



SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SAVONIAN TIETOVERKON RUNKOYHTEYKSIEN UUDISTAMINEN

TEKIJÄ/T: Roni Pluta

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Roni Pluta	
Työn nimi Savonian tietoverkon runkoyhteyksien uudistaminen	
Päiväys	11.6.2017
Sivumäärä/Liitteet	31/-
Ohjaaja(t) laboratorioinsinööri Pekka Vedenpää	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulun tietohallinto	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tarkoitus oli uudistaa Savonia-ammattikorkeakoulun tietoverkkojen runkoyhteyksiä. Työssä keskityttiin verkoihin Opistotien kampuksella. Työn toimeksiantajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulun tietohallinto. Työ tehtiin, koska Opistotien kampuksen tietoverkon konfigurointeja ja laitteita ei ole päivitetty moneen vuoteen, kun taas Microkadulla tietoverkko uudistettiin äskettäin. Opistotien kampusverkossa on kymmeniä kytkimiä ja kampuksella yli tuhat opiskelijaa, joten tietoverkon suorituskyvyn maksimointi on ensiluokkaisen tärkeää.</p> <p>Työn pääpainoina olivat runkoverkon kytkinten konfigurointien ja verkon rakenteen optimointi sekä uusien kytkinten pinoaminen, asentaminen ja verkkoon integroiminen. Työ alustettiin perehtymällä Opistotien kampuksen tietoverkkoon sekä sen laitteistoon ja loogiseen rakenteeseen. Uudistukset dokumentoitiin ja tarvittavat ohjeet niiden käyttöönottoon toimitettiin tietohallintokeskukselle. Core- ja Distribution-tasojen Cisco Catalyst 6500- ja 4500-sarjojen kytkimet korvattiin 3850-sarjan kytkimillä. Kytkinten EtherChannel- ja Spanning Tree -konfigurointeja muutettiin, ja kauan sitten katkaistuja kaapeliyhteyksiä otettiin takaisin käyttöön. TFTP-palvelin otettiin käyttöön kytkinten etähallinnan yksinkertaistamiseksi.</p> <p>Työn suorittamisen myötä kampusverkon kuorman tasoitus, vikasietoisuus sekä suorituskyky ovat paremmat ja tietohallinnon on mahdollista ottaa uusia konfigurointeja käyttöön helposti mielivaltaisena ajankohtana.</p>	
Avainsanat tietoverkko, kytkimet, Cisco, Spanning Tree, EtherChannel, pinoaminen, TFTP	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Roni Pluta			
Title of Thesis Backbone connection reformation at Savonia			
Date	11 June 2017	Pages/Appendices	31/-
Supervisor(s) Laboratory Engineer Pekka Vedenpää			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences Information Management Center			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to reform the backbone connections in the network of Savonia University of Applied Sciences. The reformations were mainly targeted at the network in Opistotie campus. The Information Management Center of Savonia University of Applied Sciences commissioned the thesis because the network devices and configurations in Opistotie campus haven't been updated in years whereas the network in Mikrokatu campus was renewed recently. There are dozens of switches in the network and over a thousand students at the campus so maximizing the performance of the network is crucial.</p> <p>The main topics in the thesis were optimizing the configurations of the backbone switches and the structure of the network as well as stacking, installing and integrating new switches into the network. The reformations were documented and the instructions required to activate them were delivered to the Information Management Center. The Cisco Catalyst 6500 and 4500 series switches of the Core and Distribution layer were replaced by 3850 series switches. The EtherChannel and Spanning Tree settings of the switches were reconfigured and cable connections severed long ago were reconnected. A TFTP server was put into service to simplify the remote management of switches.</p> <p>Upon the completion of this thesis the load balancing, resilience and performance of the campus network were improved and the Information Management Center may apply new configurations at any given time with ease.</p>			
Keywords network, switches, Cisco, Spanning Tree, EtherChannel, stacking, TFTP			

ESIPUHE

Haluan kiittää työharjoitteluni ja opinnäytetyöni ohjaajaa, laboratorioinsinööri Pekka Vedenpäästä tuesta ja ohjauksesta.

