

Ismo Jantunen

ProfiDAT-järjestelmä nosturissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

15.12.2016

Tekijä(t) Otsikko	Ismo Jantunen ProfiDAT-järjestelmä nosturissa
Sivumäärä Aika	30 sivua 15.12.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessiautomaatio
Ohjaaja(t)	Opettaja Timo Tuominen Engineer manager Minna Ahoranta
<p>Tämän työn tarkoituksena oli testata Conductix-Wampflerin toimittamaa langattoman tiedon siirron valvomon ja nosturin välillä mahdollistavaa järjestelmää Konecranes Oy:n automaattista kumipyöräkontti nosturia (ARTG) hyväksi käyttäen.</p> <p>Tarkoitus oli luoda mahdollisimman realistinen toimintaympäristö jolla järjestelmän soveltuvuutta voitiin simuloida mahdollisimman realistisesti ja täten selvittää soveltuuko järjestelmä myöhemmin käyttöön otettavaksi oikeassa konttiterminaaliympäristössä.</p>	
Avainsanat	Langaton tiedonsiirto, ARTG, konttiterminaali

Author(s) Title	Ismo Jantunen ProfiDat system in crane
Number of Pages Date	30 pages 31.1.2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Process automation
Instructor(s)	Timo Tuominen, Lecturer Minna Ahoranta, Engineer Manager
<p>The purpose of this thesis was to test a new system from Conductix-Wampfler that allows wireless data exchange between the control room and the crane. The system was tested in Konecranes Automated Rubber Tyred Gantry crane (ARTG).</p> <p>The purpose was to create as realistic environment as possible to find out if the system was really suited to be installed in operational cranes in a real container terminals.</p>	
Keywords	ARTG, wireless, container terminals

Sisällys

1	Johdanto	1
2	ProfiDat-järjestelmä	2
2.1	Busbar	2
2.2	Fyysinen rakenne	3
2.3	Tekniset ominaisuudet	5
3	WLAN ja IWLAN	5
3.1	IEEE 802.11n	6
3.1.1	MIMO	6
3.1.2	Frame aggregation	7
3.1.3	2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueet	8
3.1.4	Kanavan leveys ja sen vaikutus	9
3.1.5	Signaalin vaimeneminen	9
3.1.6	Ulkoiset häiriötekijät ja niiltä suojautuminen	10
3.1.7	Tutkien vaikutus 5 GHz:n taajuusalueella	11
3.2	PROFINET	12
3.2.1	PROFISafe	13
4	Nosturin liittäminen ProfiDAT-järjestelmään	14
4.1	Tyypillinen tiedonsiirto nosturin ja keskuksen välillä	14
4.2	Saltaus	15
5	Testaus	16
5.1	Testilaitteisto	16
5.2	Testien määrittely	17
5.2.1	Valmistelevat toimenpiteet	18
5.3	Testien suoritus	19
5.3.1	Yhden vaunun testit	19
5.3.2	ARTG ja simuloitu nosturi	22
5.3.3	Jatkuva seuranta	25
6	Päätelmät	28
7	Lähteet	29

Lyhenteet ja sanaselitykset

ARTG	Automated Rubber Tyred Gantry crane, automaattinen kumipyöräkonttinosturi
ASC	Automated Stacing Crane, Automaattinen pinoamiskonttinosturi
Busbar	Nosturin virroitinkiskosto
CCS	Crane Control system,
DFS	Dynamic Frequency Selection, WLAN-toiminto, joka mahdollistaa taajuuden automaattisen vaihdon
EMI	Electro Magnetic Interference, Elektromagneettinen häirintä
ICMP	
IWLAN	Industrial Wireless Local Area Network, teollinen langaton lähiverkko
MIMO	Multiple Input / Multiple Output. useampi antenni lähetys- ja vastaanotto-päässä.
RFI	Radio Frequency Interference, Radioaaltohäirintä
PoE	Power over Ethernet, käyttöjännitteen syöttö Ethernet-kaapelissa
Ping	Työkalu jota käytetään verkkoyhteyden toisessa päässä olevan määrätyn laitteen saavutettavuuden testaamiseen
ROS	Remote Operating Station, nosturin etäohjausasema
RMG	Rail Mounted Gantry crane, Kiskoilla liikkuva konttinosturi
Stack	ASC-, RMG- ja RTG -nostureiden työalue konttiterminaalissa
STS	Ship To Shore nosturi, Laivojen purkuun ja lastaukseen käytettävä laituri-nosturi
Transceiver	lähetinvastaanottoyksikkö ProfiDAT-järjestelmässä, WLAN accespoint tai client
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko

1 Johdanto

Jatkuvasti kasvava automaation tarve ja sen lisääminen nostureihin kasvattaa informaatiovirtaa nosturin ja valvomon välillä. Tämä asettaa tiukat vaatimukset nopealle, mutta ennen kaikkea luotettavalle tiedonsiirrolle. Automaattinosturit rakennetaan pääsääntöisesti niin, etteivät ne sisällä nosturin rakenteeseen kiinnitettyä fyysistä ohjaamoakaan lainkaan. Nosturia kontrolloidaan pääsääntöisesti etäohjauksella valvomosta käsin. Näin ollen ne vaativat useita korkealaatuisia kuvia lähettäviä kameroita, jotta operointi olisi tehokasta mutta samaan aikaan ehdottoman turvallista. Operaattorin tulee saada kamerakuvan perusteella sama alue näköpiiriinsä, kuin tämä istuisi nosturin rakenteeseen kiinnitetyssä ohjaamossa.

Langattomat tekniikat tekevät tuloaan myös teollisuudessa. Niiden jatkuvasti kehittyessä ja saavuttaessa etenkin prosessiteollisuuden asettamat tiukat toimintavaatimukset esimerkiksi liikkeenohjauksessa alkavat ne olla varsin houkutteleva vaihtoehto langallisten ratkaisujen tilalle. Hankalasti kaapeloitavan kohteen vaihtaminen langattomaan ratkaisuun etenkin etäisyyksien kasvaessa suuriksi saattaa myös pudottaa kustannuksia merkittävästi.

Tässä insinööriyössä tutustutaan Conductix-Wampflerin toimittaman langattoman tiedonsiirron mahdollistavaan järjestelmään, joka on suunnattu satamanostureille. Työssä käydään läpi järjestelmän ominaisuuksia sekä tutustutaan sen toimintaan kohdennetuin testeihin simuloiden oikeaa operatiivista toimintaa konttiterminaalissa.

2 ProfiDat-järjestelmä

ProfiDAT-järjestelmä on Saksalaisen Conductic-Wampfler yhtiön vuonna 2015 lanseeraama STS-, RTG-, RMG- ja ASC-satamanostureille alustavasti suunnattu busbar-järjestelmään asennettava langattoman tiedonsiirron nosturin ja valvomon välillä mahdollistava sovellus. Näistä STS-nostureissa käytetty järjestelmä poikkeaa muista hieman, siinä järjestelmä kytketään nosturin vaunun ja sähköhuoneen välille. Tulevaisuudessa on järjestelmää voi kuitenkin ajatella asennettavaksi mihin tahansa lineaarista liikettä käyttäviin järjestelmiin. [1.]

2.1 Busbar

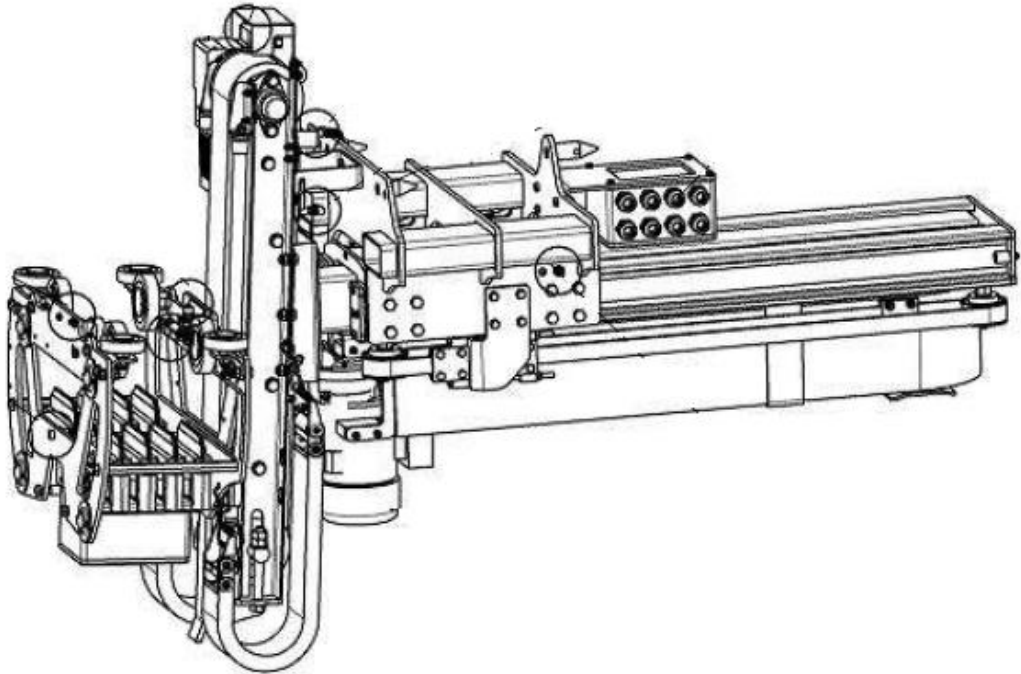
Busbar on nosturin sähköistämiseen käytettävä virroitinkiskojärjestelmä. Siinä nosturiin kiinteästi sijoitettu laahainkoura liukuu ohjauspyörien avulla nosturin kulkusuunnan mukaisesti rakennettua kuparista valmistettua jännitteistettyä kiskostoa pitkin. Modulaarinen järjestelmä koostuu neljästä tai viidestä toisistaan erotetusta kuparisesta jännitekiskosta, joista kolme on tarkoitettu kolmivaiheisen sähkönsyöttöjärjestelmän eri vaihejohtimille (L1, L2 ja L3) sekä yksi järjestelmän käyttömaadoitusta (PE) varten. Näiden lisäksi STS-nostureissa on käytössä erillinen nollakisko (N), koska järjestelmää ei käytetä koko nosturin sähköistämiseen, vaan ainoastaan vaunun. Näin ollen nollaerotus on suoritettu muuntajalla jo aikaisemmin.

