

Joonna Vuolle

RAPID ROAMING JA MOBIILIPANEELI KONETURVARATKAISSUSSA

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tieto- ja viestintäteknikan koulutus
Toukokuu 2022



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2022	Tekijä/tekijät Joona Vuolle
Koulutus Tieto- ja viestintätekniiikan koulutusohjelma / Automaatio		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi RAPID ROAMING JA MOBIILIPANEELI KONETURVARATKAISUSSA		
Työn ohjaaja Hannu Ala-Pöntiö		Sivumäärä 41 + 68
Työelämäohjaaja Tuomo Käsäkangas		
<p>Tämä opinnäytetyö on toteutettu Apex Automation Oy:lle. Opinnäytetyössä oli kaksi tekniikkaa, joita tutkin. Ensimmäinen oli Siemensin IWLAN-tekniikka, ja tehtäväni oli tutkia eteenkin iFeatures-lisäosalla saadun Rapid Roaming -toiminnon hyötyä. Toinen tutkittava aihe oli hätäseispainikkeella varustettu Siemensin mobiilipaneeli. Tehtäväni oli perehtyä mobiilipaneelin toimintaan saattamiseen ja käyttäytymiseen turvateknisissä tilanteissa. Opinnäytetyön tavoite oli lisätä Apex Automation Oy:n tietoa ja osaamista liittyen IWLAN-tekniikkaan ja mobiilipaneeliin sekä tuottaa kyseisistä tekniikoista konfigurointiohjeet.</p> <p>WLAN-infrastruktuurissa kiinteään verkkoon yhdistetty tukiasema kommunikoi radiosignaalein WLAN-verkossa olevan päätelaitteen eli Clientin kanssa. Useamman tukiaseman avulla Client pystyy vaihtamaan eli roamaamaan, yhteyden heikentyessä paremman yhteyden omaavaan tukiasemaan. Rapid Roaming -toiminnon avulla roamaus-ajat lyhentyvät huomattavasti. Nopeamman päivitysnopeuden ansiosta pystytään toteuttamaan turvateknisiä sovellutuksia. Turvateknisiin ratkaisuihin soveltuvalla mobiilipaneelilla operaattori saa uutta kuvakulmaa prosessin toimintaan ja ajoon. PROFIsafe-turvakommunikoinnilla toimivan mobiilipaneelin avulla pystytään laajentamaan turva-alueen sisä- ja ulkopuolella tapahtuvaa prosessin seuranta ja ohjausta.</p> <p>Opinnäytetyössä suoritin IWLAN-tekniikalle kokeita, joissa Client vaihtoi tukiasemaa eri konfiguroinneilla. Testin statistiikkaa seurasin laitekohtaiselta konfigurointisivulta löytyvän Signal Recorderin avulla. Simuloin ja seurasin konfiguroimani mobiilipaneelin toimintaa eri tilanteissa sekä TIA Portal V17 -sovelluksen avulla että itse mobiilipaneelin avulla.</p> <p>Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet onnistuttiin saavuttamaan. Apex Automation Oy pystyy hyödyntämään molemmista tekniikoista saatuja konfigurointiohjeita sekä osaamista tulevaisuuden projekteissa.</p> <p>Opinnäytetyössä on salatut liitteet 1 ja 2, jotka sisältävät laitteista tehdyt konfigurointiohjeet. Kyseisissä liitteissä on tarkempaa taustatietoa molempien tekniikoiden konfigurointiin saavutettujen testitulosien aikaansaamiseksi.</p>		
Asiasanat Antenni, Client Module, Hätäseis-painike, iPCF, iPCF-MC, IWLAN, kytkentälaatikko, Mobiilipaneeli, PLC, Rapid Roaming, Siemens, Tukiasema		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2022	Author Joonas Vuolle
Degree programme Information technology / Automation		
Name of thesis RAPID ROAMING AND MOBILE PANEL IN A MACHINE SAFETY SOLUTION		
Centria supervisor Hannu Ala-Pönttiö	Pages 41 + 68	
Instructor representing commissioning institution or company Tuomo Känsäkangas		
<p>This thesis was commissioned by Apex Automation Oy. There were two techniques in the thesis that had to be studied. The first was Siemens IWLAN technology, and the focus was to explore especially the benefits of Rapid Roaming from the iFeatures add-on. Another topic to be studied was a Siemens mobile panel with an emergency stop button, the task was to learn about the operation and behavior of the mobile panel in safety situations. The aim of the thesis was to increase Apex Automation Oy's knowledge and expertise related to IWLAN technology and the mobile panel, and to produce configuration instructions for these technologies.</p> <p>In a WLAN infrastructure, an access point connected to a fixed network communicates using radio signals with a data terminal equipment in the WLAN, i.e., the client. With the help of several access points, the client is able to switch, i.e., roam, to access point with a better connection when connection weakens. Roaming times are significantly reduced with the help of the Rapid Roaming feature. Thanks to the faster update speed, it is possible to implement safety applications. With a mobile panel suitable for safety solutions, the operator gets a new perspective on the operation and running of the process. The mobile panel with PROFIsafe safety communication makes it possible to expand the monitoring and control of the process both in and outside the safety area.</p> <p>In the thesis, experiments on IWLAN technology were carried out, in which the client changed the access point with different configurations. The test statistics were monitored using the signal recorder found on the device-specific configuration page. The operation of the mobile panel that had been configured was simulated and monitored using both with TIA Portal V17 and the mobile panel itself.</p> <p>The goals set for the thesis were successfully achieved. Apex Automation Oy is able to utilize the configuration instructions and know-how obtained from both technologies in future projects.</p> <p>The thesis contains confidential appendices 1 and 2, which contain configuration instructions for the devices. These appendices provide more detailed background information on how to configure the test results obtained for the configuration of both technologies.</p>		

<p>Key words Access point, Antenna, Client module, Connection box, Emergency stop button, iPCF, iPCF-MC, IWLAN, Mobile panel, PLC, Rapid Roaming, Siemens</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Lohko (Block)

Input- ja output-tietoja sisältävä elementti, jota käytetään ohjelmoinnissa toimintojen toteutukseen.

Pollaus (Polling)

Toisten laitteiden tai ohjelmien tilan jatkuvaa tarkistamista.

Subnet Mask

Aliverkon maski on 32-bittinen numero, joka jakaa IP-osoitteen verkko- ja isäntäosoitteeseen.

UPS-varavirtalähde (Uninterruptible Power Supply)

Laite, jolla taataan keskeytymätön virransyöttö.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 VÄYLÄTEKNIikka	2
2.1 PROFINET	2
2.2 PROFIsafe.....	3
2.3 Koneturvallisuuden vaatimukset SIL ja PL	4
2.4 TCP/IP.....	6
2.5 TIA Portal.....	7
2.6 Ohjelmoitava logiikka ja turvalogiikka	8
2.7 HMI-paneeli.....	9
2.7.1 Mobiilipaneeli.....	10
2.7.2 KytKentälaatikko.....	11
3 WLAN JA IWLAN	12
3.1 Tukiasema (Access Point).....	13
3.1.1 Antennit.....	14
3.1.2 Roaming	14
3.1.3 IPCF ja Rapid Roaming	15
3.1.4 IPCF-MC	16
3.2 Client Module	16
4 LANGATOMAN TIETOLIIKENTEN TUTKIMINEN	17
4.1 KytKentä ja konfigurointi.....	17
4.2 Testien toteutus.....	20
4.3 Tutkimuksen tulokset	22
4.3.1 Tulokset ilman i-ominaisuuksia	23
4.3.2 IPCF tulokset.....	24
4.3.3 IPCF-MC tulokset.....	26
5 MOBIILIPANEELIN TUTKIMINEN	30
5.1 Mobiilipaneelin ja kytKentälaatikon kytKentä, konfigurointi sekä toiminnot	30
5.2 TIA Portal konfigurointi ja ohjelmointi	31
5.3 Testien toteutus ja tulokset.....	34
5.3.1 Mobiilipaneelin hallittu sammutus.....	34
5.3.2 Mobiilipaneelin hallittu sammutus ja irtikytkentä	35
5.3.3 Mobiilipaneelin irtikytkentä ilman hallittua sammutusta	36
6 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	
LIITE 1. Salattu	
LIITE 2. Salattu	

KUVAT

KUVA 1. TIA Portal V17 Network view	8
KUVA 2. CPU 1515F-2 PN -turvalogiikka	9
KUVA 3. KTP400F -mobiilipaneeli	10
KUVA 4. Compact Connection Box eli kytkentälaatikko, jossa on kytkentäkaapeli kiinni	11
KUVA 5. W788-2 RJ45 -Access Point eli tukiasema	13
KUVA 6. Suunta- ja kupoliantenni	14
KUVA 7. Key-Plug	15
KUVA 8. W734-1 RJ45 -Client Module	16
KUVA 9. Proneta-verkkotopologia	18
KUVA 10. Basic Wizard	19
KUVA 11. Testiasetelma	21
KUVA 12. Signal Recorder	22
KUVA 13. Signaalinvahvuudet ilman i-ominaisuuksia	24
KUVA 14. Signaalinvahvuudet iPCF	25
KUVA 15. Ylimääräisiä tukiaseman vaihdoksia iPCF	26
KUVA 16. Signaalinvahvuus iPCF-MC kupoliantenneilla	27
KUVA 17. Signaalinvahvuus iPCF-MC suunta-antenneilla	28
KUVA 18. IPCF-MC peittoala-koe	29
KUVA 19. Mobiilipaneelin asetusvalikko	31
KUVA 20. PROFIsafe-asetuksia	32
KUVA 21. F_FB_KTP_Mobile	33
KUVA 22. F_FB_KTP_RNG	33
KUVA 23. ESTOP1	34
KUVA 24. Hallittu sammutus	35
KUVA 25. Kuittauksen vaatiminen	36

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Suoritustason (PL) ja eheystason (SIL) yhdenmukaisuus	4
TAULUKKO 2. Vaatimuksia PL d tai SIL 2 -tason täyttämiseksi	5–6
TAULUKKO 3. Vertailukuva OSI ja TCP/IP	6
TAULUKKO 4. Tukiaseman vaihdokset ilman i-ominaisuuksia	23
TAULUKKO 5. Tukiaseman vaihdokset iPCF	24–25
TAULUKKO 6. Tukiaseman vaihdokset iPCF-MC kupoliantenneilla	26–27
TAULUKKO 7. Tukiaseman vaihdokset iPCF-MC suunta-antenneilla	27–28

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkin Siemensin mobiilipaneelin sekä IWLAN-verkossa hyödynnettävän Rapid Roamingin toimintaa ja konfigurointia. Opinnäytetyön aihealue syntyi tarpeesta tutkia Apex Automation Oy:n asiakaskohteeseen suunniteltuja tekniikoita ennen todellista toteutusta. Tutkittava tilanne perustuu suureen varastohalliin, jossa turva-alueen sisällä Client Moduleilla varustetut varastovaunut kommunikoivat tukiasemien kanssa IWLAN-yhteydellä. Yhteyden heikentyessä Client vaihtaa tukiasemasta toiseen ylläpitääkseen parhaimman yhteyden ja Rapid Roamingin avulla vähennetään vaihdokseen kuluva aikaa. Projektissa osallisena olevan mobiilipaneelin turvaluokitukset mahdollistavat varastovaunujen manuaalisen ohjauksen kentältä käsin.

IWLAN-verkon tutkimuksissa tavoitteenani on tutustua IWLAN-laitteistoon ja kartoittaa erilaisten toimintovaihtoehtojen hyötyjä, eteenkin Rapid Roaming -toiminnon tuomaa nopeampaa tukiaseman vaihdosta. Mobiilipaneelin tutkimustavoitteena on ottaa selvää sen toiminnasta ja siitä, kuinka se käyttäytyy erilaisissa tilanteissa toimiessaan osana turvaohjelmaa. Tehtäväni on luoda molempien tutkimuksien perusteella konfigurointiohjeet Apex Automation Oy:lle.

Opinnäytetyö käsittelee kahdessa ensimmäisessä osiossaan automaatiotekniikassa käytettyjä menetelmiä, protokollia ja standardeja, jotka ovat opinnäytetyössä keskeisiä. Tämän lisäksi esitellään sekä mobiilipaneelia ja sen käyttöön tarvittavaa laitteistoa että IWLAN-laitteistoa ja niiden toimintaperiaatteita. Kahdessa viimeisessä osiossa esittelen molemmat tutkimukset erikseen aloittaen tutkimuksissa käytetyistä laitteista ja niiden konfiguroinnista. Lopuksi esittelen testien etenemisen ja niiden tulokset.

Tutkimukseni ja testit toteutan Apex Automation Oy:ltä saaduilla laitteilla, heidän toimitiloissaan. Työssäni käytin useita eri lähteitä, kuten Siemensin manuaaleja, alan kirjallisuutta ja tutkimuksissa aikaansaamiani tuloksia. Sain myös apua testien suunnitteluun ja toteutukseen Apex Automation Oy:n osaavalta henkilökunnalta.

Opinnäytetyön toimeksiantaja Apex Automation Oy on vuonna 1993 perustettu sähkö- ja automaatioalan insinööripalveluita ja kokonaisratkaisuja tarjoava yritys. Palvelun tarjonta on kattava, ja se sisältää muun muassa automaatio- ja sähkösuunnittelun, robotiikan, asiantuntijapalvelut ja koulutukset. Apex Automation Oy sijaitsee Kokkolassa ja Vaasassa ja työllistää noin 55 työntekijää. (Apex Automation.)

2 VÄYLÄTEKNIikka

Väylätekniikka on kommunikaatiomenetelmä, jonka avulla siirretään virtaa ja tietoa tietokoneiden välillä tai niiden sisällä. Väylätekniikoita on useita, kuten esimerkiksi sarjaliikenne, jota on käytetty tiedonsiirtoon sen yksinkertaisuuden ja alhaisten laitekustannuksien vuoksi. Historiallisesti suosituin sarjaliikennestandardi on Electronic Industry Associationin kehittämä EIA/TIA-232-E, jota yleisimmin kutsutaan nimellä ”RS232”. RS232-väyläkaapeli käyttää pääsääntöisesti kahta liittintyyppiä, jotka ovat DB9 ja DB25. (Mehta & Reddy 2015, 307.) RS232:n jälkeen on kehitetty nopeampi versio EIA-485, myöskin tunnettu nimellä ”RS485”. RS485 ei ole ainoastaan nopeampi kuin RS232, mutta se kykenee moninkertaisesti pidempään kaapelointiin ja se on yhdistettävissä 32-vastanottimeen ja -lähettimeen, kun taas RS232 vain yhteen vastaanottimeen ja lähettimeen. RS485 on kommunikointityypiltään ”half duplex”, kun taas RS232 on ”full duplex”. Näiden ero on siinä, että full duplex -laitteet pystyvät lähettämään ja vastaanottamaan dataa samanaikaisesti, kun taas half duplex kykenee jompaankumpaan kerralla. (Mehta & Reddy 2015, 321&326.) Molemmat standardit ovat automaatiossa käytettyjä, mutta varsinkin RS232 on korvaantunut viime vuosina uudemmilla ja tehokkaammilla Ethernet-pohjaisilla väylätekniikoilla.

Fieldbus eli kenttäväylä on automaatiossa käytetty väylätekniikka kommunikointiin laitteiden välillä. Kenttäväylän protokollat kuuluvat IEC61158-standardiin, joka kattaa protokollat automaation ja prosessinohjausjärjestelmien yhteenliittämiseksi. Tällaisia tekniikoita ovat mm. Profibus, PROFINET, Modbus ja Modbus TCP. Kuitenkin Profibus ja Modbus ovat sarjaliikenneprotokollia, kun taas PROFINET ja Modbus TCP ovat Ethernet-pohjaisia kommunikaatioprotokollia. (Anderson 2019.)