Kuopiossa 11.6.2017

Roni Pluta

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 TIETOVERKON RAKENNE	9
3 OPISTOTIEN VERKKO	10
4 OPTINEN KAAPELOINTI	12
5 AKTIIVILAITTEET	14
5.1 Kytkenät.....	15
5.2 Konfigurointi.....	17
6 KYTKINTEN PINOAMINEN JA KONFIGUROINTI	18
7 SPANNING TREE PROTOCOL	20
7.1 Root-kytkin ja porttien roolit	20
7.2 Multiple Spanning Tree Protocol.....	22
7.3 Spanning Tree Opistotiellä.....	23
8 PORT AGGREGATION JA ETHERCHANNEL	26
9 TRIVIAL FILE TRANSFER PROTOCOL	28
10 YHTEENVETO.....	29
LÄHDELUETTELO.....	30

Lyhenteet ja sanasto

OSI-malli = Tietoliikennehierarkia, missä kommunikointiprotokollat on lokeroitu tasoihin (layer). Tietty taso palvelee sitä ylempänä olevia tasoja ja sitä palvelevat sitä alempana olevat tasot. Tasoista käytetään lyhenteitä L1, L2, ..., L7.

Cisco = Cisco Systems. Yhdysvaltalainen aktiivilaittevalmistaja.

IEEE = Institute of Electrical and Electronics Engineers. Yhdysvalloissa perustettu insinöörien ammattijärjestö, joka muiden muassa julkaisee tieteiskirjallisuutta ja lanseeraa alan standardeja.

Konfigurointi = Kytkimen tai muun aktiivilaitteen asetusten ja toiminnallisuuden määrittelyt.

Topologia = Verkon alueellinen kuva. Fyysinen topologia tarkoittaa laitteiden sijaintia ja kaapelointia rakennuksissa, kun taas looginen topologia kuvaa tietoliikenneyhteyksien rakennetta fyysisestä sijainnista riippumattomana.

Protokolla = Joukko sääntöjä ja toimintatapoja, jotka määrittelevät yhteyksiä tietoverkossa.

Redundanssi = Yhteyksien ja laitteiden kahdentaminen, jolla turvataan tieto- ja sähköverkon saataavuus.

Ethernet = Verkkoliikennestandardi, joka perustuu pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon.

MAC = Media Access Control. Protokolla, jolla määritellään verkko- ja päätelaitteille fyysinen osoite. Toimii OSI-mallin tasolla L2.

IP = Internet Protocol. Protokolla, jolla määritellään verkko- ja päätelaitteille looginen osoite. Toimii OSI-mallin tasolla L3.

Kytkin = Aktiivilaitte, jolla yhdistetään päätelaitteita lähiverkkoon ja lähiverkon osia toisiinsa.

Reititin = Aktiivilaitte, jolla yhdistetään tietoverkkoja toisiinsa.

Läpisyttö = Koko kytkimen annetussa aikayksikössä lähettämän datamäärän huippuarvo.

Forwarding Rate = Pakettien sisältämästä datamäärästä riippumaton tiedonsiirtonopeus. Yleensä ilmoitetaan yksikössä miljoonaa pakettia per sekunti (Mpps).

Spanning Tree Protocol = Silmukoiden muodostumisen tietoverkossa estävä protokolla.

Konvergenssi = Tila, jossa kytkimillä ja reitittimillä on kaikilla sama topologia heidät käsittävästä tietoverkosta. Konvergenssiaika tarkoittaa kuinka pitkään aktiivilaitteilla kestää saavuttaa konvergenssi topologian muuttumisen jälkeen.

BPDU = Bridge Protocol Data Unit. STP:ssä käytetty datakehys, joilla kytkimet viestivät keskenään.

Multiple Spanning Tree Protocol = STP:aan pohjautuva protokolla, jolla voidaan myös tasata kuormaa eri kytkimien välillä.

Port Aggregation = Kahden tai useamman Ethernet-yhteyden liittämistä yhdeksi loogiseksi linkiksi.

EtherChannel = Ciscon oma versio porttien aggregoinnista, joka on yhteensopiva avoimen standardin kanssa.

LACP = Link Aggregation Control Protocol. Porttien aggregoinnissa käytetty IEEE:n standardoima protokolla.

TFTP = Trivial File Transfer Protocol. Yksinkertainen tiedonsiirtoprotokolla tiedostojen lukemiseen ja kirjoittamiseen.

UDP = User Datagram Protocol. IP-verkoissa toimiva yhteydetön tiedonsiirtoprotokolla.

Stack = Kytkinpino, jossa on yksi master- (active) ja standby -kytkin ja loput jäsenkytkimiä (member).

Master = Kytkinpinoa hallitseva pääkytkin. Pinon kytkinten konfigurointi ja hallinta voidaan suorittaa vain master-kytkimen kautta.

VLAN = Virtuaalilähiverkko. Eri käyttäjäryhmät ja fyysinen tietoliikenne voidaan sijoittaa omiin loogisiin verkkoalueisiinsa.