Kiskosto rakennetaan toisiinsa liitettävistä kupariprofiilin pätkistä. Profiili on suojattu ulkoisella eristeellä pyrkimyksenä estää kiskon jännitteiseen osaan käsiksi pääseminen tai vieraiden esineiden tai muiden partikkelien sinne joutuminen ja edelleen vaaratilanteiden sekä valokaarien syntyminen. Valokaaren syntyminen järjestelmässä johtaisi todennäköisesti jännitekatkoon kiskostossa ja edelleen käyttökatkokseen nosturin toiminnassa.

RTG-sovelluksissa käytetään Conductix-wampflerin Drive in L -järjestelmää. Se on järjestelmä, jossa laahainkoura on kiinnitetty sähköisesti säätyvään käsivarteeseen (kuva 1). Järjestelmä ei sisällä pneumaattisesti tai hydraulisesti ohjattavia komponentteja. Moottoriohjattu käsivarsi on liikuteltavissa portaattomasti sekä vaaka, että pystysuunnassa. PLC-ohjattu servomoottorilla automaattisesti säätyvä käsivarsi seuraa tarkasti busbar-kiskoston profiilin muotoa, eikä aiheuta rajoitteita nosturin liikenopeudelle. Tä-

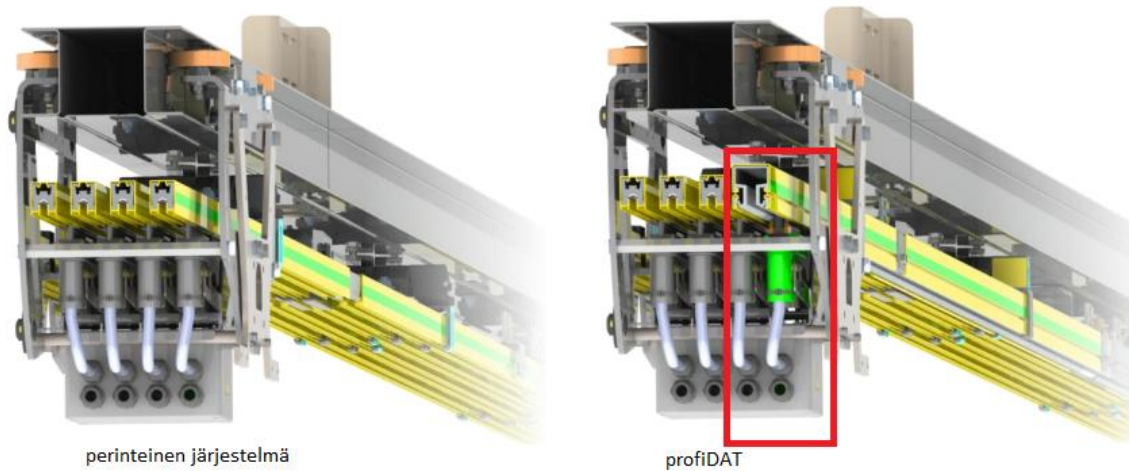
mä seikka takaa mahdollisimman joustavan suunnittelun busbar-kiskoston rakenteen suhteen.

Järjestelmä toimitetaan omalla PLC-ohjausjärjestelmällään ja siinä käytetään valmistajan suljettuja lohkoja. Järjestelmän äly on siis jo sisään rakennettuna joten nosturin oman ja laitteen PLC-järjestelmän väliin on luotava rajapinta.



Kuva 1. Drive In L -järjestelmä

2.2 Fyysinen rakenne

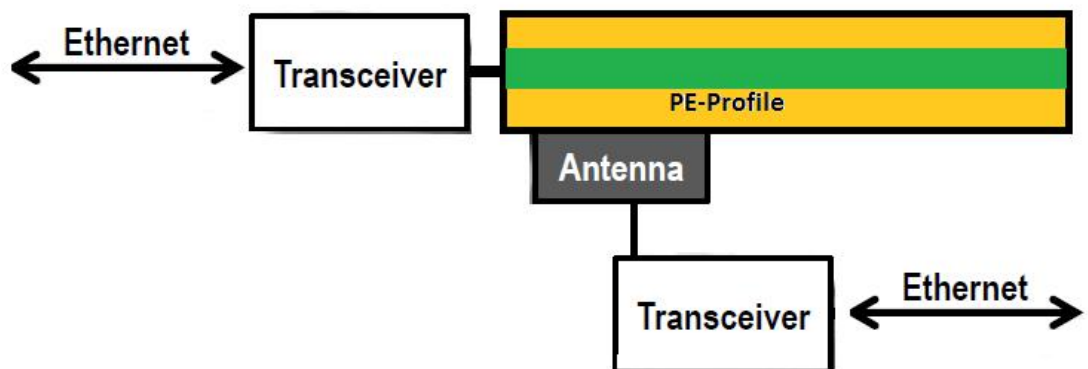


kuva 2. Perinteinen järjestelmä vs ProfiDAT-järjestelmä

ProfiDAT-järjestelmä ei eroa fyysisesti perinteisestä busbar-kiskostosta muuten kuin maadoituskiskon osalta (kuva 2). Mahdollisesti jo olemassa olevaa saman valmistajan busbar-järjestelmää ei ole tarpeellista uusiksi kokonaan, vaan järjestelmä voidaan asentaa niin sanotusti retrofit-pakettina. Tässä tapauksessa olemassa oleva maadoituskisko ja nosturin maadoituslaajain tulee vaihtaa ProfiDat-järjestelmän mukaiseksi. [1.]

Järjestelmä koostuu neljästä pääkomponentista.

- PE -profiili: Ontto maadoituskisko, joka toimii nosturin käyttömaadoituksena ja jonka sisällä langaton radiosignaali kulkee kahden lähetinvastaanottoyksikön välillä (master-client).
- feed in unit: Kiskoston syöttävän pään koaksiaaliantennikaapelin kiinnitysalusta.
- transceiver: lähetinvastaanottoyksikkö, toinen toimii järjestelmän accespointtina ja toinen clienttina. Accespoint on kiinnitetty PE -kiskoon kiinteästi ja se toimii linkkinä valvomon ja nosturin client-moduulin välillä. Nosturissa oleva langallinen verkko muutetaan langattomaksi, siirretään radiosignaalina profiiliin yli. Toisessa päässä se muutetaan taas langalliseksi ja johdotetaan edelleen valvomoon.
- Pickup: Maadoituslaahain johon on liitetty myös nosturin päässä sijaitseva järjestelmän toinen antenni. Antenni on edelleen kytketty nosturissa sijaitsevaan lähetinvastaanotin client-yksikköön.



kuva 3. ProfiDat-järjestelmä

2.3 Tekniset ominaisuudet

ProfiDat-järjestelmä käyttää toiminta-alustanaan IEEE 802.11n standardia ja siitä korkeampaa eli 5 GHz:n taajuusalueetta. Tämä valinta takaa paremmat edellytykset luotettavalle ja nopealle tiedonsiirrolle kuin 2,4 GHz:n taajuusalue. Taajuusalueet ja niiden erot on kuvattu tarkemmin kappaleessa 3.1.

Valmistaja lupaa tiedonsiirtonopeudeksi 100 Mbps ja viiveen keskiarvoksi vähemmän kuin 3 ms.

3 WLAN ja IWLAN

WLAN on langattomaan tiedonsiirtoon käytettävä lähiverkkotekniikka, jossa erilliset verkkolaitteet voidaan liittää toisiinsa tavallisen lähiverkon tapaan, mutta langattomasti radiosignaaleilla. Signaali siirtyy ilmassa pääasiallisesti joko 2,4 GHz:n tai 5 GHz:n taajuusalueella IEEE 802.11 standardien mukaan. IEEE-standardeilla tarkoitetaan kansainvälisen tekniikan alan järjestön Institute of Electrical and Electronics Engineers määrittämiä teknisiä standardeja. Järjestöön kuuluu yli 370 000 jäsentä yli 160 maassa. Sen toiminnan piiriin kuuluu laaja julkaisutoiminta, tieteellisten konferenssien järjestäminen, koulutuksen edistäminen sekä monien alan keskeisten standardien määrittely [2, s.5]

IWLAN on teollisuuden vaatimusten ehdoilla rakennettu langaton lähiverkkotekniikka. Se noudattaa samoja IEEE 802.11 standardeja kuin perinteinenkin WLAN, mutta käytettävät verkkolaitteet on suunniteltu teollisuuden vaativia olosuhteita silmällä pitäen. Teollisuudessa jo pelkkä toimintaympäristö saattaa asettaa laitteet huomattavasti kovemmalle fyysiselle rasitukselle kuin tavallinen toimistoympäristö, jossa ilman lämpötila, kosteus sekä puhtaus eivät aseta laitteille tavallisuudesta poikkeavia suojausvaatimuksia.

ProfiDat-järjestelmässä käytettävät verkkolaitteet ovat IWLAN -laitteita.

