



Koneautomaation laboratorion lähiverkko

Sami Vataja

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Tieto- ja viestintäteknikka
Tiedonsiirtotekniikka ja tietoverkot

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tieto- ja viestintäteknikka
Tiedonsiirtotekniikka ja tietoverkot

VATAJA, SAMI
Koneautomaation laboratorion lähiverkko

Opinnäytetyö 20 sivua
Kesäkuu 2020

Opinnäytetyössä suunniteltiin lähiverkkoympäristö ja etenkin sen infra ja laitteisto TAMK:in koneautomaatiolaboratorioon. Työssä määriteltiin verkon vaatimukset automaatiolaitteiden tiedonsiirrolle ja verkon topologinen kuvaus. Suunnittelutyön raameina käytettiin verkkoympäristön tilaajan toiveita verkon toiminnasta ja automaatiolaitteiden tiedonsiirron tunnettuja vaatimuksia.

Tavoitteena oli laatia kokonaisuudesta suunnitelma, jonka helpottaisi tilaajaa hahmottamaan verkon budjetointia verkkolaitteiden osalta. Suunnitelman oli myös tarkoitus auttaa valmistelemaan laboratoriotilan mahdollisia järjestelymuutoksia verkkoa varten.

Verkko on tarkoitus toteuttaa laboratorioon tulevaisuudessa. Valmiina verkko toimii koneautomaatiotekniikan laboratorion sisäisenä opetusverkkona, jossa on omat segmentit automaatiolaitteille, kiinteille pöytätietokoneille ja mobiililaitteille. Verkon tulee olemaan todellista teollisuuden tuotantolaitoksen infraa simuloiva ympäristö, jossa opiskelijat saavat kokemusta teollisen verkon rakenteista ja toiminnasta.

Asiasanat: automaatiotekniikka, lähiverkko, topologia, verkkolaite

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in ICT Engineering
Telecommunications and Networks

VATAJA, SAMI
A Local Area Network for Machine Automation Laboratory

Bachelor's thesis 20 pages
June 2020

The purpose of this thesis was to plan a local area network to be used in the laboratory of automation technology located at TAMK campus. The plan included meeting the demands of data transfer of automation applications and devices, and forming the topology of the network.

The aim of the plan was to give the customer an idea of the costs in order to help to evaluate the budget for this network, and to possibly prepare for the changes in the laboratory environment.

The network is intended to act also as an educational network to simulate a real industry facility infrastructure and to give students the possibility to operate and maintain a factory-like production network.

Key words: automation technology, local area network, network device, topology

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VERKON VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY	7
	2.1 Verkon käyttötarkoitus.....	7
	2.2 Verkonhallinta	7
	2.3 Kahden verkkoliitännän pöytäkoneet	7
	2.4 Automaatioliikenteen vaatimukset.....	8
3	AUTOMAATION PROTOKOLLAT	9
	3.1 Profinet.....	9
	3.2 EtherCAT	9
4	KEHÄ-TOPOLOGIA JA CISCO REP-PROTOKOLLA.....	11
	4.1 Topologia	11
	4.1.1 Suljettu kehä.....	11
	4.1.2 Topologian vahvuudet	11
	4.1.3 Topologian heikkoudet	11
	4.2 Cisco REP.....	12
5	VERKON LAITTEET	14
	5.1 Reititin Cisco IR 829.....	14
	5.1.1 Laitteen yleiskuvaus	14
	5.1.2 Ethernet-liitännät ja PoE.....	14
	5.1.3 WI-FI.....	14
	5.1.4 LTE-ominaisuudet	14
	5.2 Kytkimet	15
	5.2.1 Laitteen yleiskuvaus	15
	5.2.2 Liitännät.....	15
6	VERKON SEGMENTIT	17
	6.1 Automaatiolaitteet	17
	6.2 Kiinteät pöytäkoneet.....	17
	6.3 Langaton lähiverkko	18
	6.4 Etäyhteys	18
	6.5 Yhteys oppilaitoksen muihin laboratorioverkkoihin.....	18
7	KOKO VERKON TOPOLOGIA	19
	LÄHTEET.....	20

