



**SAVONIA**

- TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA. – TIETOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA.  
TIETOVERKKOTEKNIikka.

# TIETOVERKON UUDISTAMINEN

TEKIJÄ/T: Annukka Väätäjä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Annukka Väätäjä	
Työn nimi Tietoverkon uusiminen, Microkadun verkkolaitteiden osittainen vaihtaminen	
Päiväys 22.04.2014	Sivumäärä/Liitteet 30/1
Ohjaaja(t) Laboratorioinsinööri Pekka Vedenpää / Savonia-ammattikorkeakoulu	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia- ammattikorkeakoulu / Tietohallintokeskus	
Tiivistelmä <p>Työn tarkoitus oli uusia Technopoliksella (Microkadun kampuksella) Savonian tietoverkkoa. Keskeinen asia työssä oli perehtyä kytkinten pinoamisteknologiaan, joka mahdollistaa tietoverkon laajentamisen tulevaisuudessa helpommin.</p> <p>Nykyistä verkkoa on jo uusittu kampusalueen laajentumisen vuoksi. Helpomman hallittavuuden ja ip- osoitteiden vähyyden vuoksi on päädytty käyttämään kytkinten pinoamista. Ciscon Catalyst kytkimet olivat Savonian nykyisen verkkolaitteiden vuoksi loogisin valinta.</p> <p>Ensin työssä oli perehdyttävä Ciscon Flexstack- teknologiaan. Tämän jälkeen selvitettävä nykyinen verkkorakenne ja suunnitella uusiminen. Teknologiaan ja konfigurointeihin perehtymisen jälkeen, pääsee harjoittelemaan pinon rakentamista.</p> <p>Työ saatiin tehtyä niinkuin suunniteltiin. Tietoverkko toimii Microkadun kampusalueella hyvin. Pinoamisella saatiin helpotettua ylläpitäjien työtä. Myös myöhemmät laajentamiset voi tehdä nyt helpommin pinojen avulla.</p>	
Avainsanat tietoverkko, pinoaminen, Flexstack, konfigurointi, EtherChannel	

Field of Study Technonoly, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Annukka Vääätäjä			
Title of Thesis Renewing Network Equipment			
Date	22 April 2014	Pages/Appendices	30/1
Supervisor(s) Mr Pekka Vedenpää, Laboratory Engineer /Savonia University of Applied Sciences			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences, Data Management Center			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to renew the old network in Technopolis Campus. The main topic in this thesis was the switch stack technology. Switch stacking helps to expand the network in the future very easily.</p> <p>The current network had to be expanded because the campus area has already grown. Stacked switches are easier to manage and they need much less ip- addresses. That is why it was decided to use switch stacking. The Savonia network has already a lot of Cisco switches, so it was logical to use Cisco Catalyst switches in this work, too.</p> <p>First the Cisco Flexstack technology was studied. The old network structure was studied and then the new structure was planned. After studying the technology and configurations, it was ppossible to practice switch stacking.</p> <p>As a result of this thesis, the network in Technopolis Campus is working. All switch stacks are in right places and they are workin very well. They are much easier to manage and repair. Also now it is easier to expand the network in future.</p>			
Keywords Network, Flexstack, config, EtherChannel			

## ESIPUHE

Haluan kiittää ennen kaikkea perhättäni opiskelun tukemisesta ja kannustamisesta suorittaa koulutus loppuun asti. Haluan myös kiittää harjoittelun ja opinnäytetyön ohjaajaani Pekka Vedenpäästä kaikesta tuesta ja ohjauksesta.

Kuopiossa 22.4.2014

Annukka Väättäjä

## SISÄLTÖ

TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 SAVONIAN KAMPUSALUEEN VERKKOYHTEYDET .....	9
3 AKTIIVILAITTEIDEN YHTEYS KAMPUSALUEILLA .....	11
3.1 Tietoverkko kaapelointia yleisesti .....	11
3.2 Kuvausta verkkojen rakenteista .....	11
3.3 Savonian kampusalueiden yhteys.....	14
4 ETHERCHANNEL.....	15
5 KÄYTETTÄVÄT AKTIIVILAITTEET .....	16
5.1 Cisco 4506.....	16
5.2 Cisco Catalyst 2960- x .....	16
6 YLEISTÄ KYTKINTEN PINOAMISESTA.....	18
6.1 Klusteroinnin ja pinoamisen ero .....	18
6.2 Menetelmän hyödyt .....	18
7 SAVONIAN VERKKORATKAISU .....	19
7.1 Verkon vanha rakenne .....	19
7.2 Haettu muutos.....	20
7.3 Verkon uusi rakenne .....	20
8 VARSINAISEN TYÖN TEKEMINEN.....	21
8.1 Dokumentointi .....	21
8.2 Pinon rakentaminen .....	21
9 KYTKINTEN PINOAMISESSA ILMENNEET ONGELMAT .....	24
10 KONFIGUROINTIESIMERKKI.....	26
10.1 Pinon jäsenen numerointi ja uudelleen numerointi .....	26
10.2 Pinon jäsenen priority-arvon määrittäminen.....	26
10.3 Pinon portin nopeuden säätäminen 10Gbps .....	27
10.4 Pinon uuden jäsenen määrittäminen .....	27
10.5 Kytkimen poistaminen pinosta .....	27
11 PINON VIRHEEN ETSINTÄ.....	28
12 YHTEENVETO.....	29

LÄHTEET ..... 30

## TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET

Cisco = Cisco Systems, yhdysvaltalainen verkkolaitevalmistaja

WAN (Wide Area Network) = laaja tietoverkko

LAN (Local Area Network) = paikallisverkko

Etherchannel = Yhdistämistekniikka, linkki jolla voidaan liittää kaksi tai useampi ethernet-yhteys yhdeksi loogiseksi kokonaisuudeksi. Käytetään pääasiassa Ciscon kytkimissä.

Ethernet = Verkkoliikennestandardi, joka määrittelee tietoverkoissa käytetyn pakettipohjaisen lähiverkkotekniikan.

Standalone Switch = Itsenäisesti toimiva kytkin. Konfiguroimalla varmistetaan kytkimen itsenäinen toiminnallisuus.

Stack = Kytkin pino, jossa on yksi master-kytkin ja loput jäsenkytkimiä (member).  
Voidaan rakentaa 4 - 8 jäsenen pinoja.

Vlan = Looginen verkkoalue, jossa sijaitsee useampia eri käyttäjäryhmiä.

Master = Hallitseva pääkytkin. Konfigurointitiedoissa tieto muitakin kytkimiä varten. Pinon toiminta riippuu master - kytkimen pitämästä konfiguroinnista.

Konfigurointi = Kytkimen asennus. Konfiguraation avulla määritellään kytkimen toiminnallisuus.

Kytkin = Verkkolaite, jolla yhdistellään verkon osia toisiinsa ja jaetaan verkkoa fyysisesti eri pisteisiin.

Reititin = Verkkolaite, jolla eri tietoverkkoja yhdistetään toisiinsa.

LACP (Link Aggregation Control Protocol) = Standardoitu protokolla. Käytetään muissa kuin Ciscon kytkimissä yhteyksien muodostamiseen. Esimerkiksi palvelimiin yhdistettäessä.

PAGP (Port Aggregation Control Protocol) = Protokolla, jota käytetään yhdistämään Ciscon kytkimiä EtherChannel-tekniikalla.

Protokolla = Joukko sääntöjä ja toimintatapoja, joka määrittelee liikennöintitapahtuman kulun tietoliikenteessä.

Full Redundant = Suurempi viansietoisuus ja toiminnan takaus tietoverkossa.

Full Duplex = Tietoliikenneverkossa tapahtuva kaksisuuntainen lähetys ja vastaanotto.

## 1 JOHDANTO

Työ on tehty keväällä 2014 Savonian kuntayhtymän tietohallintokeskukselle. Tuolloin Savonian sairaalakadun kampus oli juuri siirtynyt Technopolikselle, Microkadun kampukselle, minkä vuoksi oli syntynyt tietoverkon laajentamisen tarve. Laajentamisessa on pyritty säästämään Ip-osoitteita sekä helpottamaan ylläpitäjien työtä.

Savonian tietoverkossa on käytettävissä pääsääntöisesti Ciscon valmistamia laitteita. Tämän vuoksi oli loogisin valinta Ciscon Catalyst-kytkimet pinoamiseen, joten työssä ei käsitellä muiden laitteiden pinoamisista ja yhteyksiä. Myös aiempien muutoksien tekemisessä on käytetty pinoamisen menetelmää, minkä vuoksi tämäkin työ tehtiin kytkinten pinoamisella.

