



Ville Korpela

Profinetin ja TCP/IP-tekniikan vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

17.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Ville Korpela
Otsikko: Profinetin ja TCP/IP-tekniikan vertailu
Sivumäärä: 26 sivua + 0 liitettä
Aika: 17.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Lehtori Erik Pätynen

Opinnäytetyön aiheena oli vertailla, miten yleisesti käytössä oleva TCP/IP-tekniikka eroaa Profinetistä.

Työ aloitettiin selvittämällä mitä tekniikoita Profinet hyödyntää, jotta sillä pystytään toteuttamaan teollisuuden tarpeet täyttävä väyläpohjainen tiedonsiirtomenetelmä. Työn edetessä kävi selväksi, ettei Profinetiä voi suoranaisesti verrata TCP/IP-tekniikkaan, koska ne toimivat eri tiedonsiirron kerroksilla. TCP/IP-tekniikka määrittää tavat, joilla dataa siirretään, kun taas Profinet keskittyy lähinnä dataosuuden toteuttamiseen. Profinet myös määrittää, kuinka tieto tulee siirtää kohteeseen määrittelemällä protokollia, joita siirtämiseen käytetään. Profinet käyttää samoja protokollia, joita tavallisessa internetissä käytetään.

Tiedonhankinta Profinetistä oli kohtuullisen hankalaa, koska monissa lähteissä on tarkoituksena markkinoida tekniikkaa eikä niinkään avata, miten asiat on toteutettu oikeasti.

Profinetillä kyetään toteuttamaan verkko ymmärtämättä juurikaan, miten kaikki sen toiminnot toimivat oikeasti. Opinnäytetyön tarkoitus on avata protokollat niin, että suunnittelija ymmärtää, miten protokollat muodostavat yhdessä tietokoneverkon.

Avainsanat: automaatio, Profinet, tietokoneverkko, lähiverkko

Abstract

Author: Ville Korpela
Title: Comparison of Profinet and TCP/IP Technology
Number of Pages: 26 pages + 0 appendices
Date: 17 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Erik Pätynen, Senior Lecturer

The subject of this thesis was to compare Profinet and TCP/IP technology.

The first step was to find out what kind of technologies Profinet uses to accomplish industrial network. After gathering information, it started to look like Profinet cannot be fully compared to it because they are on different layers on the Network. While TCP/IP focuses on transmitting data, Profinet is making rules on how to write and read. Profinet also makes demands on how the data should be transmitted by choosing which protocols should be used for each action. Profinet is constructed from the same protocols that are used in normal internet networks.

Information relating to the Profinet technologies is relatively hard to gather, because there is lots of marketing included on many sources.

With Profinet, networking can be done without understanding how all different mechanisms are done. The thesis is made for designers to help them understand how protocols make the network.

Keywords: Automation, Profinet, Computer network, Local area network

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietokoneverkot	1
2.1	Lähiverkko	1
2.2	Ethernet	2
2.3	Ethernet-kehys	4
2.4	TCP/IP ja UDP/IP	4
2.5	IP- ja MAC-osoitteet	7
3	Automaatiojärjestelmien väylätekniikkaa	9
3.1	Väylätekniikan historiaa	9
3.2	Tarve väylätekniikalle automaatiossa	9
3.3	Profinetin kehittyminen	9
4	Profinet	10
4.1	Profinetin kehys	10
4.2	Profinet OSI-mallissa	11
4.3	Profinet ja TCP/IP-protokolla	12
4.4	Profinet-nimet	12
4.5	Projektiin tehty topologia	13
4.6	LLDP	13
4.7	SNMP	14
4.8	Profinet DCP	14
4.9	Profinet IO	16
4.10	Profinet MRP	17
4.11	Profinet MRPD	18
4.12	Profinet RT	18
4.13	Profinet IRT	19
4.14	Profinet CBA	20
5	Yhteenveto	21
	Lähteet	23

Lyhenteet

CBA	<i>Component based automation.</i> Profinet käyttämä tiedonsiirto malli.
DCP	<i>Discovery and basic Configuration Protocol.</i> Apuprotokolla jolla konfiguroidaan laitteita.
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol.</i> IT puolella käytetty protokolla, joka jakaa IP osoitteita.
GSD	<i>General Station Description.</i> Profinetin ja Profibussin käyttämä tiedostotyyppi, jolla kuvataan laitteiden kommunikointiasetukset.
IO	<i>Input output.</i> Termiä käytetään laitteiden mittaus ja ohjaus-signaaleista.
IP	<i>Internet protocol.</i> Protokollan huolehtii tiedonvälittämisestä verkkokerroksessa.
IRT	<i>Isochronous Real-Time.</i> Profinetin käyttämä tiedonsiirto menetelmä, joka vähentää viiveenvaihtelua.
LAN	<i>Local area network.</i> Lähiverkko.
LLDP	<i>Link Layer Discovery Protocol.</i> Apuprotokolla jolla voidaan tunnistaa laitteita fyysisten porttien avulla.
MAC	<i>Medium access control.</i> Uniikki tunnus, jolla identifioidaan laite.
MRP	<i>Media Redundancy Protocol.</i> Protokolla jolla toteutetaan rengas profinet rt:llä.

MRPD	<i>Media Redundancy for Planned Duplication.</i> Protokolla jolla toteutetaan rengas profinet irt:llä.
PCD	<i>PROFINET Component Description.</i> Profinet cba käyttämä tiedostotyyppi kuvaamaan laitteet.
PTP	<i>Precision Time Protocol.</i> Protokolla jolla synkronoidaan laitteidenkelloja.
PTCP	<i>Precision Transparent Clock Protocol.</i> Profinetissä käytetty protokolla, jolla synkronoidaan kelloja sekä lasketaan viivettä.
RT	<i>Real-Time.</i> Profinetin käyttämä tiedonsiirto menetelmä.
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol.</i> Apuprotokolla, joka huolehtii laitteidentilasta.
TCP	<i>Transmission Control Protocol.</i> Tiedonsiirto protokolla, jonka vahvuus on luotettavuus.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol.</i> Protokollapino.
UDP	<i>User Datagram Protocol.</i> Tiedonsiirto protokolla, jonka vahvuus on nopeus.
WAN	<i>Wide area network.</i> Laajaverkko.

1 Johdanto

Automaatioinsinöörin kannalta tiedonsiirtoverkot ovat melko hankala kokonaisuus, koska aihe ei ole kuin yksi osa laajempia järjestelmiä, jotka yhdessä muodostavat ketjun, jonka lopputuloksena saadaan toimiva tai toimimaton prosessi. Todellisuudessa tavallisella automaatioinsinöörillä ei ole juurikaan mahdollisuuksia perehtyä väylätekniikkaan syvällisemmin, minkä takia tämä avaa usein mahdollisuuden ulkopuolisille toimijoille tehdä väyläratkaisut ja taata niiden toimivuus.

Opinnäytetyössäni pyrin selventämään itselleni ja lukijalle, kuinka Profinet eroaa yleisesti käytössä olevista protokollista ja miten sen toiminnat on toteutettu. Ensisijaisesti vertailua tehdään TCP/IP-tekniikkaa vasten, koska Profinet pohjautuu siihen. Opinnäytetyössä käydään läpi pintaraapaisuna lähiverkkotekniikkaa, mutta aiheen ollessa erittäin laaja, ei työllä pyritä kertomaan kaikkea lähiverkkotekniikasta vaan lähinnä antamaan perustietoa, jotta aiheeseen perehtymätön henkilö pystyy saamaan jonkinlaisen käsityksen aiheesta.

2 Tietokoneverkot

Tässä luvussa avataan tietokoneverkkojen perusteita, joka helpottaa aiheen ymmärtämistä. Tietokoneverkkojen tarkoitus on siirtää dataa tietokoneiden välillä.

2.1 Lähiverkko

Lähiverkko tarkoittaa verkkoa, joka on rajoittunut johonkin tiettyyn alueeseen esimerkiksi rakennukseen. Lähiverkko voi myös olla yhdistettynä muihin verkkoihin, jolloin muodostuu laajaverkko eli WAN (Wide area network).

Lähiverkkojen tekniikoista tunnetuin on Ethernet. (What Is a LAN? n.d.) Tekniikoiden ja protokollien eri rajapintoja helpottamaan on tehty standardi ISO/IEC 7498 (1994), josta on saatu OSI-malli. (Kuva 1).



Kuva 1. OSI-malli. (Tiedosto:OSI-malli-korjattu.jpg 2019.)

