmälle Quuppa Oy:n Intelligent Location System.

6.1.1 Tietoturva

Quupan paikannusjärjestelmän aiheuttamat tietoturvariskit on kartoitettava ennen laitteiston hankintaa. Tietoturvariskin tasoon liittyviä riskejä ovat muun muassa järjestelmän tietovuotoriskit ja järjestelmän kautta kulkevan tiedon sisältö.

TAULUKKO 2. Tietoturvariskin taso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Tietoturvariskin vakavuus

Paikannusjärjestelmän mahdollisesti aiheuttama tietoturvuodon vakavuus riippuu voimakkaasti siitä, mitä tietoa paikannusjärjestelmän kautta kulkee. Jos paikannusjärjestelmän kautta kulkee vain tieto, missä mikäkin testilaitte sijaitsee

tuotannossa, tietovuodon vakavuus ei ole merkittävän suuri. Jos taas paikannusjärjestelmän läpi kulkeva tieto sisältää testilaitteiden tai tuotteiden tietoja, on tietoturvan vakavuus merkittävän suuri.

Quupan paikannusjärjestelmän kautta kulkee testilaitteiden paikannustieto ja testilaitteiden tunnistekoodi. Järjestelmän kautta ei kulje mitään tietoturvan kannalta arvokasta tietoa, joten riski on vähäinen.

Tietoturvariskin todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän tietovuodon todennäköisyys riippuu paikannusjärjestelmästä. Yleisimmät järjestelmät ovat rakenteeltaan sellaisia, että niiden tekniikka ja laitteet muodostavat oman verkkonsa tuotannon alueelle. Itse paikannus suoritetaan yleensä ohjelmiston kautta, joka saa tietonsa internetin välityksellä. Nykyiset tietoturvaohjelmistot ovat kehittyneitä ja turvallisia. Lisäksi Nokia Oulun tehtaan sisäinen WLAN-verkko on tarkkaan suojattu, joten tietovuodon riski on pieni.

Quupan paikannusjärjestelmän käyttöliittymää käytetään internet selaimella, joten tietoturvavuodon riski on mahdollinen.

Tietoturvariskien ennaltaehkäisy

Paikannusjärjestelmää hankittaessa tietoturvaan liittyvät asiat tulee ottaa esille ja näin varmistaa järjestelmän osalta tietoturvan luotettavuus.

6.1.2 Teknisen tuen saatavuus

Paikannusjärjestelmän vikaantuessa on tärkeä saada teknistä tukea järjestelmän myyjältä tai valmistajalta. Jos järjestelmä päätetään hankkia, on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin: millaista tukea järjestelmän valmistaja tarjoaa, millä aikataululla tukea saa ja kuinka vakavarainen valmistaja on.

TAULUKKO 3. Teknisen tuen puutteen riskitaso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Teknisen tuen puutteen vakavuus

Paikannusjärjestelmän toimittajan teknisen tuen puuttuminen on vakava riski. Ilman teknistä tukea paikannusjärjestelmän toimivuuden takaaminen on vaikeaa ja jopa mahdotonta, koska järjestelmän valmistaja päivittää ohjelmistot ja valmistaa järjestelmän laitteet.

Teknisen tuen puutteen todennäköisyys

Paikannusjärjestelmää valittaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, kuinka vakavarainen paikannusjärjestelmän valmistaja on, pystyykö se antamaan teknistä tukea myös tulevaisuudessa. Teknisen tuen puutteella on vähäinen riski.

Quupan kohdalla teknisentuen puuttuminen on epätodennäköistä.

Teknisen tuen puutteen ennaltaehkäisy

Paikannusjärjestelmää valittaessa on tarkasteltava Quupan taloudellista tilannetta ja kykyä antaa teknistä tukea tulevaisuudessa. Näin pyritään takaamaan paikannusjärjestelmän toimivuus myös tulevaisuudessa.

6.1.3 Laitteiston saatavuus

Laitteiston saatavuuden selvittämisellä pyritään kuvaamaan millä aikataululla ja kustannuksilla varaosia on saatavilla. Paikannusjärjestelmän tunnisteita tarvitaan, jos testilaitteiden määrä kasvaa tuotannossa tai paikannukselle ilmenee jokin muu tarve. Tällaisissa tapauksissa tunnisteiden saatavuus on hyvä selvittää.

TAULUKKO 4. Laitteiston saatavuusriskin taso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Laitteiston saatavuusongelmien vakavuus

Paikannusjärjestelmän laitteiston saatavuusongelma on haitallinen riski. Järjestelmän kriittisten varaosien saatavuus on varmistettava. Esimerkiksi paikannuksessa käytettävien tunnistaiden toimitusaika on hyvä selvittää.