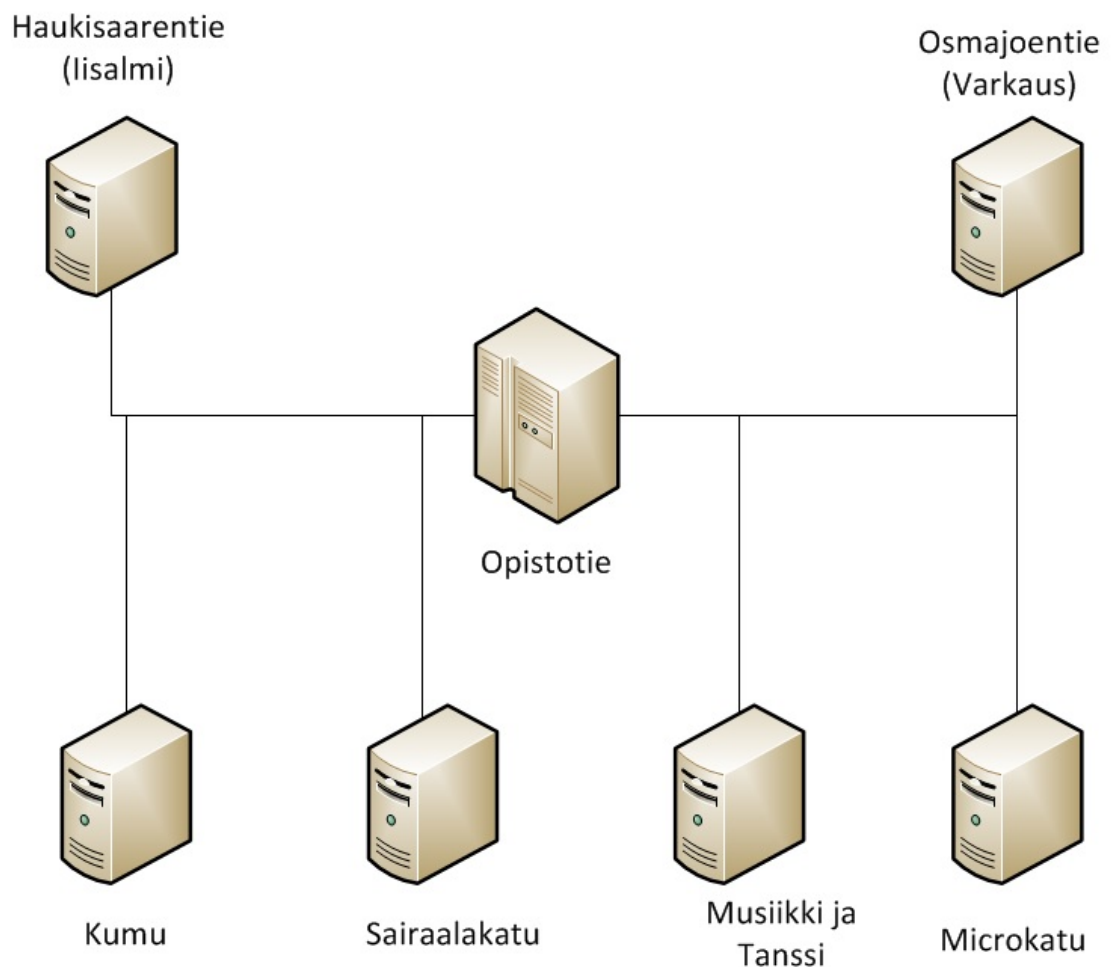
Tämän työn tarkoituksena on esittää yleiset asiat, joita aktiivilaitteiden uusimiseen on tarvittu. Ensin on käsitelty verkon rakennetta yleisellä tasolla sekä Savonian verkkoyhteyksiä. Toiseksi aiheessa on kuvattu aktiivilaitteita, joita työn tekemiseen on tarvittu. Kolmanneksi on esitetty Flexstack -teknologiasta yleisimmät asiat, joilla työn tekeminen on ollut mahdollista.

## 2 SAVONIAN KAMPUSALUEEN VERKKOYHTEYDET

Savonian kampusalueella käytetään pääasiallisesti Ciscon laitteita; aktiivilaitteista Savonian verkossa on noin 90 % Ciscon kytkimiä. Nämä käyttävät pääosin Ciscon kehittämiä protokollia sekä muita verkko-ominaisuuksia. Siksi kampusalueen laajentamiseen on valittu Ciscon kytkimet, jotka mahdollistavat myös pinoamisen.

Savonian kampusalueisiin kuuluu Kuopion, Iisalmen ja Varkauden kampukset. Kuopion alueessa ovat mukana Microkadun, Opistotien sekä Musiikkikeskuksen kampukset. Nämä kaikki alueet ovat tietoverkkoyhteyksissä toisiinsa. Tietoverkkoyhteyksiä tarvitsee niin henkilökunta kuin opiskelijat. Kaiken kaikkiaan opiskelijoitakin on 5800, minkä vuoksi tarvitaan hyvät ja nopeat yhteydet.

Savonian tietoverkkoa voidaan kuvata yrityksen kampusmallilla. Yksi kampusalue kuvataan yhtenä toimipisteenä. Toimipisteet ovat yhteydessä pääkampukseen. Tällä hetkellä Savonian verkon pääkampusalueena on Opistotien kampus. Muut toimipisteet ja sivutoimipisteet on kytketty Opistotielle. Tällä hetkellä kaikki toimipisteiden liikenne ulos ja sisään tapahtuu Opistotien kautta.



KUVIO1: Savonian tietoverkko kevät 2014

Savonian sairaalakatun kampusalue on juuri siirtynyt Microkadun tiloihin. Tämän vuoksi muutokset Microkadun nykyiseen tietoverkkoon ovat olleet huomattavat.

Tietoverkkorakennetta on päädytty muuttamaan tilojen ja yhteyksien tarpeen mukaisesti. Tämän vuoksi parhaaksi ratkaisuksi on päädytty pinoamiseen. Pinoaminen mahdollistaa myös tietoverkon kasvattamisen helpommin.

Savonian Techopoliksen (Microkadun) toimipisteessä toimintaa on useassa eri rakennuksessa. Tiloja on alettu rakentaa ja muokata kasvavan kampusalueen vuoksi. Toiminta eri rakennuksissa selkeyttää kampusaluetta opiskelijoille ja henkilökunnallekin. Kuvassa on esitetty Technopoliksen alue Microkadulta. Kuviossa on rakennukset ja alueet merkitty kirjaimilla. Savonialla on toimintaa sekä tietoverkkoa tällä hetkellä rakennuksissa B, C, D, E, F, G, L, N ja S. Rakennuksessa C on tällä hetkellä Microkadunkampuksen tietoverkon pääpiste. Kyseisestä rakennuksesta on yhteys Opistotien kampukselle sekä muihin Microkadun kampuksen rakennuksiin. Myös tämän työn pinot on yhdistetty C - rakennuksessa toimivaan kytkimeen ja laitteiden uusiminen tapahtuu F-rakennuksessa.



KUVIO 2: Technopolis, Microkadun kampusalue ja toimitilat (Eniro, Microkatu Kuopio.)

### 3 AKTIIVILAITTEIDEN YHTEYS KAMPUSALUEILLA

#### 3.1 Tietoverkko kaapelointia yleisesti

Lähiverkkojen rakentamiseen käytetään nykyisin paljon kierrettyjä parikaapeleita sekä valokuituja. Verkot rakennetaan yleiskaapelointina. Näin verkko tukee eri verkkotyyppejä sekä muita dataverkkoja. Parikaapeleissa käytetään liittiminä RJ-45- uros ja naarasliittimiä, sen mukaan, kytketäänkö kaapeli laite- ja ristikytkentänä vai kiinteänä kerroskaapelointina. Valokaapeleissa käytetään yleisesti joko SC-liitintä tai LC-liitintä. Kuparikaapeloinnissa on liittimien oltava samaa kategorialla kuin kaapelikin. Yleisimmät kategoriat ovat Cat5 ja Cat6. Cat6 mahdollistaa kuparikaapeloinnilla 1Gb/s Ethernet-verkon.

Ethernet-kaapeleissa on tyyppimerkinnot, jotka kertovat kaapelin ominaisuuksista. Esimerkiksi tyyppimerkintä 10 base5 tarkoittaa, että kaapelin nopeudeksi on tarkoitettu 10 Mb/s. Base band tarkoittaa, että se on kantataajuuskäyttöön ja viiden verkon segmentin maksimipituus on 500 metriä. Fast Ethernet on yleisnimitys 100 Mbit/s kykenevälle Ethernet tekniikalle. 100Base-T-merkintä on Cat5-luokan parikaapelille, joka kykenee 100 Mb/s- tiedonsiirtoon.