2.1 PROFINET

PROFINET on IE (Industrial Ethernet) -protokollan jäsen, eli teollisuuteen tarkoitettu Ethernet-pohjainen kommunikaatioprotokolla ohjainten ja laitteiden välille. PROFINETin yhteensopivuus ohjaimiin ja laitteisiin on erittäin laaja, mikä lisää PROFINETin käyttö määrää. PROFINET käyttää muun muassa TCP/IP- ja UDP/IP-kommunikointia, ja se sijaitsee niiden applikaatiokerroksessa. PROFINET kehitettiin vastaamaan teollisuuden korkean suorituskyvyn vaatimukseen, sillä normaalilta Ethernet-verkolta

puuttuu mm. teolliselle I/O:lle tarvittava reaaliaikainen suorituskyky ja korkean tarkkuuden determinismi edistyneeseen liikkeenhallintaan, eikä se kestä teollisuuden olosuhteita. (Us.PROFINET; Bowne 2021.)

PROFINETin kolme viestintäkanavaa IT- ja tehdastason automaatioon ovat normaali PROFINET käyttäen TCP/IP:tä, PROFINET RT (PROFINET Real-Time) ja PROFINET IRT (PROFINET Isochronous Real-Time). Näistä TCP/IP ei sovellu erittäin aikakriittisiin tehtäviin, kun taas PROFINET RT:ssä TCP/IP-kerrokset ohitetaan, saavuttaen deterministinen suorituskyky 1–10 ms:n alueella. PROFINET IRT on PROFINET RT:stä askel eteenpäin, se priorisoi PROFINET-liikennettä ja pystyy saavuttamaan jopa 32,25 μ s:n tiedonsiirron kierrosajat ja 1 μ s:n viiveet. (Us.PROFINET; Bowne 2021.)

PROFINET sisältää myös viestintäkonseptin Profnet IO:n, jota käytetään modulaarisissa hajautetuissa sovellutuksissa. Opinnäytetyön mobiilipaneelin testeissä käytetään PROFIsafe-turvakommunikointia, joka hyödyntää PROFINET IO:ta välittämään IO-tietoja mobiilipaneelin ja PLC:n välillä. PROFINET IO on hyvin samankaltainen kuin Profibus. (Siemens 2021a, 278.)

2.2 PROFIsafe

PROFIsafe on Profibus & PROFINET Internationalin (PI) kehittämä lisä, kyseisten protokollien tueksi. Se on koneturvallisuutta lisäävä tietoliikenneprotokolla, joka vähentää jäännösvirheen todennäköisyyttä turvaohjaimen ja turvalaitteen välillä. Se sisältää toimintoja, kuten viestien numerointi, ja tietojen johdonmukaisuuksien tarkistusta. Niiden avulla se sulkee pois verkon tyypilliset kommunikointivirheet, minkä myötä verkkoon kytketyt turvalaitteet voivat täyttää SIL-vaatimukset. PROFIsafe toimii PI-verkkoon liitettyjen laitteiden kanssa, mutta koska PROFIsafe on valinnainen toiminto, kaikki PROFINET-laitteet eivät tue PROFIsafea. Suunnittelijan täytyy valita vaadittavat turvaluokitukset täyttävät laitteistot toteuttaakseen PROFIsafe-yhteyden. (Profibus 2016, 1; Mehta & Reddy 2015, 205; Bowne 2020.)

2.3 Koneturvallisuuden vaatimukset SIL ja PL

Koneen turvallisuus määritetään koneturvallisuuden standardien mukaan. Toiminnallista turvallisuutta määritetään IEC 61508 -standardin mukaan, sen määrittämiseen vaikuttavat EN 62061 -standardin mukainen eheystaso eli SIL ja EN ISO 13849-1/-2-standardin mukainen suoritustaso PL. SIL (Safety Integrity Level) on vuonna 2021 julkaistun painoksen myötä laitteen sähköisten ohjausjärjestelmien lisäksi myös esimerkiksi hydraulisille- ja pneumaattisille järjestelmille suunnattu standardi. SIL-tasoja on neljä, joista yleensä käytetään vain kolmea ensimmäistä. Ensimmäinen on todennäköisin vikatilalle (Probability of dangerous Failure per Hour, PFH_d) ja kolmas epätodennäköisin. SIL määritetään neljän luokituksen mukaan, jotka ovat: ”vamman vakavuus (S), vaarallisen aseman altistumistiheys ja kesto (F), vaarallisen tapahtuman todennäköisyys (W) ja mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa (P).” (Pilz a.)

PL (Performance Level) käsittelee koneiden ohjainten turvallisuutta ja jaottelee vaaratilanteet viiteen suoritustasoon, jotka ovat: PL ”a”, PL ”b”, PL ”c”, PL ”d” ja PL ”e”. Näistä PL ”a” on matalin taso ja PL ”e” korkein. Vaadittu PL-taso määritetään EN ISO 13849-1 -standardin mukaisella riskiarvioinnilla, jossa on kuusi vaihetta. Vaiheet ovat: ”turvallisuustoiminnon vaatimusten määrittely (1), vaadittu suorituskkytason (PL) määrittely (2), turvallisuustoimintojen suunnittelu ja tekninen toteutus (3), suorituskkytason määrittely ja kvantitatiivinen tarkastelu (4), varmennus (5) ja validointi (6).” PL-tasot voidaan myös ilmaista vikatilan todennäköisyydellä tunnissa (PFH_d), alla olevassa taulukossa 1 on PL- ja SIL-tasot vertailtuna PFH_d:n mukaan. (Pilz b.)

TAULUKKO 1. Suoritustason (PL) ja eheystason (SIL) yhdenmukaisuus (mukaillen Hietikko, Malm & Alanen 2009, 19)

Suoritustaso (PL)	Keskimääräinen aika-väli (vuotta)	Keskimääräinen varallisen vian todennäköisyys tunnissa (1/h)	Vastaavuus eheystasoihin (SIL)
a	1,14–11,4	$10^{-5} \leq \text{PFH}_d < 10^{-4}$	ei
b	11,4–38,1	$3 \cdot 10^{-6} \leq \text{PFH}_d < 10^{-5}$	1
c	38,1–114	$10^{-6} \leq \text{PFH}_d < 3 \cdot 10^{-6}$	1
d	114–1412	$10^{-7} \leq \text{PFH}_d < 10^{-6}$	2
e	1142–11416	$10^{-8} \leq \text{PFH}_d < 10^{-7}$	3

Opinnäytetyössä tutkitun mobiilipaneelin valmistajan julkaisema dokumentti liittyen mobiilipaneelin käyttöön koneturvaratkaisussa sisälsi esimerkin tärkeimmistä komponenteista koneturvaratkaisuissa. Dokumentti sisälsi tähän liittyen taulukon, jossa oli listattuna laitekohtaisia vaatimuksia PL d tai SIL 2 -tason täyttämiseksi. Taulukossa 2 on kyseisen taulukkoesimerkin sisältöä suomennettuna, tämä taulukko antaa hieman osviittaa liittyen sähkötekniisten laitteiden vaatimuksiin koneturvaratkaisuissa. (Siemens 2017, 8–11.)

TAULUKKO 2. Vaatimuksia PL d tai SIL 2 -tason täyttämiseksi (mukaillen Siemens 2017, 10–11)

Laite	Yhteydessä turvaohjelmaan
Paikalliset hätäseis-painikkeet	Kaksikanavainen kytkin kahdella "normally closed" -koskettimella. Signaalit luetaan fail-safe digital input -moduulin avulla. Huom: Kaikki hätäseis-painikkeet liittyen hätäseis-painikkeen ohjauslaitteeseen on kytketty sarjaan.
Mobiilipaneelin hätäseis-painike	Arviointi PROFIsafen kautta. Vaihtoehtoisesti: Arviointi käyttäen SIRIUS-turvareleitä.
Mobiilipaneelin kuolleemiehenkytkin	Arviointi PROFIsafen kautta. Vaihtoehtoisesti: Arviointi käyttäen SIRIUS-turvareleitä.
Vian kuittaus / F-DI / F-DQ-moduulien uudelleen integrointi	Painike yksikanavaisella ohjauselementillä (Ei kosketusta). Signaali luetaan tavallisella digitaalitulomoduulilla. Vaihtoehtoisesti: Kuittaus "FB187":llä (F_ACK_OP). Mahdollista vain yhdessä F-CPU:n ja STEP 7 Safety Advancedin kanssa.
Tilanvalitsin	Avaimella toimiva kytkin ohjauselementillä (esim. ei kosketusta). Signaali luetaan tavallisella digitaalitulomoduulilla. Huom: Avainkytkimen sisältävissä mobiilipaneeleissa voi toteuttaa tilan vaihdon tällä kytkimellä. Arvioinnin suorittaa "direct key evaluation".
Turvaoven kytkimet	Turvaovi vaatii kaksi yksikanavaista asentokytkintä käyttöelementiltään "normally closed" -kosketin. Signaalit luetaan fail-safe-digitaalitulomoduulilla.

(jatkuu).

TAULUKKO 2. (jatkuu)

Kontaktoreiden ohjaus	Kontaktorit kytketään päälle ja pois käyttäen fail-safe-digitaalilähtömoduulia.
Kontaktoreiden takaisinluettavat signaalit	Ajon turvalliseen sammuttamiseen käytetään kahta kontaktoria. Ensimmäisen kontaktorin "normally closed" -kosketin on kytketty sarjaan toisen kontaktorin "normally closed" -koskettimen kanssa ja lukevat tavallisella digital input -tulomodulilla. Turvaohjelmassa sertifioitua "FB FDBACK" -lohkoa käytetään arvioimaan signaalia.

2.4 TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol eli TCP/IP on kommunikointiprotokolla, joka koostuu protokollia sisältävistä kerroksista. Kerroksia ovat peruskerros, verkkokerros, kuljetuskerros ja soveluskerros. TCP/IP on verrattavissa OSI-verkkomalliin, ja tämä on esitetty taulukossa 3. TCP/IP:n alin kerros eli peruskerros (network access layer) seuraa isännän ja verkon välistä tiedonsiirtoa, joka tapahtuu samassa fyysisessä verkossa. Se määrittelee, kuinka laitteet liittyvät fyysiseen verkkoliitäntään, esim. Ethernet-kaapeli tai langaton verkko. (Mehta & Reddy 2015, 344–346.)

TAULUKKO 3. Vertailukuva OSI ja TCP/IP (mukailen Mehta & Reddy 2015, 345)

OSI	TCP/IP
Application layer	Application
Presentation layer	
Session layer	
Transport layer	Transport
Network layer	Internet
Data link layer	Network access
Physical layer	

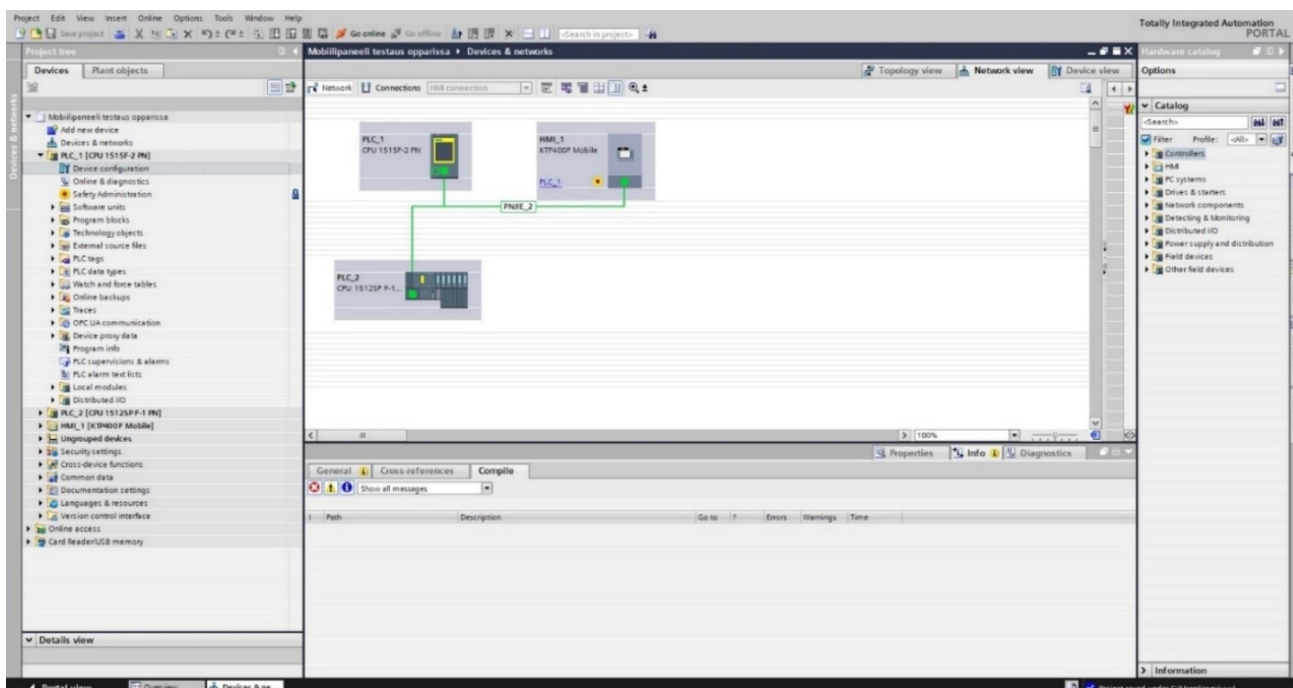
Verkkokerros (internet layer) tulee käyttöön, kun laitteet ovat eri verkoissa, eli data tulee siirtää usean verkon kautta. Verkkokerros erottaa fyysisen osoitteen eli MAC-osoitteen loogisesta osoitteesta, eli IP-osoitteesta. Verkkokerroksen protokollia ovat mm. IP, ARP ja ICMP, näistä yleisin on IP. (Mehta & Reddy 2015, 346.)

Kuljetuskerros (transport layer) hyväksyy sovelluskerrokselta dataa siirrettäväksi. Se käsittelee datan ja otsikoi sen, minkä jälkeen se lähettää datan eteenpäin verkkokerrokseen. Yleisimmät kuljetuskerroksen protokollat ovat TCP ja UDP. Näistä TCP on luotettavampi ja UDP nopeampi. TCP:n luotettavuus perustuu sen tapaan käsitellä dataa ja kommunikointiin vastaanottavan PC:n kanssa. TCP käyttää sekvenssinumerointia jokaisen tavun tunnistamiseksi ja lähettää samassa järjestyksessä datan eteenpäin, ja tämä estää dataa häviämistä. TCP on myös yhteysorientoitunut protokolla eli se odottaa vastaanottavalta PC:ltä vastausta viestin vastaanottamisesta. (Mehta & Reddy 2015, 350.)

Sovelluskerros (application layer) on kerroksista viimeisin. Se sisältää palveluita sovellusohjelmia varten. Esimerkiksi HTTP on sovelluskerroksen sisältämä protokolla, jota www-palvelimet ja verkkoselaimet käyttävät tiedonsiirrossa. (Mehta & Reddy 2015, 343.)

2.5 TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) on Siemensin kehittämä suunnitteluohjelmisto, johon on yhdistetty Siemensin ohjelmistot, jotka ovat: ”STEP 7, WinCC, SINAMICS Startdrive, SIMOCODE ES ja SIMOTION SCOUT TIA.” TIA Portalin avulla pystytään muun muassa ohjelmoimaan logiikoita, muokkaamaan HMI-paneelin näkymää ja simuloimaan ohjelmakoodin toimintaa. Tässä projektissa käytin TIA Portal V17-ohjelmistoa rakentamaan ja testaamaan turvakommunikointia kahden turvalogiikan välillä yhdistettynä mobiilipaneeliin. Kuvassa 1 on esitetty TIA Portal V17-sovelluksen verkkonäkymää (Network view). (Siemens a.)