Yleiskaapelointi = Määrarakenteinen tietoliikennekaapelointijärjestelmä, joka voidaan asentaa tietämättä ennalta sovelluksista, joita myöhemmin halutaan implementoida.

SM = Single Mode. Yksimuotovalokuitu.

MM = Multi Mode. Monimuotovalokuitu.

LC = Yritysverkkoympäristöjen yleisin valokuituliitintyyppi.

SC = LC:tä vanhempi valokuituliitintyyppi.

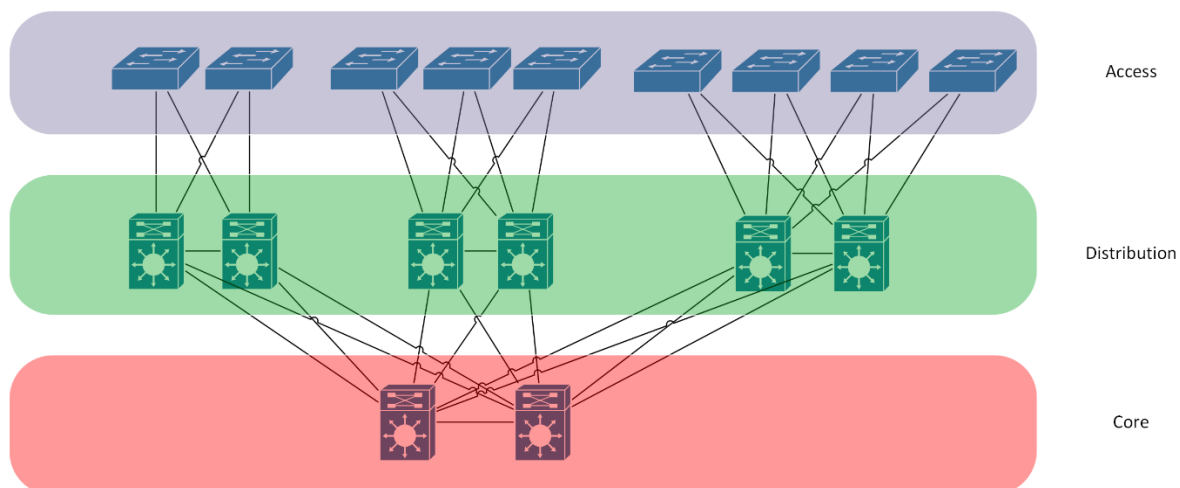
1 JOHDANTO

Työn aiheena on Savonia-ammattikorkeakoulun tietoverkon runkoyhteyksien uudistaminen. Työssä keskityttiin Opistotien kampusverkkoon, sillä Microkadun kampuksella verkko uudistettiin äskettäin. Työn toimeksiantajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulun tietohallinto ja työ tehtiin, koska Opistotien kampuksen tietoverkon konfigurointeja ja laitteita ei ole päivitetty moneen vuoteen. Verkossa on kymmeniä kytkimiä ja kampuksella yli tuhat opiskelijaa, joten tietoverkon suorituskyvyn maksimointi on ensiluokkaisen tärkeää.

Työ alustettiin perehtymällä Opistotien kampuksen tietoverkkoon sekä sen laitteistoon ja loogiseen rakenteeseen. Työssä käsitellään myös uusien kytkinten asentaminen ja konfigurointi. Tämän työn tarkoituksena on tuottaa Savonia-ammattikorkeakoulun tietohallinnolle raportti verkon nykytilan toimivuudesta parannusehdotuksineen sekä pohdintoja ehdotusten toimeenpanemisesta.

2 TIETOVERKON RAKENNE

Cisco kolmikerroksinen hierarkkinen malli on jokaisen hyvän tietoverkon pohjana. Mallin kulmakiviä ovat hyvä saatavuus, vikasietoisuus ja suorituskyky, jotka perustuvat redundanttisiin yhteyksiin sekä mallin eri tasojen väliseen laitteiden roolijakoon. Mallin kolme tasoa ovat Core, Distribution ja Access. (Cisco Systems, 2008)



KUVA 1. Cisco kolmikerroksiseen hierarkkiseen malliin perustava tietoverkon esimerkkipotologia. (Pluta, 2017)

Core-taso toimii ulkoisten ja sisäisten yhteyksien liitoskohtana sekä verkon selkärankana ja sen on siksi oltava nopea ja vankka. Core-taso suositellaan suunniteltavaksi L3-tasolla toimivaksi ympäristöksi, koska L3-tasolla Core konvergoituu nopeammin, skaalautuu paremmin ja hyödyntää kaistan paremmin kuin L2-tasolla. (Cisco Systems, 2008)