Valokuitua käytetään yleensä palvelinten ja aktiivilaitteiden yhteyksissä. Valokuitu skaalautuu paremmin siirtotaajuuksille ja on vähemmän altis häiriöille. Valokuiduista yksimuotokuidut ovat edullisempi vaihtoehto sekä yleisin. Monimuotokuitujen 1000BaseSx:n enimmäispituus on pienimmillään 220 m. Tämän vuoksi yksimuotokuitu pystyy paremmin tarjoamaan yhteyden pitkille välimatkoille, esimerkiksi 1000BaseLx. Sx ja Lx- merkinnät tarkoittavat kuituyhteyttä.

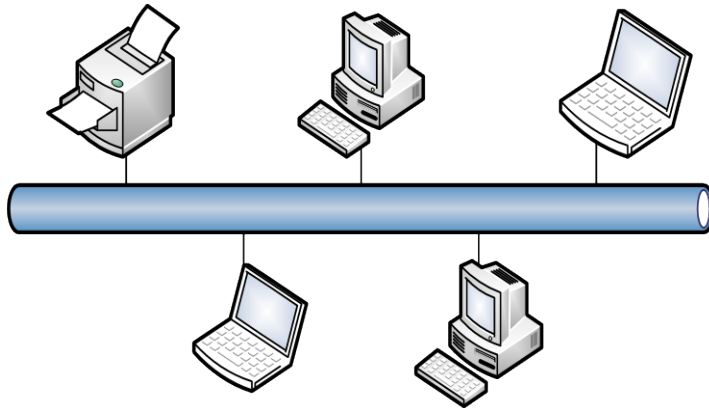
Pari- ja valokuitukaapeleissa käytetään pituuden tilalla kirjaimia T ja F. Parikaapelissa T tarkoittaa Twisted pair (Kierretty pari) ja valokuitukaapelissa F tarkoittaa Fiber optics (Kuitu optiikka). (Tietoverkon rakentaminen 2005.)

#### 3.2 Kuvausta verkkojen rakenteista

Lähiverkkoa voidaan kuvata usealla eri topologiamallilla, joista tärkeimmät ovat rengas (ring), väylä (bus) ja tähti. Nykyään käytetään enemmän loogisia topologioina väylää ja tähteä; tähtitopologiaa käytetään myös fyysisenä kaapelointiratkaisuna. Väylätopologioita voi esiintyä fyysisinä ja loogisina vanhoissa koaksiaalikaapeloiduissa Ethernet-verkoissa. (Tietoverkon rakentaminen 2005.)

## Väylä

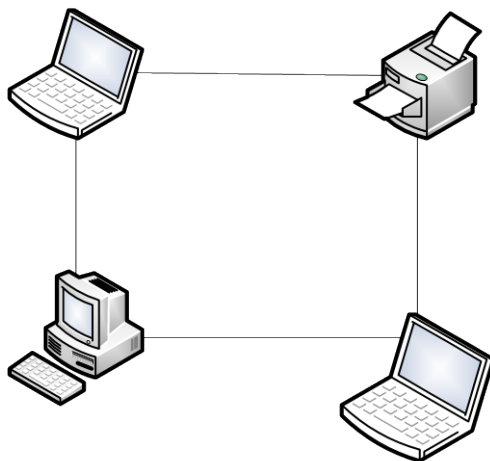
Väylätopologiassa tieto kulkee samaa siirtokanavaa pitkin kaikille laitteille. Teoriassa tieto välittyy samanaikaisesti kaikille kytketyille laitteille. Väylässä tieto kulkee kaikkiin suuntiin, haaroittamattomassa väylässä kahteen suuntaan ja haaroitetussa väylässä kaksisuuntaisesti jokaiseen haaraan.



KUVIO3: Väylätopologia.

## Rengas

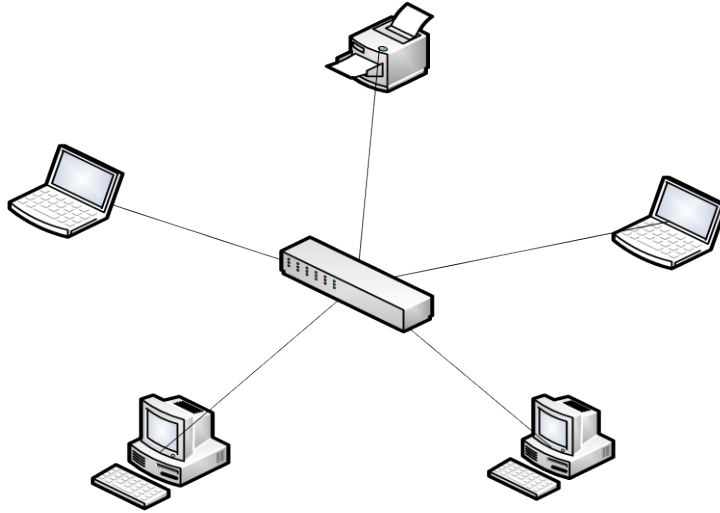
Rengastopologiassa laitteet kytketään renkaaksi. Tieto kulkee laitteesta toiseen vuoron perään kiertäen. Rengasta käytetään Token Ringverkossa.



KUVIO 4: Rengastopologia

## Tähti

Tähtitopologiassa laitteet yhdistetään yhden pisteen (tähten keskipisteen) kautta. Tähten keskiipisteenä toimii yleensä keskitin, kytkin tai reititin.



KUVIO5: Tähtitopologia.

Nykyisillä verkoilla on tähtirakenne ja jokaisella laitteella on oma kaapelisegmenttinsä. Näissä verkoissa tärkein aktiivilaite on kytkin. Koska kytkimet ovat moniporttisia, voidaan näihin liitettää useita koneita suoraan kytkimiin tai käyttää välissä keskitintä (hub).

Verkko, jossa kaikki koneet ovat yhteyksissä toisiinsa kytkinten avulla, kutsutaan täysin kytkennäiseksi verkoksi. Täysin kytkennäisessä verkossa ei ole yhteistä väylää koneiden välissä. Kytkin muodostaa yhteyden suoraan koneen kanssa yhden kehäyksen lähetyksen ajaksi. Näin saadaan muodostettua microsegmentointi ja tiedonsiirto ei vie kaistaleveyttä muilta koneilta eikä törmäyksiä tapahdu. Koska kytkimissä ei ole yhteistä väylää, kaksi konetta voivat viestiä toinen toisilleen (lähettää ja vastaan ottaa samanaikaisesti) yhtä aikaa. Tätä liikennöintimuotoa kutsutaan full duplex muodoiksi. Siltatoimintojen lisäksi kytkin mahdollistaa tehokkaamman rajoittamisen sekä verkon osien erottamisen. (Tietoverkon rakentaminen 2005.)

### 3.3 Savonian kampusalueiden yhteys

Savonian tietoverkkoyhteyksissä käytetään sekä parikaapelia että valokuitukaapelia. Savonian verkoissa on käytössä yksi- ja monimuotokuidut. Parikaapelilla kytketään lyhyen matkan yhteydet, esimerkiksi kytkimiltä luokkatiloihin. Kuituyhteyksiä käytetään tietoverkon runkoyhteyksissä sekä pitkillä matkoilla, kuten esimerkiksi Opistotien ja Microkadun välisillä yhteyksillä.

Microkadun kampuksella kuituyhteyttä on käytetty rakennusten välisiin kytkentöihin. Pääjakamo sijaitsee C -rakennuksessa, josta kuituyhteydellä tietoverkkoa viedään D, F, N, S- rakennuksiin sekä C -rakennuksen toiseen kerrokseen. Kuituyhteyttä on käytetty osittain myös kytkimien välisissä yhteyksissä nopeuden turvaamiseksi. Vanhemmat kytkimet ovat edelleen liitetty parikaapelilla.

Kampuksien välisiin yhteyksiin käytetään EtherChannel- tekniikkaa. EtherChannel -teknologian ansiosta saadaan parempi viansieto pidemmille matkoille kampusalueiden välillä. Myös tiedonsiirto on nopeampaa. Kampusalueiden yhteydet eivät katkea, vaikka yksi linkki joltain kytkimeltä katkeaisi syytä tai toisesta. Myös nopeudet säilyvät kohtalaisen hyvänä näissä tilanteissa. EtherChannel -tekniikkaa käytetään Savonian verkossa ns. reunakytkimissä, joilla tietoverkko yhteydet kulkevat kampusalueilta toiselle. Näin toimii Microkadun ja Opistotien väliset yhteydet suurille opiskelija- ja henkilökuntamäärille paremmin.