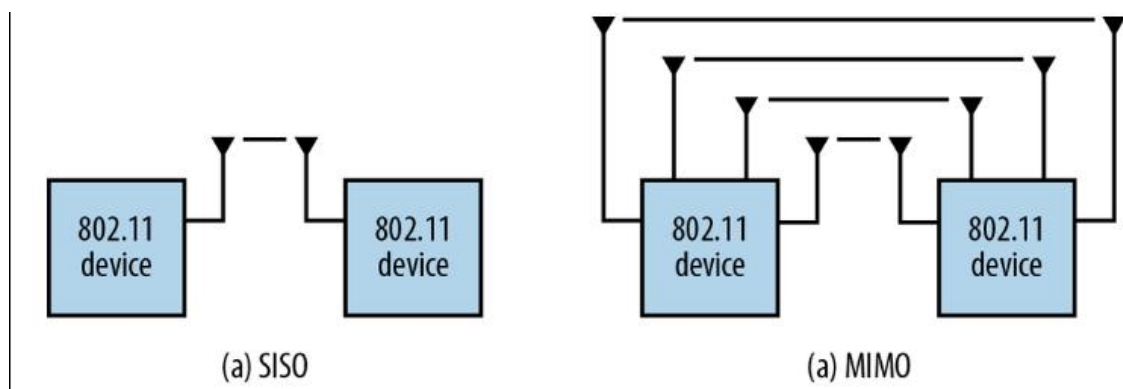
3.1 IEEE 802.11n

ProfiDat-järjestelmä käyttää toiminta-alustanaan IEEE 802.11n WLAN standardia. Se on IEEE 802.11a,b,g:n seuraaja ja kehitysversio, jolla pyrittiin parantamaan langattoman tiedonsiirron suorituskykyä. 802.11n esiteltiin vuonna 2009. Merkittävimpinä uudistuksina tuli mahdollisuus käyttää sekä 2,4 GHz:n, että 5 GHz:n taajuualueita sekä MIMO-tekniikkaa, joka mahdollistaa useamman antennin käyttämisen lähetyksessä sekä vastaanotossa. Tämä ominaisuus mahdollistaa useamman fyysisen lähetystien käyttämisen samanaikaisesti. Uutena ominaisuutena esiteltiin myös frame aggregation -toiminto, siinä useamman viestikohdan pakkaaminen yhteen lähetettävään viestiin saatiin mahdollistettua. [3, s.13]

3.1.1 MIMO

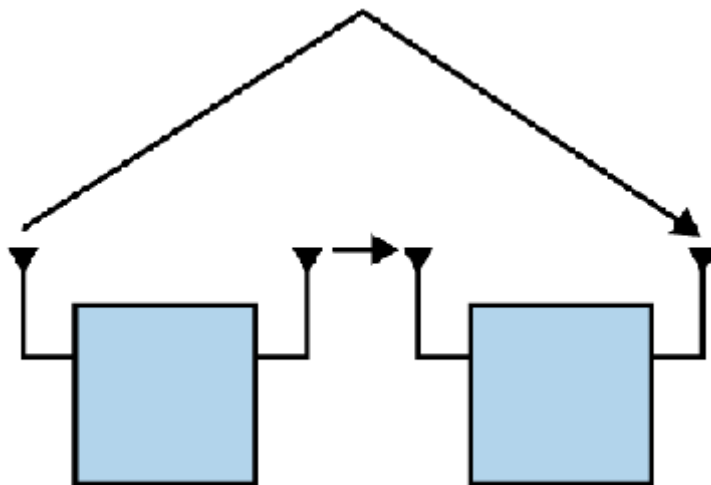
MIMO (kuva 4) tulee sanoista Multiple-Input / Multiple-Output eli se mahdollistaa useamman datavirran ja antennin samanaikaisen käytön niin lähetyksessä, kuin vastaanotossa. Perusajatuksena siirtää useita datavirtoja yhden kanavan sisällä. Vanhemmat IEEE 802.11 standardit tukevat vain yhden antennin ja yhden datavirran käyttöä kerrallaan. Antenneja siinä saattoi olla useampi, mutta näistä vain yksi oli kerrallaan käytössä. Tästä käytetään nimitystä Single-Input / Single-Output eli SISO.

SISO (kuva 4) voidaan ajatella yksikaistaisena tienä, jossa toista kaistaa käytetään lähettämiseen ja toista vastaanottamiseen. MIMO:ssa antenneja lisäämällä sekä lähetyksessä että vastaanotossa luodaan jokaista lisättyä antenniparia kohden uusi kaista tiedonsiirrolle, joka lähettää oman datavirtansa, jotka sitten kootaan vastaanottavassa päässä yhdeksi viestikokonaisuudeksi. [3, s.18]



Kuva 4. SISO vs MIMO [12, s.18]

Datavirran siirtyessä lähettimen ja vastaanottimen välillä se kulkee useita kulkuteitä. Tästä käytetään englanninkielistä nimitystä spatial stream (kuva 5). Osa datavirrasta voi siirtyä lähes kohtisuoraan laitteelta toiselle ja toinen kimpoilee fyysisten esteiden kautta jolloin signaalit saapuvat laitteelle eri aikaan, eli niiden välille on muodostunut vaihe-ero. Tämä vaihe-ero aiheutti suuria ongelmia aikaisemmissa IEEE 802.11 standardeissa. Jos sama paketti bittejä saapuu vaihe-erossa vastaanottavalle SISO-laitteelle, häiritsevät ne toisiaan sillä seurauksella ettei vastaanottava laite osaa tulkitä saapuvaa bittivirtaa ja se tulkitsee lähetetyn datavirran tyhjäksi. MIMO kykenee kuitenkin tulkitsemaan vaihe-erolla saapuneet signaalit ja uudelleen rakentaa viestin alkuperäiseen muotoon. Koska nämä kaksi tai useampaa tietä eivät häiritse toisiaan, voidaan kullakin antennilla lähettää oma datavirtansa ja näin ollen kanavan siirtonopeus kasvaa suhteessa käytettäviin antenneihin. [3, s.19]



Kuva 5. spatial stream [3, s19]

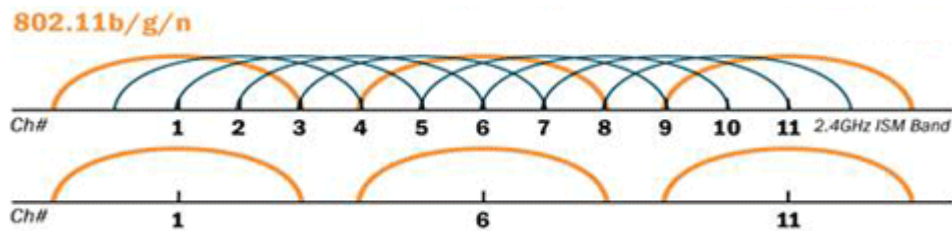
3.1.2 Frame aggregation

Frame aggregation eli kehyksien niputus on tekniikka joka pienentää huomattavasti viestikehysten lähetysten välillä tarvittavaa aikaa. Edelliset IEEE 802.11 standardit vaativat aina että lähettävä asema pyysi ensin luvan toimia kanavalla, jonka jälkeen se lähetti yhden paketin, vapautti kanavan ja tämän jälkeen pyysi jälleen luvan lähettää uuden paketin. Kehysten niputus mahdollistaa aseman lähetysluvan saatuaan lähettää

useita kehyksiä vapauttamatta kanavaa välillä. Näillä lisäyksillä saatiin nopeus testiolo-
suhteissa kasvamaan lähes 600 Mbps:iin. Todellinen nopeus käytännön sovelluksissa
asettuu kuitenkin, 100-200Mbps välille. Myös yhden kanavan leveyden tuplaus mahdol-
listettiin (22 MHz → 40 MHz). [3, s19]

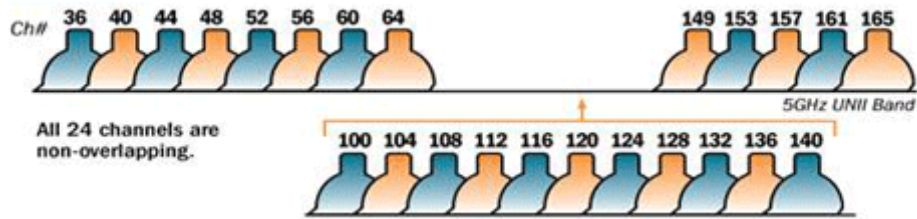
3.1.3 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueet

Yleisimmin käytetyllä 2,4 GHz:n alueella toimivat protokollat (b, g, n). 2,4 GHz:n taa-
juus on jaettu 14 erilliseen kanavaan (kuva 6), joista jokaiselle on varattu 22 MHz kais-
tan leveys. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä että jokainen kanava saisi käyttöönsä ko-
ko kanavan leveyden, vaan kaistat alkavat 5 MHz välein. Tämä rajoittaa toisistaan täy-
sin vapaiden kanavien määrän kolmeen, nämä ovat kanavat 1, 6 ja 11. Yleisessä alan
terminologiassa tästä käytetään nimitystä 'channel overlapping'.



Kuva 6. 2,4GHz kanavakartta

5 GHz:n taajuusalueen suurimpana vahvuutena on toisistaan vapaiden kanavien suu-
rempi määrä 2,4 GHz:n alueeseen verrattuna, yhteensä 24 kappaletta (kuva 7), joka on
21 enemmän kuin 2,4 GHz:n alueella. Koska 5 GHz:n taajuudella ei vaikuta muuta "kil-
pailevaa" langatonta tekniikkaa mahdollistaa 24 toisistaan vapaata kanavaa huomatta-
vasti joustavamman suunnitteluprosessin häiriövapaata ja stabiilia langatonta yhteyttä
tavoitellessa. Toinen merkittävä etu 5 GHz:n alueella on se että suurempi määrä vapai-
ta kanavoita mahdollistaa suuremman määrän verkkoon liitettäviä laitteita samassa
radioympäristössä. [4.]



Kuva 7. 5 GHz:n kanavakartta

3.1.4 Kanavan leveys ja sen vaikutus

IEEE 802.11n standardi sallii siis käyttäjän valita 22 MHz ja 40 MHz leveiden kaistojen väliltä. Kanavan leveydellä tarkoitetaan kanavan kapasiteettia siirtää datavirtaa. Suurempi taajuus tarkoittaa suurempaa kanavan leveyttä ja täten kasvaa myös kanavan kapasiteetti siirtää datavirtaa. Yhdellä 40 MHz kanavalla on hieman yli kaksinkertainen kapasiteetti siirtää tietoa kahteen 20 MHz kanavaan verrattuna. Jos IEEE 802.11n lähetin operoi 20 MHz kanavalla ja kykenee 72.2 Mbps nopeuteen pystyy 40 MHz kanava noin 150 Mbps nopeuteen.[3, s.23]

3.1.5 Signaalin vaimeneminen

Signaalin vaimenemisella tarkoitetaan signaalin amplitudin pienenemistä eli signaalitehon vähenemistä. Signaalin vaimenemisessa vapaassa tilassa käytetään termiä FSL, Free Space Loss. Vaimenemista voidaan rinnastaa signaalin kantamaan vapaassa tilassa.

Vaimenemista voidaan teoreettisesti mallintaa kertoimella. Yhtälöstä

$$20\log_{10}(F)$$

jossa F on signaalin taajuus gigahertseinä (GHz).