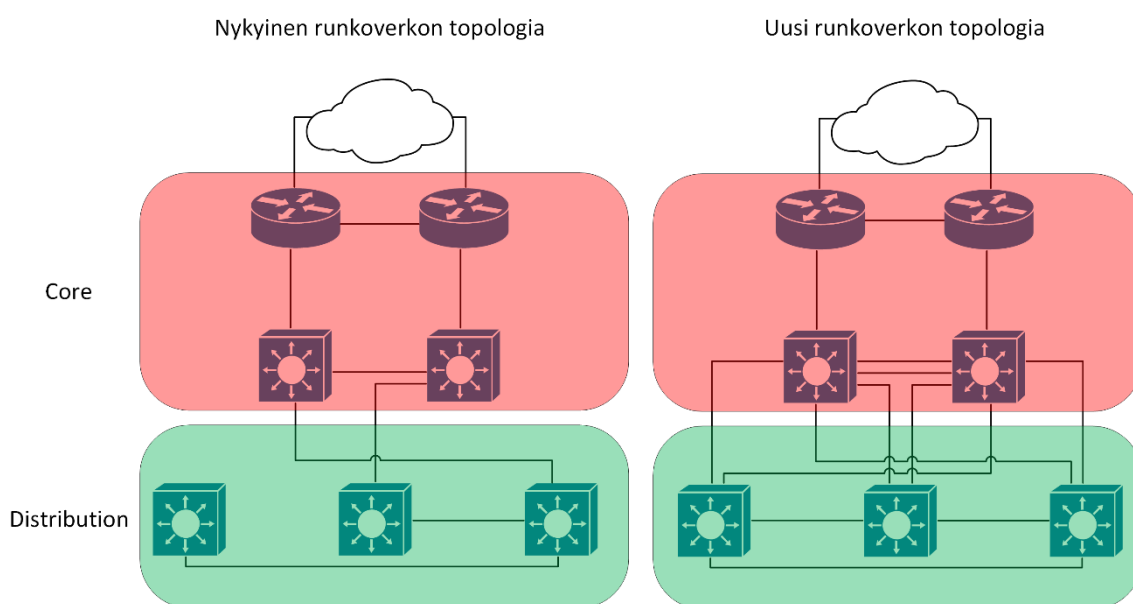
Distribution-taso keskittää Access-tasolta tulevia yhteyksiä ja toimii verkon kuorman tasaajana. Distribution-tason kytkimet toimivat Core-tason rajapintana ja loogisena osoittimena, mikäli Access-tason aliverkossa on ongelmia. Distribution-tasolta Core-tasolle yhdistettäessä toimitaan L3-tasolla ja Access-tasolle päin puolestaan L2-tasolla. (Cisco Systems, 2008)

Access-tasolla päätelaitteet yhdistetään verkkoon. Redundanssi on tärkeää Access-tason kytkimille, jotta vikatilanteiden aikana mahdollisimman harva päätelaite menettäisi verkkoyhteyden. Access-tasolla toimitaan L2-tasolla ja verkkoliikennettä rajataan vain VLAN-määrittelyjen avulla. (Cisco Systems, 2008)

3 OPISTOTIEN VERKKO

Opistotien kampuksen tietoverkossa on mallin mukaiset kolme tasoa, joissa laitteilla on selvät määritellyt roolit. Savonian tietohallinto on ulkoistanut kaiken reitityksen ja L3-tason liikennöinnin, joten kampusverkko perustuu L2-tason teknologioihin ja määritteisiin. Verkon reunalla toimii kaksi reitintä, jotka ovat ulkoisen tahon hallinnoimia. Sisäverkon selkärankana ovat kaksi Core-kytkintä, joista käytetään tässä työssä nimityksiä Master ja Slave. Core-kytkimiltä on yhteydet kolmeen Distribution-tason kytkimeen, jotka ovat edelleen yhdistettyinä kampusen Access-tason kytkimiin. Palvelimet ovat yhdistettyinä Access-tason kytkimiin, joilta menee suora yhteys Core-kytkimiin.