Laitteiston saatavuusongelmien todennäköisyys

Toimitusajat voivat vaihdella, laitteiden ja tilattavan määrän mukaan. Jos järjestelmän valmistaja on taloudellisesti vakaa ja yrityksen tulevaisuus näyttää hyvältä, niin laitteiston saatavuusongelmat ovat epätodennäköisiä.

Laitteiston saatavuusongelmien ennaltaehkäisy

Paikannusjärjestelmää hankittaessa on selvitettävä laitteiston saatavuus järjestelmän valmistajan kanssa. Järjestelmän osien jälleenmyyjä on hyvä saada Nokian omaan ostojärjestelmään. Näin taataan järjestelmän laitteiden saatavuus.

6.1.4 Ylläpitokustannukset

Ylläpitokustannuksilla kuvataan järjestelmän ylläpidon hintaa. Ylläpidon kustannuksiin vaikuttaa muun muassa lisenssimaksut, ohjelmistopäivitykset, tunnistaiden akkujen vaihdot ja verkkoinfrastruktuurin laitteistot, kuten BLE-tukiasemat.

TAULUKKO 5. Ylläpitokustannusriskin taso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Ylläpitokustannusriskien vakavuus

Paikannusjärjestelmän ylläpidon kustannuksista saattaa tulla haitallinen riski, jos ylläpitokustannukset nousevat suuriksi järjestelmän hankinnan myötä.

Ylläpitokustannuksien nousun todennäköisyys

Paikannusjärjestelmää hankittaessa on otettava huomioon ylläpidon hinta. Ylläpitokustannuksiin on kiinnitettävä huomiota järjestelmää hankittaessa ja asiasta keskusteltava järjestelmän toimittajan kanssa. Ylläpitokustannuksien nousu on mahdollinen.

Ylläpitokustannuksien nousun todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän ylläpitokustannuksien nousu ei ole kovin todennäköistä, jos kustannuksista sovitaan järjestelmän toimittajan kanssa.

6.1.5 Henkilöille mahdollisesti aiheutuvat haittatekijät

Paikannusjärjestelmän mahdolliset terveyttä vaarantavat tekijät tulee ottaa huomioon ennen paikannusjärjestelmän hankintaa. Terveyttä vaarantavia tekijöitä tuskin löytyy, mutta asia on niin tärkeä, että se pitää tutkia huolellisesti ennen järjestelmän valintaa.

Henkilöille aiheutuvien haittatekijöiden vakavuus

Henkilöille aiheutuvat haittatekijät on otettava erityisen vakavasti. Paikannusjärjestelmä on kuitenkin tekniikalta sellainen, että se ei aiheuta suuria riskejä hen-

kilöille. Suurimmat riskit ovat järjestelmän laitteiston asennuksessa, jossa voidaan joutua asentamaan paikannuksessa käytettävän verkonlaitteita. Asennusvaiheessa tulee noudattaa turvallisuusmääräyksiä.

TAULUKKO 6. Henkilöille aiheutuvien haittatekijöiden riskitaso

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Henkilöille aiheutuvan riskin todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän aiheuttamat riskit henkilöille ovat erittäin epätodennäköisiä.

Henkilöille aiheutuvien vaaratekijöiden ennaltaehkäisy

Henkilöille aiheutuvien vaaratekijöiden ennaltaehkäisyyn on kiinnitettävä huomiota. Paikannusjärjestelmään tuskin liittyy henkilöille aiheutuvia vaaratekijöitä, mutta tätä asiaa pitää miettiä, kun järjestelmää ollaan hankkimassa.

6.1.6 Paikannusjärjestelmän aiheuttamat häiriöt

Paikannusjärjestelmän aiheuttamat häiriöt tulee tutkia ennen paikannusjärjestelmän hankintaa. Järjestelmä ei saa aiheuttaa häiriöitä tuotannon muille laitteille tai järjestelmille.

TAULUKKO 7. Häiriön riskintaso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Paikannusjärjestelmän aiheuttamien häiriöiden vakavuus

Paikannusjärjestelmien aiheuttamat häiriöt muille tuotannonlaitteille ja tuotteille on vakava uhka. Järjestelmän mahdollisesti tuottamat häiriöt estävät järjestelmän toiminnan tuotannon tiloissa.

Paikannusjärjestelmän aiheuttamien häiriöiden todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän aiheuttamat häiriöt tulee tutkia tarkkaan ja asiasta on keskusteltava laitteiston valmistajan kanssa. Häiriöiden todennäköisyys on varteen otettava riski, kun huomioidaan häiriöiden aiheuttamat vakavat ongelmat tuotannossa.