Tästä on tulkittavissa että signaalin taajuuden ollessa korkeampi myös vaimeneminen on suurempaa.

5 GHz:n signaalille samalla lähetysteholla ja antennivahvistuksella tämä tarkoittaa 6 dB ylimääräistä vaimennusta 2,4 GHz:n taajuuteen nähden. Näin ollen 5GHz signaalin

kantama samalla lähetysteholla on vain noin puolet siitä mihin 2,4 GHz:n taajuudella päästään. [4.]

Se kuinka voimakasta signaalin vaimeneminen todellisuudessa käytännön sovelluksissa on, on vaikea ennustaa, se kun riippuu radio-olosuhteista käytettävässä olevassa kohteessa ja on aina tapauskohtaisesti mitattava. [4.]

Valmistaja on luvannut ProfiDat-järjestelmässä signaalin kantamaksi täydellä nopeudella noin 250 metriä suuntaansa, näin ollen feed in unitin sijaitessa kiskoston keskivaiheilla pituus suunnassa katsottuna mahdollistaa tämä nosturille jopa 500 metrin liikematkan. [1.]

ProfiDat-järjestelmässä signaalin kulkiessa suojatusti profiiliin sisällä, ei signaaliin vaikuta juurikaan muut ulkoiset vaimentavat tekijät kuin itse vaimeneminen vapaassa ilmassa. 500m matka on 5 GHz:n signaalille erinomainen tulos, eikä se aiheuta rajoitteita tämän hetkisissä nosturisovelluksissa, pois lukien tietyt RMG-sovellukset, joissa nosturin liikematka voi kasvaa jopa yli kahden kilometrin pituiseksi (taulukko 1).

Taulukko 1. Tyypilliset liikematkat eri satamanosturityypeillä

Nosturityyppi	tyypillinen toimintaetäisyys (m)
STS	< 115
ARTG	< 250
ASC	< 250
RMG	< 2500

3.1.6 Ulkoiset häiriötekijät ja niiltä suojautuminen

Ulkoiset häiriötekijät voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan. RF-häirintä, jossa jokin ei 802.11 -laite toimii samalla taajuusalueella ja täten tukkii 802.11-lähttimen. Huolimatta siitä onko kyseessä Wi-Fi-signaali vai ei, 802.11-laite vieraan signaalin huomattessaan keskeyttää lähettämisen kunnes signaali katoaa. Tämä saattaa aiheuttaa pakettien katoamista kesken kommunikoinnin. RF-häirintä on kuitenkin huomattavasti suurempi ongelma 2,4 GHz:n kuin ProfiDat-järjestelmässä käytettävällä 5 GHz:n taajuudella, tämä johtuu siitä että 5 GHz:n taajuudella operoivia laitteita on vielä huomattavasti vähemmän.

Toinen häiriötekijä voi olla samalla tai läheisellä kanavalla vaikuttavat 802.11-laitteet, esimerkiksi toinen accesspoint, jolloin accesspointit kilpailevat ajastaan toimia taajuudella. Tämä voidaan kuitenkin välttää huolellisella kanvasuunnittelulla. Samalla kanavalla tulisi vaikuttaa vain yksi accesspoint ja sen omat clientit.

3.1.6.1.1 Sääolosuhteiden vaikutus

Nosturin laahainkourassa sijaitsevassa antennissa on galvaanisesti erotettu maadoitus (PE) sekä itse antenniliitos. Mahdollisen salaman iskiessä nosturiin sähkövirta johtuu maahan maadoituskaapeleita pitkin jättäen antennikaapelit vahingoittumattomaksi. Tällä tavalla lähetinvastaanottoyksikkö (client) on suojattu samoin kuin nosturin muukin sähköinen järjestelmä.

Kiinteään päin lähetinvastaanottoyksikön (master) kotelointi on yhdistetty nosturin käyttömaadoitukseen koaksiaaliantennilla, (kuten ovat kaikki muutkin laitteet nosturin sähköhuoneessa sekä sähköhuone itsessäänkin), mutta ei ole salamaniskun sähköisellä reitillä sen etsiessä pienintä mahdollista resistanssia kulkeutuen maahan busbar-kiskoston maadoituksia pitkin. [6.]

Sääolosuhteiden vaikutus itse radiosignaaliin ei yleisesti ottaen ole ongelma. Sen sijaan ongelmia saattaa esiintyä signaalia käsittelevissä laitteissa jos ne altistetaan äärimmäisille sääolosuhteille ja lämpötiloille. Myöhemmin läpi käytävissä testeissä kävi ilmi että testien aikaan vallinnut kylmä ilma n. -30°C saattaisi vaikuttaa client- ja accesspoint-laitteissa toimintahäiriöitä, koska asennusrasiat johon laitteet olivat testien ajaksi sijoitettu olivat lämmittämättömiä. Yleinen toimintaperiaate on että ulkona sijaitsevat asennusrasiat varustetaan sähköisellä lämmityskaapelilla ja termostaatilla. Näin laitteet saadaan pidettyä niille optimaalisessa toimintalämpötilassa, sekä liiallinen kosteus saadaan haihdutettua asennusrasiasta, eikä se näin ollen pääse vaikuttamaan laitteiden toimintaan haitallisesti.

3.1.7 Tutkien vaikutus 5 GHz:n taajuusalueella

5 GHz:n taajuusalueella tarkemmin ottaen kanavilla 52- 140, taajuusalueella 5.260-5,725 GHz:n vaatii taajuudella operoivilta laitteilta DFS-toiminnon taajuusalueella toimivien säätutkien takia. DSF-toiminnon alla laite toimii joko isäntä tai orjana. Tämä tulee

ottaa huomioon accespoint- ja client -laitteita hankittaessa sekä kanavakonfiguraatiossa.

Vaatimukset orjalaitteelle joka toimii järjestelmässä clienttina

- orjalaite ei lähetä dataa ennen kuin se saa asiaankuuluvan luvan isäntälaitteelta
- orjalaite lakkaa kaiken tiedonlähetyksen kun isäntälaitte niin käskee
- orjalaitteet toimivat verkossa ainoastaan jos verkossa vaikuttaa myös isäntälaitte

Vaatimukset isäntälaitteelle joka on tyypillisesti accespoint eroavat orjalaitteen vaatimuksista:

- isäntälaitte tunnistaa tutkasignaalin
- isäntälaitte aloittaa toimintansa vain saatavalla olevalla kanavalla
- Normaalissa toiminnassa isäntälaitte valvoo käytössä olevaa kanavaa.
- Jos isäntälaitte havaitsee tutkasignaalin, tulee sen lähettää kaikille sen orjalaitteille komento lopettaa lähettämästä dataa kyseisellä kanavalla. [4.]

3.2 PROFINET

Tavallisen Ethernetin suurin puute on, ettei siinä pystytä takaamaan pakettikehyksen siirtymistä määrättyssä ajassa lähettäjältä vastaanottajalle. Tämä puute on korjattu PROFINET-standardissa. PROFINET on teollisuus Ethernet -standardi, jossa aikakriittiset toiminnot on tehty mahdollisiksi reaaliaikaisilla protokollalisäyksillä. Ei-aikakriittisen TCP/IP -tiedon, kuten parametroidin tai AV-signaalin siirtämisen lisäksi PROFINET mahdollistaa reaaliaikaisen ja syklisen tiedonsiirron samaan aikaan samassa väylässä ilman, että reaaliaikainen tiedonsiirto häiriintyy. Koska PROFINET pohjautuu Ethernet-protokollaan, on se mahdollista siirtää myös langattomasti. [5.]

Konecranesin ARTG- ja ASC -sovelluksissa yhteys nosturin ja valvomon välillä on toteutettu PROFINET-standardilla.

3.2.1 PROFISafe

PROFIsafe on PROFIBUS and PROFINET International -yhteisön (PI) kehittämä turvakommunikointiväylä. Se on integroitu turvateknologia kaikkiin kappaletavara- ja prosessiautomaatiojärjestelmiin, jotka käyttävät PROFIBUS- tai PROFINET -tekniikoita. Väylän kommunikointi on itsenäistä tavallisesta väyläliikenteestä ja tarjoaa kustannustehokkaan sekä joustavan tavan toiminnalliselle turvallisuudelle. (PROFIsafe 1.) PROFIsafe noudattaa IEC 61508-standardia ja on maailmalla laajasti käytetty turvaväylä. Turvaväylä kattaa koko kommunikointimatkan kentälaitteelta, ohjausyksikön kautta, toimilaitteelle ja integroi turvaväylän tavallisen kenttäväylän kanssa samaan kaapeliin.

PROFIsafe-järjestelmässä hyväksi käytetään Black Channel-periaatetta, joka tarkoittaa, että tavallinen kenttäväylä ei häiritse turvaväylää millään tavalla. Viesti koostuu kahdesta erillisestä kerroksesta, turva- ja tavallisesta -kerroksesta. Turvakerros on käytettävästä kaapeli- tai liitintyyppistä riippumatta aina oma itsenäinen kerroksensa. Myöskään vaihtelevalla siirtonopeudella tai virheenhavaitsemislaitteistolla ei ole vaikutusta. Turvaväylän viestit ovat aina dominoivia ja ne varmistavat yhteyden aina signaalin lähteestä, sen prosessointitasolle asti.[7.]

Konecranesin nosturisovelluksissa PROFISafea käytetään toistaiseksi vain hätäseispiirin valvontaan. Varsinaista turvalogiikkaa nostureissa ei vielä käytetä, vaan hätäseispiirin valvontaan käytetään PROFIsafe etä-I/O-asemaa, johon hätäseispiiri on johdotettu. Valvomossa sijaitsevaan Central PLC -yksikköön on liitetty PROFISafe CPU joka valvoo koko yardin toimintaa sekä samalla nosturin hätäseispiiriä. Tulevaisuudessa turvalogiikan ja turvareleiden käyttöä aiotaan kuitenkin tutkia nosturisovelluksissa esimerkiksi pakkorajapiirien valvonnassa. [8.]