LYHENTEET JA TERMIT

Client	Etäkäyttäjän ohjelmisto, jolla liitytään isäntäverkkoon
Jitter	Viiveen vaihtelu
LTE	Long Term Evolution (4G)
Mbps	Megabittiä sekunnissa
Mesh	Kaikki laitteet suorassa yhteydessä toisiinsa
PoE	Power Over Ethernet
REP	Resilient Ethernet Protocol
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
Topologia	Kuvaus verkon rakenteesta
Uplink	Yhteys pienemmästä verkosta suurempaan
WLAN	Wireless Local Area Network

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on koneautomaatiotekniikan opetuskäyttöön tarkoitetun lähiverkon suunnittelu ja vaatimusmäärittely. Toimeksianto verkon suunnitteluun tuli Tampereen ammattikorkeakoulun koneautomaatiotekniikan lehtorilta. Koneautomaatiotekniikan opetustiloihin tarvittiin sisäistä verkkoa, johon voitaisiin liittää opetuskäytössä olevia automaatiolaitteita, opetustilojen pöytäkoneita ja opiskelijoiden henkilökohtaisia kannettavia tietokoneita ja muita mobiililaitteita. Automaatiolaitteita tuli myös pystyä hallinnoimaan etänä tunneloinnin avulla. Verkon suunnittelussa oli tärkeää ottaa huomioon erilaiset tiedonsiirtoprotokollat ja -väylät, joita automaatiotekniikan laitteet käyttävät ja jotka poikkeavat jonkin verran perinteisestä Ethernet-lähiverkosta.

Verkon haluttiin myös omaavan valmiudet toimia yksikkönä, joka olisi tulevaisuudessa osa TAMK:in laboratorioverkoista koostuvaa kokonaisuutta ja josta olisi yhteys muihin laboratorioverkkoihin. Verkolle tarvittiin varaus liitännälle, jolla verkko voitaisiin myöhemmin liittää osaksi mainittua kokonaisuutta.

Tilaaaja tarvitsi verkon suunnitelmaa, jotta voitaisiin laskea rakennettavalle verkolle kustannusarvio ja laatia budjetti toteutusta varten. Myös laboratorioon tehtäviin mahdollisiin muutoksiin varautuminen vaati suunnitelmaa verkon fyysisistä ominaisuuksista ja sen infrasta.

2 VERKON VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY

2.1 Verkon käyttötarkoitus

Verkon tarkoitus on toimia koneautomaatiotekniikan laboratorion opetusverkona ja opetusvälineenä. Verkko yhdistää laboratoriossa käytettäviä laitteita ja laiteryhmiä toisiinsa. Verkon täytyy olla muokattavissa erilaisiin opetustilanteisiin ja verkon tai sen osien täytyy kyetä simuloimaan teollisuuden laitekokonaisuuksia. Verkkoon täytyy päästä liittymään sekä laboratorion tiloissa olevilta kiinteästi asennetuilta laitteilta, että myös opettajien ja opiskelijoiden mobiililaitteilta ja etäyhteyksien avulla myös verkon ulkopuolelta.

2.2 Verkonhallinta

Verkon kaikki laitteet tulee sijoittaa laboratorion tiloihin, jotta verkonhallinta voidaan toteuttaa laboratorion käyttäjien toimesta. Täten esimerkiksi laboratoriossa opettavilla henkilöillä on pääsy hallinnoimaan kaikkia verkon laitteita, eikä heidän tarvitse erikseen hankkia pääsyoikeuksia vaikkapa rakennuksen kerrosjakamoon, mikäli pääsy tällaiseen jakamoon on heiltä normaalisti evätty.

Laboratoriossa opetustyötä tekevien henkilöiden tulee omata fyysisen pääsyn lisäksi myös järjestelmävalvojan oikeudet verkon laitteisiin, jotta he voivat halutesaan tehdä muutoksia verkkoon. Kaikista muutoksista tulee tehdä aina merkintä dokumentaatioon, jotta verkon muutokset ovat kaikkien verkkokäyttäjien tiedossa.