KUVA 1. TIA Portal V17 Network view

2.6 Ohjelmoitava logiikka ja turvalogiikka

Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller) on mikroprosessoripohjainen ohjain, joka säilöo ohjelmoitavaan muistiin ohjeita ja toimintoja, joiden avulla pystytään ohjaamaan ja valvomaan koneita ja prosesseja. Ennen ohjelmoitavia logiikoita automaation ohjaamiseen käytettiin releitä ja ajastimia. Näistä ajoista ohjelmoitava logiikka on iso harppaus eteenpäin eteenkin koon, muokattavuuden ja käyttömahdollisuuksien saralla. (Mehta & Reddy 2015, 37.)

Ohjelmoitavan logiikan neljästä tyypillisimmistä komponenteista ensimmäinen on mikroprosessoreista koostuva keskusyksikkö eli CPU (Central Processing Unit), joka tulkitsee tulosignaalit ja toteuttaa ohjauksikäskyt. Toinen on virtalähde, joka muuntaa vaihtovirran (AC) tasavirraksi (DC). Kolmas on tulo- ja lähtömoduulit (I/O), joiden kautta ulkoisten laitteiden tila- ja ohjaustiedot kulkevat. Neljäs on muistiyksikkö, johon ohjelma ja data säilötään. (Mehta & Reddy 2015, 38–39.)

Turvalogiikat ovat samannäköisiä kuin normaalit ohjelmoitavat logiikat ja ne ovat samalla tavalla ohjelmoitavissa. Turvalogiikat saattavat sisältää väritettyjä yksityiskohtia, joista voi huomata turvalogii-

kan. Esimerkiksi Siemens merkkä turvalaitteistoan keltaisilla yksityiskohtilla. Kuvassa 2 on testeissä käytetty Siemensin turvalogiikka, jossa kuitenkin ei ole keltaisia yksityiskohtia. Turvalogiikka priorisoi erikseen määritettyä turvakommunikointia, se diagnosoi vikoja ja laukaisee hälytykset tarvittaessa. Turvalogiikan valinta perustuu useimmiten niiden SIL-tasoon. (Keswick 2021.)



KUVA 2. CPU 1515F-2 PN -turvalogiikka

2.7 HMI-paneeli

HMI-paneeli (Human Machine Interface) on prosessin operoimiseen ja valvomiseen tarkoitettu visuaalinen työkalu. Se on ohjelmoitavaan logiikkaan kytköksissä ja siihen voi lisätä haluttuja toimintoja, kuten esimerkiksi prosessilaitteen mittauksia ja ohjetoimintoja. Paneelit yleisesti sijaitsevat kentällä ohjattavan prosessin vieressä. Normaalin paneelin rinnalle on tuotettu mobiilipaneeleita, jotka tuovat prosessin ohjaamiseen uusia ulottuvuuksia.

2.7.1 Mobiilipaneeli

Mobiilipaneelit ovat normaaliin kiinteästi sijoitettuun paneeliin verrattuna monipuolisempi vaihtoehto. Se ns. tuo valvomon lähemmäksi prosessia etenkin sovellutukseen, jossa suurehko kone tai prosessi sijaitsee turvarajojen sisällä. Tämänkaltaisessa tilanteessa normaali paneeli sijoitettuna kiinteästi rajojen ulkopuolelle voi antaa liian pienen näkymän siihen, mitä tuotannossa tapahtuu paneelilta operoitaessa. Mobiilipaneelin avulla voidaan vaihtaa paikkaa, jotta pystytään näkemään halutun osan toiminta.

Projektissa käytössäni oli Siemensin toisen generaation mobiilipaneeli (KUVA 3). 4, 7 ja 9 tuuman koossa saatavilla olevat paneelit toimivat WinCC ja TIA Portalin kanssa. Kyseisten ohjelmien avulla paneeliin voidaan luoda halutunlainen kuva prosessista visuaalisin efektein. Siemensin mobiilipaneeleissa on otettu huomioon turvallisuus ja käyttäjäystävällisyys. Paneeleissa on IP65-suojausluokitus, eli se on pölytiivis ja päälle roiskuva vesi ei aiheuta toimintahäiriötä. Paneelissa on myös hätäseis-painike ja kuolleenmiehenkytkin, koot 7 ja 9 sisältävät lukituksen avaimella ja paneelin luvataan myös kestävän pudotukset 1,5 m korkeudelle saakka. Käyttömukavuutta tuovat käsitet paneelin takana, joiden avulla paneelista saa tukevan otteen. (Siemens 2014.)



KUVA 3. KTP400F-mobiilipaneeli

2.7.2 Kytkentälaatikko

Siemensin simatic HMI Connection Box, eli kytkentälaatikko on Siemensin mobiilipaneelin kanssa käytettävä lisälaitte. Kytkentälaatikon avulla hätäseis-painikkeen sisältävä mobiilipaneeli saavuttaa sen säilyttämiseen liittyvät turvallisuusvaatimukset. Mobiilipaneeli liitetään kytkentälaiteeseen sille tarkoitetun PROFINET-kytkentäkaapelin avulla, jonka jälkeen se käynnistyy hetkessä. Tämän ansiosta mobiilipaneelia voi säilyttää lähellä prosessia tai kuljettaa kytkentälaatikolta toiselle virrattomana ja kytkeä päälle, kun sitä käytetään. Suorittamassani testissä käytin Siemensin compact-mallin kytkentälaatikkoa (KUVA 4). Se on EN ISO 13849-1 ja EN IEC 61508 standardien mukaan luokiteltu PLe- ja SIL3-luokituksilla. Siinä on takana IP20- ja edessä IP65-suojaluokitus. (Siemens 2014; Siemens b.)



KUVA 4. Compact Connection Box eli kytkentälaatikko, jossa on kytkentäkaapeli kiinni

3 WLAN JA IWLAN

WLAN (Wireless Local-Area Network), on pääsääntöisesti IEEE 802.11 -standardiin perustuva langaton lähiverkko. WLAN-infrastruktuurissa kiinteän verkon ja päätelaitteen välissä on WLAN-tukiasema, joka kommunikoi 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n radiotaajuuksilla. Kommunikointi tapahtuu paketeittain, joita WLAN-tukiasema ja verkossa oleva laite lähettävät edestakaisin. Paketti sisältää laitteelle spesifin MAC-osoitteen ja nimiöllisiä kerroksia sekä ohjeita, joiden avulla paketit menevät oikeaan osoitteeseen. (Kyberturvallisuuskeskus, 4; Cisco.) Normaalisti WLAN-verkosta IWLAN (Industrial Wireless Local-Area Network) eroaa siinä, että IWLAN:ssa on otettu huomioon teollisuuden automaation tiukat vaatimukset liittyen häiriönsietoon siirtonopeuteen ja langattoman verkon tietoturvaan (Pjc).

IWLAN-yhteyden radioaaltoinen kommunikointi tapahtuu kolmiulotteisesti elektromagneettisin aalloin. Radioaaltojen etenemiseen voivat vaikuttaa erilaiset esteet ja objektit, kuten kalusteet ja ihmiset. Niistä aiheutuvia tekijöitä ovat heijastuminen, absorbointi, häiriöt, diffuusio ja diffraktio. Aallon osuessa sähköä johtavaan esteeseen se heijastuu kokonaan. Jos este ei johda sähköä, osa aallosta heijastuu, osa taas absorboituu esineeseen ja osa pääsee esteen lävitse. Reunoihin osuessa aallot särkyvät kaikkiin suuntiin, eli diffuusoituu. Lyhyen aallonpituuden radioaallot voivat diffraktoitua, eli taipua esineisiin. Häiriötä pystyvät aiheuttamaan kaikki radioverkossa sijaitsevat kohteet, jos kohde toimii samalla taajuudella lähettimen kanssa. (Siemens 2021b, 9–10.)

5 GHz:n taajuuden ja täten lyhyemmän aallonpituuden myötä radioaallot kulkevat liian suoraviivaisesti, eivätkä levity tavoittaen vastaanottimia esteiden takaa ja imeytyvät tai heijastuvat helposti. 2,4 GHz:n taajuuden pidemmällä aallonpituudella taas pystytään ns. kiertämään esteitä ja kulkeutumaan johtamattomien esineiden läpi. 5 GHz:n taajuudessa on kuitenkin etuna suurempi siirtonopeus. WLAN-verkkoa suunniteltaessa on myös otettava huomioon muut samalla taajuudella toimivat laitteet, sillä ne voivat aiheuttaa ylimääräistä häiriötä. (Siemens 2021b, 10.)

3.1 Tukiasema (Access Point)

Access Point eli tukiasema on päätelaitteen ja kiinteän verkon välikappale. Tukiaseman avulla voidaan langattomassa verkossa oleva päätelaite yhdistää kiinteään verkkoon. Tämä yhdistäminen tapahtuu radioteitse IWLAN-yhteydellä. Projektissa käytetty Siemensin IWLAN Access Point (KUVA 5) on teollisuuteen tarkoitettua WLAN-tukiasema. Sitä on saatavilla yhdellä tai kahdella radioliitännällä, yksi radioliitäntä sisältää kolme antennipaikkaa. Kolmen antennin avulla voidaan hyödyntää MIMO (Multiple Input, Multiple Output) -toimintoa, eli usean antennin avulla voidaan dataviesti jakaa esimerkiksi kahdelle antennille ja vastaanottopäässä se kasaantuu jälleen kokonaiseksi viestiksi. Tämän ansiosta saadaan suurempi tiedonsiirtokapasiteetti ja minimoidaan virheiden määrää. (Siemens 2012; Webster 2021.)



KUVA 5. W788-2 RJ45 -Access Point eli tukiasema

3.1.1 Antennit

IWLAN-tukiasemissa käytetyt antennit voivat olla monisuuntaisia, suunnattuja tai RCoax-antenneja. Monisuuntaiset antennit on suunniteltu käytettäväksi sovellutuksissa, joissa antennin halutaan kattavan enemmän aluetta antennin ympärillä, jolloin kantavuus pituussuunnassa kärsii. Suunnatut antennit taas kohdistetaan enemmän tietylle alueelle pituussuunnassa, millä saavutetaan paremman kantaman, mutta sen signaali ei ulotu niin leveälle. RCoax-kaapelit taas ovat käytössä RCoax-sovellutuksissa, jossa päätelaite kulkee RCoax-kaapelin mukaista reittiä. Opinnäytetyössä ei käytetty RCoaxia, joten emme sitä sen enempää käsittele. Opinnäytetyön osiossa 4 käytetyt antennit on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Suunta- ja kupoliantenni

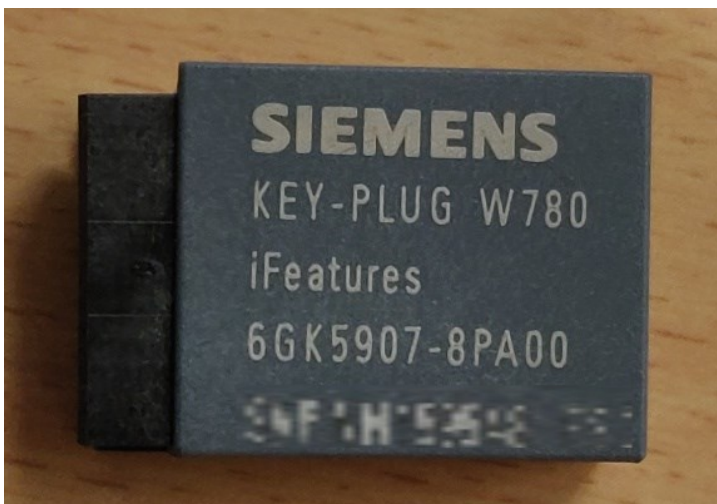
3.1.2 Roaming

WLAN-taajuuden alue on rajattu ja parhaimman ja keskeytymättömän yhteyden ylläpitämiseksi voidaan halutessa käyttää useampaa WLAN-tukiasemaa. Roaming tarkoittaa langattomassa verkossa tapahtuvaa laitteen eli Clientin vaihtoa tukiasemasta toiseen. Tukiasema ja verkossa oleva Client lähettävät edestakaisin paketteja tyypillisesti noin 50 ms:n välein. WLAN-yhteyden heikentyessä verkkoa

käyttävä Client alkaa etsiä parempaa verkkoyhteyttä. Paremman verkkoyhteyden omaavan tukiaseman löytyessä Client lähettää uudelle tukiasemalle todennuspyynnön. Kun tukiasema on hyväksynyt Clientin, Client lähettää tukiasemalle vielä yhdistämispyynnön. Jos yhdistäminen onnistuu, uusi tukiasema lähettää vanhalle tukiasemalle irrottautumisviestin ja Client irrottautuu vanhasta tukiasemasta. (Kwok 2021.)

3.1.3 IPCF ja Rapid Roaming

Teollisuuden automaatoratkaisut vaativat nopeampaa päivitysnopeutta kuin normaali WLAN-verkko pystyy antamaan. Tähän ongelmaan Siemens on kehittänyt iFeatures-lisän toimintoiheen. Siemens myy IWLAN-laitteisiinsa kuvassa 7 esitettyä Key-Plugia, joka on muistikortti, joka sisältää myös iFeaturesin eli i-ominaisuudet. Yksi näistä ominaisuuksista on iPCF (Industrial Point Coordination Function), sitä käyttävät tukiasemat pollaavat syklisesti Clienttejä eli tarkistavat niiden tilaa, mikä tekee kommunikaatiosta determinististä. Tämän avulla päivitysnopeus saadaan huomattavasti normaalia pienemmäksi. Nopeamman päivitysnopeuden myötä tukiasemien vaihdokset myös tapahuvat nopeampaa, tätä kutsutaan Rapid Roamingiksi. IPCF-toimintoa käyttävä laitteen radiokanava pystyy yhdistämään vain muihin iPCF-kanaviin, koska iPCF sisältää oman salauksensa. (Siemens 2019, 2.)



KUVA 7. Key-Plug

3.1.4 IPCF-MC

IPCF-MC (iPCF-Management Channel) on toinen Siemensin i-ominaisuuksista, jota tutkin opinnäytetyössäni. I-ominaisuuksien lisäksi se vaatii toimiakseen kaksiradioiset tukiasemat. Ensimmäinen radioliitäntä on varattu datakanavalle (Data Channel). Tämä kanava lähettää datapaketteja Clientille eli normaalia WLAN-kommunikointia. Toisessa radioliitännässä olevaa hallintakanavaa (Management Channel) Client käyttää tutkiakseen, milloin sen tulisi vaihtaa tukiasemaa. Tämä tukiaseman vaihdoksen suunnittelu etukäteen lyhentää roamausaikoja huomattavasti. (Siemens 2019, 2.)

3.2 Client Module

Client Module on laite, jonka avulla pystytään liittämään tukiaseman muodostaman langattoman verkon alueella liikkuva laite verkkoon. Tässä tapauksessa liikkuva laite on ohjelmoitava logiikka, joka on akulla varustetussa varastovaunussa. Client Module muodostaa yhteyden tukiasemaan ja liikkueen varastossa se roamaa tukiasemien välillä. Client Modulea voisi kutsua tukiaseman asiakkaaksi. Kuvassa 8 on testeissä käytetty Siemensin Client Module.