Pakkorajoilla tarkoitetaan rajapiirejä jotka estävät vahinkojen sattumisen nosturin rakenteellisille osille sekä koneistoille. Ne ovat viimeinen suoja joka pysäyttää pyörivän koneiston, eikä niiden tule normaalissa operatiivisessa käytössä laueta. Pakkorajat ovat mekaanisesti toimivia rajakytkimiä jossa valvottava piiri on redundanttinen, eli siihen on kytketty kaksi kosketinparia.

4 Nosturin liittäminen ProfiDAT-järjestelmään

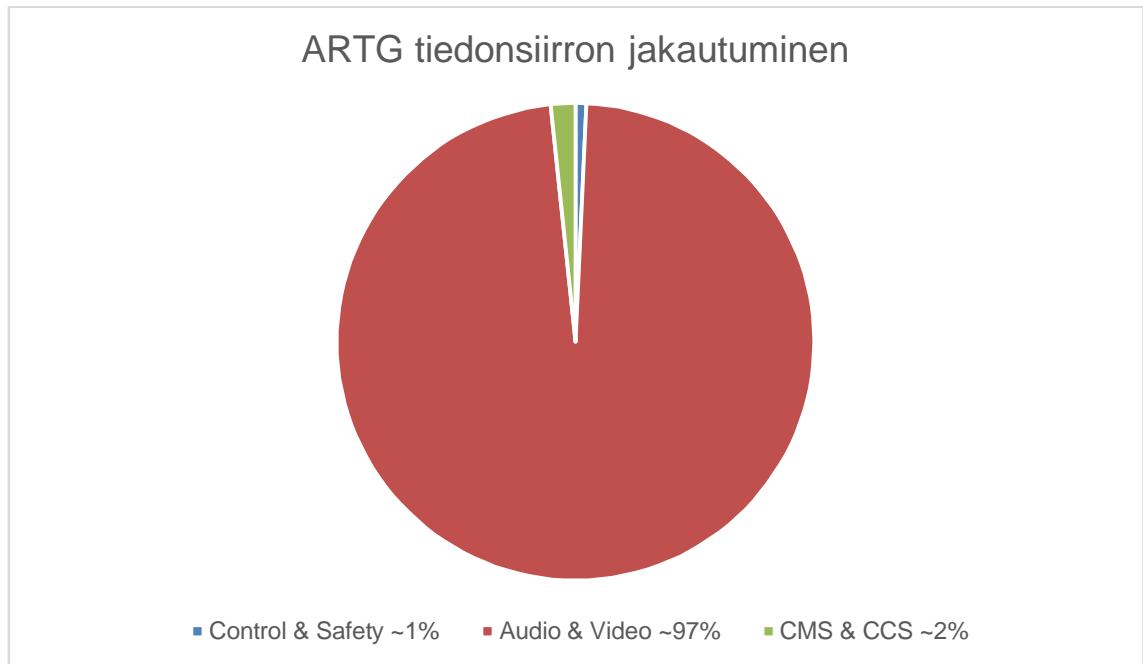
Tämänhetkisissä käytännön sovelluksissa samaan ProfiDat-järjestelmään kytkeytyy yhdestä kolmeen nosturia. STS-sovelluksissa järjestelmä on nosturikohtainen, koska järjestelmää hyödynnetään nosturin sisäisessä käytössä, eikä se näin ollen kata koko nosturin tietoliikennettä. ARTG- ja ASC -sovelluksissa lukumäärä rajoittuu pääsääntöisesti kahteen samassa stackissa operoivaan nosturiin.

Järjestelmän isäntälaitteena toimii PE-kiskoon antennikaapelilla liitetty Accespoint-laite. Nosturit toimivat järjestelmässä asiakkaina eli clientteina. Käytännön tasolla tämä toteutetaan laitevalinnalla. Nosturin päähän on siis kytketty laitevalmistajan clientiksi määrittämä verkkolaite.

Samaan ProfiDAT-järjestelmään kytketyt nosturit keskustelevat kukin vuorollaan master-laitteen kanssa samalla kanavalla 5 GHz:n taajuudella 40 MHz kaistan leveydellä. Teoriassa olisi mahdollista kytkeä jokainen nosturi omaan master-laitteeseensa operoimaan omalla kanavallaan, mutta käytännön testit ovat osoittaneet että kanavaerottele ei ole riittävän tehokasta master-laitteiden sijaitessa fyysisesti niin lähellä toisiaan. Tämän seurauksena master-laitteen vastaanottama signaali toiselta master-laitteelta on huomattavasti voimakkaampi kuin sen clientilta vastaanottama signaali. Tämä aiheuttaa voimakasta häiriötä laitteiden välisessä kommunikaatiossa. Näin ollen yksi 40 MHz kanava jaettavaksi kaikkien järjestelmään kytkettyjen laitteiden välillä on tällä hetkellä toiminnallisuuden kannalta paras vaihtoehto. 40 MHz kanava mahdollistaa myös paremman signaali-kohinasuhteen kuin 20 MHz kanava. [6.]

4.1 Tyypillinen tiedonsiirto nosturin ja keskuksen välillä

Automaattinosturissa suuren osan tiedonsiirtokapasiteetista vievät AV-laitteet, pääasiallisesti kamerat, joilla pyritään antamaan nosturin operaattorille mahdollisimman kattava kuva nosturin toimintaympäristöstä. Itse nosturin ohjaamiseen liittyvät kontrolli- ja safety -viestit jotka siirtyvät PROFINET:in yli ovat prosentuaalisesti hyvin pieni, joskin merkittävä osa nosturin tiedonsiirtokokonaisuutta (kuva 8). Noin 97 % kokonaiskaistasta siirtyy nosturista valvomoon ja vain noin prosentti valvomosta nosturin suuntaan. [9.]



kuva 8. Automaattinosturin tiedonsiirtokokonaisuus

4.2 Salaus

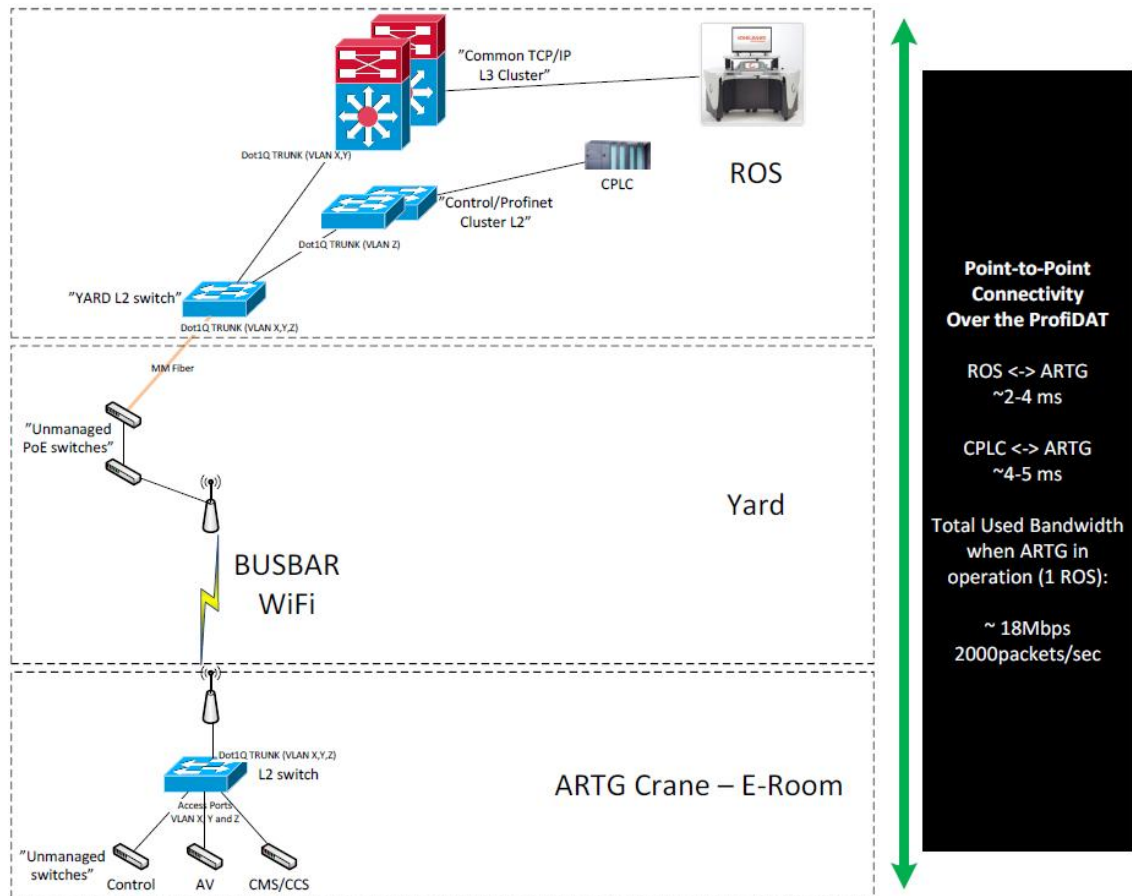
ProfiDat-järjestelmässä ei tällä hetkellä käytetä signaalin salausta lainkaan. Signaalin kulkiessa suojatusti suljetun profiilin sisällä ei se juuri pääse vaikuttamaan profiilin ulkopuolelle. Tämän seurauksena valmistaja ei ole katsonut salausta tarpeelliseksi. Salaus on kuitenkin mahdollista ottaa käyttöön jos tarve näin vaatii. [6.]

5 Testaus

5.1 Testilaitteisto

- ARTG
- Busbar & Drive in L
- 1 x Scalanse w730 accespoint
- 3 x scalanse w700 client
- Cisco IE2000

Järjestelmän verkkotopologia yhdellä client-laitteella



kuva 9. ARTG-järjestelmän verkkotopologia [7.]