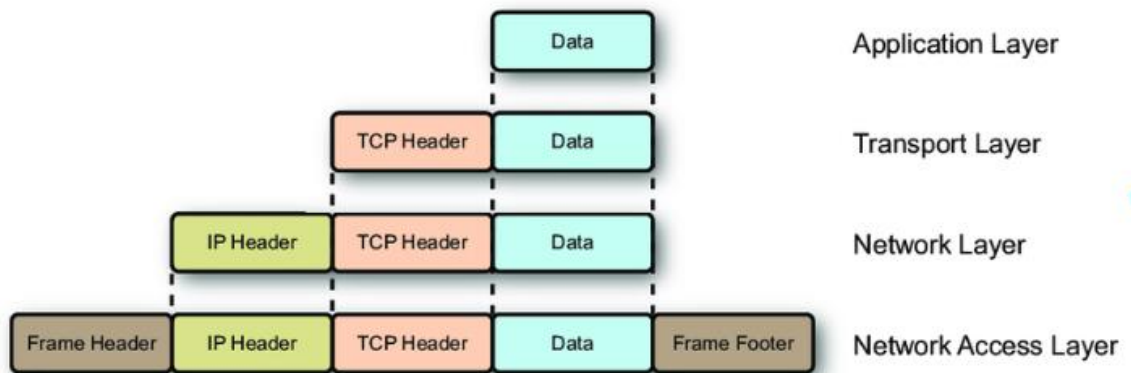
2.2 Ethernet

Ethernet on fyysinen media, mikä tarkoittaa kaapelointia ja sähköistä tiedonsiirtoa. Ethernet määritellään standardissa IEEE 802.3. Kaapeloinnissa usein käytetään kierrettyä parikaapelia, joka päätetään RJ45-liittimellä (Kuva 2) ja sen useimmat varmasti tunnistavatkin. Valokuidun käyttäminen on myös mahdollista. Ethernetin protokollaa käyttävät fyysiset laitteet ovat verkkokortit, kytkimet, reitittimet sekä toistimet. Toistimia ei juurikaan käytetä lähiverkoissa, mutta teollisuusalueilla, joissa välimatkat ovat useita kilometrejä saatetaan tulla tilanteeseen, jossa tarvitaan toistin.



Kuva 2. RJ45-liitin. (Startech Nettikaapeli RJ45 CAT6 UTP 50 Cm. n.d.)

Ethernetin tehtävänä on myös yhdistää ylempien tasojen kapseli sen omaan kehykseen (Kuva 3) ja tehdä siitä fyysinen muoto, sekä purettava se toisessa päässä. Tiedonsiirrossa harvoin pystytään siirtämään yhdessä kehyksessä tarpeeksi tietoa, jotta halutut toiminnot saadaan toteutettua, jonka takia isommat lähetykset tulevat osissa. Yleisesti ottaen dataisuus Ethernetiin tuotavassa kehyksessä on 1518 tavua maksimissaan, mutta myös isommat kehykset ovat mahdollisia. (Configure Jumbo/Giant Frame Support on Catalyst Switches 2015.)



Kuva 3. Sovellusdatan kapselointi TCP/IP mallin mukaisesti. (Packet encapsulation. TCP/IP architecture encapsulates the data from the upper layer by attaching a "header" of the current-layer protocol into the data 2010)

2.3 Ethernet-kehys

Ethernet-kehäksen (Kuva 4) toiminta keskittyy OSI-mallin toiselle tasolle (Siirto-kerros). Paketilla viitataan OSI-mallin kolmannelle tasolle (Verkkokerros). Jos kehys on lähetetty toisesta verkosta, tulee sen aluksi löytää tiensä IP-osoitteen avulla oikeaan verkkoon, jonka jälkeen se etsii kohteensa paikallisen laiteosoitteen perusteella.

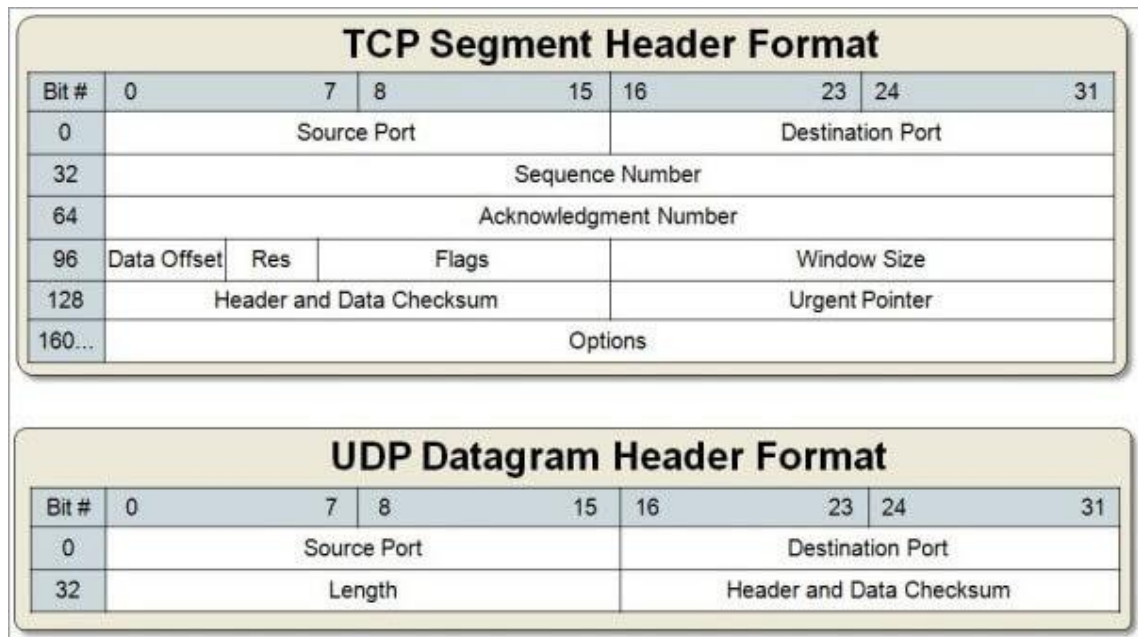


Ethernet Frame Format

Kuva 4. Ethernet-kehäksen rakenne, jossa on esitetty tahdistusbitit. (101 Series: Ethernet Back to Basics 101 Series: Ethernet Back to Basics 2019.)

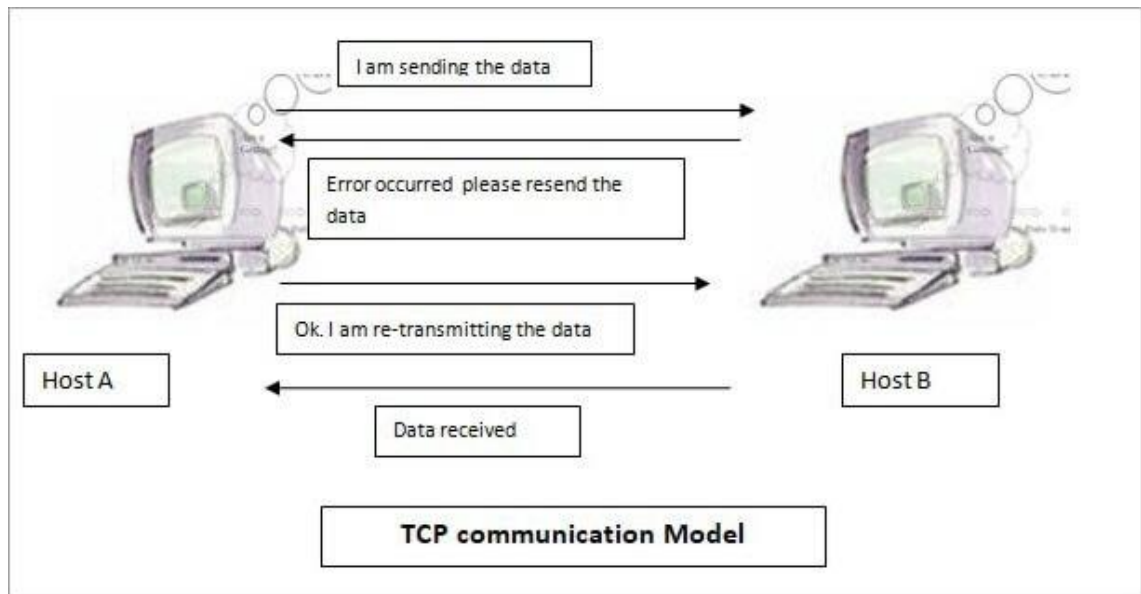
2.4 TCP/IP ja UDP/IP

Tiedonsiirtoprotokollat määrittävät säännöt, jolla tietoa siirretään. Kun tietoa siirretään, tulee kummankin osapuolen tietenkin käyttää samaa protokollaa, jotta data pysyy ehyenä. TCP- ja UDP-protokollat (Kuva 5) ovat protokollista yleisimmin käytetyt, minkä takia niitä onkin hyvä avata tarkemmin.