KUVA 8. W734-1 RJ45 -Client Module

4 LANGATOMAN TIETOLIIKENTEEN TUTKIMINEN

Tutkimuksessa simuloidaan tilannetta, jossa Client Module kulkee varastossa yhdistettynä tukiasemaan ja signaalin heikentyessä se vaihtaa tukiasemasta toiseen. Client Module antaa tukiaseman kautta saadun verkkosignaalin turva-PLC:lle, joka kommunikoi toisen turva-PLC:n kanssa. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville iPCF- ja iPCF-MC-toimintojen edut ja eteenkin tukipisteen vaihdoksen roamausajat. Tämän lisäksi tehtiin Apex Automation Oy:lle konfigurointiohjeet IWLAN-tukiasemia ja Client Moduleja varten. Kyseinen ohje on salattu liite 1. Toimistolla tehtyjen testauksien ansiosta vältetään ylimääräiseltä testaukselta asiakaskohteessa ja näin vältetään enimmäkseen ongelmat sekä takaiskut.

Antenneina käytin Client Modulessa sekä tukiasemien datakanavilla Siemensin 795-6MN-kupoliantennia. iPCF-MC-testauksissa tukiasemien hallintakanavalla kokeilin kyseistä kupoliantennia ja Siemensin 795-6DC-suunta-antennia. Clientin antenni kytkettiin Siemensin N-connect 1 m:n -radiokaapelilla ja kaikki tukiasemien antennit Siemensin N-connect 5 m:n -radiokaapelilla. Tyhjiä antennipaikoilla olisi tullut olla 50 Ω :n termination-tulppa, joka poistaa ”avonaisista” antennipaikoista tulevaa ylimääräistä häiriötä, mutta testeissä niitä ei käytetty. Tämä saattoi vaikuttaa ylimääräisenä häiriönä.

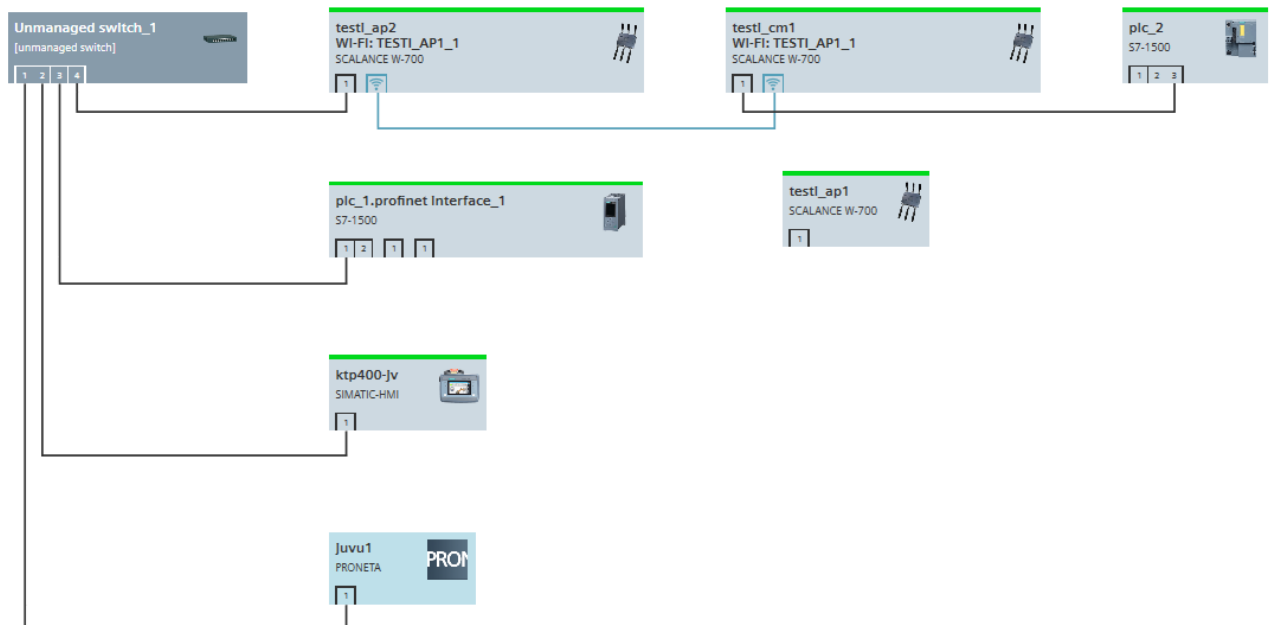
Testeissä käytin kahta tukiasemaa ja yhtä Client Modulea. Tukiasemiksi valikoitui Siemensin W788-2 RJ45. Se on kaksiradioinen tukiasema, joka mahdollistaa iPCF-MC:n käytön. Client Moduleksi valittiin Siemensin W734-1 RJ45, se on yksiradioinen ja kaksiantenninen Client Module. Se on kompakti laite ja siksi se sopii hyvin tämänkaltaiseen sovellutukseen. Tukiasemiin ja Client Moduleen lisättiin Siemensin W780 Key-Plug.

Testeissä minulla oli myös samassa verkossa kytkettynä kaksi PLC:tä, joiden turvakommunikointia seurasin testien aikana TIA Portal V17 -sovelluksesta. Toinen ns. pää-PLC oli kytkettynä Ethernet-kytkimeen ja toinen oli kytkettynä Client Moduleen, kuten asiakaskohteessakin. Client Modulea kuljettavassa paketissa oli myös UPS-varavirtalähde, jotta testilaitteistoa oli mahdollista liikuttaa vapaasti.

4.1 Kytkeä ja konfigurointi

Aloitin tutkimukseni lisäämällä tukiasemiin ja Client Moduleen Key-Plugit ja kytkemällä sähköt 24 VDC virtalähteestä. Kytkin laitteet Ethernet-kytkimeen, joka oli kytkettynä tietokoneeseeni ja asetin

tietokoneelta minulle tarkoitetun IP-osoitealueen käyttöön. Tämän jälkeen avasin Siemensin Proneta-sovelluksen tietokoneellani. Pronetasta pystyt näkemään verkkotopologiat ja muuttamaan laitteiden IP-osoitteet. Muutin IP-osoitteet ja Subnet Maskin samalle alueelle kuin mitä määritin tietokoneeni verkkoyhteyksiin. Kuvassa 9 on esitetty Pronetan näyttämää verkkotopologiaa.



KUVA 9. Proneta-verkkotopologia

Laitteen IP-osoitteen kirjoittaminen verkkoselaimeen avaa sen konfigurointisivun, eli web managementin. Ensimmäiselle konfiguraatiolle tein ”Basic Wizard” -konfiguroinnin. Tämä on helppo tapa saada perusasiat kuntoon, sillä näiden asetusten itse etsiminen voi olla työlästä. Seuraavaksi esittelen konfigurointivaihtoehtoja, lisätietoja testien konfigurointiin on salatussa liitteessä 1.

Kuvassa 10 on esitetty Client Modulen TESTI-CM1 Basic Wizard -aloitussivu. Konfigurointi alkaa laitteen identifioinnilla, tässä tapauksessa laite on Client. Kahdessa seuraavassa valikossa määritetään maa, laitteen nimi ja IP-asetukset. Management interfaces eli hallintaliittymät sisältää konfigurointiin ja hallintatoimiin liittyviä valintoja.

SIEMENS

192.168.82.1/TESTI-CM1

Welcome admin [Logout](#)

Basic Wizard: System Settings

System	Country	IP	Management Interfaces	Antenna	Radio	Client	Channels	Security	Dot1X Supplicant	Summary
--------	---------	----	-----------------------	---------	-------	--------	----------	----------	------------------	---------

The Wizard will guide you through the initial setup of the device. If you have already set some of the configuration parameters and want to start the Wizard with the default settings of the device, you can click the 'Memory Defaults' button to restore the factory configuration settings except the IP parameters, SNMP MIB-2 parameters and the mode of the device. The device will restart automatically during the restore operation.

[Restore Memory Defaults and Restart](#)

Select the required mode of the device. Access point mode (AP) is the typical choice if the device's Ethernet port is directly connected to a wired distribution system (e.g. the factory or automation network). On the other hand, the Client mode (Client) allows data traffic to be relayed between the wired distribution system and a device connected to the Client's Ethernet port via a wireless network (for example a mobile application). The device will restart automatically if the mode is changed.

Device Mode:

[Abort](#) [Next](#)

KUVA 10. Basic Wizard

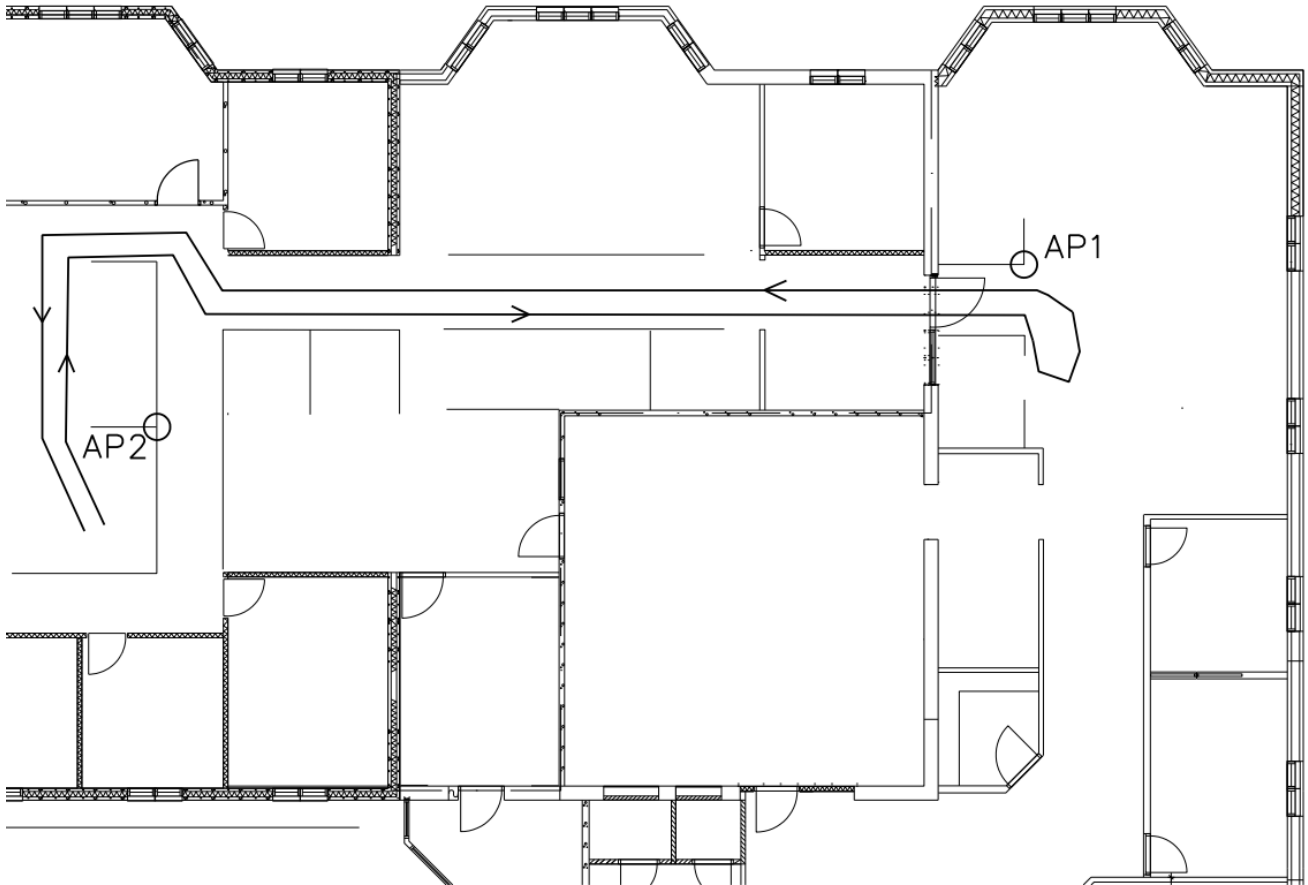
Antenna-valikosta määritetään käytössä olevat antennit, kaapelin pituus ja ylimääräiset vaimennukset. Ohjelma laskee ja ilmoittaa antennin vahvistuksen kummallakin taajuudella. Radio-valikosta valitaan käytössä oleva WLAN-radio, taajuusalue, WLAN-standardi ja lähetysteho. Opinnäytetyössä esitetyt testit on tehty 5 GHz:n taajuudella IEEE 802.11n standardin mukaan 20 dBm:n lähetysteholla. Client valikosta määritetään MAC-mode eli kuinka MAC-osoite osoitetaan Clientille, vaihtoehdoista: Layer 2 Tunnel, Automatic, Manual ja Own. Client valikosta voidaan myös määrittellä Clientillä SSID:t, joihin Client voidaan yhdistää. SSID on tukiasemakohtainen ID, jonka avulla voi määrittää tukiasemat, joihin Client saa yhdistyä. Tukiasemien SSID:t määritetään tukiasemien omassa konfiguroinnissa. Channels-valikosta määritetään kanavat, joita Client käyttää kommunikointiin. 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n alueille on määritetty omat kanavat, joista valita. Nämä ovat kanavia, jotka määritetään tukiaseman konfiguroinnissa tukiaseman radioille, tukiasemien kanaville myös määritetään kanavanleveys.

Security-valikosta määritetään todennus, salain ja salasana, jota laite käyttää. Todennuksen vaihtoehdot ovat: Open system, WEP, WPA (RADIUS), WPA-PSK, WPA2 (RADIUS), WPA2-PSK ja iPCF authentication. Salainvaihtoehdot ovat: AUTO, TKIP ja AES. Yleisin käytetty todennus lienee WPA2-

PSK, joka on edeltäjänsä WPA:ta turvallisempi, AES on salauksista turvallisin ja myös yleisesti käytetty. Kuten aikaisemmin kerroin, iPCF käyttää omaa tunnistautumista, joka vaikuttaa erittäin turvalliselta, koska kommunikointi vaatii iPCF-laitteen toimiakseen. Jäljellä on vielä kaksi valikkoa, joista Dot1X Supplicant on 802.11x-standardin todennukseen liittyvä. Summaryssa on koottu valitut konfiguroinnit, tämän jälkeen voidaan ladata Basic Wizard -konfiguroinnit laitteelle. Vasemman reunan valikosta pääset toteuttamaan laajempaa konfigurointia ja toiminnan seurausta. Esimerkiksi iFeatures-valikosta otetaan i-ominaisuudet käyttöön. Näistä tarkempaa tietoa salatussa liitteessä 1.