Paikannusjärjestelmän häiriöiden ennaltaehkäisy

Ennaltaehkäisy on paras tapa estää häiriöiden aiheuttamat haitat tuotannossa. Paikannusjärjestelmän valmistajan kanssa on keskusteltava järjestelmän tuottamista häiriöistä ja häiriöttömyys on testattava ennen laitteiston käyttöönottoa tuotannossa.

6.1.7 Paikannusjärjestelmän aiheuttamat ympäristöhaitat

Paikannusjärjestelmän mahdollisesti aiheuttama ympäristöhaitta.

TAULUKKO 8. Ympäristöhaittariskin taso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Ympäristöhaittojen vakavuus

Paikannusjärjestelmän ympäristölle aiheuttamat haitat ovat erittäin pienet. Huomioitavaa ympäristön kannalta on tunnistettujen akuttien.

Ympäristöhaittojen todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän ympäristölle aiheuttamat haitat ovat erittäin epätodennäköisiä. Ainoa asia mikä pitää ottaa huomioon, on tunnisteiden akkujen kierrätys.

Ympäristöhaittojen ennaltaehkäisy

Ympäristöhaittojen ennaltaehkäisyyn on kiinnitettävä huomiota, eli tunnisteiden akut on kierrätettävä. Tällöin järjestelmä ei aiheuta minkäänlaista vaaraa ympäristölle.

6.1.8 Globaali toimitusvarmuus

Paikannusjärjestelmän toimittajalla on oltava mahdollisuus toimittaa järjestelmää globaalisti kaikille Nokian tehtaille. Globaali toimitusvarmuus on iso tekijä, kun on kyseessä kansainvälinen yritys, jolla on tehtaita ympäri maailmaa.

TAULUKKO 9. Globaali toimitusriskin taso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Vakavuus

Paikannusjärjestelmän toimittajalta vaaditaan kykyä toimittaa järjestelmää globaalisti. Globaalin toimituksen puute vaikuttaa oleellisesti paikannusjärjestelmän hankintaan ja sen puute voi jopa estää paikannusjärjestelmän hankinnan kyseiseltä toimittajalta.

Todennäköisyys

Toimittajan globaali toimitusvarmuus on todennäköistä, mutta asiaan kannattaa kiinnittää huomiota ennen järjestelmän hankintaa.

Ennaltaehkäisy

Globaalin toimitusvarmuuden takaamiseksi pitää selvittää järjestelmän toimittajan kyky toimittaa järjestelmää globaalisti.

6.1.9 Henkilöstön kouluttaminen

Paikannusjärjestelmän toimittajan on järjestettävä koulutus paikannusjärjestelmän käyttäjille. Koulutuksella varmistetaan järjestelmän oikeaoppinen käyttö ja pyritään hallitsemaan myös yleisimpiä vikatilanteita.

Koulutuksen puutteen vakavuus

Koulutuksen puute voi aiheuttaa merkittäviä haittoja paikannusjärjestelmän käytölle, jos järjestelmää ei käytetä oikein. Toimittajan on järjestettävä järjestelmän käytön koulutusta avainhenkilöille. Avainhenkilöillä tarkoitetaan järjestelmän tulevia käyttäjiä.

TAULUKKO 10. Koulutuspuutteen riskitaso.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman vakavuus		
	Vähäinen	Haitallinen	Vakava
Epätodennäköinen	1.Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski
Mahdollinen	2.Vähäinen riski	3.Kohtalainen riski	4.Merkittävä riski
Todennäköinen	3.Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Koulutuksen todennäköisyys

Paikannusjärjestelmän toimittaja järjestää koulutuksen hyvin suurella todennäköisyydellä. Asia on otettava esille järjestelmää hankittaessa ja siihen on saatava varmuus.

Koulutuksen puutteen ennaltaehkäisy

Paikannusjärjestelmää hankittaessa on varmistettava, että toimittaja järjestää koulutuksen avainhenkilöille.

6.2 Riskianalyysin tulos

Riskianalyysissä riskien keskiarvoksi saatiin 2,666 asteikolla 1–5. Jokaista riskiä on kuitenkin arvioitava omana riskinään, sillä yhdenkin riskin laiminlyönti saattaa johtaa vakaviin seurauksiin. Keskiarvosta kuitenkin nähdään paikannusjärjestelmän yleinen riskitaso. Tulos 2,66 sijoittuu riskiarvioinnissa vähäisen ja kohtalaisen riskin väliin. Riskianalyysin pohjalta Quupan paikannusjärjestelmän

hankinnalle ei löytynyt sellaista merkittävää riskiä, joka estäisi järjestelmän hankinnan. Riskianalyysiä on kuitenkin hyvä päivittää, mikäli uutta tietoa Quupan paikannusjärjestelmästä ilmenee projektin edetessä.