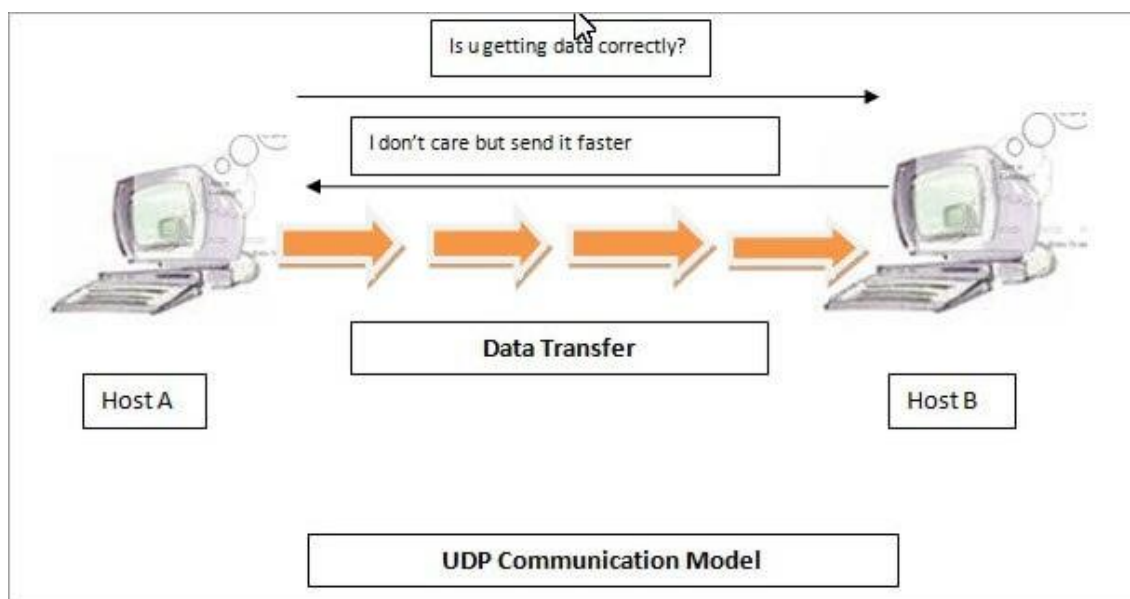
Kuva 5. TCP ja UDP kehykset. (TCP Segment Vs UDP Datagram Header Format 2016)

Standardi RFC 793 (1981) määrittelee TCP on protokolla, jonka vahvuus on luotettavuus (Kuva 6). TCP:n tuottamaa formaattia kutsutaan datagrammiksi. Sen toiminta sisältää kättelyt, joilla muodostettu yhteys todennetaan. Lähetysten yhteydessä tehdään lähetykselle korruptoitumista varten laskentasumma, jonka perusteella voidaan tarkastella tiedon saapuessa sen oikeellisuus. Vastaanotetuista lähetyksistä tulee myös kuittaus lähettäjälle ja jos tämä kuittaus puuttuu, lähetetään puuttuva tieto uudestaan. Datagrammien mukana tulee myös järjestysnumerointi.



Kuva 6. TCP-kommunikointi. (TCP Vs UDP – What Is The Difference Between TCP And UDP 2022)

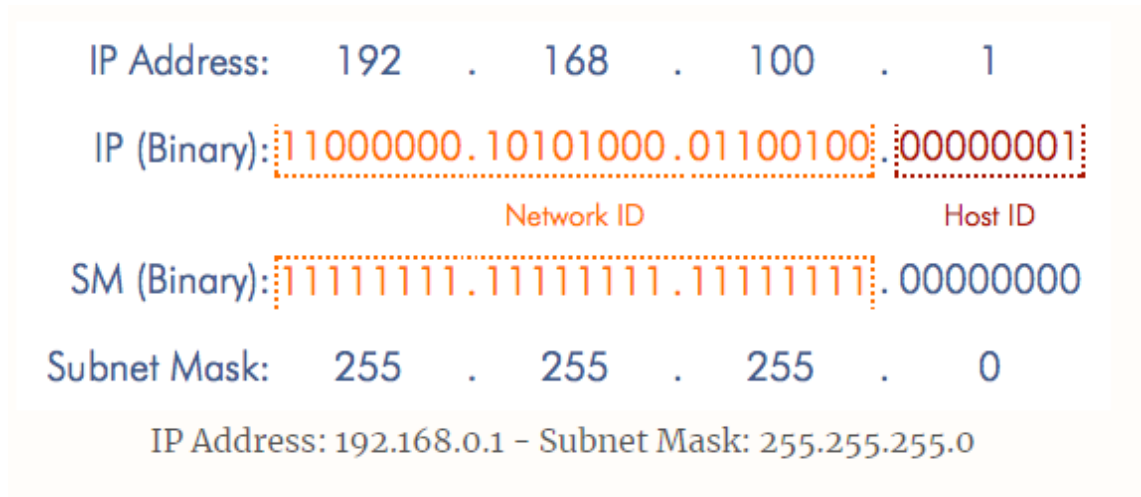
Standardi RFC 768 määrittelee UDP-protokollan, jonka käytännöllisyys perustuu taas nopeuteen (Kuva 7). Se ei sisällä varmistuksia itsessään, mutta sellaisissa sovelluksissa, joissa tiedon menettäminen tarkoittaa sen arvon menettämistä, se toimii erinomaisesti. Esimerkiksi puhelussa jälkikäteen toimitetusta äänestä ei ole juurikaan iloa.



Kuva 7. UDP-kommunikointi. (TCP Vs UDP – What Is The Difference Between TCP And UDP 2022)

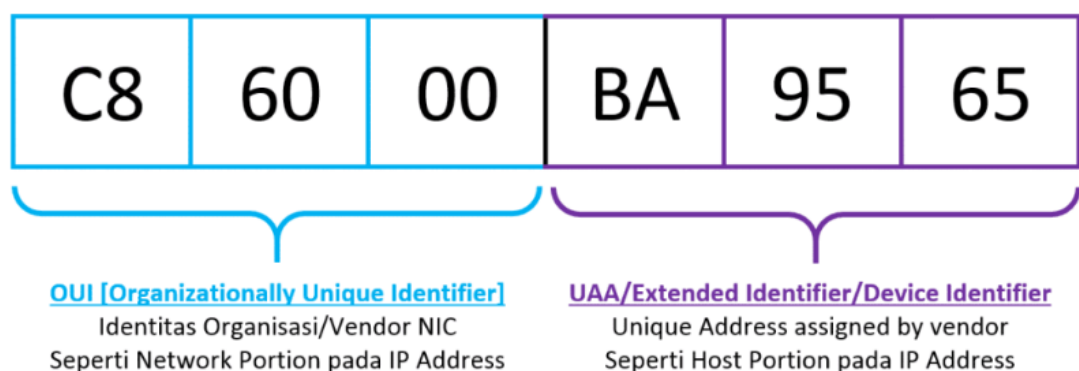
2.5 IP- ja MAC-osoitteet

IP-osoitteen rooli verkkoliikenteessä on opastaa lähetys perille eri verkkojen välillä. Desimaalimuodossa esitetynä IP-osoitteet ovat muotoa 192.168.0.1 (Kuva 8). IP-osoite jakaantuu kahteen eri osioon, joista toinen kertoo missä verkossa kyseinen osoite on ja toinen on osoite kyseisessä verkossa. Aliverkon peitteellä määritellään mitkä bitit IP-osoitteesta käytetään verkko-osuuden määrittämiseen. Automaatiossa usein aliverkon peite on 255.255.255.0, joka merkitään toisinaan myös bittien lukumääränä eli /24 (Kuva 8). Tällöin IP-osoitteesta jää kahdeksan viimeistä bittiä käytettäväksi kyseisen verkon laitteille, jolloin mahdollisia verkko-osoitteita kyseisessä verkossa voi olla 256, joista osa on varattu tiettyjä verkon toiminnallisuuksia varten. (TECHNIQUES TO MASTER IP SUB-NETTING - PART 1 n.d.)



Kuva 8. IP-osoite ja aliverkon peite. (TECHNIQUES TO MASTER IP SUBNETTING - PART 1 n.d.)