Kuvassa 2 on vasemmalla Core- ja Distribution-tasojen kytkinten muodostaman runkoverkon tämänhetkinen looginen topologia. Kuvassa on oikealla myös uusi runkoverkon topologia. Kuvasta havaitaan, että verkon nykytilassa on selviä puutteita redundanssissa. Lisäksi toinen kahdesta Distribution-tasolta ylös Core-tasolle menevistä kaistoista on vain yhden gigabitin levyinen, mikä on merkittävä pullonkaula verkon toiminnassa. Redundanttisia yhteyksiä lisätään konvergenssajan pienentämiseksi ja mahdollisimman korkean saatavuuden takaamiseksi. Distribution-tason kytkimet yhdistetään toisiinsa vain, jotta sisäverkon reittien summarisointi kampusverkon ulkopuolelta olisi helpompaa (Cisco Systems, 2008).



KUVA 2. Opistotien runkoverkon looginen topologia ja suunnitelma uudesta topologiasta. (Pluta, 2017)

Kuvan 2 nykyiseen topologiaan on merkitty vain käytössä olevat yhteydet. Kytkinten välille on vedetty joitain redundanttisia kaapeliyhteyksiä, mutta niitä on poistettu käytöstä ongelmatilanteiden aikana. Opistotien Access-tason kytkimillä ei ole tällä hetkellä minkäänlaista redundanssia. Olisi suositeltavaa, että jokaiselta Access-tason kytkimeltä olisi yhteys kahteen eri Distribution-tason kytkimeen, jotta saatavuus olisi mahdollisimman korkea (Cisco Networking Academy, 2014). Distribution-

tason kytkinten portit eivät budjettisyistä riitä kattamaan redundanttisia yhteyksiä jokaiselle Access-tason kytkimelle, joten yhteyksiä ei voida kahdentaa. Core-tason kytkimillä on yhteyksiä myös palvelinsalien kytkimiin. Palvelinsalien verkkolaitteiden käsittely rajattiin pois tästä työstä.

4 OPTINEN KAAPELOINTI

Tyypillisesti päätelaitteet kytketään verkkoon kierrettyillä kupariparikaapeleilla. Aktiivilaitteet yhdistetään toisiinsa lähes poikkeuksetta optisella kaapelilla eli valokuidulla. Kiinteistöjen optisessa kaapeloinnissa käytetään pääasiassa kvartsikuituja. Teollisuuskiinteistöjen sekä kotien kaapeloinnissa käytetään kvartsikuitujen lisäksi muovikuituja. (Onninen OY, 2012) Opistotien kampuksella on käytössä vain kvartsikuituja, minkä vuoksi tässä työssä keskitytään niihin.



KUVA 3. Keltaisesta väristään tunnistettava OS1-yksimuotokuitu, jossa on LC-liitin. (Ningbo Tongrun Electronics CO., LTD)

Kvartsikuidut voivat olla joko moni- tai yksimuotokuituja. Taulukossa 1 on kuvattuna kvartsikuidun luokittain valittavissa olevat kuitukategoriat sekä niillä saavutettava kanavapituus. Monimuotokuidun ytimessä valo etenee monimuotoisena eli useaa eri etenemisreittiä. Valon kulkiessa eri reittejä valonsäteet saapuvat vastaanottajalle eriaikaisesti. Tämä näkyy valopulssien levenemisessä kuidun sisällä. Mikäli valopulssit levenevät liikaa, niitä ei voi erottaa toisistaan eikä signaalia voida lukea. Tästä syystä pulssien toistotaajuus ei saa olla liian suuri eikä siten jaksonaika liian pieni. Monimuotokuitujen yhteyspituutta GigabitEthernet-verkoissa rajoittaakin kaistanleveys eikä niinkään vaimennus. (Onninen OY, 2012)

Yksimuotokuidussa valo etenee vain yhtä reittiä eli yksimuotoisena, koska kuidun ytimen halkaisija on hyvin pieni, noin 9 μm . Näin ollen valopulssien leveneminen yksimuotokuiduissa on hyvin vähäistä. Alle 2000 m etäisyyksillä valosignaalin poikkeamilla ei ole merkitystä. (Onninen OY, 2012)

TAULUKKO 1. Kvartsikuidun kanavaluokat, kussakin luokassa valittavissa olevat kuitukategoriat sekä niillä saavutettavat kanavapituudet (Onninen OY, 2012).