## 4 ETHERCHANNEL

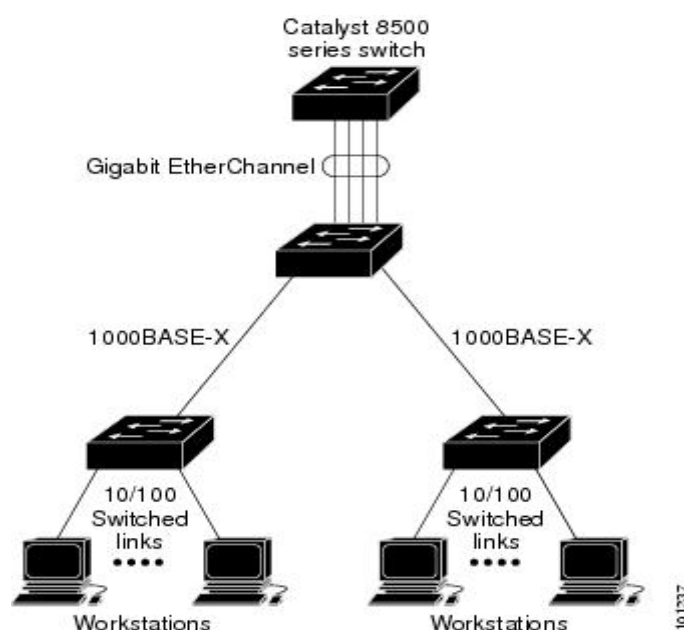
EtherChannel on teknologia, jolla voidaan linkittää useita fyysisiä Ethernet-linkkejä yhdeksi loogiseksi Ethernet-linkiksi. Kaistanleveys riippuu kytkettävistä linkeistä. Kaistavleveys voidaan laskea summaamalla yhdistettyjen linkkien kaistanleveydet. Esimerkiksi neljä kappaletta gigatavun linkkejä muodostavat neljän gigatavun EtherChannel-linkin.

Standardoituja FastEthernet -linkkejä voi olla yhdestä kahdeksaan ja ne voivat tarjota 80 Gb/s kaistavleveyden. EtherChannel voidaan luoda myös Gigabit Ethernet - sekä 10 Gigabit Ethernet - linkeillä.

Yhteyksiin voidaan liittää kytkimiä, reitittimiä, palvelimia sekä työpöytäkoneita. EtherChannel - tekniikkaa voidaan käyttää normaalilla parikaapelilla (UTP) tai yksi- ja monimuotokuidulla.

EtherChannel-teknologiassa yhteyden muodostamiseen ja hallintaan käytetään LACP (Link Aggregation Control Protocol) sekä Ciscon PAgp (Port Aggregation Protocol). Ciscon kytkimet käyttävät PAgp protokollia ja LACP on käytössä muiden valmistajien laitteissa. Poikkeuksena on MultiChass EtherChannel, jossa ei ole rajoituksia. Rajoituksena on vielä, että linkkien on sijaittava yhdessä päässä samalla kytkimellä. Poikkeuksia ovat kytkinpinot, joissa linkit voivat sijaita useammalla eri kytkimellä pinossa.

EtherChannelin käytön suurin etu on viansietoisuus. Mikäli yksi linkki lakkaa toimimasta, se ei vaikuta EtherChaneliin muutoin, kuin, että kaistanleveys ei ole käytössä. Muut linkit jakavat kuorman verkossa. Kun linkki saadaan taas kuntoon, se palautuu EtherChaneliin, kuorma ja kaistanleveys palautuvat automaattisesti. (EtherChannel, Cisco Systems Inc. 2014.)



KUVIO 6. Yleisin malli EtherChannelin käytöstä (Cisco Systems).

## 5 KÄYTETTÄVÄT AKTIIVILAITTEET

### 5.1 Cisco 4506

Päivittämällä laiteesta tulee 4508 -malli. Mallin 4506 tiedot vastaavat 4500 sarjan ja eritoten 4506 kytkimen tietoja. Malli on 6 -korttimoduulipaikkainen kytkin. Siinä on kahdennettu virtalähde ja korttimoduulipaikkalähtöjä enintään viidelle. Ciscon Catalyst 4506 -mallilla on useita eri käyttötarkoituksia. Kytkimet voivat toimia tasoilla 2 - 4. Cisco Catalyst 4500 -sarjan kytkimet tarjoavat korkean suorituskyvyn ja verkon redundanttisuuden. Cisco Catalyst 4506 tarjoaa 24 Gbps -nopeuden jokaiselle korttipaikalle. Savonian tietoverkossa nämä toimivat hierarkiassa jakelutasolla, joilta jaetaan tietoverkkoa yhteystasolle. Alla kuva 4500 -sarjan kytkimistä.



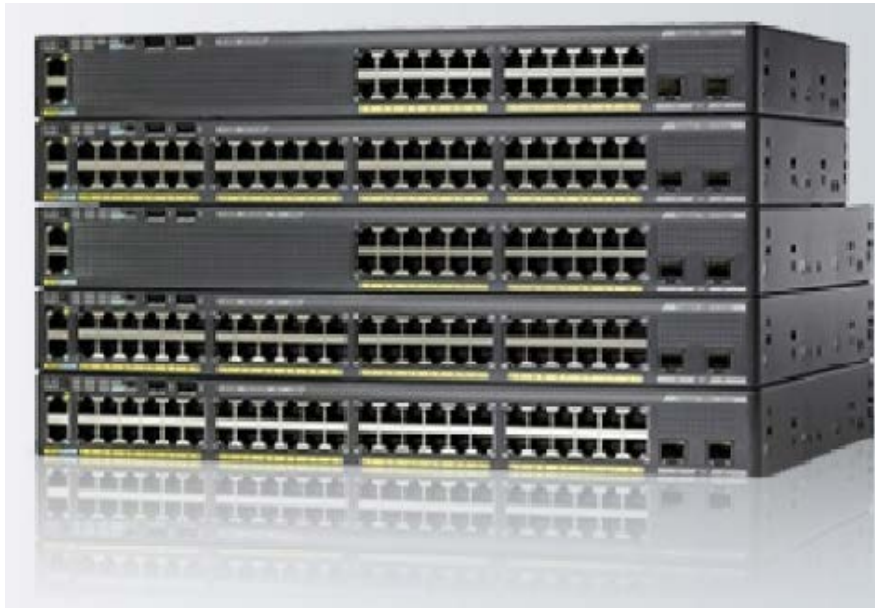
KUVA 1: Cisco Catalyst 4500 -sarjan kytkimet (Cisco Systems).

### 5.2 Cisco Catalyst 2960- x

Cisco Catalyst 2960-x sarjan kytkimet ovat pinottavia Gigabit ethernet (10/100/1000) kytkimiä. Ne toimivat tason 2 kytkiminä. Kytkiä voidaan pinota neljästä kahdeksaan jäseneseen asti. Kytkimillä on pinossa kaistanleveyttä 80 Gbps asti. Kytkimiä voidaan hallinnoida yhden linkin kautta. Kytkimet ovat helppoja konfiguroida sekä niitä on helppo hallinnoida. Erilaiset ohjelmat kuten Cisco Smart Operations helpottavat vianetsintää, konfigurointia ja pienentävät kustannuksia. Nämä ohjelmat voi asiakas halutessaan ottaa käyttöön. Kytkimissä on useita erilaisia suojausmenetelmiä, jotka asiakas voi halutessaan ottaa käyttöön. Suojausasetuksina toimii mm. rooli-pohjainen turvallisuuskirjautuminen ja porttitasojen salaukset.

Savonian tietoverkossa Catalyst 2960 x- kytkimiä käytetään yhteystason kytkiminä. Työssä on käytetty kahta eri mallia 2960 x sarjan kytkimistä, mallit TD-L ja TS-L kytkimet. TD-L- kytkimiä on parempi käyttää master- kytkiminä TenGigabit liittimien vuoksi. Näistä saadaan luotua nopeammat

yhteydet kytkimeltä toiselle. Näitä yhteyksiä käytetään lähinnä liittämään ns. reunakytkimiä pinon kytkimen kanssa yhteen. Myös pidemmän matkan yhteydet on parempi liittää näihin, yhteyksien vuoksi. TS-L kytkimissä on Gigabit liittimiä neljä kappaletta, joilla voidaan liittää muita laitteita kiinni pinoon, esimerkiksi toisia kytkimiä tai tietokoneita. Muuten kytkimillä ei ole eroja toisiinsa. Toimivuus ja suojaukset ovat mahdollisia molemmissa samanlailla sekä pinoaminen on mahdollista molemmilla yhtä suurilla määrillä. TD-L -mallin kytkimistä kuva alla.



KUVA 2: Cisco Catalyst 2960-x sarjan kytkimet (Cisco Systems).

## 6 YLEISTÄ KYTKINTEN PINOAMISESTA

Kytinten pinoamisella (switch stacking) tarkoitetaan useamman kytkimen yhdistämistä toisiinsa, niin että niitä voidaan hallita yhtenä kytkimenä. Merkkien ja mallien välillä on paljon eroja, jonka vuoksi käsittelen vain Ciscon Flexstack -menetelmää, joka on Ciscon Catalyst 2960- s ja 2960- x sarjan kytkimissä.