MAC-osoite on verkkokorttiin kirjoitettu osoite, joka on kaikilla verkkolaitteilla uniikki ja valmistajan toimittama. MAC-osoitetta käytetään samassa verkossa olevien laitteiden välisessä kommunikoinnissa, eikä se näy verkon ulkopuolisille laitteille. Osoite esitetään heksadesimaalinumeroina ja sen esittämiseen tarvitaan kuusi tavua. Osoite sisältää kaksi osaa, jotka ovat valmistajan tunnus sekä laitteen tunnus. (Kuva 9). (MAC ADDRESS :: MAC-Large, MAC-Small and MAC-Medium 2020.)



Kuva 9. MAC-osoitteen rakenne. (MAC ADDRESS :: MAC-Large, MAC-Small and MAC-Medium 2020.)

3 Automaatiojärjestelmien väylätekniikkaa

3.1 Väylätekniikan historiaa

Automaatiojärjestelmissä on ollut väylätekniikkaa olemassa monia vuosikymmeniä ja niitä on ollut lukemattomia erilaisia. Väylien kehittäminen ennen Ethernet-teknologian yleistymistä on ollut hyvin haastavaa, koska hyvin toimivia esimerkkejä ei juurikaan ole ollut. Toisaalta tämä on myös jättänyt mahdollisuuksia ajatustyölle ja kehittää tekniikkaa monipuolisesti. Hart-väylä on yksi automaatiolaitteissa käytetyistä kenttäväylistä, joka on toiminnallisuudellaan pysynyt suosiossa. (What is HART Protocol? n.d.)

Väylän tiedonsiirto pystytään toteuttamaan normaalilla analogiakytkenällä. Hart-väylää yleisesti ottaen käytetäänkin virtaviestin rinnalla laitteiden valvontaan sekä konfigurointiin. Hart-väylä on ollut käytössä jo yli 30 vuotta. (What is HART Protocol? n.d.)

Toisin kuin Hart-väylä, moni muu on vanhentunut hyvinkin nopeasti, eikä niihin olekaan saanut osia tai osaamista. Tämä onkin ollut suuri ongelma teollisuudessa, jossa koneita halutaan käyttää pitkään. (What is HART Protocol? n.d.)

3.2 Tarve väylätekniikalle automaatiossa

Automaatiossa käytettävien signaalien määrä on kasvanut jatkuvasti teollisuuden kehittyessä. Signaalien tuominen kentältä on kohtalaisen työlästä ja myös kallista. Hyvin tehty tietoliikenneverkko pystyykin korvaamaan paljon kaapelointia.

3.3 Profinetin kehittyminen

Siemens julkaisi ensimmäisen version Profinetistä vuonna 2002, joka oli CBA (Armenta 2021). Profinetin kehitys pohjautui hyvin vahvasti Ethernet pohjaisiin

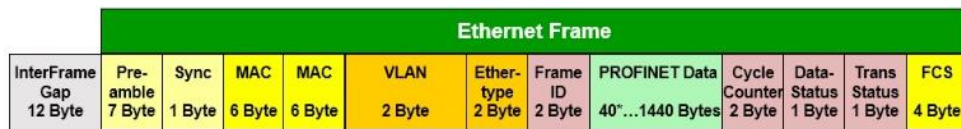
teknologioihin. Aikaisemmin Siemensillä oli käytössä Profibus väylä. Profibusin toimintaperiaate on master / slave tyyppinen, missä hallintalaite hoitaa väylässä käytävää keskustelua ottamalla yhteyttä itse laitteisiin. Profibus julkaistiin vuonna 1989 ja se ei ole vielä poistunut markkinoilta, vaan sitä käytetään edelleen uusissakin laitetoimituksissa. (PROFIBUS Technology and Application - System Description 2016.)

4 Profinet

Profinetiin tutustuessa tiedonhaku on melko vaikeaa, koska tiedon tarjontaa on paljon ja suuri osa siitä on markkinointiajatuksella tehty, jonka takia osa tiedosta ei ole kovin teknistä vaan antaa lähinnä asiaan perehtymättömälle ajatuksia aiheesta. Profinet on avoin protokolla, mikä tarkoittaa sitä, että kuka tahansa voi käyttää sitä omiin laitteisiinsa. Profinetin yksi eniten mainostettu asia on sen nopeus. Profinetin pohjautuessa Ethernettiin ja TCP/IP-tekniikkaan, onkin mielenkiintoista ajatella asiaa teknisestä näkökulmasta, kuinka Profinet oikeasti toimii ja voi olla niin merkittävästi nopeampi (WHAT IS PROFINET? – PROFINET EXPLAINED 2021, PROFINET Explained - A complete introduction and overview (under 10 min) 2021.)

4.1 Profinetin kehys

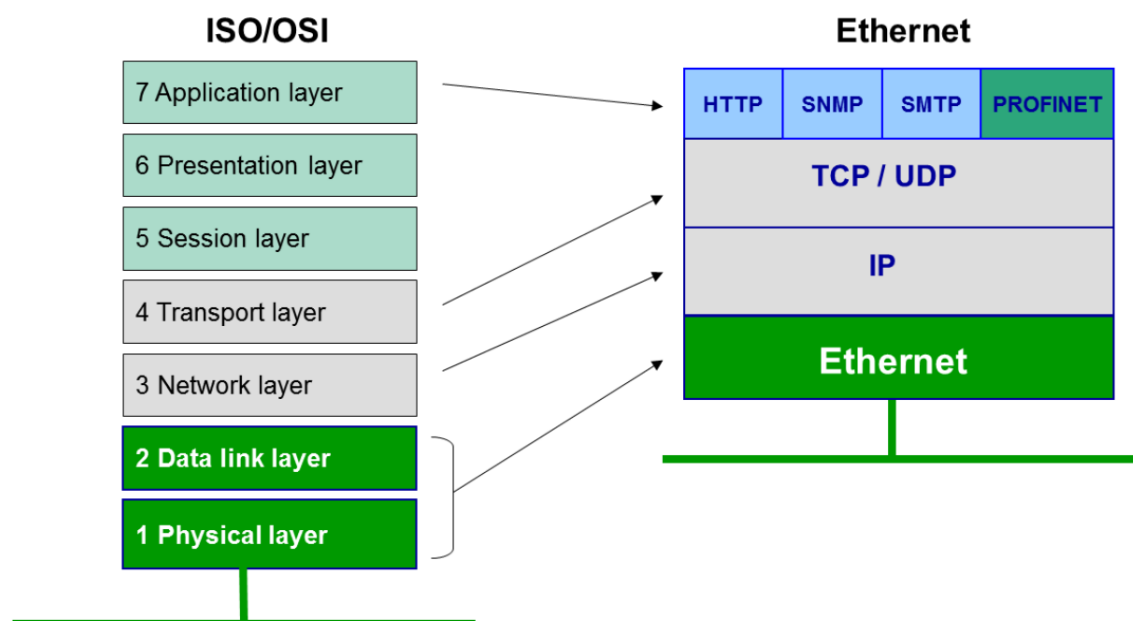
Profinetiin tutustuessa tarkemmin sen kehys on aivan samanlainen kuin Ethernet-kehyksellä (Kuva 10). Profinet muuttaa kehyksessä ainoastaan Ethernet-tyyppiä, jolla se määrittelee laitteen päässä kehiksen käsittelytavan. RT-tyypin kehyksessä Ether-tyyppi on 0x8892. Tällöin kyseiselle kehykselle ei käytetä olenkaan TCP/IP-tekniikkaa, jolloin se pystyy toimimaan vain siinä aliverkossa, johon se on luotu. (4 MORE PROFINET MYTHS AND THE MUCH BETTER REALITIES 2014, DCP – Discovery and Configuration Protocol n.d.)



Kuva 10. Profinet-kehys. (4 MORE PROFINET MYTHS AND THE MUCH BETTER REALITIES 2014)

4.2 Profinet OSI-mallissa

Profinetin sijoittaminen OSI-malliin ei ole kovin mielekästä, koska se on yhdistelmä muita protokollia. Profinet vastaa dataosuudesta, mutta muuten se lähinnä määrittää mitä protokollia sen tiedonsiirrossa tulee käyttää (Kuva 11). Nämä käytetyt protokollat on nimetty uudestaan ja niitä käydään tulevaisuudessa läpi tarkemmin. (A BEGINNER'S GUIDE TO PROFINET 2015.)