Optisen kaapeloinnin luokka	Valitavissa olevat kuitukategoriat	Saavutettava kanavapituus
OF-100	OM1, OM2, OM3, OM4	100 m
OF-300	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	300 m
OF-500	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	500 m
OF-2000	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	2000 m
OF-5000	OS2	5000 m
OF-10000	OS2	10000 m

Optisen kaapeloinnin suorituskyky määritellään sen perusteella, kuinka voimakkaasti signaali vaimenee edetessään ja kuinka pitkä aika signaalilta kestää kulkea annettu matka. Niin kuin mikään energian siirtämismuoto, optinen kaapelointikaan ei saavuta täydellistä hyötysuhdetta. Signaalissa vaimennusta syntyy absorptiona ja sirontana niin itse kuidussa kuin kuitujatkoksissa ja optisissa liittimissä. Absorptio tarkoittaa valon imeytymistä kuidun materiaaleihin ja sironta taitekerroinerojen aiheuttamaa haitallista heijastumista. Kulkuaika vaikuttaa signaaliin vain pitkissä kaapeloinneissa eikä sitä tarvitse huomioida, jos kaapeloinnissa ei ylitetä standardin suosittelemia kanavapituuksia. (Onninen OY, 2012)

Vaimennus määritellään intensiteetin logaritmina pituusyksikköä kohden dB/km tietyissä aallonpituusikkunoissa, joissa kyseistä kuitua käytetään. Monimuotokuidulle nämä aallonpituudet ovat 790–910 nm sekä 1285–1330 nm ja yksimuotokuidulle 1288–1339 nm sekä 1525–1575 nm. Vaimennus on voimakkaampi monimuotokuidulle kuin yksimuotokuidulle johtuen ytimen seosaineiden suuremmasta määrästä monimuotokuidun kvartsilasissa. Taulukkoon 2 on koottu standardin EN 50173-1 vaimennusvaatimukset kvartsikuiduille. Jatkosvaimennusten summa kanavissa on oletettu olevan enintään 1,5 dB. (Onninen OY, 2012)

TAULUKKO 2. Kvartsikuitukategorioiden vaimennusta koskevat vaatimukset (Onninen OY, 2012).

Luokka	Kvartsikuitukategoriat	Kanavan vaimennus enintään, dB			
		Monimuoto		Yksimuoto	
		850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OF-100	OM1, OM2, OM3, OM4	1,85	1,65	-	-
OF-300	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	2,55	1,95	1,80	1,80
OF-500	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	3,25	2,25	2,00	2,00
OF-2000	OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2	8,50	4,50	3,50	3,50
OF-5000	OS2	-	-	4,00	4,00
OF-10000	OS2	-	-	6,00	6,00

5 AKTIIVILAITTEET

Kampuksen tietoverkon aktiivilaitteiden arvioinnissa tarkasteltiin pääasiassa Core- ja Distribution-tasojen kytkimiä. Access-tason kytkimet ovat lähes kaikki Cisco Catalyst 2960 -sarjaa ja niiden konfiguroinnit ovat pienet räätälöinnit pois lukien kaikilla samanlaiset. Kampuksen Access-tason kytkimet tukevat tämänhetkistä yleisintä päätelaitteiden maksiminopeutta eli Gigabit Ethernet -yhteyksiä, joten niiden uusimisen käsittely tässä työssä on tarpeetonta.

Opistotien kampuksen Core-tason kytkimet ovat mallia Cisco Catalyst 6509-E ja Distribution-tason kytkimet mallia Cisco Catalyst 4503. Ciscon 6500- ja 4500-sarjan kytkinten malleista ilmenee, kuinka monta linjakorttimoduulia kyseisiin kytkimiin voidaan kiinnittää. Korttien enimmäismäärä on sama kuin kytkinmallin luvun viimeinen numero. Näiden kytkinten keskusyksiköt ovat linjakortteja nimittäin Supervisor Engine. Kytkimen ominaisuudet määräytyvät siinä olevan Supervisor Enginen mukaan.