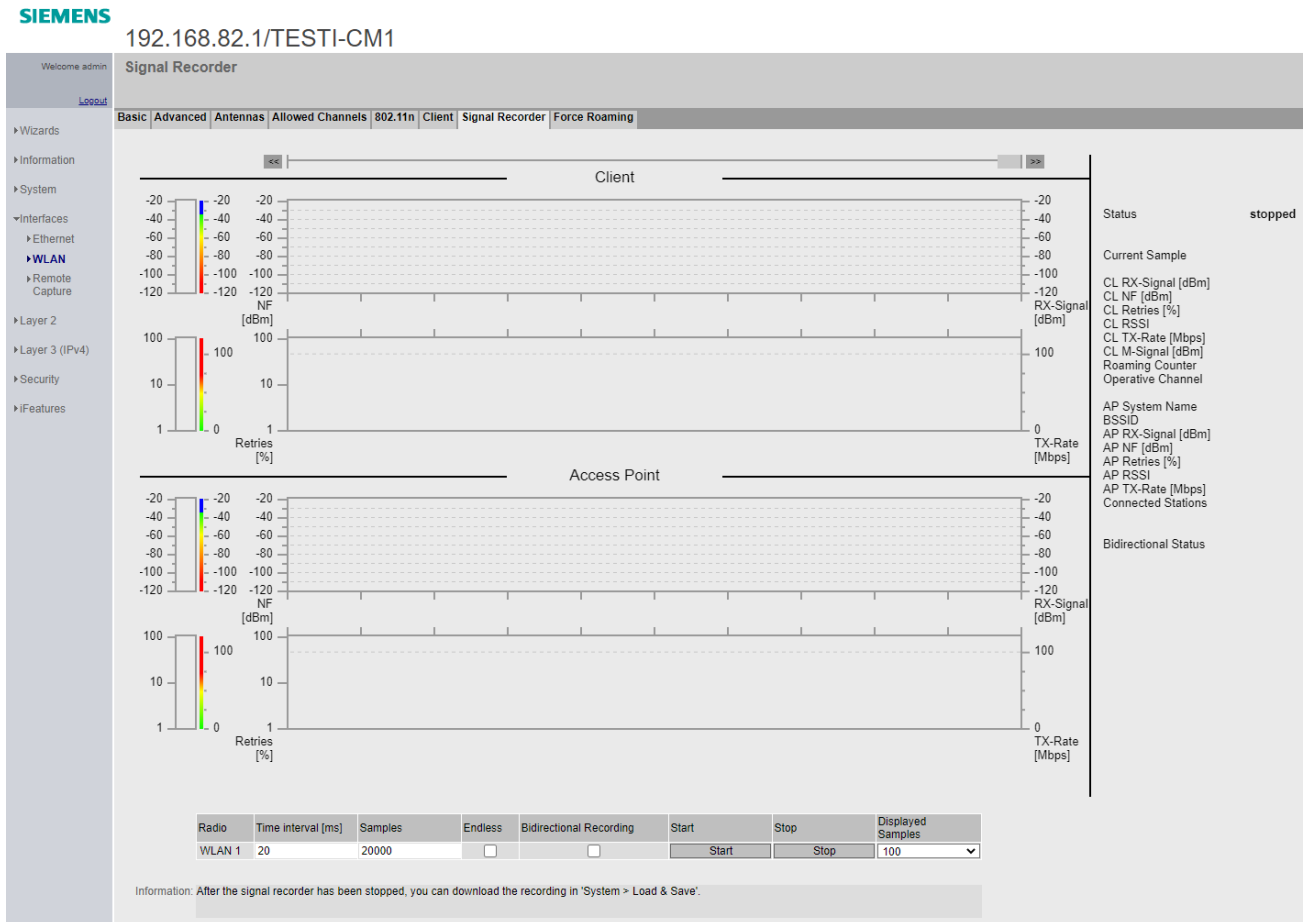
4.2 Testien toteutus

Testaukset suoritin toimiston käytävällä, tukiasemat molemmissa päädyissä, kuljettaen Client Modulea tukiasemalta toiselle. Tukiasemien välillä on 1,65 m korkeita sermejä, oviaukot ja muuta yleisesti toimistossa olevaa tavaraa. Tukiaseman 1 datakanavan kupoliantenni oli sijoitettu käytävän päädyssä sermin päälle niin, että se osoittaa tukiasemaa 2-kohti. Tukiaseman 2 datakanavan kupoliantennin paikka oli osassa testeistä sermin takana 80 cm korkeudella osoittamassa tukiasemaa 1-kohti, tai sermin päällä osoittamassa ylöspäin, esitettyssä testidatassa ne olivat sermin päällä. En huomannut näissä paikan vaihdoksissa merkittävää eroa, eikä sillä ollut huomattavaa vaikutusta roamausaikoihin. Antennin huonompi sijainti vain todisti, että se saavuttaa hyvän signaalin myös esteiden takaa. Hallintakanavien kupoliantennit sijaitsivat ylöspäin ja suunta-antennit toisiaan päin. Client Modulen antenni kulki sen mukana osoittaen ylöspäin noin 1,4 m korkeudella. Tukiasemien antennien sijainnit ja kuljettu reitti on esitetty kuvassa 11, joka on suuntaa antava kuva, siitä puuttuu kalusteita, sermejä ja laitteistoa. Kyseissä kuvassa antennien paikat on merkattu ympyrällä, jonka vieressä on teksti ”AP1” tai ”AP2”, kuljettu reitti on osoitettu suuntaaviivoilla.



KUVA 11. Testiasetus

Testeissä kuljetin Client Modulea tukiasemalta 2, tukiasemalle 1 ja takaisin. Testejä seurasin TIA Portalin lisäksi Client Modulen konfigurointisivuilta löytyvällä Signal Recorder -toiminnolla. Signal Recorderista pystyi asettamaan mittauspisteiden välin (interval). Signal Recorderin tulokset sai ladattua tietokoneelle, tulokset tulivat excel- ja pdf-tiedostoina. Tiedostoista näki mittauspisteittäin tietoa Clientistä ja siihen yhdistetystä tukiasemasta. Mittauksista pystyi näkemään, kauanko Clientillä meni aikaa vaihtaa tukiasemaa. Pdf-tiedostossa oli myös kuvaajia, joista yksi oli signaalinvahvuuden kuvaaja, jossa näkyy Clientin ja tukiaseman välinen signaalinvahvuus desibelimilliwatteina ja tukiaseman vaihdokset eri ajan hetkillä. Kuvassa 12 on Client Modulen Signal Recorder.



KUVA 12. Signal Recorder

4.3 Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksien tulokset olivat odotetun mukaisia. Tuloksiin vaikuttivat esineet ja ihmiset toimistotiloissa, kuten minä itse kuljettamassa Client Modulea, sillä joissain kohdissa saatoinkin olla hieman tukiasemien ja Client Modulen välissä. Nämä esteet vaikuttivat heikompana signaalina, josta voi syntyä ylimääräisiä tukiaseman vaihdoksia. Tämä ei sinänsä tutkimuksia haitannut, sillä ensisijainen tavoite oli mitata tukiaseman vaihtoon kuluvaa aikaa.

Mittauksista ilman i-ominaisuuksia ja iPCF:n kanssa on taulukoissa 4 ja 5 esitetty mittauspiste, ajanhetki (h:m:s:ms), signaalin vahvuus prosenttiyksikössä (%), signaalinvahvuus desibelimilliwatteina (dBm) ja yhdistetty tukiasema. IPCF-MC:stä esitän näiden lisäksi taulukoissa 6 ja 7 myös hallintakanavan signaalinvahvuuden desibelimilliwatteina (dBm). Taulukoiden tulokset ovat Signal Recorderista

saaduista excel-tiedostoista pätkiä tilanteista, joissa Client vaihtaa tukiasemaa. Jokaisen taulukon tulokset ovat eri mittauskerralta, eri toiminnoilla. Esitetyissä mittauksissa kaikissa oli mittausvälinä 5 ms. Osassa kuitenkin mittausväli venyy tätä pidemmäksi, tätä ilmeni testeissä ilman i-ominaisuuksia. Tällä ei pitäisi olla tuloksellisesti mitään merkitystä, mittauspisteitä tulee vain vähemmän pidemmillä aikaväleillä.

4.3.1 Tulokset ilman i-ominaisuuksia

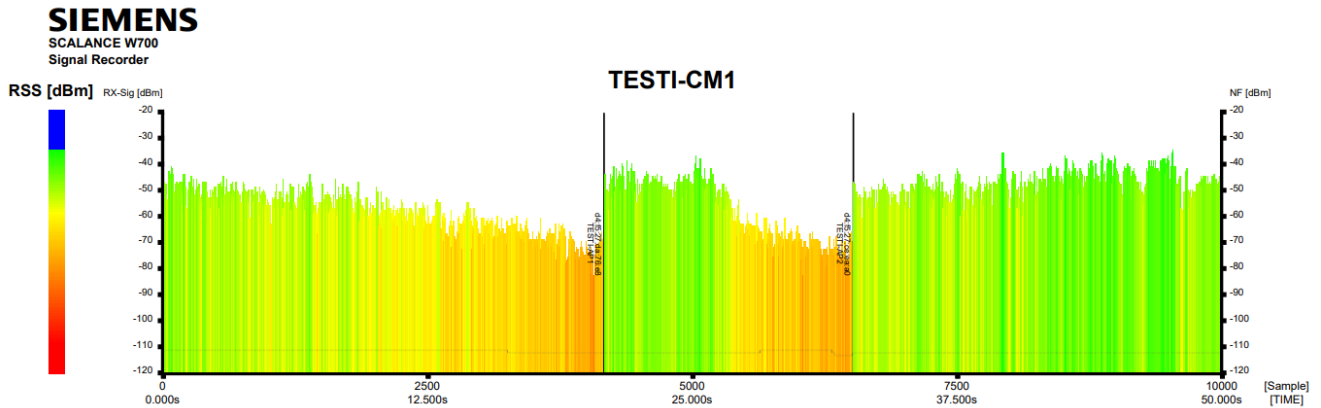
Esitän ensimmäisenä tuloksia testeistä ilman i-ominaisuuksia, tukiaseman vaihdokset on esitetty taulukossa 4. Taulukosta ilmenee, että mittauspisteessä 4489 Clientin (TESTI-CM1) yhteys tukiasemaan 2 (TESTI-AP2) on suhteellisen heikko. Mittauspisteessä 4490 ja 4491 Client vaihtaa tukiasemaa eikä ole yhdistyneenä kumpaankaan. Mittauspisteessä 4492 Client on vaihtanut tukiasemaa yhdistämällä tukiasemaan 1 (TESTI-AP1). Mittauspisteet 6851–6854 ovat tukiaseman vaihdoksesta, kun Client palaa lähtöpisteeseen ja vaihtaa tukiasemaa jälleen.

TAULUKKO 4. Tukiaseman vaihdokset ilman i-ominaisuuksia

Mittauspiste	Ajanhetki	CM1 signal [%]	CM1 signal [dbm]	AP
4489	00:03:50:763	47	-71	TESTI-AP2
4490	00:03:50:801	0	----	
4491	00:03:50:805	0	----	
4492	00:03:50:810	85	-51	TESTI-AP1
6851	00:04:02:640	47	-71	TESTI-AP1
6852	00:04:02:783	0	----	
6853	00:04:02:788	0	----	
6854	00:04:02:793	91	-48	TESTI-AP2

Tulokset olivat erittäin hyviä jo ilman i-ominaisuuksia. Mittauspisteiden 4489–4492 ja 6851–6854 aikavälit ovat ensimmäisessä vaihdoksessa 47 ms ja toisessa 153 ms eli tässä ajassa Client vaihtoi tukiasemaa. Toisen vaihdoksen pidempi kesto voi johtua esimerkiksi siitä, että olin Clientin ja tukiaseman välissä juuri vaihdoksen hetkellä. Tein testejä useampia ja vaihdoksien ajat olivat pääsääntöisesti 46–47 ms. Kuvassa 13 on esitetty Signal Recorderista saadun pdf-tiedoston sisältämä kuvaaja, jossa näkyy

signaalin heikkeneminen värin muutoksena ja desibelien laskemisena y-akselilla. Mustat viivat pystysuunnassa juuri ennen signaalin parantumista ovat hetket, jolloin Client on yhdistänyt uuteen tukiasemaan.



KUVA 13. Signaalinvahvuudet ilman i-ominaisuuksia

4.3.2 IPCF tulokset

Seuraavaksi käymme läpi iPCF-testien tulokset, ne olivat hyvät, mutta odotin aiemman testin perusteella hiukan nopeampaa vaihtoa. Toimintakuvaltaan taulukko 4 on samanlainen, kuin taulukko 5. Client vaihtaa heikosta yhteydestä parempaan, molempiin suuntiin kuljettaessa. Ensimmäinen tukiaseman vaihdos tapahtuu mittauspisteissä 3966–3974 ja toinen mittauspisteissä 5858–5866.

TAULUKKO 5. Tukiaseman vaihdokset iPCF

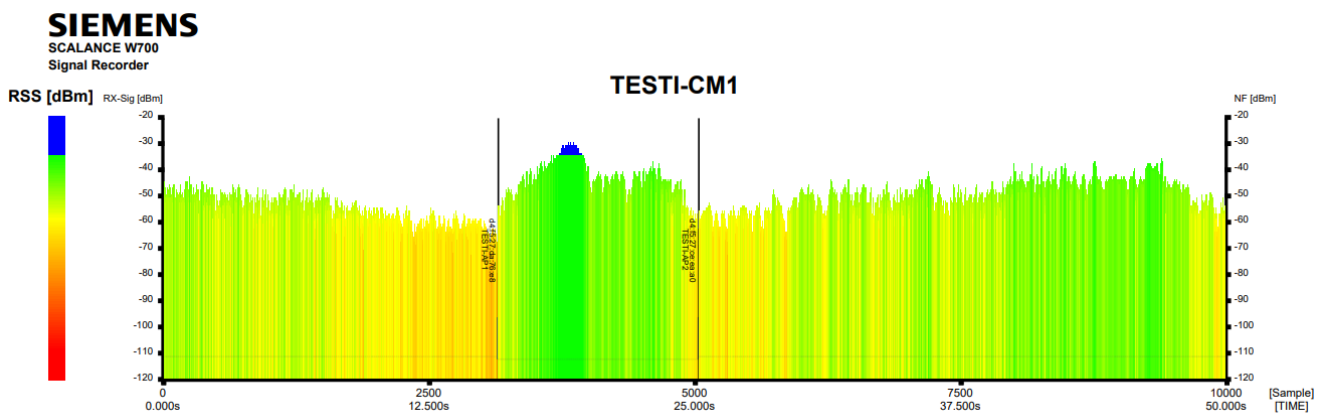
Mittauspiste	Ajanhetki	CM1 signal [%]	CM1 signal [dbm]	AP
3966	00:04:23:937	30	-80	TESTI-AP2
3967	00:04:23:942	0	----	
3968	00:04:23:947	0	----	
3969	00:04:23:952	0	----	
3970	00:04:23:957	0	----	
3971	00:04:23:962	0	----	

(jatkuu)

TAULUKKO 5. (jatkuu)

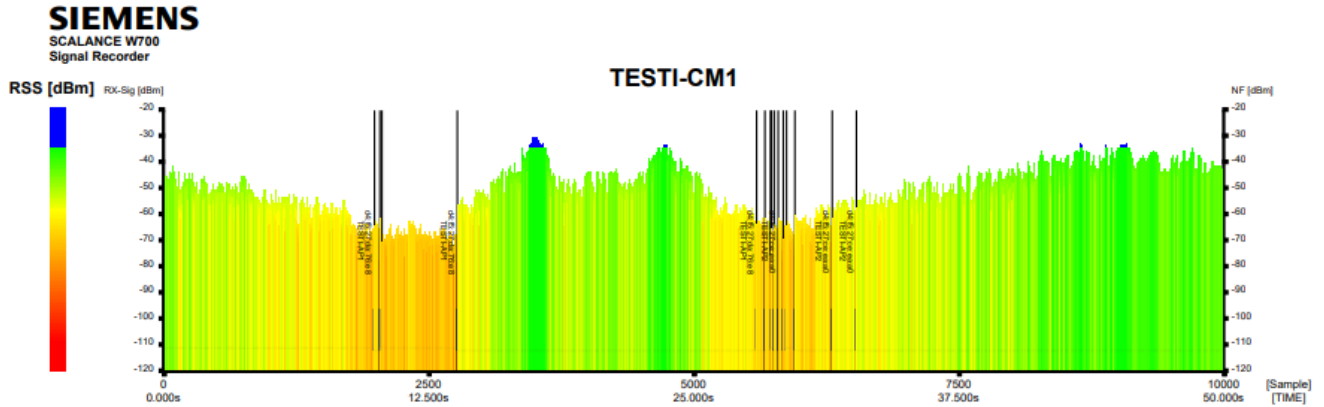
3972	00:04:23:967	0	----	
3973	00:04:23:972	0	----	
3974	00:04:23:977	78	-55	TESTI-AP1
5858	00:04:33:397	51	-69	TESTI-AP1
5859	00:04:33:402	0	----	
5860	00:04:33:407	0	----	
5861	00:04:33:412	0	----	
5862	00:04:33:417	0	----	
5863	00:04:33:422	0	----	
5864	00:04:33:427	0	----	
5865	00:04:33:432	0	----	
5866	00:04:33:437	72	-58	TESTI-AP2

Molemmissa tukiaseman vaihdoksissa kului 40 ms, muissa iPCF-testeissä tulokset olivat myös 40–41 ms. Tämä on nopeampi kuin ilman i-ominaisuuksia, muttei kovin paljoa. Signaali pysyi myös hyvänä, kuvia 13 ja 14 sekä taulukoita 4 ja 5 verrattaessa voi nähdä, kuinka ilman i-ominaisuuksia yhteys pääsee hieman heikommaksi ennen tukiaseman vaihtoa. IPCF taas vaihtaa tukiasemaa erittäin herkästi signaalin äkillisestä putoamisesta.