Kuva 11. Profinet esitetty TCP/IP Mallissa OSI mallin rinnalla. (A BEGINNER'S GUIDE TO PROFINET 2015)

4.3 Profinet ja TCP/IP-protokolla

Profinet käyttää TCP/IP-tekniikkaa osoitteiden selvittämisessä, mutta I/O-kommunikoinnissa se ei käytä sitä, vaan säästää aikaa jättämällä TCP/IP-tekniikan käyttämättä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Profinetin kehys (Ethernet) liikkuu verkossa MAC-osoitteiden perusteella. MAC-osoitteiden keruuta varten Profinet voi käyttää TCP/IP-tekniikkaa, joka täytyy suorittaa ennen kuin yhteys pystytään luomaan. Profinet I/O-viestintä ei pysty menemään reitittimen läpi, koska IP-osoitetta ei käytetä enää MAC-osoitteen hankinnan jälkeen, jonka takia verkko on rakennettava kytkimillä tai jatkettava ketjuttamalla laitteelta toiselle. (IS PROFINET ROUTABLE? 2009, PROFINET USES TCP/IP? 2013, How do you address PROFINET IO devices? 2009.)

Profinet ei suoraan tekniikkana rajoita kuinka paljon laitteita kyseisessä verkossa voi olla, mutta laitteissa ilmoitetut rajat on otettava huomioon. Esimerkiksi kommunikointikortin CPI 443-1-kommunikointi on rajoitettu 128 I/O-laitteeseen. (PROFINET SWITCH OPTIONS AND FEATURES 2020, Data sheet 6GK7443-1EX30-0XE0 2022.)

4.4 Profinet-nimet

Profinetin konfiguraatiota tehdessä ohjelmoija kohtaa kohdan, jossa laitteelle tulee antaa nimi. Profinet-nimen käyttötarkoitus teknisesti on hieman kummallinen. Sitä käytetään DCP (Discovery and basic Configuration Protocol) protokollassa, jolla Profinet selvittää ja asettaa laitteiden IP-osoitteita ja Profinet-nimiä. Nimen tarkoitus todennäköisesti pohjautuu siihen, että kentällä oleviin laitteisiin tulisi laitettua tarra, josta ne olisivat helppo tunnistaa ja tällä varmistaa oikea laite, jos se täytyy vaihtaa. Profinet pystyy myös toimimaan IT-maailmasta tutulla DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) -protokollalla, mutta oletuksena sitä ei käytetä. (DCP – Discovery and Configuration Protocol n.d.)

4.5 Projektiin tehty topologia

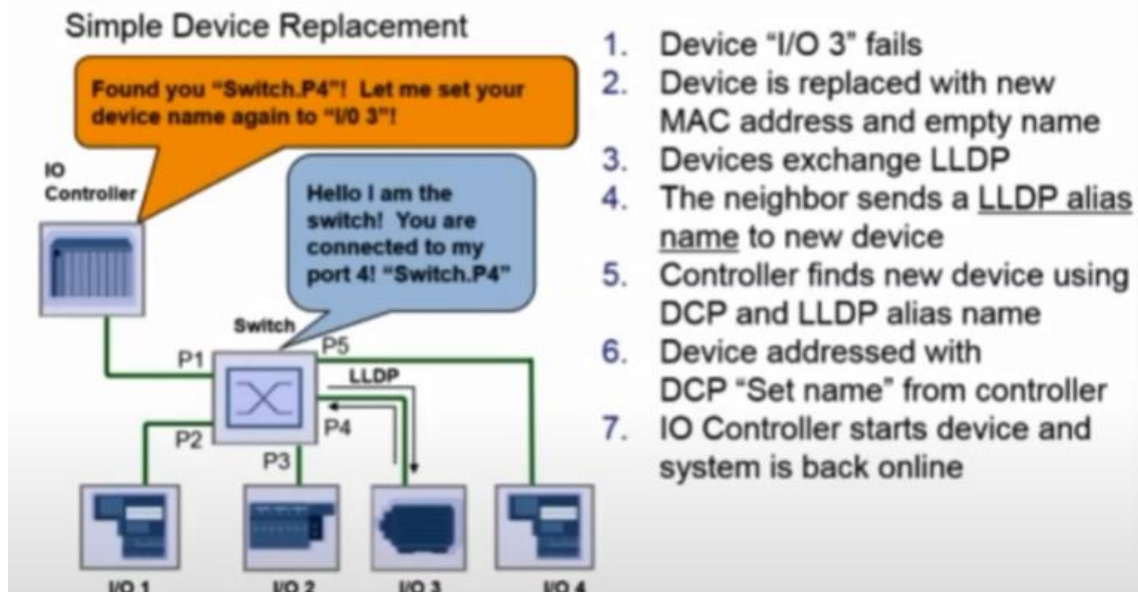
Ohjelmoija voi luoda projektiin topologian, jolla voidaan tehdä ympäristö, jossa projekti pystyy itse huolehtimaan laitteiden asetuksista. Laitteiden täytyy tukea LLDP-protokollaa, jotta DCP-protokolla pystyy huolehtimaan parametreista. Topologian muodostaminen on käytännössä helppoa; katsomalla esimerkki tai kasaamalla se valmiista komponenteista projektiin ennen laitteiden hankintaa. Jos topologiaa ei tehdä, tulee jokaiselle laitteelle asettaa IP-osoite erikseen, koska niitä ei voida toimittaa verkon kautta. Topologiaa hyödyntävissä projekteissa on tärkeää muistaa, että jokainen piuha tulee olla kytkettynä samaan porttiin kuin projektissa on määritelty.

Profinet mahdollistaa aivan tavallisten Ethernet-kytkimien käytön. Kytkimien tulee kuitenkin täyttää standardissa IEEE 802.3u esitetty vaatimus miniminopeudesta, joka on 100 Mbit/s ja lisäksi käytössä tulee olla kaksisuuntainen tiedon siirto (Full Duplex). Kytkimet voivat olla hallintaominaisuuksilla tai ilman. IP-osoitteen voi määrittää vain hallittuun kytkimeen, ja ilman hallintaominaisuuksia olevia kytkimiä ei suositella käytettäväksi. Topologiaa varten kytkimelle täytyy olla GSD-tiedosto ja IP-osoite. Verkossa voi olla myös kytkimiä, jotka ovat samalla Profinet-laitteita. (PROFINET SWITCH OPTIONS AND FEATURES 2020.)

4.6 LLDP

Profinet käyttää standardissa RFC 4957 (2007) määriteltyä Link layer discovery -protokollaa, jonka avulla pystytään tunnistamaan verkossa olevia laitteita. Tunnistaminen tehdään naapuriviestintänä, jolloin laite, jolta löytyy parametrit voi kertoa uudelle laitteelle, minkä laitteen porttiin se on kytketty.

Tunnistuksen avulla DCP-protokolla voi antaa laitteelle projektissa määritellyt parametrit (Kuva 12). Kaikki Profinet-laitteet tukevat LLDP-protokollaa oletuksena. (Tech Tip: Suite and Simple Network Management with PROFINET (Part 2) 2016.)



Kuva 12. LLDP ja DCP toiminta. (Tech Tip: Suite and Simple Network Management with PROFINET (Part 2) 2016)

4.7 SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol) auttaa verkon ylläpidossa. Jos ohjelmoija haluaa kasata topologian projektiin kutsumalla laitteita, kerää SNMP-protokolla LLDP:n tuottamat tiedot ja kasaa niistä topologian. SNMP myös huolehtii, että laitteet ovat toiminta kunnossa pitämällä yhteyttä niihin. (PROFINET System Description Technology and Application 2014.)

4.8 Profinet DCP

DCP-protokollan avulla etsitään laitteita verkosta ja hallitaan niiden asetuksia. DCP:n ollessa käyttämissä varten verkossa on erillinen hallintalaite, joka hoitaa verkon toimintakuntoon. Tyypillisesti verkkoa hallitaan ohjelmoitavalla logiikalla. Protokollaa ei sinänsä tarvitse erikseen ottaa käyttöön, vaan se toimii taustalla itsestään. DCP-toimintojen testausta varten on olemassa ilmainen ohjelma

ProfinetCommander. DCP tuottaa seuraavat toiminnot: Identify All, Identify, Set, Set – Flash, Set – Reset to Factory, Get ja Hello.

Identify All -toimintoa tyypillisesti käytetään konfigurointivaiheessa, jolloin on helppo tarkastaa, että laitteilla on oikeat nimet sekä osoitteet. Toiminto toteutetaan ryhmälähetystenä.

Identify-toiminto on myös ryhmälähetys. Tätä toimintoa käytetään, kun hallintalaitte (Profinet Controller) käynnistetään (Kuva 13).