Flexstack- teknologia on ollut käytössä 2960- s ja 2960- x -sarjan kytkimissä. Teknologian avulla voidaan useita kytkimiä liittää toisiinsa niin, että niitä voidaan käyttää yhtenä loogisena kytkimenä. Tämä saadaan toimimaan erillisten stack -modulien avulla. Myös kaapelit ovat erikoissuunniteltuja ja näitä voidaan käyttää vain 2960 -sarjan kytkimiin. Kytintä käyttää hop-by-hop -metodia Ethernet -pakettien siirrossa koko pinon läpi. Kytintä toimii full duplex-moodissa, 2960- s 10 Gbps nopeudella ja 2960- x 20Gbps nopeudella kytkinten jäsenten välillä. Flexstack plus - moduuli mahdollistaa 80 Gbps siirtonopeuden. Tämä takaa jokaiselle pinon jäsenelle 40 Gbps siirtonopeuden tiedon jakamiseen ja vastaanottamiseen. Plus-ominaisuus on vain 2960-x sarjan kytkimissä.

### 6.1 Klusteroinnin ja pinoamisen ero

Klusterointi kehitettiin Ciscon Catalyst -kytkimille Ip-osoitteiden säästämiseksi. Klusteroinnilla on mahdollista hallita useampia kytkimiä yhdestä julkisesta Ip-osoitteesta. Pinoaminen sen sijaan tarjoaa muutakin kuin vain yhden hallinta Ip-osoitteen. Pinoamisella säästetään Ip- osoitteita, kytkinten saatavilla oloa, virheiden minimointia sekä hallittavuuden parantamista.

### 6.2 Menetelmän hyödyt

Flexstack -pinoaminen mahdollistaa suuremman kapasiteetin verkon käyttöön. Suuren nopeuden vuoksi verkolla on paremmat nopeudet ja suurempi käytettävyys.

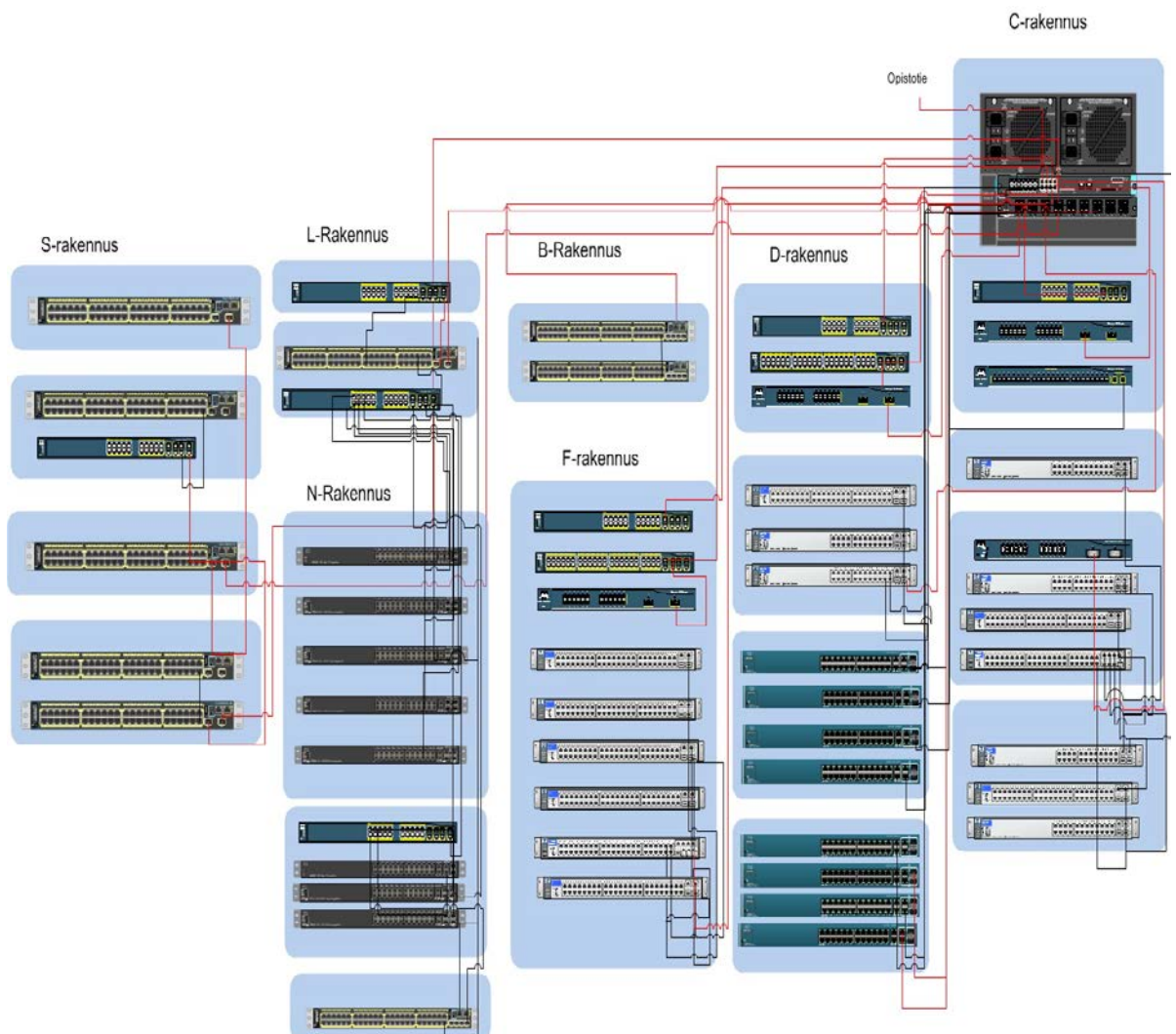
Hallittavuus on helpompaa. Kaikkia pinon kytkimiä hallitaan yhtenä kytkimenä. Näin ollen vian etsintä ja korjaus helpottuvat. Hallittavuuden myötä pienenevät kustannukset.

Verkon laajentaminen on myös helpompaa. Kytkinpinoihin voidaan laittaa neljä jäsentä, 2960- x sarjan kytkimiä voidaan pinota kahdeksan jäsentä. Uuden lisääminen on myös helpompaa valmiiseen pinoon. Pääsääntöisesti pinon master (pääkytkin) huolehtii uuden konfiguroinnin lisäyksen automaattisesti. Kytkimille on tehtävä kuitenkin pieniä muutoksia, jotta uusi kytkin saadaan toimimaan pinossa oikein. Pinoon on myös mahdollista lisätä standalone switch (itsenäinen kytkin), joka toimii toisena master kytkimenä. Kuitenkin tämä toimii omana yksittäisenä pinona, eikä kuulu varsinaiseen pinoon. Mikäli lisätty kytkin on 2960- x -sarjan kytkin, voidaan tähän tulevaisuudessa tehdä uusi pino.

## 7 SAVONIAN VERKKORATKAISU

### 7.1 Verkon vanha rakenne

Microkadulla on tähän asti ollut käytössä useita kytkimiä omilla Ip-osoitteilla. Näistä kytkimistä on mennyt luokkatilojen sekä käytävien rasioihin yhteydet. Kytkimiä on kuitenkin kertynyt pieniin tiloihin paljon. Sitä mukaa kun on uusia opetustiloja otettu käyttöön, on uusia kytkimiä lisätty. Tämä tekee taas verkon hallinnasta hankalaa ja työlästä. Vian etsintään ja kytkinten hallintaan kuluu aikaa, koska jokainen kytkin on tarkistettava yksitellen. Myös tietoverkon laajentaminen on hankalaa Ip-osoitteiden vähyden vuoksi. Suurempien työmäärien lisääminen aiheuttaa suurempia kustannuksia. Ohessa on esitetty kuva, vanhasta verkkorakenteesta. Kuvasta voi nähdä kuinka suuri määrä tietoverkkolaitteita Microkadulla on ollut käytössä ja jokainen laite on vaatinut oman Ip-osoitteensa.