2.3 Kahden verkkoliitännän pöytäkoneet

Laboratoriossa on opiskelijoiden työskentelyä varten ryhmä pöytämallisia tietokoneita, joissa on kussakin kaksi verkkoliitännää. Näille koneille opiskelijat kirjautuvat omilla tunnuksillaan ja pääsevät liittymään sekä laboratorion sisäiseen verkkoon, että myös Tampereen ammattikorkeakoulun verkkoon. Näillä koneilla on opetusverkkoon liittymistä varten oma virtuaalikone, joka käyttää fyysisen koneen

toista verkkoliitettä. Toinen verkkoliitäntä taas yhdistää koneen koulun verkkoon käyttäen jo valmiiksi olemassa olevaa kaapelointia ja laboratorion seinärasioita. Tämä rajapinta on ensiarvoisen tärkeää toteuttaa vahvalla tietoturvalla ja estää liikenne sekä opetusverkosta koulun verkkoon, että myös koulun verkosta opetusverkkoon.

2.4 Automaatioliikenteen vaatimukset

Teollisuuden tuotantolaitosten tietoverkot asettavat verkolle tiukemmat kriteerit tiedonsiirron luotettavuuden, latenssin ja verkkolaitteiden kestävyden osalta, kun verrataan vaikkapa tavanomaiseen Ethernet-toimistoverkkoon. Reaaliaikaiset ja aikakriittiset automaatioprosessit vaativat jopa alle 1 ms latenssia ja alle 1 % jitter-arvoa. Verkkolaitteiden täytyy pysyä toimintavarmoina vaativissa tehdasolosuhteissa, joten niiden täytyy sietää pölyä, kosteutta ja jatkuvaa tärinää. (IEEE)

3 AUTOMAATION PROTOKOLLAT

3.1 Profinet

Profinet on yksi edistyksellisimmistä tiedonsiirtoprotokollista teollisuudessa. Sen avulla automaatiojärjestelmien ohjainlaitteet ja muut laitteet kommunikoivat keskenään. Profinet on kehitetty Profibus-protokollasta, joka on yksi eniten käytetyimmistä standardeista teollisuuden automaatoratkaisuissa. Profinet vastaa teollisuuden korkeisiin vaatimuksiin reaaliaikaisuuden ja tiedonsiirron luotettavuuden osalta. Se pystyy hyödyntämään perinteisen Ethernetin ominaisuuksia ja on täysin yhteensopiva Ethernet-verkkojen kanssa, mutta tarjoaa Ethernetistä poiketen teollisuuden vaatimaa suorituskykyä automaation reaaliaikaisiin prosesseihin. Siemensin automaatiolaitteet käyttävät Profinetia automaation tiedonsiirtoon. (Profinet technology)

Profinet käyttää kolmea eri tiedonsiirtokanavaa eri käyttötarkoituksiin. TCP/IP:tä voidaan käyttää laitteiden parametrien hallintaan, videon ja audion siirtoon, sekä tuotantoverkon tietojen siirtoon ylemmän tason järjestelmiin. Automaatiolaitteiden keskinäisessä tiedonsiirrossa TCP/IP ohitetaan, jotta voidaan säästää automaatioprosessien vaatimaa 1-10 ms latenssia. Tällöin Profinet käyttää reaaliaikaisissa prosesseissa PROFINET RT:tä. Kun tarvitaan vielä pienempiä, millisekunnin murto-osien latenssia ja mikrosekunneissa laskettavaa jitteriä, esimerkiksi robottien todella tarkkaan ohjaamiseen, niin järjestelmä käyttää isokronista PROFINET IRT:tä. (Profinet technology)

3.2 EtherCAT

Profinetin lisäksi toinen esimerkki teollisuudessa käytetystä automaation tiedonsiirtoprotokollasta on EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology). Se on Beckhoff Automation:in kehittämä automaation tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään teollisuudessa reaaliaikaisten prosessien tiedonsiirtoon. EtherCAT-tiedonsiirrossa päästään jopa alle 1 μ s jitter-arvoon. (EtherCAT)