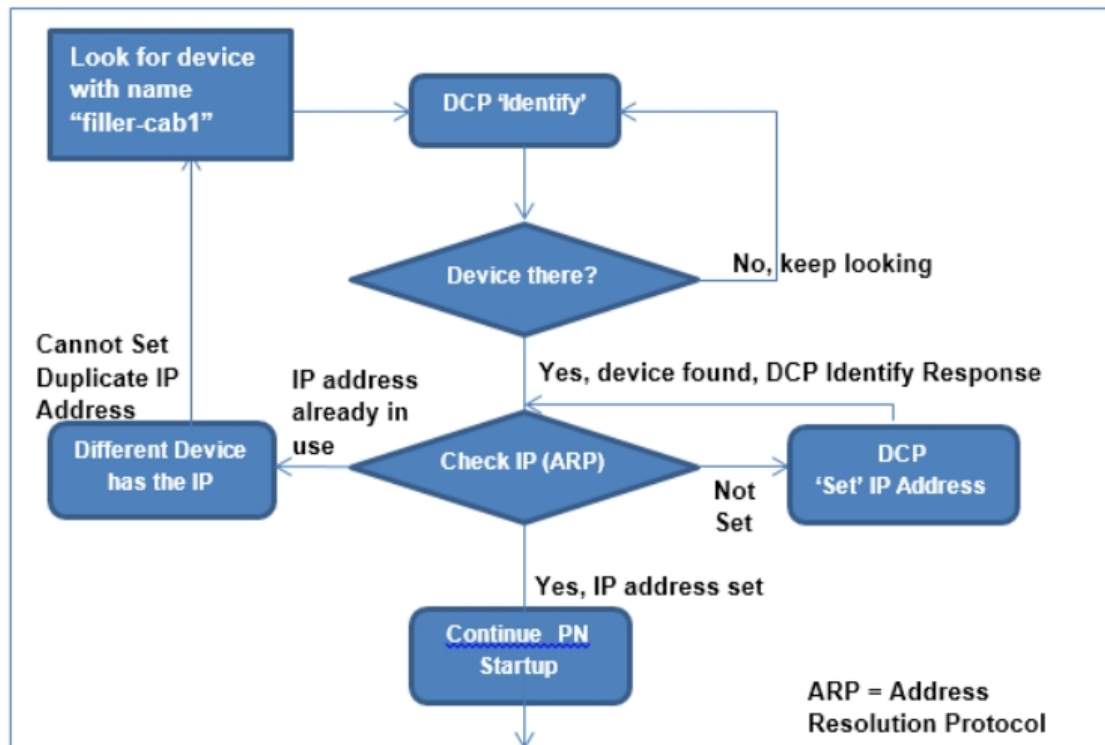
Set-toiminnolla asetetaan parametreja, esimerkiksi IP-osoite. Parametrin asetus voi olla joko väliaikainen tai pysyvä. Toiminto on täsmälähetys.

Set – Flash-toiminnolla voidaan paikantaa laite vilkuttamalla lediä. Toiminto on täsmälähetys.

Set – Reset to Factory -toiminnolla palautetaan laitteeseen tehdasasetukset. Toiminto on täsmälähetys.

Get-toiminnolla haetaan laitteelta parametreja tai tietoa. Toiminto on täsmälähetys.

Hello-toiminto on ryhmälähetys. Toimintoa käytetään laitteen uudelleen käynnistyessä. Tarkoituksena on ilmoittaa hallintalaitteelle palvelun jatkumisesta ja näin nopeuttaa palautumista viasta. (DCP – Discovery and Configuration Protocol n.d.)



Kuva 13. DCP:n toiminta. (DCP – Discovery and Configuration Protocol n.d.)

4.9 Profinet IO

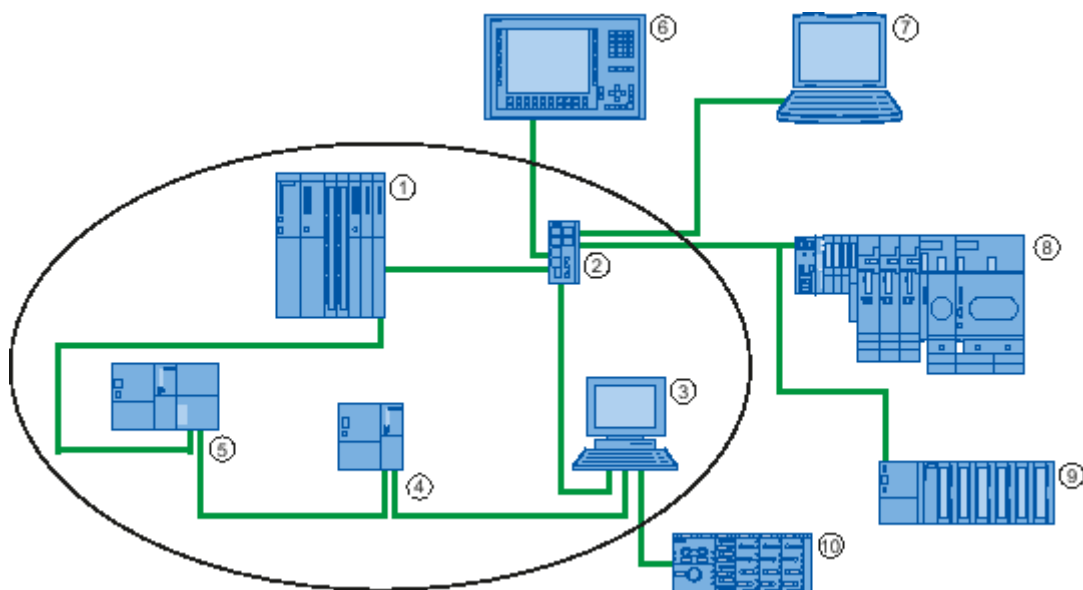
IO tulee sanoista input output. Vaikka monessa paikassa puhutaan Profinet IO-protokollasta ei sen todellisesta toiminnallisuudesta juurikaan kerrota. Usein sitä on yhdistetty myös RT- ja IRT-protokolliin. Profinet IO vaikuttaisi enemmänkin olevan protokollapino, kuin protokolla. Profinet IO-järjestelmässä on kolmenlaisia laitteita (PROFINET System Description Technology and Application 2014.):

- ohjauslaite, joka tyypillisesti on PLC
- IO-laite, joilla ohjataan laitteita kentällä ja kerätään tietoa
- valvontapäätteet, joita ovat HMI:t sekä ohjelmointilaitteet

4.10 Profinet MRP

MRP-protokollaa (Media Redundancy Protocol) käyttämällä pystytään tekemään rengas (Kuva 14), jolla järjestelmäsuunnittelija voi nostaa järjestelmän käytettävyyttä laitteiden vikaantuessa. Renkaan toimintaa varten on oltava ylläpitäjälaite, joka huolehtii väylän toiminnasta. Ylläpitäjälaite lähettää testiviestejä, joilla se kartoittaa verkon toimintaa. Normaali-toiminnassa se ei päästä kommunikointia itsensä läpi vaan pitää toisen porttinsa suljettuna kaikelta muulta paitsi testiviesteiltä. Jos testiviesti ei kierrä rengasta, avataan suljettu portti, jolloin kommunikointi pääsee jälleen läpi. Kun rengas on taas ehjä, ylläpitäjälaite sulkee portin, jota kautta se aikaisemmin teki kommunikointia. (Setup of a Ring Topology Based on "MRP" 2016.)

MRP-ominaisuuden käyttöönottoon liittyy rajoituksia, jotka järjestelmäsuunnittelijan tulee ottaa huomioon. IRT-kommunikointia ei voi toteuttaa MRP-renkaassa. Prioritized startup-funktiota, joka nopeuttaa laitteen käynnistystä ei voida toteuttaa MRP-renkaassa ja se pitää olla pois käytössä laitteista, jotka ovat osana rengasta. Renkaan laitteissa, joissa on yli kaksi porttia, tulee määrittää synkronointirajoitus, joka estää synkronointiviestien lähettämisen renkaaseen kuulumattomille osapuolille. Renkaassa olevien laitteiden tulee täyttää MRP-protokollan vaatimukset, jotka on esitetty standardissa IEC 61158. (Setup of a Ring Topology Based on "MRP" 2016.)



Kuva 14. MRP-protokollalla toteutettu rengas. (SIMATIC PROFINET System Description. 2012)

4.11 Profinet MRPD

MRPD (Media Redundancy with Planned Duplication of frames) on MRP-protokollan lisäosa, jota käytetään IRT-viestinnässä. Protokolla ei juurikaan eroa MRP:stä, mutta laitteiden täytyy tukea MRPD-protokollaa sekä tiedonsiirto tulee toteuttaa IRT-menetelmällä. (Setup of a Ring Topology based on “MRPD” 2017.)