5.2 Testien määrittely

Testit päätettiin jakaa useampaan vaiheeseen, jossa jokaisessa keskityttiin omaan osaluueeseen. Eri vaiheissa päätettiin testata niin yhden, kuin useammankin nosturin kytkemistä järjestelmään kohdennetuin testein, sekä pitkällä aikavälillä langattoman yhteyden kuntoa ja pakettien katoa seuraamalla. Useamman kuin yhden nosturin liittämistä järjestelmään päätettiin toteuttaa simuloimalla siten että busbar-kiskostoon kytetään useampi laahainvaunu, joista jokaiseen on kytketty oma lähetinvastaanottoyksikkö-laitteeseensa (client). Niistä jokainen oli edelleen johdotettu valvomon sisätiloihin jossa siihen oli kytketty yksi tai useampi ethernet-liitännän sisältävä laite. Tällä pyrittiin kuormittamaan järjestelmää ja etsimään sen käytännön raja-arvoja. Järjestelmää oli pyrkimys myös häiritä sähkömagneettisella häiriöllä kytkemällä busbar-kiskostoon taa-

juusmuuttaja ohjattu oikosulkumoottori, tätä toimenpidettä ei kuitenkaan tämän työn puitteissa ehditty suorittaa.

5.2.1 Valmistelevat toimenpiteet

Testikentälle asennettiin Konecranesin omien huoltoasentajien toimesta ProfiDat-järjestelmää varten vaadittava busbar-kiskosto, jonka maadoituskisko vaihdettiin ProfiDat-järjestelmän vaatimusten mukaiseksi. Nosturiin asennettiin Conductix Wampflerin toimittama busbar-järjestelmissä käytettävä Drive in L-järjestelmä johon kiskon mukaisesti liukuva laahainkoura antennineen oli kiinnitetty. Järjestelmän verkkolaitteiden (master ja client) konfiguroinnista vastasi paikalla olleet Conductix-Wampflerin järjestelmäinsinöörit.

Järjestelmän jännitekiskosto pidettiin koko testien ajan jännitteettömänä ja sitä käytettiin ainoastaan tiedonsiirtotarkoitukseen. Nosturi sai käyttöjännitteensä siinä perinteisesti käytettävästä kaapelikelajijärjestelmästä.

Konecranesin RTG -nostureissa on käytössä autosteering-toiminto, jonka päällä ollessa nosturin kuljettajan ei itse tarvitse huolehtia siitä kulkeeko nosturi suoraan konttilinjan mukaisesti, vaan nosturi hoitaa tämän itsenäisesti GPS-järjestelmän avulla. Nosturi ajetaan ensin käsiohjauksella sille koordinaatiston mukaan määritetyille kiskostolle ja kun nosturi huomaa olevansa XYZ-koordinaatiston mukaisesti kiskoilla on autosteering-toiminto mahdollista kytkeä päälle. Näille kiskoille on asetettu raja-arvot, joiden ulkopuolelle nosturilla ei ole mahdollista ajaa autosteering-toiminnon päällä ollessa. Kuvitteelliset kiskot lyhennettiin turvallisuus syistä busbar-kiskoston mittaisiksi ja käsiajolla nosturin liikuttaminen estettiin testien ajaksi.

Tietoliikenne testinosturin ja valvomon välillä kulkee normaalissa tilanteessa nosturin syöttökaapelissa kulkevien optisten kuitujen kautta. Nämä kuidut on kytketty testikentän laidalla sijaitsevaan keskukseen, josta ne on edelleen johdotettu valvomossa sijaitsevaan valokuitupäätteeseen. Testien ajaksi kuidut irtikytettiin valvomon päästä. Näin ollen kaikki tietoliikenne nosturin ja valvomon välillä siirtyi ProfiDat-järjestelmän yli.

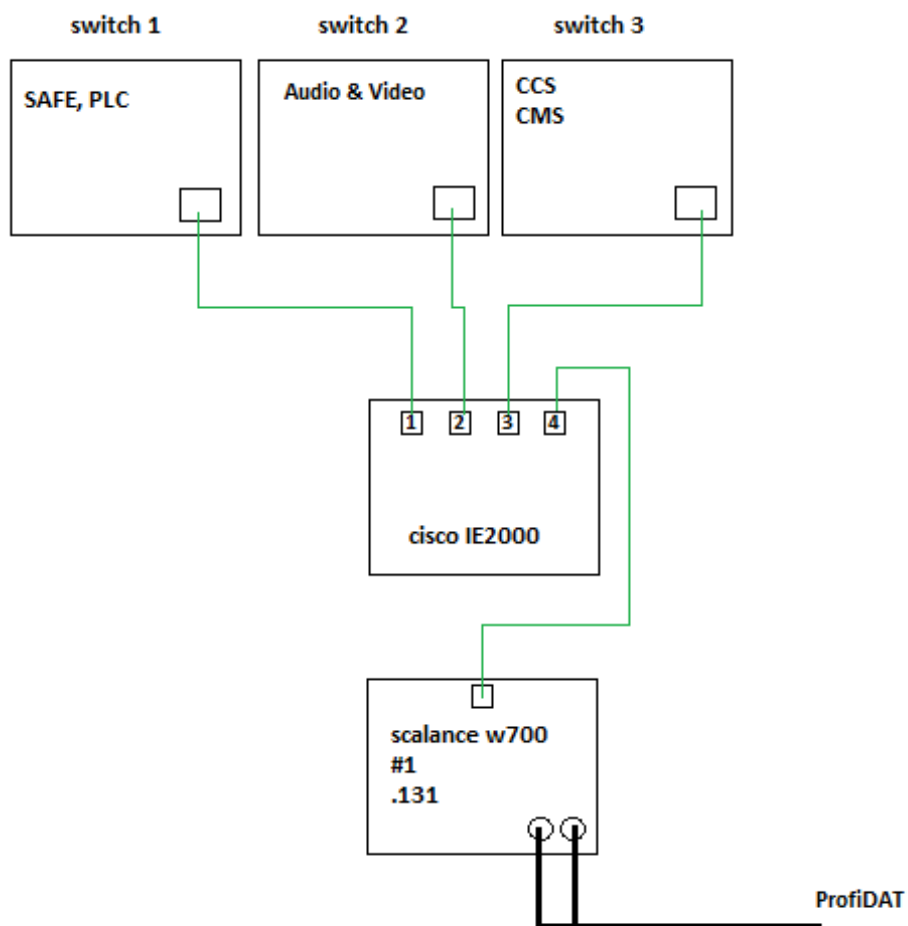
5.3 Testien suoritus

Tässä insinööriyössä käsiteltävät testit suoritettiin 24.7.2015 – 17.12.2015 välisenä aikana Hyvinkäällä Konecranesin omalla R&D testikentällä, joka on varustettu tuotekehitystä varten pystytetyllä ARTG-nosturilla sekä testikentän laidalla sijoitetulla valvomo-kompleksilla. Testikentällä mallinnetaan oikean RTG-blockin toimintaa, joten sen on varustettu useilla 20 sekä 40 jalkaa pitkillä merikonteilla. Kentän testiympäristöön on rakennettu oikeaa ARTG-asiakasprojektia simuloiva verkkoarkkitehtuuri, jolla voidaan simuloida valmiin asiakasprojektin realistista toimintaa.

5.3.1 Yhden vaunun testit

Yhden vaunun testissä ProfiDat-järjestelmään oli kytketty vain testissä käytettävä ARTG-nosturi. Nosturin sisäinen verkko on jaettu nosturin sähköhuoneessa kytkimillä kolmeen osaan: Kontrolli-, AV- sekä CMS -verkko (kuva 10) näistä jokainen vaikuttaa omassa VLAN-verkossaan.

Valvomon ja nosturin välille luotiin TRUNK-yhteys. Tällä tarkoitetaan toimintoa, jossa kytkimen yksi portti voidaan konfiguroida niin että se kykenee siirtämään kaikki kytkimeen yhdistetyt nosturissa vaikuttavat VLAN:it. Porttia kutsutaan TRUNK-portiksi. Normaali acces-portti kykenee siirtämään vain yhden siihen yhdistetyn VLAN:in. TRUNK-toiminto vaatii kuitenkin toimiakseen hallittavan Layer 2 tason kytkimen, joka tukee kyseistä toimintoa. Testissä käytetty kytkin oli malliltaan Cisco IE2000.



Kuva 10. ARTG-nosturin sisäverkon hajautus

Ensimmäisissä testeissä keskityttiin lähinnä viiveen mittaamiseen nosturin eri verkko-komponenttien ja valvomon välillä ilman ulkoisia häiriötekijöitä. Tämän lisäksi pyrittiin seuraamaan tietoliikenteen määrää molempiin suuntiin (kaavio 2). Yhteyttä eri verkko-laitteisiin testattiin pollaamalla eli käyttämällä ping-toimintoa. Ping-toiminto lähettää ICMP echo request-paketin, johon pingattava laite vastaa omalla echo reply-paketillaan. Tämän syklin aika mitataan millisekunneissa. Tämän lisäksi verrataan lä-hettävien ja laitteelta takaisin saapuneiden pakettien summaa toisiinsa.

Kaavio 2. Paikallaan seisova nosturi yhden ROS-aseman kameranäkymillä.

	nosturi → valvomo	valvomo → nosturi
nopeus Mbps	14	4
paketit kpl	1500	400

CMS-PC

CMS-PC on nosturin sähköhuoneessa sijaitseva tietokone, joka sisältää nosturin graafisen käyttöliittymän. Se on yhteydessä nosturin PLC-järjestelmään ja indikoi nosturin tapahtumat reaaliaikaisesti sekä tallentaa ne tietokantaa myöhempää seurantaan varten. Viiveet ja pakettikato pysyivät tavoitelluissa rajoissa (kaavio 3).