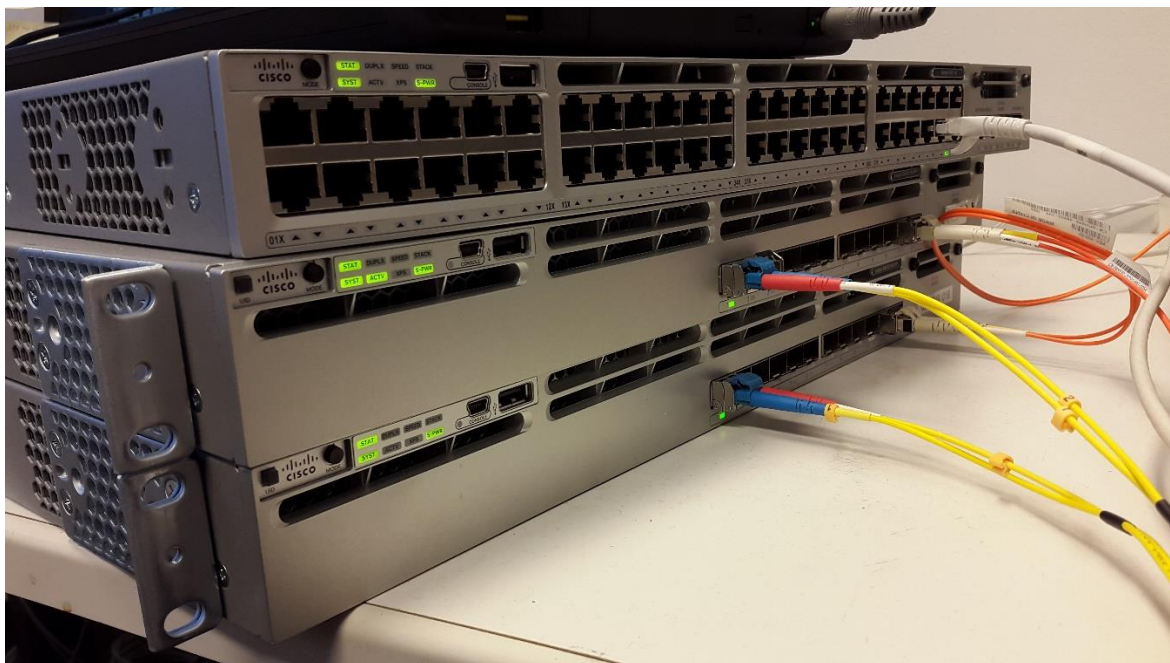
Sujuvan toimivuuden ja yhteensopivuuden aiempien aktiivilaitteiden kanssa varmistamiseksi myös uusien Core- ja Distribution-tason kytkinten toivottiin olevan Ciscon valmistamia. Laittevalmistajan ohella kytkinten painavimmat valintaperusteet ovat hinta ja läpisyöttö. Opistotien kampukselle oli tilattu joulukuussa 2016 viisi uutta Cisco Catalyst 3850 -kytkintä korvaamaan Core-tason 6500-sarjan kytkimet ja samaa tarjousta hyödyntäen olisi helppo korvata myös Distribution-tason kytkimet. Taulukossa 3 on vertailtu käytössä olevien ja mahdollisten uusien kytkinten suorituskykyjä.

TAULUKKO 3. Kytkinten läpisyötöt sekä pakettien edelleenlähetyksenopeus. Supervisor Engine 720 10GE:n suurin edelleenlähetyksenopeus voidaan saavuttaa vain, jos kytkimeen on asennettu myös DFC3-linjakortti. Suurinta edelleenlähetyksenopeutta ilman linjakorttia ei ole ilmoitettu. (Cisco Systems, 2014; Cisco Systems, 2015; Cisco Systems, 2016; Cisco Systems, 2017)

Kytkin / Supervisor Engine	Läpisyöttö (Gbps)	Forwarding rate (Mpps)
4503 / SE II Plus TS	64	48
6509-E / SE 720 10GE	ei ilmoitettu	450
3850-12XS	320	227,28
3850-48U	176	ei ilmoitettu
4500-X	800	250