EtherCAT käyttää tiedonsiirtoon Ethernet:in fyysistä siirtotietä ja Ethernet-kehäjä, mutta TCP/IP-protokollan sijasta se käsittelee siirrettävät viestit reaaliaikaisesti ja käyttäen vain fyysisten laitteiden omaa laskentaa. Tämä vähentää latenssia huomattavasti ja poistaa mahdollisuuden datapakettien yhteentörmäyksille. (Motion control tips)

4 KEHÄ-TOPOLOGIA JA CISCO REP-PROTOKOLLA

4.1 Topologia

4.1.1 Suljettu kehä

Verkon automaatiosegmenttien runkotopologiaksi valittiin suljettu kehä, jossa verkon eri osat muodostavat kehän. Tässä topologiassa jokaisesta verkon osasta on kaksi eri reittiä mihin tahansa toiseen osaan. Topologian valintaan vaikuttivat sen alhaisemmat kustannukset ja yksinkertaisempi toteutus, kun verrataan sitä mesh-topologiaan, joka oli toinen varteenotettava vaihtoehto topologiaksi.

4.1.2 Topologian vahvuudet

Suljettu kehä on melko yksinkertainen toteuttaa, eikä vaadi niin paljon infraa ja laitteita, kuin esimerkiksi mesh-tyylinen verkko, jossa jokainen laite (tai verkon osa) on yhteydessä kaikkiin muihin laitteisiin (tai osiin). Infran määrä on sama kuin tähti-topologiassa. Tähdessä ei ole varareittejä vikojen ja katkosten sattuessa, kun taas suljetussa kehässä yhden yhteysvälin katkeaminen ei vielä vaikuta verkon osien saavutettavuuteen. Jos yksi kahden vierekkäisen verkon osan välinen reitti katkeaa, niin uusi reitti löytyy kiertämällä koko kehä päinvastaiseen suuntaan kaikkien muiden yhteysvälien läpi.

4.1.3 Topologian heikkoudet

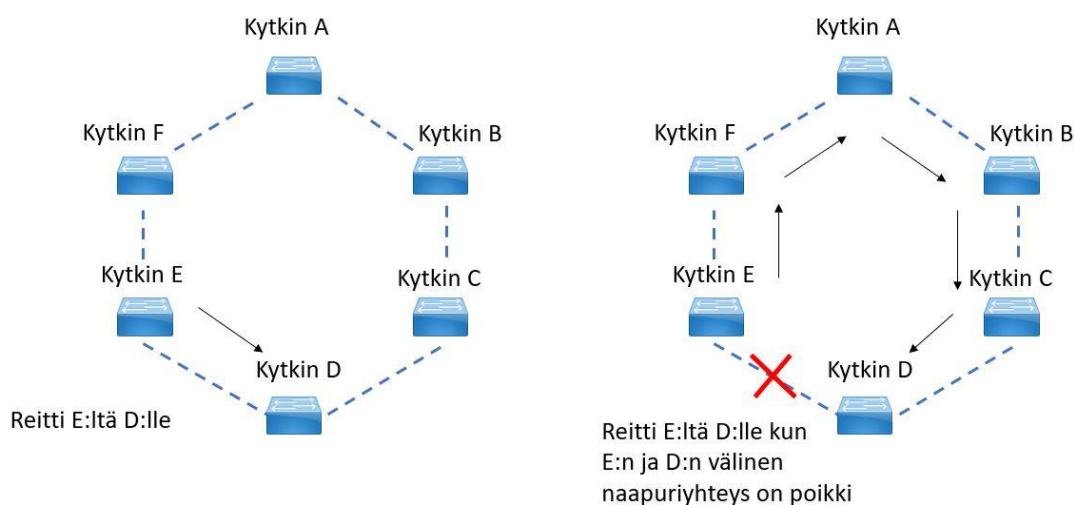
Suljetussa kehässä reittejä on aina maksimissaan kaksi yhdestä verkon osasta toiseen. Jos yksi yhteysväli vikaantuu tai otetaan pois käytöstä, niin kullakin verkon osalla on jäljellä vielä yksi reitti mihin tahansa muuhun verkon osaan. Jos toinenkin yhteysväli vikaantuu tai poistetaan samaan aikaan, niin kaikilla verkon osilla ei ole enää yhteyttä kaikkiin muihin osiin. Mesh-topologia on useiden reittiensä takia parempi toipumaan yhteysvälien katkoista, kuin suljettu kehä ja kahdenkin yhteysvälin katkeaminen ei vielä eristä yksittäistä verkon osaa muusta verkosta.