4.12 Profinet RT

Profinet RT (Real time) on käytössä ohjauksille ja mittauksille tehtävässä kommunikoinnissa. Jos verkkoliikennettä kuunnellaan pakettianalysointilla, voidaan huomata, että Profinet käyttää Ethernet-kehystä, joka on IEEE 802.1Q standardin mukainen. (Kuva 15). Wiresharkiin pystyy myös asentamaan GSD-tiedostot, jolloin voidaan suoraan tulkita, mitä kehyksessä oleva data tarkoittaa. (Comms guy 2018.) Wiresharkissa ei näy osaa alku- ja loppupäässä olevista tavuista verkkokortin toiminnallisuudesta johtuen. (Capturing PROFINET with Wireshark 2019.)

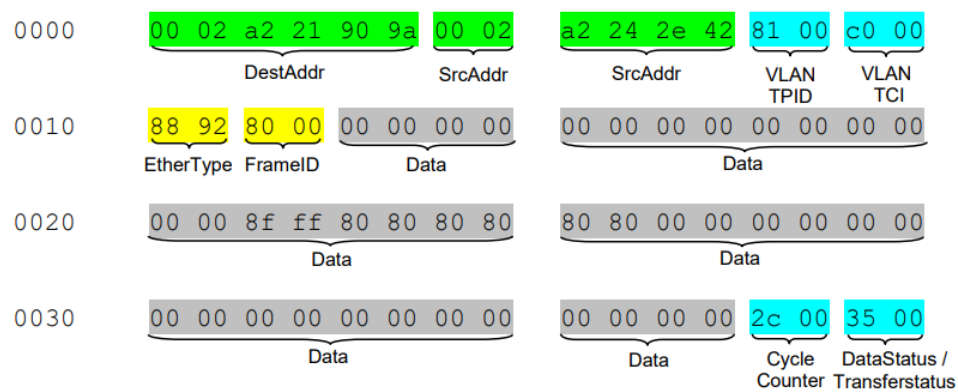
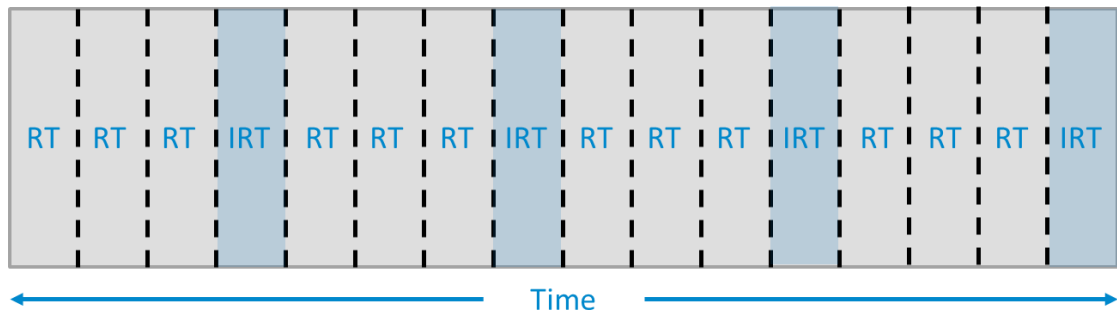


Figure 42: Structure of a PROFINET frame

Kuva 15. Profinet-kehiksen rakenne. (Capturing PROFINET with Wireshark 2019)

4.13 Profinet IRT

Profinetin kehittäjät ovat pyrkineet poistamaan viiveen vaihtelua (Jitter) verkosta RT-tiedonsiirrosta luomalla IRT-protokollan. Protokolla toimii niin, että kytkimiltä varataan tietty määrä kaistaa, jotta IRT-kommunikointi ei hidastu (Kuva 16). Kaistan varaaminen toteutetaan kellolla. Kelloprotokollan pohjana on käytetty PTP:tä (Precision Time Protocol), joka on nimetty PTCP-protokollaksi (Precision Transparent Clock Protocol). Lisäksi PTCP-protokolla laskee viiveet, jotka tulevat kytkimistä ja kaapeloinnista. (Isochronous Real-Time (IRT) Communication n.d.)



Kuva 16. IRT-kommunikointi. (Isochronous Real-Time (IRT) Communication n.d.)

4.14 Profinet CBA

Profinet CBA on vaihtoehto Profinet IO:lle. Protokollan käyttöä varten tarvitaan ohjelmointiohjelma esimerkiksi step 7 sekä kommunikointien määrittämisohjelma nimeltä iMap. Poiketen IO-protokollasta, laitteet kuvataan PCD-tiedostossa. (SIMATIC PROFINET System Description 2012.)

Siemens julkisti vuonna 2017 iMapin poistumisvaiheen alkamisen ja lopetti sen kehittämisen vuonna 2021. (PROFINET CBA n.d.)

Profinet CBA on automaatiojärjestelmä laitoksille, joissa on hajautettu älykkyys. Siksi PROFINET CBA -järjestelmä sisältää aina erilaisia älykkäitä automaatiolaitteita eli komponentteja. Komponentti sisältää kaikki mekaaniset, sähköiset ja IT-muuttujat (PLC-ohjelma). Jokainen yksittäinen komponentti luodaan omilla valmistajakohtaisilla vakio-ohjelmointityökaluilla. IEC 61499-standardiin pohjautuvia tärkeimpiä ominaisuuksia ovat mm. loogisten laitososien jäsentäminen selkeästi järjestetyiksi alayksiköiksi ja niiden uudelleenkäytettävyys, selkeästi määriteltä laitoksen suunnittelu, olemassa olevien kenttäväyläjärjestelmien saumaton integrointi ja Ethernet-pohjainen viestintä. (PROFINET CBA n.d.)

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli löytää erot Profinetin ja TCP/IP-tekniikan väliltä. Profinet ei eroa juurikaan IT-maailmassa käytetyistä tekniikoista ja protokollista, mikä ei tietenkään ole huono asia. Profinet on markkinoitu kuitenkin hyvin erilaisena kokonaisuutena ja usein törmääkin väitteisiin, jossa se olisi huomattavasti nopeampi kuin normaali internetliikennöinti. Profinetin merkittävin ero TCP/IP-tekniikoihin on se, että se ei käytä kyseisiä protokollia I/O-kommunikoinnissa, jolloin se voi käyttää pientä kehystä, joka on sama, jota Ethernet-protokolla käyttää. Tästä johtuen ei Profinetin I/O-kommunikointia voi reitittää. Reitittäminen ei toisi juurikaan lisäarvoa Profinetille, koska sitä käyttävät laitteet eivät tue toistaiseksi suuria määriä kommunikointiyhteyksiä, mutta se voisi helpottaa eri ohjausyksiköiden yhdistämistä.

Profinet saavuttaa pienemmän kehysten käytöllä nopeutta. Suurin etu kuitenkin tulee siitä, että verkot pysyvät maltillisen kokoisina. Usein automaatiolla ei kuitenkaan ole kiire tehdä asioita, ja silloin kun kiire on ei se kuitenkaan vaikuta kestäkö asioissa millisekunti tai kaksi, koska suurien massojen liikuttaminen ei tapahdu hetkessä. Isommissa hajautetuissa järjestelmissä ohjelmien suoritusvälikin voi olla jo 1000 millisekuntia. Automaatiojärjestelmissä myös eritellään turvallisuuskriittiset komponentit, joita hallinnoidaan erillisillä turvajärjestelmillä, jolloin suuren liikennöinnin aiheuttamat viiveet eivät ole ongelma. Profinetin markkinoinnin perusteena oleva nopeus on suurimassa osassa tapauksia melko pieni tekijä suuressa osassa teollisuutta, mutta poikkeuksiakin on. Joillekin koneille on erittäin tärkeää pystyä hallitsemaan laitteita suurilla nopeuksilla, mutta nämä ovat tapauskohtaisia ja niillä yleensä löytyy myös paikalliset ohjausyksiköt, joilla kyetään varmistamaan nopea toiminta.

Mielestäni Profinetin suurin vahvuus on kuitenkin sen yksinkertaisuus. Monimutkaiset protokollat on piilotettu todella hyvin ja tämän ansiosta verkko pystytään luomaan helposti. Vaarana tässä on kuitenkin se, että yksinkertaisena pidetty asia tulevaisuudessa aiheuttaa ongelmia, koska ei olla täysin ymmärretty mitä on tehty. Jos varaosalaitetta asentaessa ei ole tietoa, että kyseinen verkko ei

pysty asettamaan IP-osoitetta laitteelle, voi tämä luoda hyvin helposti pitkänkin tuotannon menetyksen.