7 YHTEENVETO

Tässä työssä keskityttiin selvittämään testilaitteiden paikannusjärjestelmän vaihtoehtoisia teknologioita ja järjestelmiä. Työn tavoitteena oli tuottaa soveltuvuustutkimus testilaitteiden paikannusjärjestelmästä. Käytännössä piti selvittää, millä teknologialla ja järjestelmällä saadaan paras mahdollinen paikannusjärjestelmä, joka sopii Nokian tehtaille testilaitteiden paikantamiseen. Tässä työssä pilottitehtaana toimi Oulun tehdas.

Työn alkuvaiheessa tutustuttiin testilaitteiden paikannusongelmaan Nokian Oulun tehtaalla ja pyrittiin luomaan ongelmasta kokonaisvaltainen käsitys. Suurin testilaitteisiin liittyvä ongelma on niiden suuri määrä ja vaikea hallittavuus tuotannossa. Tuotannon pinta-ala on noin 30 000 m² ja testilaitteita tuotannossa sijaitsee tilanteen mukaan noin 2000 kpl. Tuotannon pinta-ala ja määrä tekevät yksittäisen mittalaitteen löytämisestä hankalaa ja aikaa vievää, joten paikannusjärjestelmälle on selkeä tarve.

Testilaitteiden paikannusongelmakartoituksen jälkeen alettiin määrittellä vaatimusmäärittelyjä paikannusjärjestelmälle. Vaatimusmäärittely koostuu paikannuksen tarkkuudesta, tunnisteen koosta, tunnisteen akunkestosta, paikannuksen käytettävyydestä ja luotettavuudesta. Vaatimusmäärittelyn pohjalta pystyttiin kartoittamaan mahdolliset teknologiat ja järjestelmät, joilla testilaitteiden paikannus voitaisiin toteuttaa. Teknologia- ja järjestelmäkartoituksen jälkeen vertailtiin järjestelmiä vertailutaulukossa, jonka pohjana käytettiin vaatimusmäärittelyosiossa määritellyjä ominaisuuksia. Vertailujen tuloksena saatiin kaksi tulosta; parhaiten soveltuva teknologia ja parhaiten soveltuva järjestelmä. Teknologiavertailussa vertailtiin eri teknologioita niiden ominaisuuksien perusteella. Vertailussa ei otettu huomioon eri paikannusjärjestelmien ominaisuuksia. Parhaiten paikannusjärjestelmän teknologiaksi soveltuu BLE-tekniikka. Paikannusjärjestelmien vertailu suoritettiin pääasiassa vertailutaulukon avulla. Parhaat pisteet vertailutaulukossa saanut järjestelmä soveltui parhaiten testilaitteiden paikannusjärjestelmäksi. Parhaat pisteet sai Quupan Intelligent Location System. Tutkituista järjestelmistä Quupan paikannusratkaisu olisi paras vaihtoehto paikannusjärjestelmäksi.

Valinnan jälkeen valitulle paikannusjärjestelmälle tehtiin riskianalyysi, jossa käytiin läpi mahdollisia riskitekijöitä, riskien vakavuutta ja riskien ennaltaehkäisyä.

Työn tarkoituksena oli tuottaa soveltuvuustutkimus Nokian tehtaiden testilaitteiden paikannusjärjestelmästä. Mielestäni saimme kartoitettua ja tutkittua aikatauluun nähden kohtalaisen monta teknologiaa ja järjestelmää. Aikataulua hidasti aikataulujen yhteensopimattomuus Nokian ja järjestelmäesittelijöiden kanssa. Saimme kuitenkin pidettyä esittelytilaisuuden Ekahaun, 9Solutionsin, Quupan ja Kaltiot Technologiesin kanssa. Lisäksi muiden järjestelmien valmistajien kanssa olemme neuvotelleet sähköpostin tai puhelimen välityksellä.

Työn tekeminen oli mielenkiintoista ja haastavaa. Kaikkia mahdollisia teknologioita ja paikannusjärjestelmiä ei keretty tutkia tarpeeksi ja osa esittelytilaisuuksista jouduttiin jättämään pois tästä opinnäytetyöstä aikataulun loppumisen vuoksi. Nokia ei tee testilaitteiden paikannusjärjestelmän valintaa tämän opinnäytetyön perusteella. Nokia jatkaa testilaitteiden paikannusjärjestelmäprojektia. Uskon, että tästä työstä on apua paikannusjärjestelmän valinnassa, ja että muitakin sopivia vaihtoehtoja löytyy.