Mesh-verkossa toipuminen on myös nopeampaa ja uusi reitti pystytään usein laskemaan ja saamaan käyttöön nopeammin, kuin suljetussa kehässä, koska reittivaihtoehtoja ja etenkin lyhyitä sellaisia on tarjolla useita.

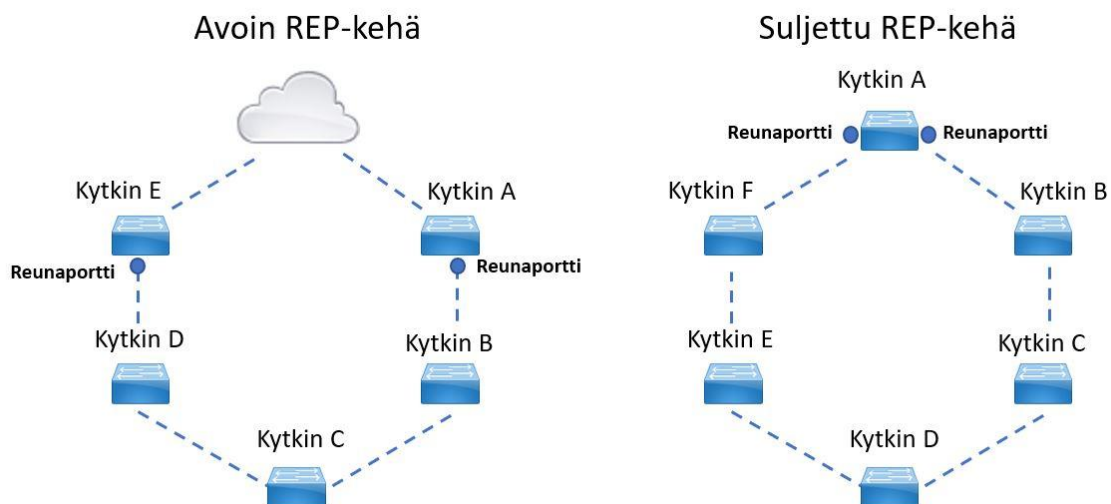
4.2 Cisco REP

Verkon automaatiolaiteryhmien muodostaman suljetun kehä-topologian tiedonsiirtoprotokollaksi valittiin Cisco REP (Resilient Ethernet Protocol). Tässä protokollassa laitteet muodostavat segmenttejä, eli tämän verkon tapauksessa automaatiolaiteryhmien kytkimet muodostavat yhden kehämuotoisen segmentin, jossa REP toimii. Yhdellä kytkimellä voi olla maksimissaan kaksi porttia, jotka kuuluvat segmenttiin, ja yhdellä segmentin portilla voi olla vain yksi naapurilaitte. Jokaisella kytkimellä on kaksi reittivaihtoehtoa kuhunkin segmentin muista kytkimistä ja lyhimmän yhteysvälin katketessa otetaan käyttöön vaihtoehtoinen reitti. Kuvassa 1 nähdään esimerkki kuuden kytkimen kehästä ja kahden kytkimen välisistä reittivaihtoehtoista eri tilanteissa. (Cisco.)

Segmenttiin määritellään myös kaksi niin kutsuttua reunaporttia, jotka määrittävät segmentin rajat suhteessa mahdolliseen muuhun verkkoon. Avoimessa REP-topologiassa reunaportit kuuluvat eri kytkimiin ja kehämuotoisessa REP-topologiassa reunaportit kuuluvat samaan kytkimeen (kuva 2) ja näin sulkevat renkaan. (Cisco.)