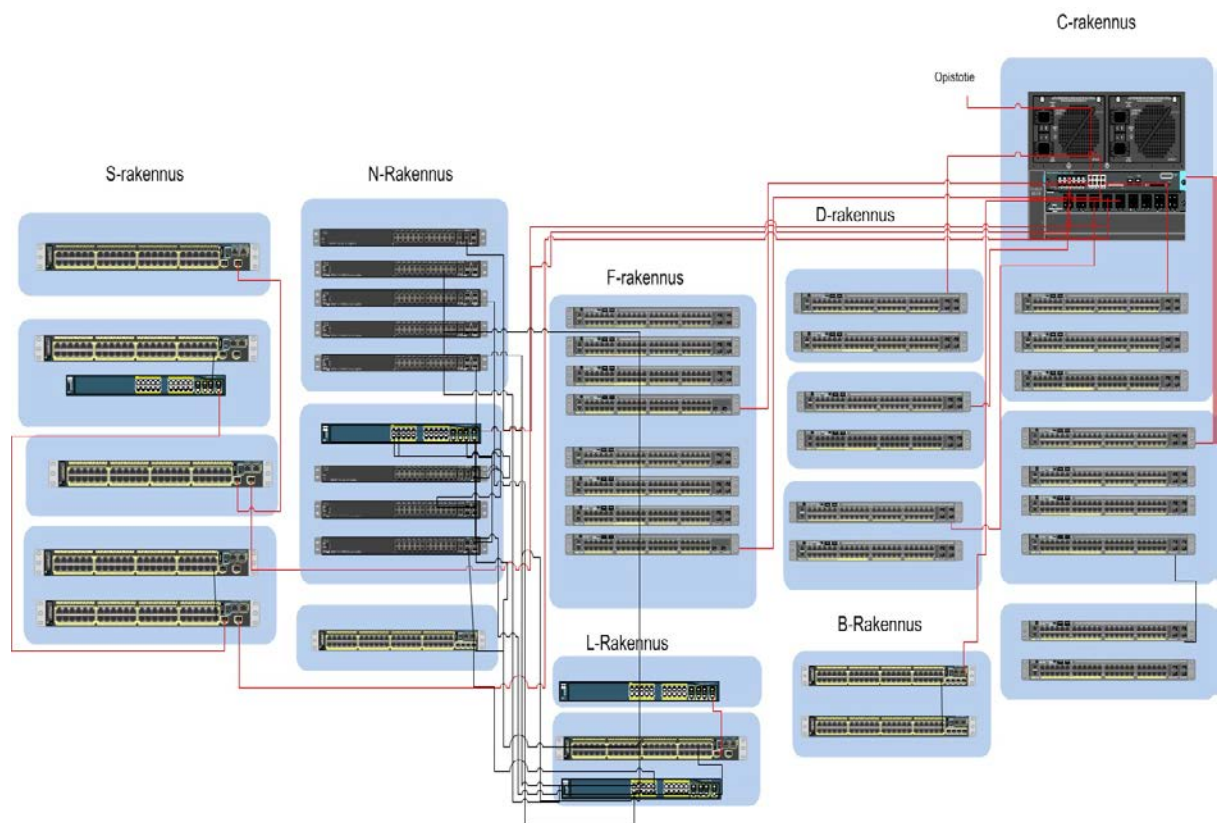
KUVA 3: Microkadun vanha tietoverkko tilanne.

## 7.2 Haettu muutos

Muutoksella on haettu tietoverkon laajentamista sekä hallinnan säilyttämistä yksinkertaisena. Työmäärää on pyritty vähentämään tai jopa pienentämään verkon hallinnan suhteen. Tietoverkkoa on pyritty laajentamaan niin, ettei pienet tilat tuota ongelmia myös myöhempiä laajentamisia ajatellen. Ip-osoitteita on haluttu säästää niiden vähyyden vuoksi.

## 7.3 Verkon uusi rakenne

Microkadun tiloista poistettiin useita standalone -kytkimiä. Näistä jääneisiin tiloihin rakennettiin uudet kytkinpinot. Pinoja on tehty kaiken kaikkiaan kuusi. Jokaisessa pinossa on ollut kahdesta neljään kytkintä. Myöhemmin on mahdollista liittää hyvin yksinkertaisesti ja nopeasti uusia kytkimiä tarpeen tullen. Kaikki pinot tukevat jäseniä neljään asti. Viimeisimmät pinot, jotka on tehty Catalyst 2960 -x -sarjan kytkimillä, mahdollistavat jäseniä kahdeksaan kytkimeen asti. Teimme kuitenkin tämän työn aikana näistä nelijäsenisiä pinoja, minkä vuoksi laajentaminen tapahtuu melko yksinkertaisesti tulevaisuudessa. Näin laajentamisen tarpeeseen pystytään jatkossa vastaamaan nopeammin ja helpommin.



KUVA 4: Microkadun uusi tietoverkko kuva (kevät 2014).

## 8 VARSINAISEN TYÖN TEKEMINEN

Savonian tietoverkkoa oli jo alettu uudistaa Sairaalakadun kampuksen muuton vuoksi talvella 2013. Uusia pinoja oli tehty jo kuusi kevääseen 2014 mennessä. Näissä pinoissa ei ollut kuin yhdestä neljään jäsentä. Ensimmäinen tehtävä oli perehtyä kytkinten pinoamiseen ja opiskella kaikki tarvittavat suojauskonfiguroinnit sekä perehtyä pinoamiseen ja kytkinten muokkaamiseen. Tämän jälkeen on hyvä harjoitella rakentamaan pinoja ja tekemään konfiguroinnit ja tarkistamaan ne. Tässä vaiheessa on hyvä myös tarkastaa nykyisiä kytkimiä ja tiloja. On hyvä käydä paika päällä läpi mitä siellä tulee vielä vaihtaa ja tehdä. Lisäksi on perehdyttävä kaikkiin vaihdettaviin laitteisiin laitteisiin sekä tarvittaviin konfigurointeihin ja opiskeltava kytkimille tulevia uusia turva- ja suojausasetuksia.

Ennen muutosten tekoa on tutustuttava nykyisiin dokumentteihin, joista ilmenee aktiivilaitteiden määrä ja sijainti. Jokainen muutos, jota tietoverkkoon suunnitellaan, tulee merkitä huolellisesti dokumentteihin. Kaikki topologia- ja kytkentäkuvat ja taulukot tulee päivittää huolellisesti muutoksia tehtäessä.

### 8.1 Dokumentointi

Ensin tulee tarkastaa kaikki vanhat kuvat ja taulukot. Sen jälkeen tulee tehdä erilliset siirtotaulukot tulevia pinoja varten. Näillä pystytään helposti seuraamaan linkkien vaihtoa ja järjestystä ja voidaan päivittää uudet taulukot ajan tasalle helpommin. Siirtotaulukoilla myös saadaan vähennettyä virheitä dokumentoinnissa sekä linkkien uudelleenkytkennöissä.

Pinon kytkemisen jälkeen tulee tehdä taulukko- ja kuvapäivitykset välittömästi, jottei päivityksiä unohdeta laittaa. Näin myös muut verkkoa ylläpitävät tahot voivat tehdä tarvittavia muutoksia verkossa heti, kun pino on toiminnassa.

### 8.2 Pinon rakentaminen

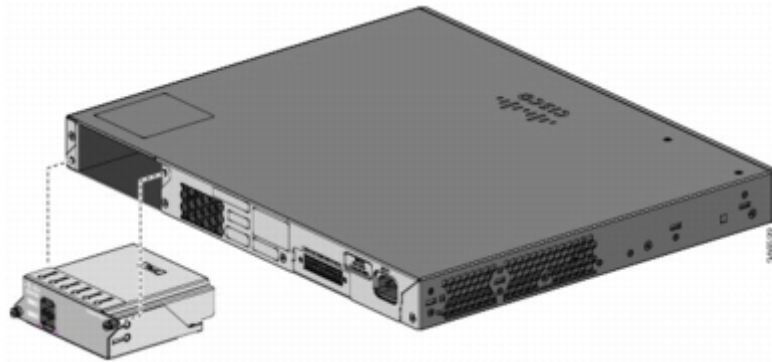
Huolellisten perehtymisten jälkeen voi aloittaa pinon rakentamisen. Ensin tulee tehdä masterkytkin, ns. pinon pääkytkin. Master-kytkimiksi on parempi valita Catalyst TD-L -malli, jossa on kaksi TenGigabit Ethernet-porttia. Näitä yhteyksiä käyttäen työssä on tarkoitus viedä yhteys Cisco 4508 -kytkimelle. Muut jäsenet tehdään TS-L -kytkimistä, joissa on normaalit Gigabit Ethernet -liittimet.

Master-kytkimelle tulee laittaa kaikki vaadittavat turvallisuusasetukset sekä kaikki Vlan -tiedot, joita pinossa tullaan tarvitsemaan. Kytkimelle laitetaan myös Savonian tietoverkossa käytettävät suojauskonfiguroinnit. Kytkimelle on asetettava myös kirjautumistunnukset sekä salasanat, virhetilanteiden ilmoitus - ja sietoasetukset. Porttien asetukset ja tarvittavat vlan -tiedot laitetaan kytkimen portteihin.

Kytkimien suojausasetukset on tärkeä osa tietoturva. Kytkimien muilla asetuksilla määrätään kytkimen toiminnallisuus eri käyttöalueilla.

Tämän jälkeen kytkimelle laitetaan priority-numero, joka määrittää kyseisen kytkimen master-kytkimeksi. Master-kytkin määräytyy pinon käynnistysvaiheessa, jolloin kytkimet tarkastavat priority-numeron. Master-kytkin tulee voimaan, mikäli sillä on suurin numero pinossa. Master-kytkimeen tulee myös olla tallennettu konfigurointitiedot, jotta se voi jakaa tiedon muille jäsenille. Kun on varmistunut, että konfigurointitiedot ovat kunnossa, voi aloittaa pinon kokoamisen.