Kaavio 3. CMS-PC viiveet

	viive (ms)
minimi	2
maksimi	9
keskiarvo	2

paketit	kpl
läh. / vast.ot	32 / 32

Dome-kamera

Dome-kamera on RTG-nosturin vaunussa sijaitseva 360° kääntyvä kamera, jota nosturin operaattori voi vapaasti kontrolloida valvomosta nosturin ROS-asemalta käsin. Dome-kameran avulla pyritään antamaan operaattorille kattava yleiskuva nosturista, ikään kuin hän istuisi nosturin ohjaamossa. Viiveet yhteydessä pysyivät tavoitelluissa rajoissa (kaavio 4)

Kaavio 4. Dome-kamera viiveet

	viive (ms)
minimi	1
maksimi	14
keskiarvo	4

paketit	Kpl
läh. / vast.ot	36 / 36

Kaavio 5. Safety-PLC pingaus

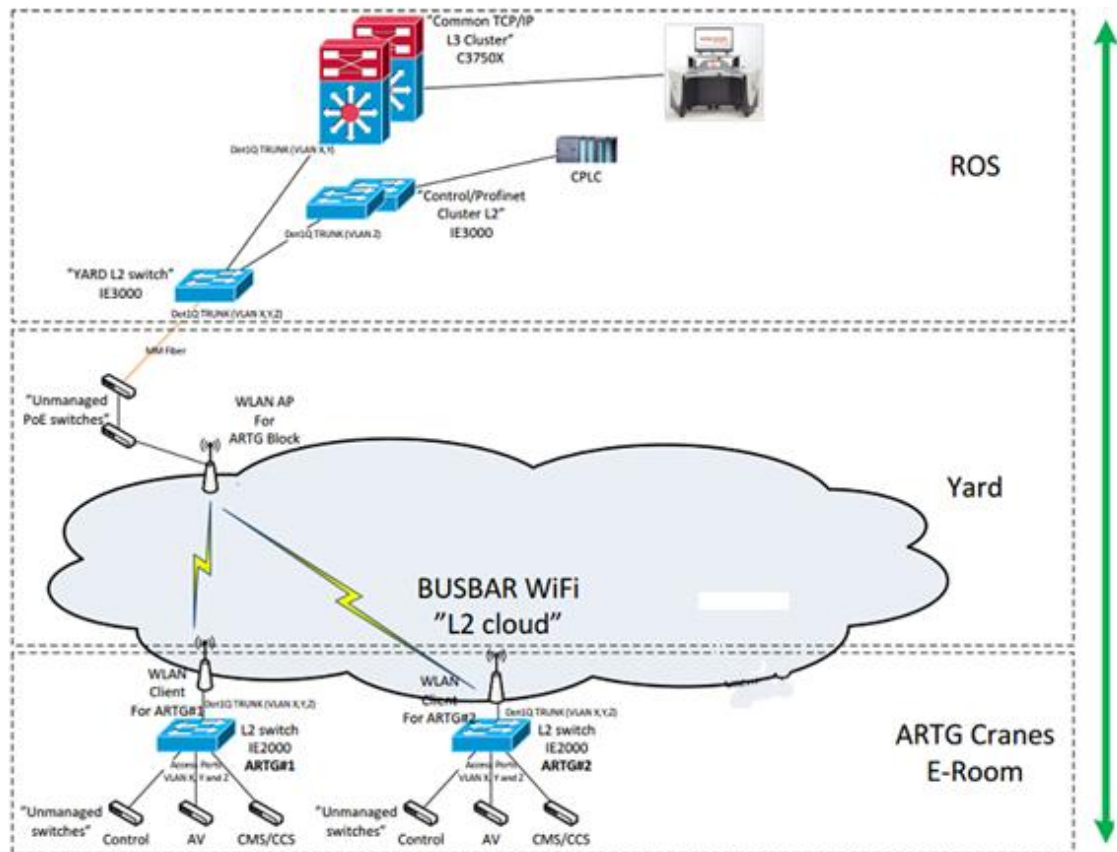
	viive (ms)
minimi	3
maksimi	15
keskiarvo	4

paketit	Kpl
läh. / vast.ot	60 / 60

Yhtään katkosta nosturin ja valvomon välisessä yhteydessä ei lyhyen testijakson aikana esiintynyt. Viiveen keskiarvo pysyi melko tarkasti valmistajan lupaamissa arvoissa (Kaavio 5).

5.3.2 ARTG ja simuloitu nosturi

Valvomoon rakennetulla kahdennetulla ARTG-nosturin kameraverkolla (kuva 11) simuloitiin toisen ARTG-nosturin toimintaa järjestelmässä. Pihalla sijaitsevan fyysisen ARTG-nosturin virroitinkiskostoon lisättiin yksi samanlainen laahainvaunu joka oli yhteydessä valvomoon saman testikentälle sijoitetun accespointin kautta, eli se toimi saman Layer 2 tason Trunk-yhteyden kautta ProfiDat-järjestelmän alla kuin fyysinen testinosturikin (kuva 11). Kamerat oli johdotettu Ethernet-kaapelilla laahainvaunusta sijaitsevasta client-asemasta sisään valvomoon. Tällä haluttiin simuloida sitä miten useamman nosturin samanaikainen kommunikointi samalla kanavalla valvomon kanssa vaikuttaa operoitavan nosturin kommunikointiin (kuva 13).

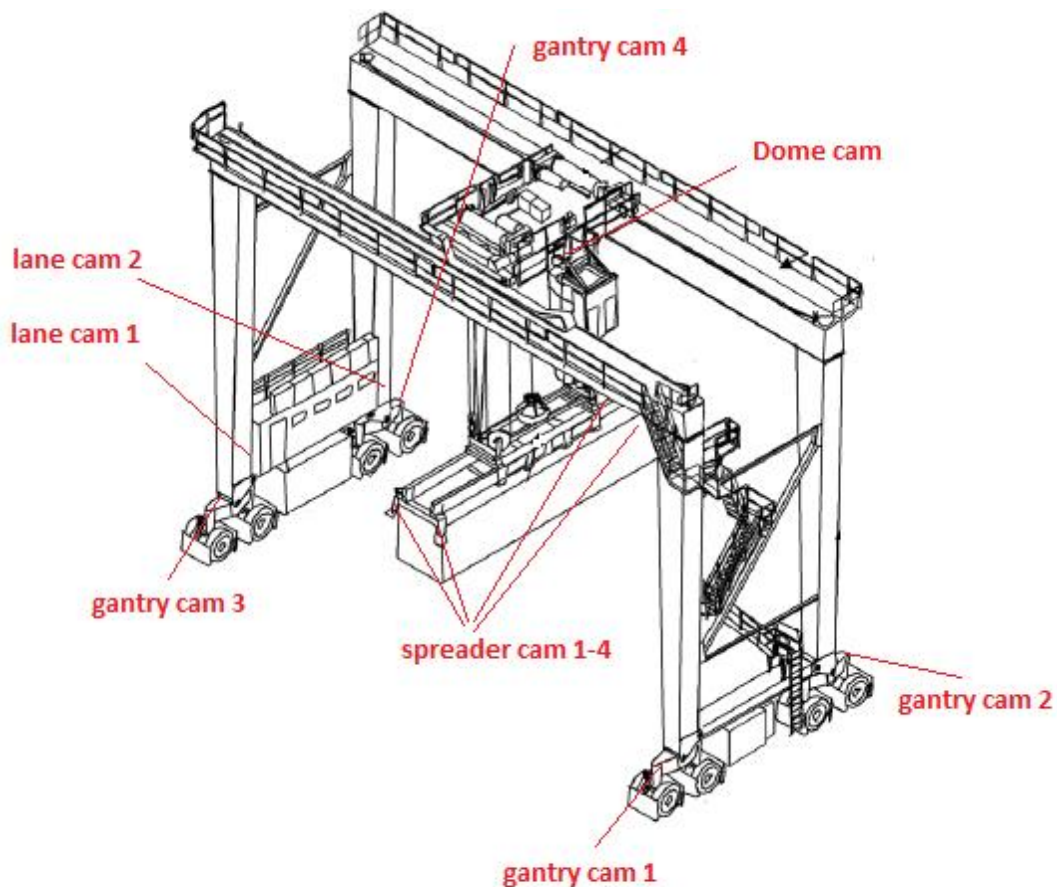


kuva 11. Kahden nosturin ARTG-järjestelmän verkkotopologia NEXT-sitella [7.]

ARTG-nosturin tyypillinen kamerakonfiguraatio (kuva 12).

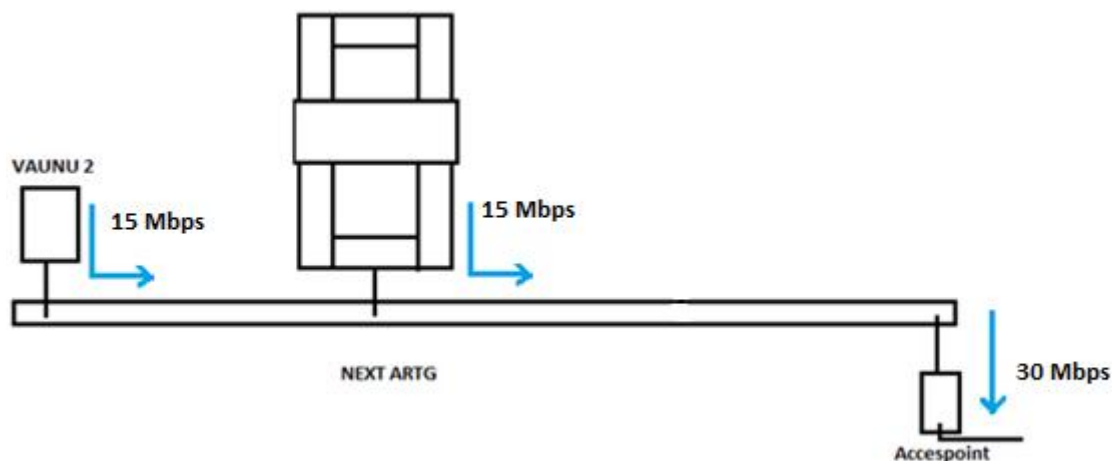
- 4 kpl gantry driving-kameraa koko nosturin siirtämistä liikuttamista varten.
- 4 spreader view-kameraa kuormauselimen operointia varten.
- 2 Lane view-kameraa nosturin alla liikkuvan rekkaliikenteen seuraamista varten
- Vaunun dome-kamera nosturin yleiskuvaa vaunusta katsoen, ikään kuin ohjaamonäkymä

AV-signaalien haukatessa yli 95 prosenttia järjestelmän yli siirrettävästä datamäärästä päästään tällä simulaatiolla melko lähelle realistista tilannetta, jossa järjestelmässä vaikuttaa useampi kuin yksi ARTG-nosturi.



Kuva 12 ARTG-nosturin kamerajärjestelmä

Kolmannen vaunun testikuormaksi valittiin Full HD-kamera joka täydellä resoluutiolla lähettää noin 20 Mbps datavirran. Tämä vastaa kutakuinkin operatiivisessa tilassa olevan oikean ARTG-nosturin lähettämää datavirtaa. Vaikka Full HD-kamera saatiinkin testikentälle hankittua, jouduttiin kahden simuloitun nosturin testi siirtämään myöhemmäksi ajankohdaksi, eikä sitä näin ollen käydä läpi tässä työssä.