KUVA 1. Cisco REP kehätopologia



KUVA 2. Cisco REP reunaportit

5 VERKON LAITTEET

5.1 Reititin Cisco IR 829

5.1.1 Laitteen yleiskuvaus

Verkon reitittimeksi valittiin Cisco IR 829 (kuva 3). Laite soveltuu teollisuuden olosuhteisiin ja on suojattu kosteudelta, vedeltä, pölyltä, tärinältä ja iskuilta. Laite sietää lisäksi hyvin voimakkaitakin lämpötilan vaihteluita ja on suunniteltu toimimaan -40 °C ja $+60\text{ °C}$ välisissä lämpötiloissa.

5.1.2 Ethernet-liitännät ja PoE

Laitteessa on 4 Ethernet-porttia, jotka kykenevät 10, 100 ja 1000 Mbps nopeuksiin, ja joissa on PoE-ominaisuus, eli niiden kautta voi syöttää kytketyille laitteille virtaa parikaapelia pitkin. Tämä vähentää virtakaapeloinnin tarvetta verkossa ja luo joustoa reitittimeen kytkettyjen laitteiden sijoitteluun, kun niiden välittömässä läheisyydessä ei tarvitse olla välttämättä virransyöttöpistettä.

5.1.3 WI-FI

Laitteessa on kaksoisradiojärjestelmä, jonka avulla laitteen voi konfiguroida toimimaan tukiasemana 2,4 GHz ja 5,0 GHz 802.11n-standardin WI-FI-verkoille. Tämän ominaisuuden avulla laboratorion verkkoon saadaan luotua langaton yhteys kannettaville tietokoneille.

5.1.4 LTE-ominaisuudet

Laitteessa on kaksi LTE WAN-liitäntää, joiden avulla on mahdollista luoda internet-yhteys ulkoverkkoon käyttäen 4G-verkkoa yhteyden muodostukseen. LTE-yhteyttä voidaan laboratorioverkossa käyttää joko pääasiallisena ulkoverkkoyhteytenä internetiin etähallintaa varten, tai pitää sitä varajärjestelmänä siltä varalta, että TAMK:in verkon yli tunneloitu yhteys katkeaa tai häiriintyy.



KUVA 3. Cisco IR 829

5.2 Kytkimet

5.2.1 Laitteen yleiskuvaus

Automaatiolaitteiden kehäsegmentin kytkimiksi ja pöytäietokoneiden kytkimeksi valittiin Cisco 4000-sarjan kytkimet, jotka soveltuvat suorituskykynsä ja kestäväyytensä puolesta teollisuuden olosuhteisiin. Niissä on IR 829:n tapaan suojaus pölyltä, kosteudelta, iskuilta ja värinältä, sekä lisäksi suojaus häiriösignaaleilta. Niidenkin toiminta on suunniteltu sietämään lämpötilat -40 °C ja $+60\text{ °C}$ välissä.

4000-sarja tarjoaa useita erilaisia kytkinmalleja, mutta tähän verkkoon valittiin IE-4000-16GT4G-E (kuva 4), sillä se tarjoaa suurimman porttimäärän 4000-sarjan kytkimistä. Jos verkkoon halutaan lisätä tulevaisuudessa jokin uusi segmentti runkotopologiaan tai lisätä uusi automaatiolaiteryhmä kehäsegmenttiin, niin 4000-sarjan kytkimistä voidaan valita myös vähemmän portteja tarjoava laite, mikäli kyseiseen segmenttiin tai automaatiolaiteryhmään ei tarvita kuin pieni määrä portteja.

(Cisco)

5.2.2 Liitännät

Cisco IE-4000-16GT4G-E:ssä on 16 Ethernet-liitäntää, jotka kykenevät 10, 100 ja 1000 Mbps nopeuksiin. Lisäksi laitteessa on 4 niin kutsuttua uplink combo-liitäntää. Combo-liitännät on toteutettu niin, että jokaisella liitännällä on erikseen

kupari- ja kuituportti, joista vain toinen voi olla käytössä kerrallaan. Combo-liitäntöjä voidaan käyttää tavanomaisina laiteportteina tai vaihtoehtoisesti uplink-portteina, jolloin kytkin liitetään esimerkiksi reitittimeen tai toiseen kytkimeen. (Cisco)