Kaikkiin tarvittaviin kytkimiin lisätään modulit, jotka mahdollistavat Flexstack -kaapeloinnin. Tämän jälkeen kytketään Flexstack-kaapelit ohjeiden mukaisesti kytkimiin. Kuvissa 5 ja 6, on esitetty moduulin vaihto ja kaapelointi. Lopuksi kytketään virta kytkimiin ja odotetaan kytkinten käynnistymistä.



KUVA 5: Moduulin vaihto (Cisco Systems).



KUVA 6: Kaapelointi neljällä jäsenellä, full redundand-kytkentä (Cisco Systems).

Kun pinon kaikki kytkimet ovat käynnistyneet, pääsee tarkastamaan kytkinten järjestyksen. Mikäli pino on kasautunut niin kuin kuuluu, konfigurointitiedot kopioituvat kaikille pinon kytkimille. Tämän jälkeen vaihdetaan vielä muidenkin kytkinten priority-numerointi uudelleenkäynnistystä varten. Mikäli usealla kytkimellä on sama priority-numero, voi kytkinten järjestys muuttua uudelleenkäynnistymisen yhteydessä. Näin tiedetään varmuudella kytkinten prioriteetti ja sijainti pinossa.

Dokumentoinnin avulla on helpompaa määrittää jokaiselle pinon jäsenelle omat portit ja kaikki vlan - tiedot. Priority-numeroinnilla pystytään myös varmistamaan kofigurointitiedoissa olevat portit ja näiden vlanit uudelleenkäynnistyksen jälkeen. Lisäksi pinon ilmoitukset tulee tarkastaa, kun kytketään eri laitteita kiinni pinon portteihin.

Kun ensimmäinen pino on valmis konfiguroinniltaan sekä dokumentoinniltaan uudelleen sijoittamista varten, voi aloittaa toisen pinon tekemisen samalla tavalla.

Toisen kytkimen konfiguointi aloitetaan samalla tavalla ja tehdään suurin osan konfiguoinnista valmiiksi, ennen kuin laitetaan pinon jäseniä tähän kiinni. Lisäksi vaihdetaan myös kytkimelle jo valmiiksi priority- numeron 14, jotta se pysyisi master-kytkimenä.

Konfiguroinnin jälkeen kytketään kytkimestä virta pois ja yhdistetään Flexstack- kaapeleilla muut pinoon tulevat kytkimet. Tämän jälkeen laitetaan virrat jokaiseen kytkimeen ja odotetaan pinon käynnistymistä. Mikäli kaikki sujuu hyvin ja oikein, on pino tämän jälkeen valmis.

Pinon tekemisen vaiheissa voi ilmentä joitakin ongelmia. Ongelmatilanteita voivat aiheuttaa mm. boot-tiedoston puuttuminen kytkimistä. Ongelmien ratkaisusta on kerrottu työn myöhemmässä vaiheessa enemmän.(kts. Luku 9).

Ongelman korjauksen jälkeen pääsee tekemään uudestaan konfiguroinnit kytkimille. Varmistetaan kytkinten numerojärjestys, minkä jälkeen voi laittaa kaikille porteille vlan-asetukset. Uudelleenkäynnistäessä on hyvä varmistaa useaan kertaan, että TD-L -kytkin toimii master-kytkimenä ja muut jäsenet ovat oikeassa numerojärjestyksessä.

## 9 KYTKINTEN PINOAMISESSA ILMENNEET ONGELMAT

Kytkimien pinoaminen ei aina suju ongelmitta. Turvallisuusasetuksia tehdessä voi ilmetä ongelmia. Ciscolta oli tullut uusi salausasetus enable secret 4. Tämän vuoksi kytkin voi ilmoittaa enable secret 5 -kohdalla vaihtoilmoituksesta. Kytkin ilmoittaa, että kyseinen salaus olisi vanhentumassa ja tulisi siirtyä käyttämään uutta secret 4-suojasta. Internetistä pystyy tutkimaan asiaa usealta sivustolta, Ciscon uutisista löytyy myös tieto, että kyseessä oli virheellinen ilmoitus. Tämän secret 4:n olisi pitänyt olla korvaava uutuus ja perempi suojausmenetelmä, mutta oli käynyt toisin; tämä suojaus ei pystynyt tekemään turvallisempia salasanoja. Cisco Systemsin suositus onkin käyttää secret 5 -suojausta ilmoituksista huolimatta. Tämä onnistuu esimerkiksi kopioimalla jostakin toisesta kytkimestä jo valmiiksi salatun salasanan asetukset.

Ohessa esimerkki virheen kuvauksesta kytkimessä:

```
router(config)#enable secret 5 $1$YXEj$Fr7OC1Jh62xJRb/rdIm9d0
Warning: The CLI will be deprecated soon
'enable secret 5 $1$YXEj$Fr7OC1Jh62xJRb/rdIm9d0'
Please move to 'enable secret <password>' CLI
router(config)#username demo secret 5 $1$Gd0I$VJkZkCRG1d1FvY7we7dzM.
Warning: MD5 encryption will be deprecated soon.Please move to SHA256 encryption.
```

Eräissä uusissa kytkimissä oli ongelmia. Kahdesta kytkimestä puuttui kokonaan boot- tiedosto. Mikäli kytkimen omasta muistista ei löydy mitään kopioitavaa tiedostoa, kytkimelle pitäisi ladata uusi boot- tiedosto. Kytkin on tässä vaiheessa helpompi ja nopeampi vaihtaa uuteen.

Ohessa esimerkkiteksti virheilmoituksesta:

```
Loading ""...: no such device
Error loading ""
```

```
Interrupt within 5 seconds to abort boot process.
Boot process failed..
```

```
The system is unable to boot automatically. The BOOT enviroment
variable needs to be set to a bootable image.
```

Ilman boot-tiedostoa olevan kytkimen vaihto voi aiheuttaa ongelman. Uusi kytkin menee konfiguroinnista huolimatta master-kytkimeksi, minkä jälkeen joutuu vaihtamaan jokaisen kytkimen numeroinnin ja priority-numeron sekä käynnistämään pinon uudestaan. Uudelleenkäynnistyksessä huomaa, että kyseinen virhe poistaa kaikki konfigurointitiedot kytkimistä. Tämän jälkeen on tehtävä koko konfigurointi uudestaan. Pinon kaikki kytkimet tallentavat saman tien kaikki asetukset, joita tässä vaiheessa tekee. Samalla pääsee heti syöttämään portteihin vlan-tiedot. Käynnistämällä pinoa vielä useampaan kertaan uudestaan, varmistaa *show switch* -komennolla jäsenten ja masterin numeroinnin, priorityn sekä provision tiedot.

Ohessa uudelleenkäynnistys tilanteen kuvaus, asetettu (master) switch 1 oli muuttunut switch 2:ksi:

*Election Complete.*

*Switch 2 booting as Member, Switch 1 elected Master*

## 10 KONFIGUROINTIESIMERKKI

Kytkepinojen konfiguroinnissa on oltava erittäin tarkka, sekä on tiedettävä mihin järjestykseen kytkimet aikoo pinota. Stacking -konfigurointeja ei ole kovin helppo poistaa. Pelkästään uudelleen nimeäminen ja numerointi eivät aina auta. Nämä tiedot jättävät "haamujäljet" kytkimeen. Jokaisessa käynnistyksessä sekä running-config tiedossa näkyy edelleen nimi ja numerointi poistetusta jäsenestä. Ennen uuden kytkimen asennusta on oltava varma, että edellisen numerointi ja priority on poistettu.

Seuraavaksi käsitellään yleisimmät konfiguroinnit, joita tarvitaan pinon tekemiseksi sekä jäsenen poistamiseksi. Nämä komennot ovat CLI komentoja, jotka toimivat Ciscon kytkimissä.

### 10.1 Pinon jäsenen numerointi ja uudelleen numerointi

1. Switch#config t
2. Switch(config)# switch *current-stack-member-number* renumber *new stack-member-number*  
Esimerkiksi: Switch 1 renumber 4
3. Switch(config)#end
4. Switch#reload slot *stack-member-number*  
Esimerkiksi: Switch#reload slot 1
5. Switch#copy running-config startup-config

Näin saadaan vaihdettua kytkimen numerointi. Aina muutoksia tehdessä tulee myös muistaa tallentaa uudet tiedot muistiin. Jäseniä voidaan numeroida välillä 1-15. Arvo astuu voimaan kytkinten käynnistyttyä uudelleen.