Tietoa etsiessä tuli usein tilanteita vastaan missä viitattiin ilmaiseksi saatavilla oleviin oppaisiin, mutta moni niistä oli muuttunut vuosien varrella maksulliseksi tai ne olivat jäsenyyksien taakse piilotettu. Tämä johtikin tunteeseen, että avointa protokollaa on koetettu piilottaa kuluvinä vuosina.

Lähteet

4 MORE PROFINET MYTHS AND THE MUCH BETTER REALITIES. 2014. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/4-profinet-myths-much-better-realities/>> Luettu 10.4.2022.

101 Series: Ethernet Back to Basics. 2019. Verkkoaineisto. Flukenetworks. <<https://www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles/101-series-ethernet-back-basics>> Luettu 1.5.2022.

A BEGINNER'S GUIDE TO PROFINET. 2015. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/beginners-guide-profinet/>> Luettu 4.4.2022.

Capturing PROFINET with Wireshark. 2019. Verkkomateriaali. Hilscher. <<https://kb.hilscher.com/download/attachments/115894711/DOC190402AN01EN.pdf>> Luettu 26.4.2022.

Comms guy (1.11.2018) Wireshark and PROFINET GSD Files. [Video] YouTube. <<https://youtu.be/6rLPWDBSGjM>> Luettu 26.4.2022

Configure Jumbo/Giant Frame Support on Catalyst Switches. 2015. Verkkoaineisto. Cisco. <<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/switches/catalyst-6000-series-switches/24048-148.html>>. Luettu 1.5.2022.

Data sheet 6GK7443-1EX30-0XE0. 2022. Verkkoaineisto. Siemens <<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/fi/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddadasheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mfbs%3D6GK7443-1EX30-0XE0%26language%3Den>> Luettu 8.5.2022.

DCP – Discovery and Configuration Protocol. n.d. Verkkoaineisto. Profinetuniversity. <<https://profinetuniversity.com/naming-addressing/profinet-dcp/>> Luettu 24.4.2022.

How do you address PROFINET IO devices? 2009. Verkkoaineisto. Siemens <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/29451912/how-do-you-address-profinet-io-devices-?dti=0&lc=en-WW>> Luettu 8.5.2022.

IEEE 802.3. IEEE. Standard for Ethernet. 2018: New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IEEE 802.1Q. IEEE. Bridges and Bridged Networks. 2018: New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers

ISO/IEC 7498-1. Information technology — Open Systems Interconnection — Basic Reference Model: The Basic Model. 1994 Geneva: ISO

Isochronous Real-Time (IRT) Communication. n.d. Verkkoaineisto. Profinet University. <<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/isochronous-real-time-irt-communication/>> Luettu 23.4.2022

IS PROFINET ROUTABLE? 2009. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/is-profinet-routable-report-from-vancouver/>> Luettu 17.4.2022.

MAC ADDRESS :: MAC-Large, MAC-Small and MAC-Medium. 2020. Verkkoaineisto. nsonythomas. <<https://forum.huawei.com/enterprise/en/mac-address-mac-large-mac-small-and-mac-medium/thread/679633-861?page=1&authorid=3342479>> Luettu 1.5.2022

MinutePROFINET (6.5.2021) PROFINET Explained - A complete introduction and overview (under 10 min). [Video] YouTube. <<https://youtu.be/RZtMX8kpf0s>>. Luettu 13.4.2022

Packet encapsulation. TCP/IP architecture encapsulates the data from the upper layer by attaching a "header" of the current-layer protocol into the data. 2010. Verkkoaineisto. Anantavrasilp. <https://www.researchgate.net/figure/Packet-encapsulation-TCP-IP-architecture-encapsulates-the-data-from-the-upper-layer-by_fig4_49288737> Luettu 1.5.2022

PROFIBUS Technology and Application - System Description. 2016. Verkkoaineisto. PI International. <<https://www.profibus.com/download/profibus-technology-and-application-system-description/>>. Luettu 18.4.2022.

PROFINET CBA. n.d. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10352993#More%20information> > Luettu 18.4.2022

PROFINET Device Names. n.d. Verkkoaineisto. Profinetuniveristy. <<https://profinetuniversity.com/naming-addressing/profinet-device-names/>> Luettu 5.4.2022.

PROFINET in SIMATIC PCS 7 Guidelines and Blueprints. 2021. Verkkoaineisto. Siemens. <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/082/72887082/att_924561/v8/72887082_PCS7_PROFINET_Blueprints_DOC_en.pdf>. Luettu 21.4.2022.

PROFINET System Description Technology and Application. 2014. Verkkoaineisto. PROFIBUS & PROFINET International.

<<https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=51714&token=4ea5554cbb80a066e805a879116ead2a759c23c3>> Luettu 22.4.2022.

PROFINET SWITCH OPTIONS AND FEATURES. 2020. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/profinet-switch-options-and-features/>> Luettu 16.4.2022.

PROFINET USES TCP/IP? 2013. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/profinet-uses-tcpip/>> Luettu 8.5.2022

RFC: 768 User Datagram Protocol. 1980

RFC: 793. TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL. 1981. California: Information Sciences Institute University of Southern California

RFC 4957. Link-Layer Event Notifications for Detecting Network Attachments. 2007

Real Time Classes. n.d. Verkkoaineisto. PROFINET University. <<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/profinet-real-time-classes/>>. Luettu 14.4.2022.

S7 IMAP V3.0. n.d. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/478480?pdtdi=pi&dl=en&lc=en-CH>> Luettu 4.5.2022

Setup of a Ring Topology Based on “MRP”. 2016. Verkkoaineisto. Siemens. <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/614/109739614/att_891688/v3/109739614_MRP_DOKU_V10_en.pdf> Luettu 28.4.2022.

Setup of a Ring Topology based on “MRPD”. 2017. Verkkoaineisto. Siemens. <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/035/109744035/att_910361/v1/109744035_config_Redundancy_en.pdf> Luettu 28.4.2022.

SIMATIC PROFINET System Description. 2012. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/19292127/simatic-profinet-system-description?dti=0&lc=en-WW>> Luettu 19.4.2022.

Startech Nettikaapeli RJ45 CAT6 UTP 50 Cm. n.d. Verkkoaineisto. Techinn. <<https://www.tradeinn.com/techinn/fi/startech-nettikaapeli-rj45-cat6-utp-50-cm/138132533/p>> Luettu 1.5.2022

TCP Segment Vs UDP Datagram Header Format. 2019. Verkkoaineisto. skminhaj. <<https://skminhaj.wordpress.com/2016/02/15/tcp-segment-vs-udp-datagram-header-format/>> Luettu 1.5.2022

TCP Vs UDP – What Is The Difference Between TCP And UDP. 2022. Verkkoaineisto. softwaretestinghelp. <<https://www.softwaretestinghelp.com/tcp-vs-udp/>> Luettu 1.5.2022

Tech Tip: Suite and Simple Network Management with PROFINET (Part 2). 2016. Verkkoaineisto. PI International and PI North America. <<https://profinet.com/2016/04/tech-tip-suite-and-simple-network-management-with-profinet-part-2/>> Luettu 16.4.2022.

TECHNIQUES TO MASTER IP SUBNETTING - PART 1. n.d. Verkkoaineisto. Connecteddots. <<https://www.connecteddots.online/resources/blog/how-to-master-ip-subnetting-part-one>> Luettu 1.5.2022

Tiedosto:OSI-malli-korjattu.jpg. 2019. Verkkoaineisto. Ipr1. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:OSI-malli-korjattu.jpg>> Luettu 1.5.2022

THE DIFFERENCE BETWEEN PROFIBUS AND PROFINET. 2020. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/the-difference-between-profibus-and-profinet/>> Luettu 7.5.2022

Understanding Profibus vs. Profinet. 2021. Verkkoaineisto. Armenta. <<https://control.com/technical-articles/understanding-profibus-vs-profinet/>>. Luettu 6.5.2022.

What is HART Protocol? n.d. Verkkoaineisto. Reddy. <<https://instrumentation-tools.com/what-is-hart-protocol/>>. Luettu 25.4.2022.

What Is a LAN? n.d. Verkkoaineisto. Cisco. <<https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/what-is-a-lan-local-area-network.html>>. Luettu 1.5.2022.

WHAT IS PROFINET? – PROFINET EXPLAINED. 2021. Verkkoaineisto. Bowne. <<https://us.profinet.com/profinet-explained/>>. Luettu 13.4.2022.