KUVA 14. Signaalinvahvuudet iPCF

Testeissä huomasin, että iPCF alkoi tekemään useita tukiaseman vaihtoyrityksiä, kun molemmat signaalit olivat erittäin heikot. Tätä kokeilin myös simuloida peittämällä yhdistämättömän tukiaseman signaalia edetessäni pisteeseen, jossa tyypillisesti Client teki vaihdoksen. Tästä esimerkki kuvassa 15.



KUVA 15. Ylimääräisiä tukiaseman vaihdoksia iPCF

4.3.3 IPCF-MC tulokset

Viimeisenä esittelen iPCF-MC-testituloksia, joka odotetusti tuotti nopeimmat tukiaseman vaihdokset. Ensiksi esitän testin kupoliantenneilla. Tässä testissä tukiaseman vaihdoksia tuli useampia, mutta esitän yhden vaihdoksen molempaan suuntaan, kuten muistakin. Tukiaseman vaihdoksista nämä olivat ensimmäinen ja viimeinen. Ensimmäinen vaihdos tapahtuu mittauspisteissä 3307–3309 ja viimeinen mittauspisteissä 5964–5968. Vaihdokset ovat esitettyinä taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Tukiaseman vaihdokset iPCF-MC kupoliantenneilla

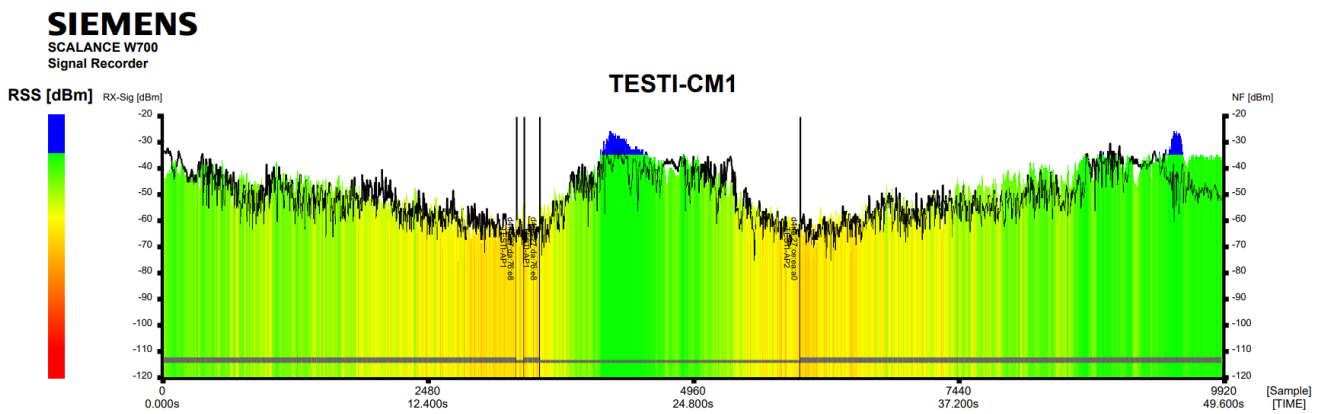
Mittauspiste	Ajanhetki	CM1 signal [%]	CM1 signal [dbm]	M signal [dbm]	AP
3307	06:29:01:966	63	-63	-68	TESTI-AP2
3308	06:29:01:972	0	----	---	
3309	06:29:01:976	68	-60	-68	TESTI-AP1
5964	06:29:15:251	42	-74	-63	TESTI-AP1
5965	06:29:15:256	0	----	---	

(jatkuu)

TAULUKKO 6. (jatkuu)

5966	06:29:15:261	0	----	---	
5967	06:29:15:266	0	----	---	
5968	06:29:15:271	64	-62	-63	TESTI-AP2

Ensimmäinen tukiaseman vaihdos tapahtui erittäin nopeasti eli siinä kesti vain 10 ms. Viimeinen vaihdos kesti 20 ms. Kaksi muuta vaihdosta olivat 10 ms, muissa testeissä tulokset olivat myös 10–20 ms. Alla kuvassa 16 on esitetty tämän testin signaalit, hallintakanavan signaalin vahvuus on esitetty mustana kuvaajaviivana Clientin signaalinvahvuuksien päällä.



KUVA 16. Signaalinvahvuus iPCF-MC kupoliantenneilla

Seuraavaksi käymme läpi iPCF-MC:n tuloksia suuntaavilla hallintakanavan antenneilla. Tästäkin esitän ensimmäisen ja viimeisen tukiaseman vaihdoksen. Ensimmäinen vaihdos tapahtuu mittauspisteissä 3526–3528 ja viimeinen 6281–6282, vaihdokset ovat esitettynä taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Tukiaseman vaihdokset iPCF-MC suunta-antenneilla

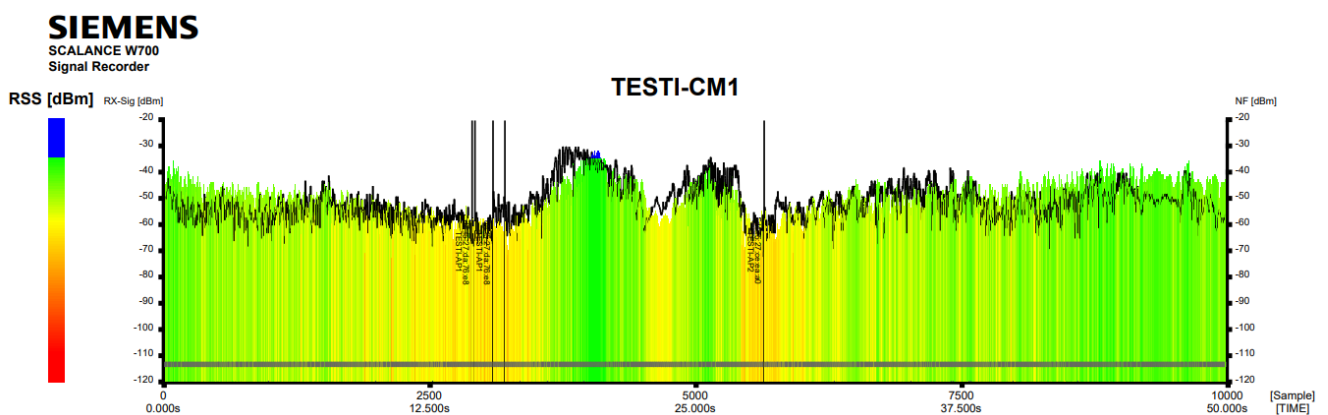
Mittauspiste	Ajanhetki	CM1 signal [%]	CM1 signal [dbm]	M signal [dbm]	AP
3526	00:09:41:918	64	-62	-67	TESTI-AP2
3527	00:09:41:923	0	----	---	
3528	00:09:41:928	68	-60	-67	TESTI-AP1

(jatkuu)

TAULUKKO 7. (jatkuu)

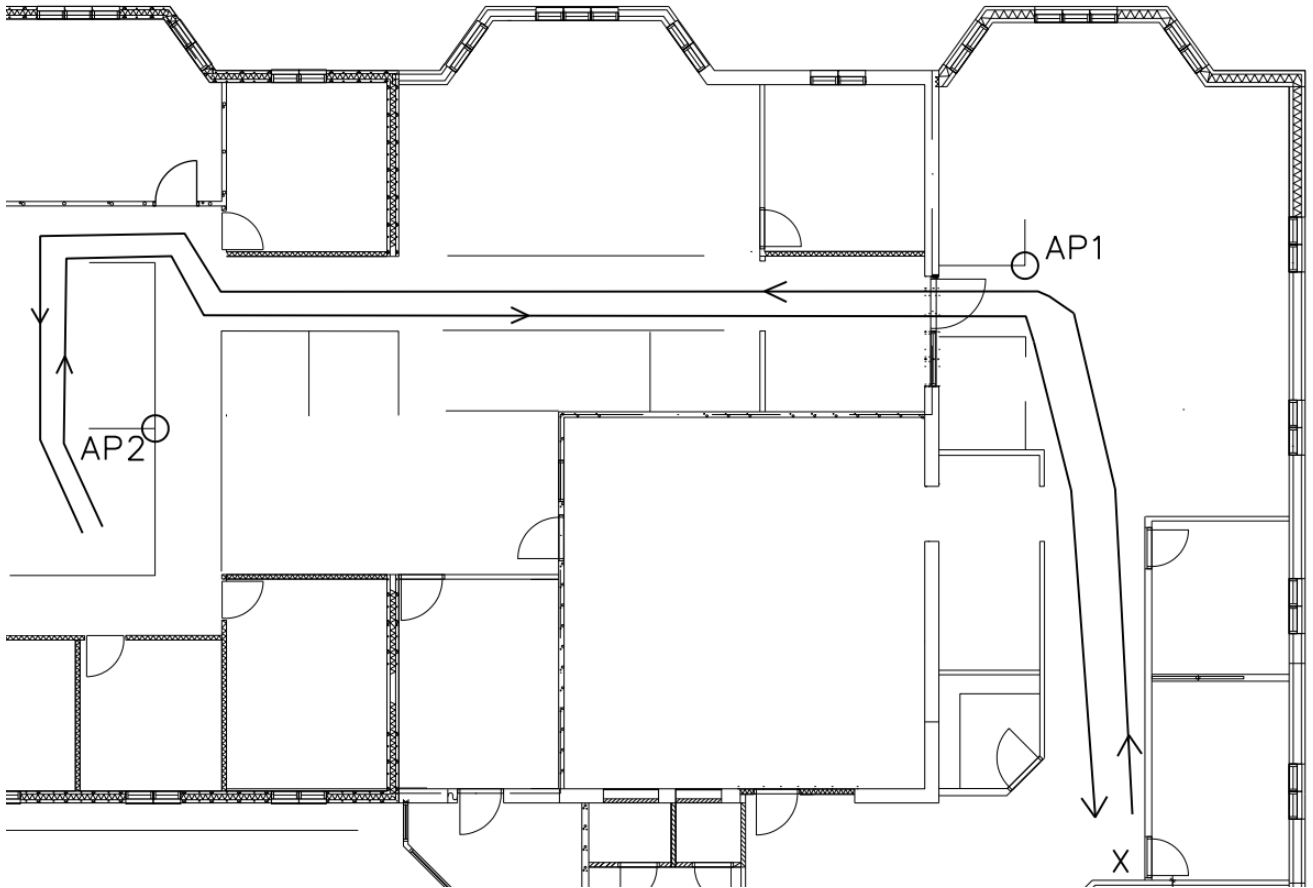
6281	00:09:55:693	57	-66	-70	TESTI-AP1
6282	00:09:55:698	68	-60	-70	TESTI-AP2

Ensimmäinen tukiaseman vaihdos kesti 10 ms ja toinen vain 5 ms. Kolme muuta vaihdosta olivat 5 ms, 5 ms ja 20 ms. Suuntaavien antennien tulokset muissa testeissä olivat myös 5–20 ms. Myöskään signaalinvahvuuksissa ei ollut mitään moitittavaa, kuten kuvasta 17 näkyy. Suuntaavat antennit ovat kuitenkin erittäin tarkkoja niiden asettelusta, joka karsii käyttökohteita.



KUVA 17. Signaalinvahvuus iPCF-MC suunta-antenneilla

IPCF-MC:n toimiminen vaatii, että tukiasemien hallintakanavan antennin signaalin peittoala on samaa kokoluokkaa kuin datakanavan. Tämän testasin niin, että menin tukiaseman 1 luo hieman sivumpaan, pisteeseen jonne tukiaseman 2 signaalit eivät kuuluneet. Kupoliantenneilla Client ja tukiasema 1 säilyttivät yhteyden. Suunta-antenneilla Clientin PLC alkoi hälyttämään ja yhteys katkeili. Näin tapahtui, koska suunta-antennit kattavat niin kapean alueen. Suunta-antennit toimisivat iPCF-MC:llä, jos Client liikkuisi vain suunta-antennien välissä. Kyseisestä testistä kuvassa 18, jossa ”X” on kohta, johon normaalista reitistä poiketen kuljin.



KUVA 18. IPCF-MC peittoala-koe

5 MOBIILIPANEELIN TUTKIMINEN

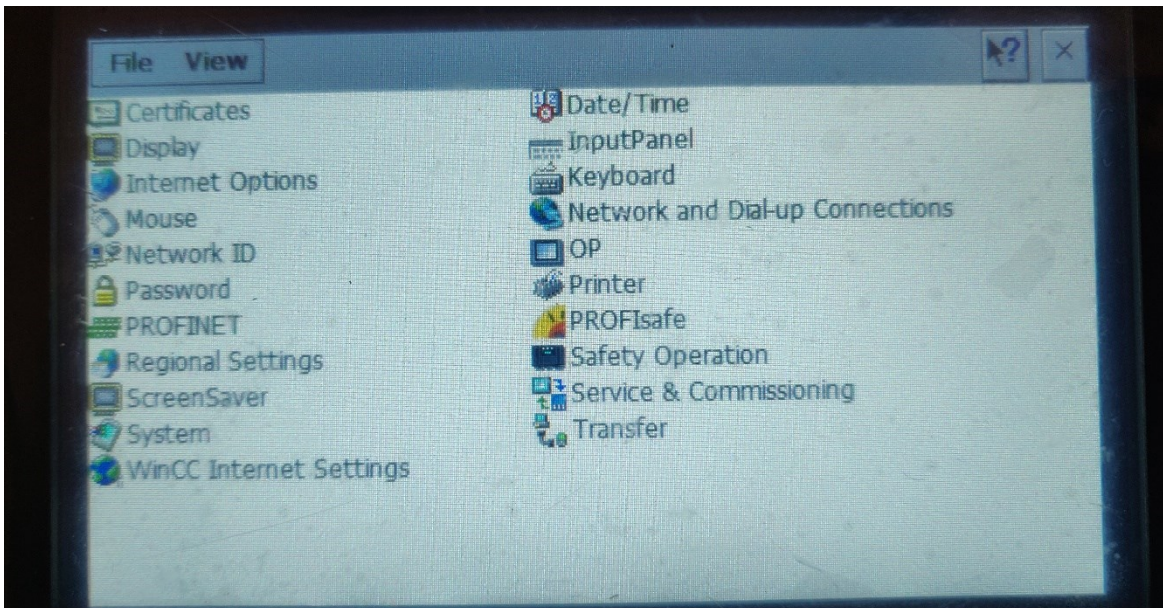
Mobiilipaneeli valikoitui asiakaskohteeseen, koska sillä haluttiin päästä ohjaamaan yksitellen varasto-vaunuja, esimerkiksi kunnossapidon töitä varten. Minun piti testeissäni selvittää, että miten ja kuinka mobiilipaneeli eroaa normaalista paneelistä, kuinka se konfiguroidaan ja miten mobiilipaneelin hätäseis-painike ja kuolleenmiehenkytkin toimivat ja reagoivat eri tilanteissa. Tutkimuksien perusteella tein Apex Automation Oy:lle konfigurointiohjeet mobiilipaneelin ja kytkentälaatikon käyttöön, tämä ohje on salattu liite 2.