KUVA 4. Cisco IE 4000 16GT4G-E

6 VERKON SEGMENTIT

6.1 Automaatiolaitteet

Automaatiolaitteet muodostavat segmentin, jonka sisällä kaikki automaatiolaitteiden keskinäinen tiedonsiirto tapahtuu. Segmentti muodostuu kehätopologiasta, jossa kullakin samanlaisista automaatiolaitteista koostuvalla alisegmentillä on oma kytkimensä. Nämä alisegmenttien kytkimet on kytketty toisiinsa muodostaen kehän ja eri alisegmentistä toiseen alisegmenttiin tapahtuva automaatiolaitteiden tiedonsiirto tapahtuu Cisco REP-protokollan avulla kytkinten välillä.

Tässä suunnitelmassa automaatiolaiteryhmien määräksi asetettiin neljä (kuva 5), eli kehässä on neljä kytkintä, joihin on liitettyä automaatiolaitteita. Tätä alisegmenttien määrää voidaan vaivattomasti muuttaa tulevaisuudessa, mikäli eri automaatiolaiteryhmiä on tarvetta lisätä tai poistaa. Lisäys voidaan tehdä REP-topologian ansiosta myös keskeyttämättä tuotantoprosessia, sillä kytkimen lisääminen kehään katkaisee vain yhden yhteysvälin.

6.2 Kiinteät pöytäkoneet

Laboratoriossa on ryhmä pöytätietokoneita, joille opiskelijat kirjautuvat omilla tunnuksillaan. Näiltä pöytäkoneilta on pääsy sekä TAMK:in verkkoon koneen käyttöjärjestelmällä, että myöskin laboratorion verkkoon, mutta tässä tapauksessa yhteys muodostetaan pöytäkoneelle asennetun virtuaalikoneen avulla. Laboratorion verkkoon pääsyn tarkoitus on päästä hallinnoimaan automaatiosegmentin laitteita. Koneissa on kaksi verkkoliitintä, joista toinen on kaapeliyhteydessä laboratorion seinärasiaan ja siitä TAMK:in verkkoon, ja toinen liitintä on kaapeloitu kytkimelle, joka on yhteydessä laboratorion pääreitittimeen (kuva 5). Tämä laboratorion kytkin ja siihen kytketyt pöytäkoneet muodostavat yhden segmentin laboratorion verkkoon.

6.3 Langaton lähiverkko

Laboratorion pääreitittimen WLAN access point-ominaisuuden avulla luodaan langaton lähiverkkosegmentti (kuva 5) oppilaiden ja opettajien mobiililaitteita, kuten kannettavia tietokoneita varten (Cisco). Tämän segmentin on tarkoitus tarjota langaton yhteys automaatiolaitteiden hallintaa varten. Mobiililaitteiden käyttäjät yhdistävät ja kirjautuvat salasanalla suojattuun WLAN-verkkoon omilla laitteillaan ja pääsevät hallinnoimaan automaatiosegmentin laitteita. Muihin verkon segmentteihin tästä WLAN-verkosta ei ole tarpeellista päästä.