Nokian Oulun yksikön tuotekehityksellä on samanlainen projekti meneillään, joten lopullinen testilaitteiden paikannusjärjestelmä voi hyvinkin olla sellainen, joka sopii tuotekehityksen ja tuotannon tarpeisiin.

LÄHTEET

1. Paakki, Teppo 2011. RFID-tekniikka ja järjestelmän soveltaminen. Yli-vieska: Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutus-ohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://theseus.fi/handle/10024/32582> Hakupäivä 2.12.2015.
2. GPS-paikannusjärjestelmä. Geokätköt.fi. Saatavissa: (<http://www.xn--geoktkt-8wa8n.fi/geokatkoily/gps.html>). Hakupäivä 20.1.2016.
3. RFID -tietoutta. RFID Lab Finland. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta> Hakupäivä 7.11.2015 .
4. 9Solutions paikannusjärjestelmä. Saatavissa: <http://www.9solutions.com/fi/ipcs-teknologian-kuvaus> . Hakupäivä 23.3.2016.
5. Quuppa. Saatavissa: <http://quuppa.com/company-presentation/> Haku-päivä 25.3.2015 Vaatii salasanan.
6. Haataja, Antti 2014. UWB-tekniikka. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Tieto-tekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77036/Haataja_Antti.pdf?sequence=1 Hakupäivä 14.4.2015
7. BLE-tekniikka. NDC Network. Saatavissa: <http://www.ndc.fi/ylei-nen/bluetooth-le-analysaattori-iot-yhteyksien-testaamisessa/>. Hakupäivä 14.4.2016.
8. WLAN-tekniikka. 2016. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/WLAN>. Hakupäivä 14.4.2016.
9. Kortelainen, Ilkka 2010. ZigBee-paikannus. Lahden ammattikorkeakoulu, Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/17179/Kortelainen_Ilkka.pdf?sequence=1. Hakupäivä 20.4.2016.
10. DartTag Portfolio. 2012. PDF-esite. Zebra.

11. Dart UWB Technology. 2012. PDF-esite. Zebra.
12. Tool Tag. 2012. PDF-esite. Ubisense.
13. Trimode Tag. 2012. PDF-esite. Ubisense.
14. Laurikka, Veli-Matti 2016. Esittelijä, DCI-ratkaisu. Haastattelu 24.2.2016
15. Kurttila, Esko 2016. Esittelijä, 9Solutions. Haastattelu 16.3.2016
16. Tag Module. 2012. PDF-esite. Ubisense.
17. Industrial Tag. 2012. PDF-esite. Ubisense.
18. Konu, Timo 2016. Esittelijä, Kaltiot. Haastattelu 11.4.2016

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Sami Halttu	Tilaaaja ² Nokia Solutions and Networks Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Esa Nakkila, [REDACTED]	
	Työn nimi ⁴ Nokian Oulun tehtaan testilaitteiden paikannusjärjestelmän soveltuvuustutkimus	
	Työn kuvaus ⁵ Opinnäytetyö toteutetaan omana projektinaan erillisen projektisuunnitelman mukaisesti. Opinnäytetyö sisältää soveltuvuustutkimusprojektin vaiheet ongelmakuvauksesta konkreettiseen implementointiehdotukseen mukaan lukien käytettävä teknologia, tarvittavat hankinnat ja kustannusarvio. Opinnäytetyö voi jakautua useampaan eri vaiheeseen. Opinnäytetyö voidaan jakaa eri vaiheiden ja ohjelmalohkojen mukaisesti pienempiin tehtäviin, jotka jaetaan projektisuunnitelman mukaisesti omiksi vastuualueiksi.	
	Työn tavoitteet ⁶ Opinnäytetyön tavoitteena on määritellä tutkimusongelma, suunnitella osavaiheet ja tehdä soveltuvuustutkimus jonka tuloksena on esitys käytettävästä paikannusjärjestelmästä.	
	Tavoiteaikataulut ⁷ Opinnäytetyön on tarkoitus valmistua kolmen kuukauden päästä, työn aloittamisesta, eli 3.2.2016.	
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>29/10/2015 Tekijän allekirjoitus Sami Halttu</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>29/10/2015 Tilaaajan allekirjoitus Esa Nakkila</p> </div> </div>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö. 		