Testeissä käytettiin Siemensin KTP400F Mobile -mobiilipaneelia ja Siemensin Connection Box Compact -kytkentälaatikkoa. Mobiilipaneelin kytkentään käytin Siemensin KTP Mobile Connecting cable PN 2 m:n -kytkentäkaapelia. Pää-PLC oli Siemensin CPU 1515F-2 PN -turvalogiikka ja toinen PLC oli Siemensin CPU 1512SP F-1 PN, joka myöskin on turvalogiikka. Laitteet olivat kytkettynä opinnäytetyön osiossa 4 esitettyyn IWLAN-verkkoratkaisuun. Logiikkaohjelma ja simulointi tehtiin TIA Portal V17 -sovelluksella.

5.1 Mobiilipaneelin ja kytkentälaatikon kytkentä, konfigurointi sekä toiminnot

Seuraavaksi esitän mobiilipaneelin ja kytkentälaatikon yhdistämiseen sekä toimintaan saattamiseen liittyviä toimia. Tarkemmat konfigurointiin liittyvät toimet ja asetusarvot on salatussa liitteessä 2. Aloitin testit kytkemällä kytkentälaatikkoon sähköt 24 VDC virtalähteestä, verkkopiuhan Ethernet-kytkimestä sekä muut salatussa liitteessä 2 esitetyt kytkentälaatikon konfigurointiin liittyvät toimet. Kytkin mobiilipaneeliin kytkentäkaapelin ja toisen pään yhdistin kytkentälaatikkoon. Mobiilipaneeli on nyt käynnistynyt ja valmis konfiguroitavaksi.

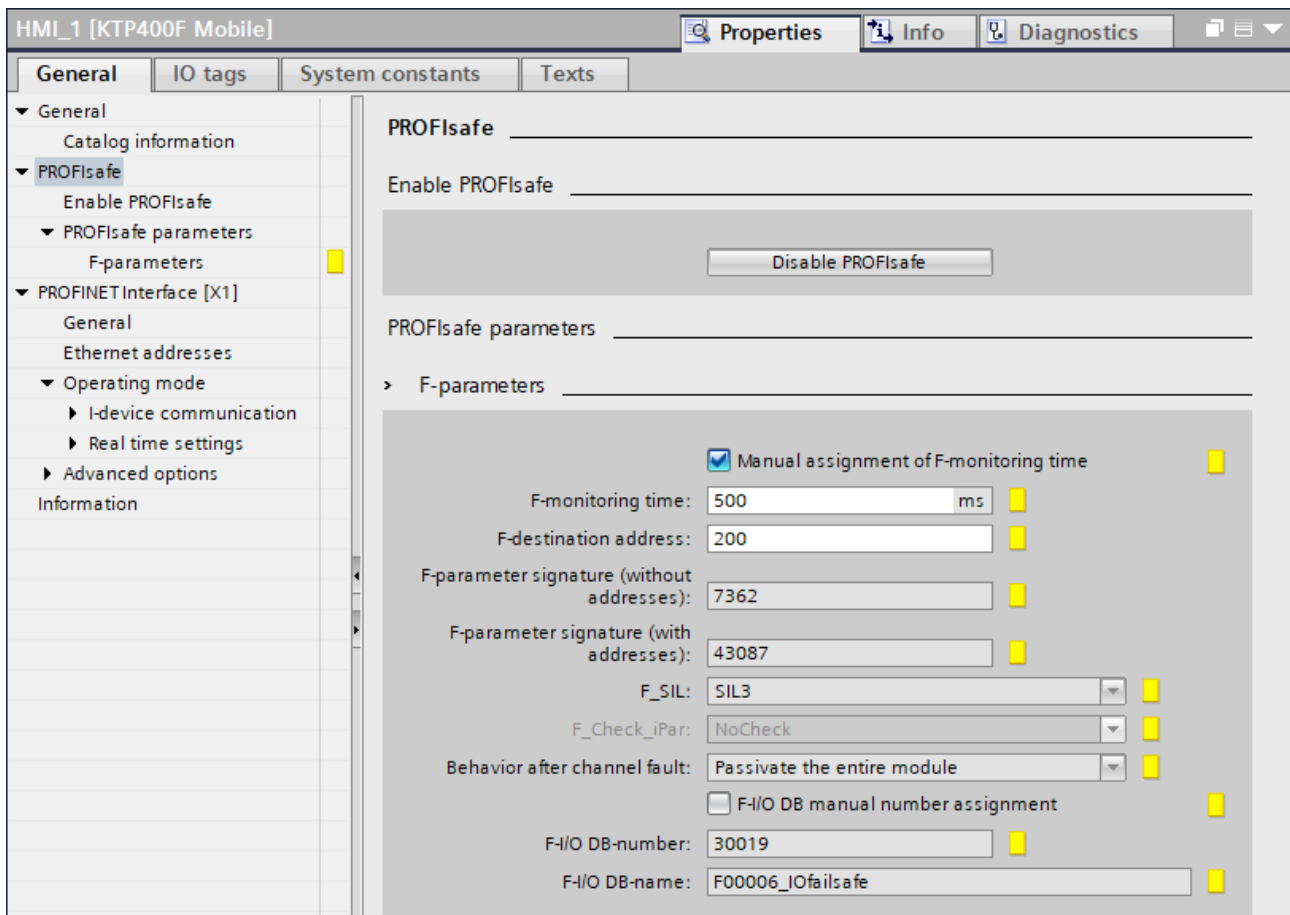
Kuvassa 19 on esitettyä mobiilipaneelin asetusvalikko, sen kautta pystytään määrittää mobiilipaneelin verkkoasetukset, E-stopin eli hätäseis-painikkeen käyttöön liittyvät toimet ja paljon muuta. Toimiakseen logiikkaohjelman kanssa, tulee paneelien asetusten vastata logiikkaohjelmaan määritettyjä tietoja. Muun muassa konfiguroin mobiilipaneelin käyttämään PROFINET IO:ta kommunikoinnissa ja mobiilipaneelin E-stopin tilan arvioinnin tapahtumaan PROFIsafen kautta.



KUVA 19. Mobiilipaneelin asetusvalikko

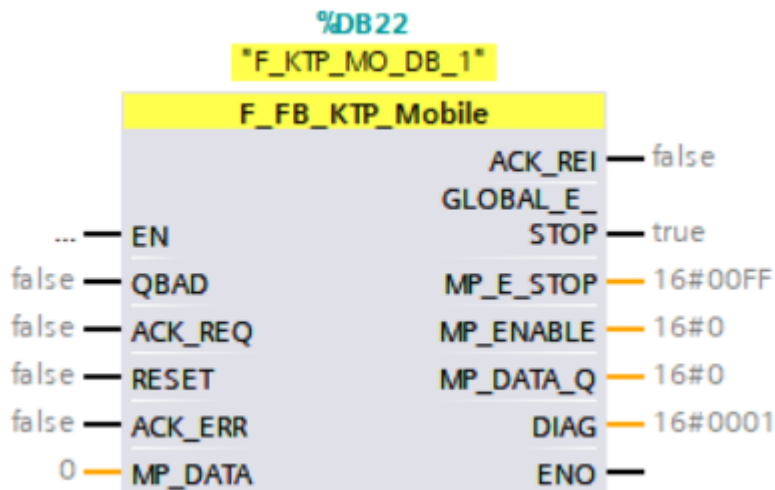
5.2 TIA Portal konfigurointi ja ohjelmointi

Seuraavaksi esitän vaiheita mobiilipaneelin ja PLC:n konfiguroinnista ja ohjelman teosta TIA Portalissa, kuitenkin pääpaino on mobiilipaneelissa, joka on opinnäytetyön aiheena. Tarkempia ohjeita ja vaiheita konfiguroinneista ja tuloksista on salatussa liitteessä 2. Aloitin projektin TIA Portalista, testi-projekti tehtiin toimivaksi todetun projektin pohjalle, jossa useampi turva-PLC kommunikoi yhdessä. Tähän projektiin lisäsin käytössäni olevat PLC:t, mobiilipaneelin ja muokkasin näiden kahden PLC:n välille kaksisuuntaisen Flexible F-link -kommunikoinnin, jonka toiminnan säilymistä seurasin opinnäytetyön osion 4 -IWLAN-testeissä. Ohjelmaan lisäsin myös mobiilipaneelin, jonka yhdistin päälogiikkaan. Asetin mobiilipaneelille muun muassa erilaisia perusasetuksia kuten nimen, IP-osoitteen ja kommunikointitavan. Määräsin mobiilipaneelille IO-ohjaimeksi pää-PLC:n, joka lukee mobiilipaneelin IO-tietoja. Aktivoin mobiilipaneelille PROFIsafen, ja pääsin käsiksi F-parametreihin eli turvakommunikointiin liittyviin parametreihin. Turvakommunikointiin liittyvät konfiguroinnit on merkitty keltaisella merkillä, kuten kuvasta 20 näkyy.



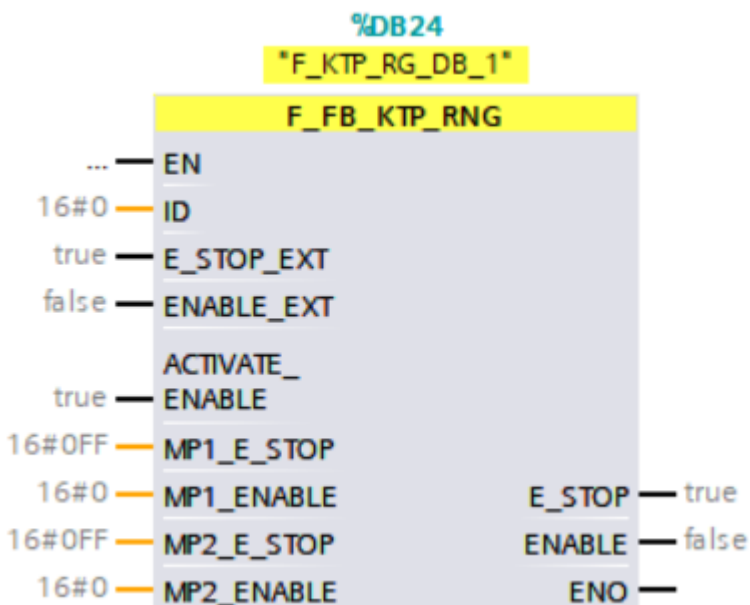
KUVA 20. PROFIsafe-asetuksia

Mobiilipaneelin tutkimiseen ja testaukseen käytin pääasiassa kolmea turvakommunikoinnin lohkoa, jotka löytyvät TIA Portalista. Esitän nämä lohkot seuraavaksi tyhjinä lohkoina, ilman määritettyjä IO-signaaleja. Ensimmäinen lohko on mobiilipaneelin valvomiseen tarkoitettu F_FB_KTP_Mobile-lohko, joka on esitetty kuvassa 21. Se sisältää IO-kenttiä muun muassa vian kuittaukselle, resetoinnille, E-stopin ja kuolleenmiehenkytkimen tilatiedoille. Tämä lohko on kytköksissä seuraavaan lohkoon, joka on F_FB_KTP_RNG.



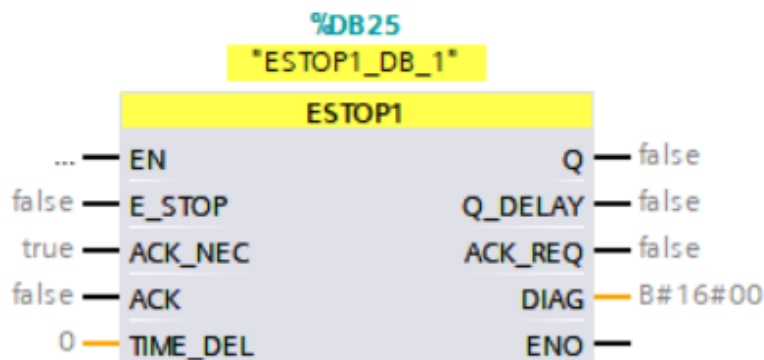
KUVA 21. F_FB_KTP_Mobile

Kuvassa 22 esitetty F_FB_KTP_RNG on kytkentälaatikon valvontaan tarkoitettu lohko, joka toimittaa turvakommunikoinnin signaalit määritetyille toiminnolle tai laitteelle. Tämä lohko sisältää IO-kenttiä muun muassa kytkentälaatikon spesifille ID:lle ja mobiilipaneelin E-stopin ja kuolleenmiehenkytkimen tilatiedoille ja asetusarvoille. Tässä sovelluksessa tämä lohko toimittaa turvakommunikoinnin signaalit ESTOP1-lohkolle.



KUVA 22. F_FB_KTP_RNG

Kuvassa 23 esitetty ESTOP1 on nimensä mukaisesti E-stopin valvontaan käytetty lohko, jota käytetään kuittauksen vaatimiseen E-stopin painamisen jälkeen. ESTOP1 lukee E_STOP nimisestä input-kentästä E-stopin tilatietoa ja sen mukaan määrittää output-signaalin ”Q” tilan false tai true, eli päästääkö se signaalin läpi vai ei. Painettu E-stop vaatii aina kuittauksen uudelleen aktivoituakseen. Uudelleenaktivoituminen suoritetaan ACK-kenttään tulevalla input-signaalilla.



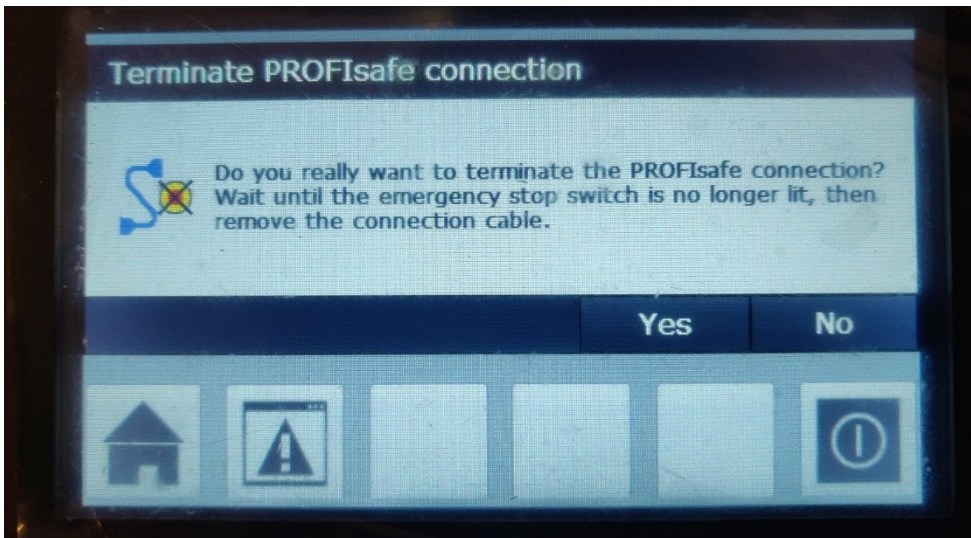
KUVA 23. ESTOP1

5.3 Testien toteutus ja tulokset

Seuraavaksi esitän mobiilipaneelille tehtyjä testejä, jotka liittyvät sen E-stop-painikkeen käyttäytymiseen erilaisissa tilanteissa. Testien toteutumista seurasin TIA Portalista monitorointitoiminnon avulla, jonka avulla pystytään nähdä lohkojen tilat, kun ohjelma on ajossa. Lähtötilanne kaikissa testeissä on, että mobiilipaneelin E-stop on aktiivitulassa eli painamattomana päästäen output-signaalin ”Q” läpi ja E-stopin valo palaa, kuten kuvassa 3.