6.4 Etäyhteys

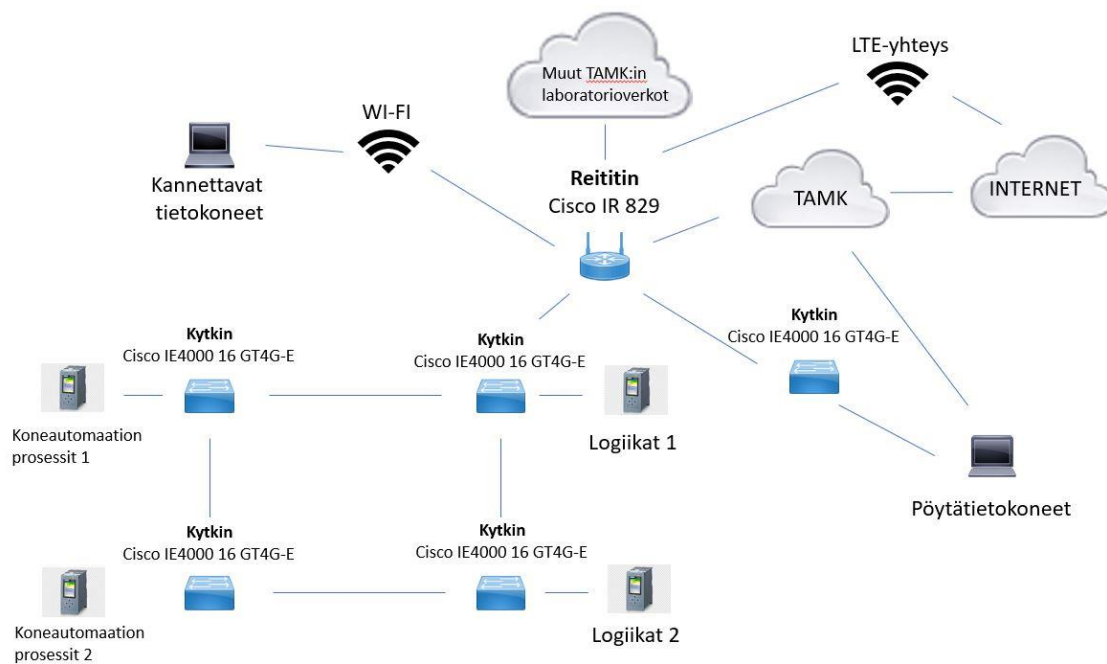
Laboratorion verkon automaatiosegmenttiin on tarkoitus päästä kytkeytymään myös etäyhteydellä, jolloin automaatiolaitteita voidaan hallita vaikkapa oppilaan tai opettajan kotoa käsin. Tällainen yhteys vaatii tunnelointitekniikan käyttöä, eli etäkäyttäjän ja automaatiolaitesegmentin väliin luodaan virtuaalinen yhteys internet-verkon ylitse. Tunnelin käyttäminen vaatii vahvaa salausta ja luotettavaa käyttäjätunnistusta.

Tässä verkossa tunnelointiyhteys tuodaan joko TAMK:in verkon yli julkista osoitetta käyttäen tai pääreitittimen LTE-ominaisuutta hyödyntäen ja luomalla verkolle oma 4G-yhteys (kuva 5). Etäkäyttäjä ottaa etäyhteyden omalla client-sovelluksellaan laboratorioverkon pääreitittimen julkiseen IP-osoitteeseen ja siitä porttinumeron ja protokollan perusteella tiettyyn automaatiosegmentin laitteeseen.

6.5 Yhteys oppilaitoksen muihin laboratorioverkkoihin

Tulevaisuudessa tämän verkon halutaan olevan osana TAMK:in laboratorioverkkojen muodostamaa kokonaisuutta, jossa eri laboratorioista olisi yhteys muihin laboratorioverkkoihin ja tätä yhteyttä pystyttäisiin hyödyntämään uudenaikaisissa projekteissa. Tätä yhteyttä varten reitittimeen jätetään vapaaksi yksi Ethernet-portti, josta verkko tulevaisuudessa yhdistetään muihin laboratorioverkkoihin (kuva 5).

7 KOKO VERKON TOPOLOGIA



Kuva 5. Verkon runkotoologia

LÄHTEET

Cisco. Cisco IE 4000-series switches. Luettu 8.5.2020

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/industrial-ethernet-4000-series-switches/datasheet-c78-733058.html>

Cisco. Cisco 829 Industrial Integrated Services Router. Luettu 8.5.2020

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/829-industrial-router/index.html>

Cisco. Cisco Resilient Ethernet Protocol. Luettu 18.5.2020

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/ethernet/116384-technote-rep-00.html>

EtherCAT. Ethercat Technology overview

<https://www.ethercat.org/en/technology.html>

IEEE. Industrial network requirements. Luettu 23.5.2020

http://www.ieee802.org/3/ad_hoc/ngrates/public/18_03/woods_nea_01_0318.pdf

Motion control tips. Ethernet/IP versus EtherCAT – what’s the difference. Luettu 31.05.2020

<https://www.motioncontroltips.com/ethernet-ip-versus-ethercat-whats-the-difference/>

Profinet technology. Profinet. Luettu 8.5.2020

<https://us.profinet.com/technology/profinet/>