### 10.2 Pinon jäsenen priority-arvon määrittäminen

1. Switch# config t
2. Switch(config)# switch *stack-member-number* priority *new-priority-value*  
Esimerkiksi: Switch(config)#switch 3 priority 2
2. Switch(config)#end
3. Switch#copy running-config startup-config

Kytken priority-arvo voidaan määrittää välille 1-15. Arvo tulee voimaan heti, mutta se ei vaikuta pinoon vielä tässä vaiheessa. Pinon käynnistyessä uudelleen, kytkimet valitsevat arvon perusteella master -kytkimen. Kaikkein korkeimmalla numerolla oleva kytkin valitaan pinon masteriksi.

### 10.3 Pinon portin nopeuden säätäminen 10Gbps

1. Switch# config t
2. Switch(config)# switch stack port port-speed 10
3. Switch(config)#end
4. Switch#copy running-config startup-config
5. Switch# reload

Kytkimien porttinopeutta tarvitsee vaihtaa siinä tapauksessa, jos kysessä on sekä pino 2960-s ja 2960 x- sarjan kytkimiä. Tämä asetus pitää tehdä 2960 x-sarjan kytkimille ennen kuin laitetaan 2960 s-sarjan kytkimiä kiinni pinoon. Muussa tapauksessa pinoa ei muodostu.

### 10.4 Pinon uuden jäsenen määrittäminen

1. Switch# config t
2. Switch(config)# switch *stack-member-number* provision *type*  
Esimerkiksi: Switch(config)# switch 3 provision WS-xxxx
3. Switch(config)#end
4. Switch#copy running-config startup-config

Konfigurointi toimii vain pinon master-kytkimeltä. *Stack-member-number*iksi laitetaan numero välillä 1-8. *Type* -osioon valitaan se malli tieto, joka on kytkimen komentorivi tiedoissa, esimerkiksi malli WS-1234.

### 10.5 Kytkimen poistaminen pinosta

Jos haluaa välttää suurempia virheilmoitusten saamista, on ensin kytkettävä virta pois kytkimestä. Tämän jälkeen vaihdetaan poistettavan kytkimen kaapelit kiinni pinoon jääneisiin kytkimiin. Tämän jälkeen täytyy kytkimen provision -tieto poistaa pinosta. Tämän voi tehdä ainoastaan pinon master-kytkimestä.

1. Switch# config t
2. Switch(config)# no switch *stack-member-number* provision  
Esimerkiksi: Switch(config)#no switch 3 provision
3. Switch(config)#end
4. Switch#copy running-config startup-config

## 11 PINON VIRHEEN ETSINTÄ

Mikäli jokin kytkinpinon portti hälyttää tai aiheuttaa muutoin epästabiliin ringin, on hyvä aloittaa virheen etsiminen kytkemällä portti pois päältä.

1. Switch# config t
  2. Switch(config)# switch *stack-member-number* stackport *port-number* disable
- Esimerkiksi: Switch(config)#switch 3 stackport 1 disable

Portin saa takaisin päälle käyttämällä yllä olevassa komennossa enable.

Esimerkiksi: # switch *stack-member-number* stackport *port-number* enable

Kun portti on otettu pois päältä, pino toimii puolella kaistanleveydellä.

Rinki toimii täydellä teholla, kun kaikki pinon stackportit ovat *ready*-tilassa. Mikäli osa porteista ei ole *ready*-tilassa tai eivät ole kytketty, rinki toimii osittain. Kun rinki toimii täydellä teholla, voidaan portti väliaikaisesti kytkeä pois. Mikäli pino toimii puolella kaistanleveydellä, porttia ei voida kytkeä pois päältä.

Pinoa voidaan valvoa parhaiten seuraavilla komennoilla:

#show platform stack manager info

Saadaan tieto mm. pinon protokollaversio numero

#show platform stack passive-links

Näyttää tiedot passiivisista linkeistä

#show switch

Näyttää yhteenvedon pinosta, mm. pinon kytkimien tilasta, kytkinten versiovirheistä

#show switch *stack-member-number*

Näyttää tiedot tietystä jäsenestä pinossa

#show switch detail

Saadaan yksityiskohtainen tieto pinosta

#show switch neighbors

Esittää tiedot pinon naapureista, joista kytkimet ovat saaneet tiedot

#show switch stack- ports

Näyttää tiedot pinon stack-porteista.

## 12 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli laajentaa Microkadun kampusalueella tietoverkkoa laajentumisen vuoksi. Työn tavoitteena oli myös saada helpotusta ylläpitäjien työlle sekä saada vähennettyä Ip-osoitteiden tarvetta. Myös tulevaisuudessa laajentaminen tapahtuisi helpommin, tämän työn jälkeen.

Työ oli mielenkiintoinen. Aihepiiri oli laaja ja vaati paljon työtä sekä aikaa. Perehtyminen vaati englannin kielen taitoja. Tietoa aiheesta oli muutenkin ajoittain hankalia etsiä, aiheen niukkuuden vuoksi. Joitakin aihealueita ei kirjoista löytynyt ollenkaan, joten suurin osa materiaalista on internetistä.

Työ vaati sekä uusia että vanhoja tietoja ja taitoja. Tämän vuoksi työtä oli myös erittäin mielekästä tehdä. Näin sai päivitettyä koulutuksen aikaisia tietoja ja konfigurointitaitoja.

Pinon tekemiseen ei juurikaan mennyt aikaa huolellisen perehtymisen jälkeen. Kytkinten uudelleen sijoittamista puolestaan joutui odottamaan, jotta verkon häiriöiltä vältyttiin tai ainakin saatiin ne pidettyä mahdollisimman pieninä.

Pinoaminen oli myös haastavaa ongelmatilanteiden ilmennettyä. Suoria ratkaisuja ei ongelmatilanteisiin löytynyt, vaan nämäkin tiedot joutui etsimään internetin sivustoilta. Myös omaa päättelykykyä vaaditiin paljon pinon tekemiseen. Ei ole olemassa suoraa vastausta ja suoraa tietoa konfiguroinnista, joka kävisi jokaisen tietoverkon kohdalle. Savonian tietoverkon suojauksista ja konfigurointitiedoista sain suuren avun ohjaajaltani. Häneltä sai apua myös ongelmatilanteiden ratkaisuun. Näin saatiin pinot toimimaan juuri oikein Savonian verkkossa.

Pinoilla saatiin tehtyä haluttu muutos Microkadun kampusalueen tietoverkkoon. Pinot vähentävät ylläpitohenkilöiden työtä, koska heidän ei enää tarvitse hallita kymmeniä kytkimiä yhdessä kerroksessa tai rakennuksessa. Pinojen vuoksi tarvitaan tietoverkoissa nyt vähemmän Ip-osoitteita. Tulevaisuudessa verkkoa on helppo ja nopea laajentaa. Nykyisiin pinoihin voi vielä lisätä useampia kytkimiä käyttötarpeen lisääntyessä. Pinoihin lisätyt kytkimet ovat myös helpompia konfiguroida, koska pinon master kopioi perusasetukset liitettyihin uusiin kytkimiin. Näin ylläpitäjien on helpompaa laajentaa nykyistä verkkoa.

Työ onnistui mielestäni hyvin ja lopputulos oli toimiva kokonaisuus.

## LÄHTEET

HAKALA, Mika ja VAINIO, Mika 2005. Tietoverkon rakentaminen. Porvoo: WS Bookwell.

ODOM, Wendell 2005. Tietoverkot. Helsinki: Edita Prima oy.

Cisco Systems Inc. Cisco Catalyst 2960-x sarjan kytkimet 2014. [Viitattu 2014 – 02.] Saatavissa:  
[http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/at\\_a\\_glance\\_c45-728213.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/at_a_glance_c45-728213.pdf)

Cisco Systems Inc. Cisco Catalys 4500 sarjan kytkimet 2014. [Viitattu 2014-02.] Saatavissa:  
[http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/mgx-8800-series-switches/prod\\_brochure0900aecd80357ff4.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/mgx-8800-series-switches/prod_brochure0900aecd80357ff4.html)

Cisco Systems inc. Cisco Flexstack moduulit 2014.[Viitattu 2014 - 02.] Saatavissa:  
[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps12995/white\\_paper\\_c11-728327.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps12995/white_paper_c11-728327.html)

Cisco EtherChannel 2014. Cisco Systems Inc. [Viitattu 2014 – 02.] Saatavissa:  
[http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk213/technologies\\_white\\_paper09186a0080092944.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk213/technologies_white_paper09186a0080092944.shtml)

Wikipedia. EtherChannel 2014. [Viitattu 2014 – 02.] Saatavissa:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/EtherChannel>

DONAHUE, Gary A 2011. Network Warrior, second edition. United States of America: O'Reilly Media.

Tlu opintomateriaali, VLAN- perusteet.[Viitattu 2014-02.] Saatavissa:  
<http://www.tlu.ee/~matsak/telecom/lasse/switch2/vlanperusteet.html>