5.3.1 Mobiilipaneelin hallittu sammutus

Ensimmäinen tilanne on mobiilipaneelin hallittu sammutus. Hallittu sammutus tapahtuu sammuttamalla HMI-sovelluksessa eli ns. ajossa olevan paneelin. Paneeli sammutetaan valvomonäkymässä olevasta sammutusnapista, tällöin tulee vielä varmistus sammuttamisesta ja PROFIsafe-yhteyden katkaisemisesta. Yhteyden katkaisusta tuleva varmistus kuvassa 24.



KUVA 24. Hallittu sammutus

Kun HMI-sovelluksen sammutus saatettiin loppuun, sammui E-stop-painikkeen valo ja mobiilipaneeli siirtyi aloitusvalikkoon. TIA Portalista pystyin näkemään, että ESTOP1-lohko päästää silti Q:n läpi, koska sammutus oli hallittu. Kuitenkaan mobiilipaneelin E-stop-painike ei ole enää käytettävissä signaalin katkaisemiseksi. Kun paneelin jälleen käynnistää alkuvalikosta, syttyy E-stop-painikkeen valo ja paneeli on jälleen käyttövalmiina. Näin sen myös pitääkin toimia, sillä paneelin pitää pystyä sammuttamaan hallitusti, laukaisematta turvapiiriä.

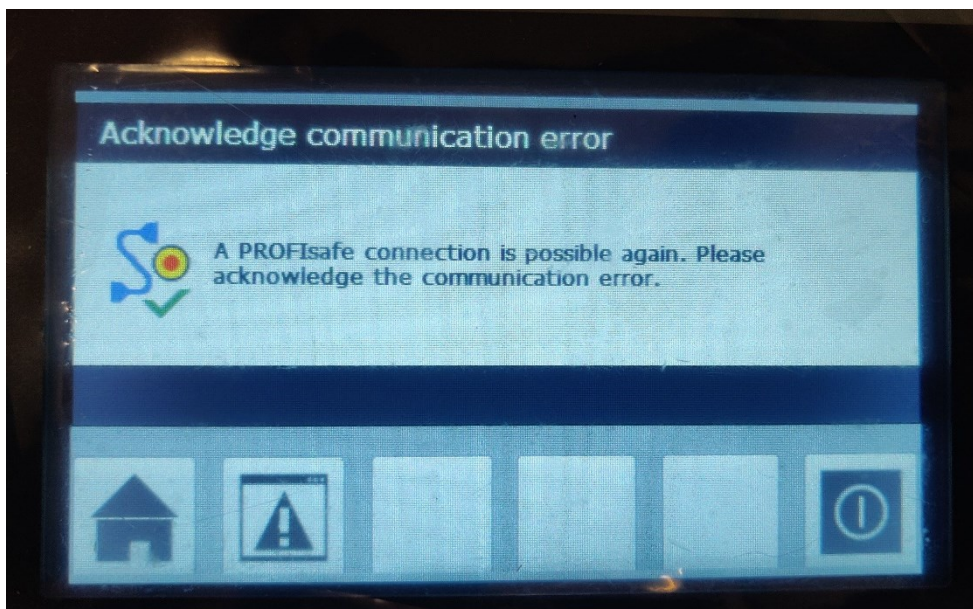
5.3.2 Mobiilipaneelin hallittu sammutus ja irtikytkentä

Toinen tilanne on hallittu sammutus ja kaapelin irrotus, näin mobiilipaneelin operoijien tulisi toimia, jos mobiilipaneelia ollaan siirtämässä esimerkiksi toiselle kytkentälaatikolle. Aluksi suoritin mobiilipaneelille kuvassa 24 esitetyn hallitun sammutuksen. Seuraavaksi irrotin mobiilipaneelin kytkentäkaapelin kytkentälaatikosta, katkaisten virran kokonaan mobiilipaneelistä. Koska mobiilipaneeli on virrattomana, sammuu myös mobiilipaneelin näyttö. Kuitenkin ESTOP1-lohko päästää jälleen Q:n läpi, koska sammutus tehtiin hallitusti. Mobiilipaneeliin yhdistetty pää-PLC hälyttää kadonnutta laitetta, kuitenkin katkaisematta turvakommunikointia. Kytkentäkaapelin kytkettäessä takaisin, mobiilipaneeli käynnistyy ja avaa HMI-sovelluksen itsestään. Ohjelmakohtaisesti pää-PLC voi vaatia kuittausta, mutta salatun liitteen 2 mukaisessa konfiguroinnissa PLC:n vika kuittaui itsestään mobiilipaneelin

takaisin-kytkeytyessä. Kun pää-PLC ei ole enää vikatilassa syttyy E-stop-painike ja mobiilipaneeli on jälleen käyttövalmiina.

5.3.3 Mobiilipaneelin irtikytkentä ilman hallittua sammutusta

Kolmas tilanne on irtikytkentä ilman hallittua sammutusta. Tällainen tilanne voi sattua, jos mobiilipaneelin kanssa kuljetaan liian kauas, nykäisten kytkentäkaapelin irti. Toinen vaihtoehto tällaiselle tilanteelle on esimerkiksi, jos kytkentäkaapeli jää johonkin väliin, katkaisten kaapelin. Todennäköisin tilanne hallitsemattomalle irtikytkennälle on kuitenkin hallitun sammutuksen unohtaminen. Testissä irtirotin kytkentäkaapelin kytkentälaatikosta sammuttaen mobiilipaneelin ja sen E-stop-painikkeen. Koska sammutus ei ollut hallittu, sulki ESTOP1-lohko Q:n signaalin, eli todellisessa tilanteessa se laukaisi turvapiirin. Myös mobiilipaneeliin yhdistetty pää-PLC hälytti jälleen kadonnutta laitetta. Kun kytkentäkaapelin kytki takaisin, mobiilipaneeli käynnistyi jälleen. Kuitenkaan pää-PLC:n vikatilaa kuittaaminen ei sytyttänyt E-stop-painiketta tai korjannut ESTOP1-lohkon Q:n signaalia. Mobiilipaneeli vaatii kommunikaatiohäiriön kuittausta, joka tapahtui kuolleenmiehenkytkimellä. Kyseinen kuittauksen vaatiminen on esitetty kuvassa 25.



KUVA 25. Kuittauksen vaatiminen

Kytkimellä tehdyn kuittauksen jälkeen E-stop-painikkeen valo syttyi palamaan. ESTOP1-lohkosta kuitenkin pystyi näkemään, että Q:n signaali ei kulkenut vielääkään läpi. Tämä johtuu siitä, että turvapiiri laukesi ja turvapiirin laukeaminen vaatii aina kuittausta, joten ESTOP1-lohkon input-kenttään ”ACK” täytyi syöttää kuittaustieto. Kuittauksen jälkeen Q:n signaali kulki taas ja olimme jälleen lähtötilanteessa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Apex Automation Oy:lle kahta uutta tekniikkaa, jotka liittyvät samaan sovellutukseen ja tuottaa niistä konfigurointiohjeet sekä tietoa kyseisten tekniikoiden käyttäytymisestä. Molemmat aihealueet olivat myös minulle täysin uusia ja tartuin haasteeseen mielenkiinnolla. Ennen testien toteuttamista sain hyvän tovin perehtyä väylä-, WLAN- ja turvakommunikaatioihin. Opin paljon uutta ja alallani hyödyllistä, etenkin koneturvallisuudesta ja siihen liittyvästä ohjelmoinnista.

Koneturvallisuuden osaamisen merkitys automaatioinsinöörille tuli minulle hieman yllätyksenä. Vaikkakin olen koneturvallisuuteen törmännyt aikaisemmin, en ole päässyt näkemään sitä suunnittelijan perspektiivistä. Yllättävää oli myös, että vaikka Siemensin IWLAN ja mobiilipaneeli eivät ole kovin uutta tekniikkaa, niistä ei valmistajan ohjeiden lisäksi paljoa muuta materiaalia löytynyt. Koulussa tehtyihin laboratorioharjoituksiin usein löytyi hyvät Youtube-videot, joissa kerrottiin myös ne kikat, joita manuaaleissa ei välttämättä mainita.

IWLAN-tutkimuksista saadut tulokset olivat odotetun mukaisia, kuitenkin harppaus iPCF ja iPCF-MC:n välillä oli suurempi, kuin odotin. IPCF-MC on testatuista IWLAN-ratkaisuista kallein, sillä käyttö vaatii kalliimmat tukiasemat ja ylimääräiset antennit, mutta kuitenkin näiden tuloksien perusteella se olisi parhain vaihtoehto asiakaskohteeseen. IWLAN ilman i-ominaisuuksia oli hitain tukiasemien vaihdoksissa, mutta siltikin erittäin nopea. Testeissä ilman i-ominaisuuksia ei myöskään Signal Recorderin mukaan tullut ylimääräisiä tukiaseman vaihdoksia. IWLAN-ratkaisun todellinen käyttäytyminen ilmenee vasta asiakaskohteessa, sillä testien asetelma ei ole täysin sama ja varsinkin Client Moduleita on todellisuudessa useampia. Kuitenkin i-ominaisuuksista ja IWLAN-tekniikasta saatiin tärkeää esitietoa, jota hyödynnetään projektin toteutuksessa.

Mobiilipaneelin tutkiminen oli hieman nousujohteista. Mitä enemmän manuaaleja luki, sitä enemmän löysi jotain uutta hyödynnettävää. Yhdessä vaiheessa juminen päiviä toimimattoman laitteen kanssa, pienen tulkintavirheen takia. Tämä korostaa oman konfigurointiohjeen merkitystä, sillä satojen sivujen mittaisesta manuaalista on paljon hankalampi löytää pieniä, mutta tärkeitä yksityiskohtia. Mobiilipaneeli oli niin sanotusti fiksu laite, sillä turvatoimien arviointi pystyttiin toteuttamaan muutaman lohkon avulla PROFIsafen välityksellä.

Molemmista aihealueista olisi voinut toteuttaa enemmänkin testejä, kuten esimerkiksi mobiilipaneelin käyttäytymistä useamman kytkentälaatikon kanssa tai useammassa eri tilanteissa. Myöskin IWLAN-tekniikasta olisi voinut testata toimimista useampien Client Modulejen kanssa, 2,4 GHz:n taajuudella tai suuremmassa testiympäristössä käyttäen tukiasemissa useampia antennia. Kuitenkin tällä aikataululla ja laitesaatavuudella päästiin näihin tuloksiin.

Molemmat opinnäytetyössä tehdyt tutkimukset onnistuivat ja niille asetetut tavoitteet saavutettiin. Apex Automation Oy pystyy hyödyntämään tutkimuksista saatuja tietoja sekä konfigurointiohjeita tulevilla vastaavilla projekteillaan.

LÄHTEET

Anderson, M. 2019. What is fieldbus?

Saatavissa: <https://realpars.com/fieldbus/> Viitattu 7.4.2022

Apex Automation. Yrityksen verkkosivut. Saatavissa: <https://www.apexautomation.fi/> Viitattu 26.4.2022

Bowne, M. 2021. What is PROFINET? – PROFINET explained. Saatavissa: <https://us.PROFINET.com/PROFINET-explained/> Viitattu 9.4.2022

Bowne, M. 2020 The difference between PROFINET and PROFIsafe. Saatavissa: <https://us.PROFINET.com/the-difference-between-PROFINET-and-profifSAFE/> Viitattu 27.4.2022

Cisco. What Is a Wireless LAN? Saatavissa: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/wireless-lan.html#~benefits> Viitattu 9.4.2022

Hietikko, M., Malm, T. & Alanen, J. 2009. Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2485.pdf> Viitattu 24.4.2022

Keswick, J. 2021. How to choose a Safety PLC. Saatavissa: <https://efunctionalsafety.com/how-to-choose-a-safety-plc/> Viitattu 15.4.2022

Kwok, K. 2021. What is Wi-Fi Roaming and how it works. Saatavissa: <https://www.mercku.com/2021/07/28/what-is-wi-fi-roaming-and-how-it-works/> Viitattu 9.4.2022

Kyberturvallisuuskeskus. Langattomasti, mutta turvallisesti: Langattomien lähiverkkojen tietoturvasuudesta. Saatavissa: https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/file/Langattomasti_mutta_turvallisesti_Langattomien_lahiverkkojen_tietoturvasuudesta.pdf Viitattu 9.4.2022

Mehta, B, R. & Reddy, Y, J. 2015. Industrial Process Automation Systems: Design and Implementation

Pilz. a. IEC 62061- Safety Integrity Level (SIL). Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/support/know-how/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061> Viitattu 24.4.2022

Pilz. b. EN ISO 13849-1: Performance Level (PL). Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/support/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iso-13849-1> Viitattu 24.4.2022

Pjc. Langaton tiedonsiirto Siemens Scalance W. Saatavissa: <https://www.pjc.fi/automaatio/teollisuusvayla/langaton-tiedonsiirto/99/langaton-tiedonsiirto-siemens-scalance-w> Viitattu 14.2.2022

Profibus. 2016. PROFIsafe System Description: Technology and Application. Saatavissa: <https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=51719&to-ken=3ddb13f215c62bfc35ca8a5e4c4071e0c4bd006c> Viitattu 27.2.2022

Siemens. a. Software in TIA Portal. Saatavissa: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software.html> Viitattu 17.4.2022

Siemens. b. Ladattavissa oleva pdf-tiedosto. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatasheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6AV2125-2AE03-0AX0%26language%3Den> Viitattu 19.4.2022

Siemens. 2012. SCALANCE IWLAN MIMO technology. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=3unhJ6bIDAu> Viitattu 14.2.2022

Siemens. 2014. SIMATIC HMI Mobile Panels 2nd Generation. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=DDH1tICwb9M> Viitattu 14.2.2022

Siemens. 2017. Using the 2nd Generation Mobile Panel in a Safety Related Application. V2.0. Saatavissa: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/649/103497649/att_932169/v2/103497649_KTPxxxF_Mobile_2nd_DOC_V20_en.pdf Viitattu 28.4.2022

Siemens 2019. iFeatures – special industrial functions for wireless applications. Saatavissa: <https://usermanual.wiki/m/cf340e2754aea58aef0543647d18e54d42bdc4f167738eb12b521518e0a31646.pdf> Viitattu 9.4.2022

Siemens. 2021a. Ladattavissa oleva pdf-tiedosto. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109477845/simatic-hmi-hmi-devices-hw-mobile-panels-2nd-generation?dti=0&lc=en-US> Viitattu 23.4.2022

Siemens. 2021b. Basic information of configuring an Industrial Wireless LAN. 6.0. Saatavissa: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/063/90880063/att_1057536/v1/90880063_Aufbau_IWLAN_DOKU_V60_en.pdf Viitattu 18.4.2022

Us.PROFINET. PROFINE TECHNOLOGY. Saatavissa: <https://us.PROFINET.com/technology/PROFINET/#%C2%A71.0%20%E2%80%93%20PROFINET%20What%20&%20Why> Viitattu 9.4.2022

Webster, E. 2021. MIMO (multiple input, multiple output). Saatavissa: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/MIMO> Viitattu 18.4.2022

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.

Liite salainen.