Kuva 13 kahden nosturin konfiguraatio

5.3.3 Jatkuva seuranta

Jatkuvalla seurannalla tarkoitetaan nosturin ja valvomon välisen tiedonsiirron ja yhteyden kunnan seuraamista yhtäjaksoisesti pitkällä aikavälillä, eikä ainoastaan kohdennettujen testien aikana. Seuranta työkaluksi valittiin Zabbix. Se on verkkojen ja ohjelmien seurantaan kehitetty vapaan lähdekoodin omaava ja siksi ilmainen seurantatyökalu. Zabbix on luotu valvomaan ja seuraamaan useiden verkkojen, palveluiden, palvelimien sekä muiden verkkolaitteiden reaaliaikaista tiedonsiirtoa.

Vaikka kohdennetussa yhden vaunun testissä yhteysskatkoja tai pakettikatoa havaittiin myöhemmin suoritetuissa summittaisissa testeissä satunnaista pakettien katoamista alkoi kuitenkin ilmetä. Tämän vuoksi yhteyden kuntoa haluttiin seurata pidemmällä aikavälillä.

Zabbix asennettiin NEXT-sitelle valvomon serveriympäristöön ja se konfiguroitiin pollaamaan sekä ARTG-nosturin että simuloidun nosturin verkkolaitteita viiden sekunnin välein. Valvomossa sijaitseva ARTG-nosturin ROS-asema laitettiin samanaikaisesti endurancetestaukseen ProfiDat-järjestelmän yli. ROS-aseamalla tarkoitetaan ARTG-nosturin valvomossa sijaitsevaa etäohjausasemaa johon on rakennettu kaikki samat kontrollimahdollisuudet kuin nosturin fyysisessä ohjauksessa (kuva 14). Sen näyttöruudulle tuodaan kaikki nosturissa sijaitsevat kamerakuvat, joita nosturin operaattori voi vapaasti vaihdella oman tarpeensa mukaan.

Testiin luotiin sykli jossa ROS-asema vaihtoi tietyin väliajoin yhteyttä testikentällä sijaitsevan ARTG-nosturin sekä valvomoon luodun kameroista koostuvan virtuaalinosturin välillä vaihdellen nosturin sisäistä kameranäkymää jatkuvasti. Tällä pyrittiin luomaan mahdollisimman realistinen simulaatio ROS-aseman toiminnasta oikeassa toimintaympäristössä konttiterminaalissa, jossa yhdellä ROS-asemalla on mahdollisuus kontrolloida useampaa nosturia.



Kuva 14 ARTG-nosturin ROS-asema

Ensimmäisen pidemmän testisyklin ajankohdaksi valikoitui 27.11.2015 – 30.11.2015 välinen viikonloppu. Testi alkoi Perjantaina klo 16:00 ja päättyi seuraavana Maanantaina klo 08:00. Näin testisykli sai pyöriä rauhassa häiritsemättä muuta operatiivista toimintaa valvomoympäristössä.

Ensimmäisiä testituloksia analysoidessa huomattiin vakavia toimintahäiriöitä järjestelmän yli olevassa yhteydessä nostureihin. 64 testitunnin aikana koko ProfiDat-järjestelmä oli alhaalla kaikkiaan 29 kertaa, eli yhteys oli poikki niin fyysiseen nosturiin kuin simuloituunkin. Katkosten kesto asettui 13- ja 120-sekunnin välille, keskiarvon ollessa noin 30 sekuntia. Katkoksen jälkeen järjestelmä palautui operatiiviseen tilaan itsenäisesti. Katkoksille ei kuitenkaan löytynyt mitään yksittäistä systemaattista tai jak-

sollista syytä, vaan yhteys katkeili täysin sattuman varaisesti riippumatta siitä oltiinko yhteydessä oikeaan ARTG -nosturiin vai kameroista koostuvaan simuloituun nosturiin. Samankaltaisiin ongelmiin törmättiin myös ennen simuloitun nosturin lisäämistä järjestelmään, joten järjestelmän katkojen syynä ei voinut olla simuloitun nosturin lisääminen yhteyden päähän.

ROS-aseman ja Central PLC:n valvonta toimi kuitenkin läpi mittausaikajakson, tällä tiedolla varmistuttiin siitä että vika varmasti oli ProfiDat-järjestelmässä, eikä monitorinnissa. Myös nosturin sähköhuoneessa sijaitsevan Cisco IE2000- kytkimen logi vahvisti valvontaohjelmalla havaitut järjestelmäkatkot.

Ongelmia lähdettiin selvittämään Conductic-Wampflerin järjestelmäinsinöörien kanssa. He olivat yhteydessä järjestelmän verkkolaitteiden valmistajaan, jonka tuotekehitysosastolta tuli ilmoitus että vika todennäköisesti korjaantuisin asentamalla uusi firmware versio accespointtiin sekä client-laitteisiin. Sitä miksi yhteyskatkoja vanhalla firmware versiolla ilmeni ei saatu tietää tuotekehitysosaston halutessa ymmärrettävästi pitää yksityiskohtaiset tiedot vanhan firmware version sisällöstä salaisina.

Conductic-Wampflerin järjestelmäinsinööreiltä saatu uusi firmware versio ladattiin accespoint- ja client- laitteisiin. Uuden testisyklin kestoksi valittiin 72 tuntia ja sen ajankohdaksi Ma 14.12.2015 klo.11.00 – To 17.12.2015 klo.11.00.

Vaikka uusi firmware päivitys toi merkittävää parannusta scalansen accespoint- ja client- laitteiden toimintaan, eikä ensimmäisissä testeissä ilmennyttä client -laitteiden jatkuvaa uudelleen käynnistymistä enää tapahtunut, ARTG1-client kuitenkin uudelleen käynnistyi yhden kerran. TCP/IP-tasolla yhteisessä Layer 2:ssa tietoliikenteessä ei enää katkoja näkynyt. Vaikka valvontatasolla nosturin ollessa paikallaan yhteys näytti olevan täysin stabiili ja tätä tuki myös cison kytkinten log-tiedostot, niin käytännön tasolla nosturin ollessa liikkeessä yhteyskatkoihin kuitenkin törmättiin.

Testinosturilla ajettiin noin viidenkymmenen fyysisen siirron testisykli, joka kesti tunnin ja seitsemän minuuttia. Tämän syklin aikana koettiin yksi hätäseispysäytys, joka johtui PROFINET-yhteyden katkosta nosturiin. PROFINET-yhteyden katketessa nosturi menee automaattisesti hätäseis-tilaan. Koska pystytetyssä yhteyden valvontajärjestelmässä ei ollut pääsyä PROFINET:in viestintätasolle asti, lähdettiin vikaa etsimään Central PLC:n diagnostiikkapuskuri logista. Konecranesin oma automaatioinsinööri

selvensi että nosturin PLC-ohjelmassa etä I/O:lle oli tehty määrittely jossa sai hukkaa 3 pakettia (32 millisekuntia / paketti) tai maksimiviive Central PLC:n välillä olla 96 millisekuntia. Neljännen PROFINET-paketin kadotessa tai kommunikointiviiveen kasvaessa 100 millisekuntiin Central PLC lähettää nosturille hätäseiskäskyn. Korjaus ehdotus ongelmaan olikin kadotettujen pakettien maksimimäärän nostaminen yhdeksään edellä mainitun kolmen sijaan seuraavien testien ajaksi. Simuloituun nosturiin yhteys pysyi stabiilina koko 72-tunnin testisyklin ajan.

Järjestelmätestejä on määrä jatkaa alkuvuodesta 2016, mutta niitä ei enää käsitellä tässä työssä.

6 Päätelmät

Työssäni sain tutustua varsin syvällisellä tasolla langattomien verkkojen maailmaan, niin teoriasolla kuin käytännössäkin. Tutustuminen kävi järjestelmän peruskomponenteista kanavaerotteluun ja aina protokollatason kerrosyhdistelmiin asti. Lähtötietotason ollessa lähes olematon urakka oli melkoinen, joskin todella mielenkiintoinen. Alan termit ja tekniikat vaativat syvällistä paneutumista aiheeseen ennen kuin kokonaisvaltainen käsitys järjestelmän toiminnasta alkoi hahmottua pieniä yksityiskohtia myöten. Myös tavallisessa arjessa vastaan tulleet ongelmat langattoman verkkojen kanssa avautuivat aivan eri tavalla.

Järjestelmä osoittaa lupaavia merkkejä, mutta ensimmäisissä testeissä ilmi tulleista ja läpi käydyistä aiheettomista yhteyskatkoista on päästävä eroon ennen kun järjestelmä voidaan ajatella asennettavaksi operatiiviseen toimintaan asiakkaalle oikeaan kontti-terminaaliin.

7 Lähteet

- 1 ProfiDAT tuote-esite 2016. Conductix-Wampfler
- 2 Jerome, Henry 2012. Wlan fundamentals. Cisco Press
- 3 S.Gast, Matthew 2012. 802.11n: A Survival Guide. Matthew S Gast
- 4 Connectblu 2014. What is the difference between 2,4 GHz and 5 GHz wireless LAN in industrial applications.
<<http://www.connectblue.com/press/articles/what-is-the-difference-between-24ghz-and-5ghz-wireless-lan-in-industrial-applications/>>. Luettu 10.11.2015
- 5 Teollisuuden tuotteet ja ratkaisut 2014. Verkkodokumentti Siemens
<http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/>. Luettu 19.11.2015
- 6 Winter, Nicholas. 2016. Systems Engineer, Conductix. Hyvinkää. Keskustelu 21.1.2016
- 7 Peltoniemi, Niklas. 2015. Kestotestien kehittäminen toiminnallisen turvallisuuden laitteille. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 8 Santala, Juha. 2016. Engineer Manager, Port Cranes Techonoly R&D. Hyvinkää. Keskustelu 17.1.2016
- 9 Pihkala, Sampo. 2016. M2M Expert, Konecranes. Hyvinkää. Keskustelu 9.1.2016