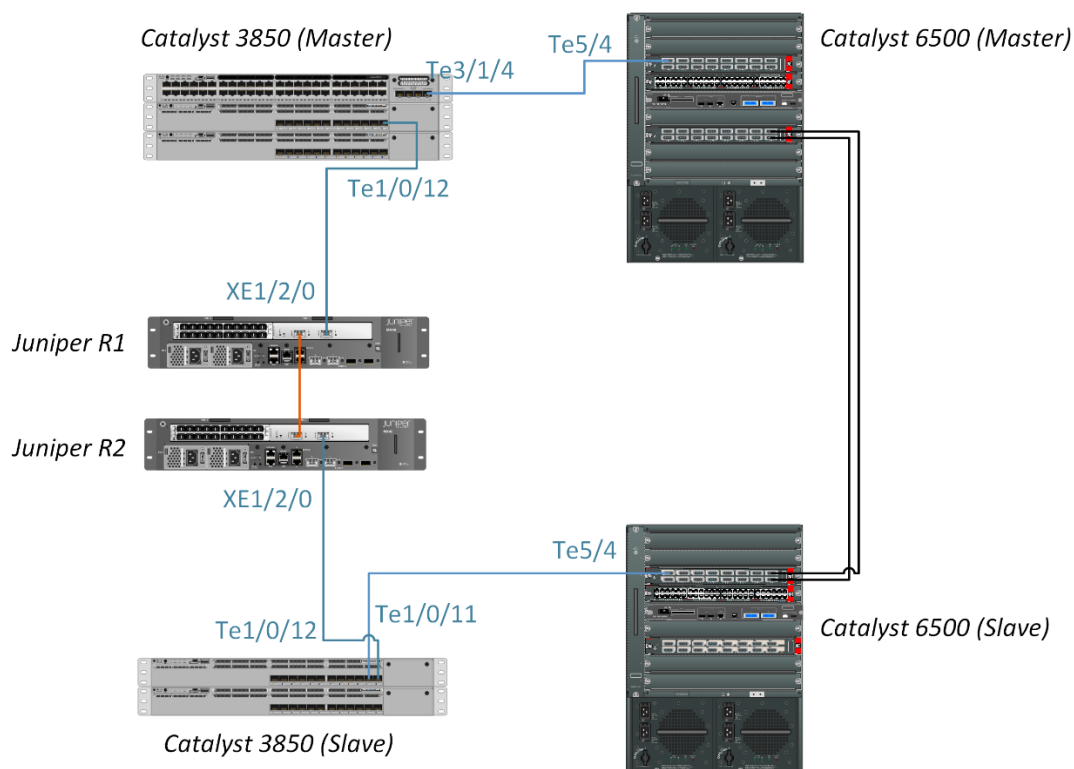
6500-sarjan kytkimet korvattiin kukin kytkinpinolla, joista yhdessä on kaksi 3850-12XS-kytkintä ja yksi 3850-48U-kytkin ja toisessa kaksi 3850-12XS-kytkintä. Ratkaisu on perusteltavissa, sillä Opistotien 6500-sarjan kytkimissä ei ole DFC3-linjakorttia, jolloin kytkin ei liene yhtä nopea kuin kolmen 3850-sarjan kytkimen muodostama pino. Vanhan 4500-sarjan kytkimen läpisyöttö on huomattavasti uudempien 3850- ja 4500X-sarjan kytkinten läpisyöttöjä pienempi. Distribution-tason kytkinten ei tarvitse olla Core-tason kytkimiä tehokkaampia, joten siitä syystä sekä budjetin pienuudesta johtuen myös Distribution-tason kytkimiksi tilattiin Cisco Catalyst 3850 12XS -kytkimiä.

5.1 Kytkenät



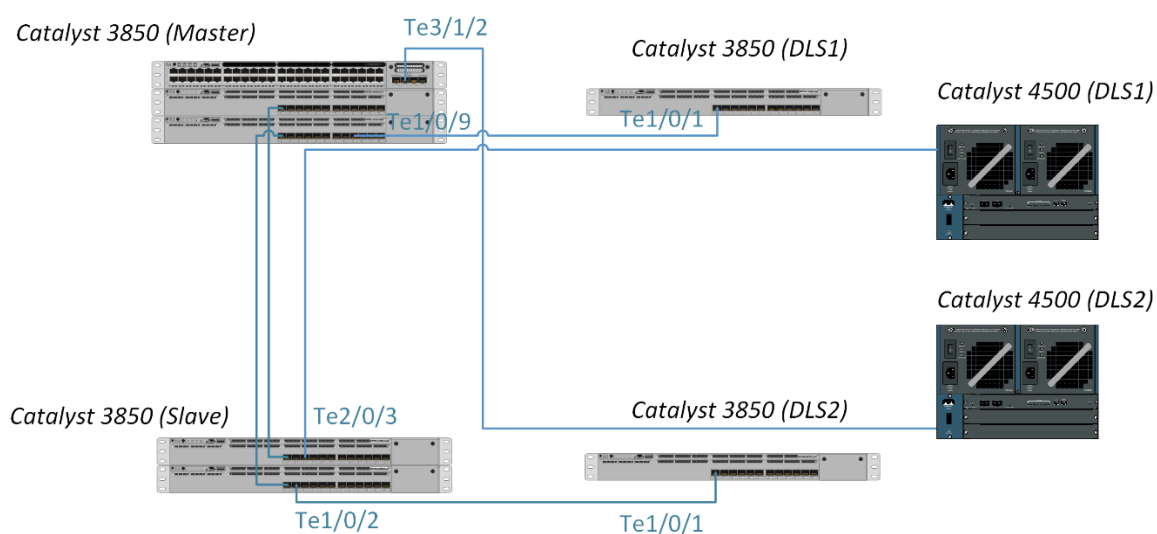
KUVA 4. Uusi Master-kytkinpino testiympäristössä. Pino koostuu kahdesta Cisco Catalyst 3850 12XS- ja yhdestä 3850 48U -kytkimestä. (Pluta, 2017)

Uudet Core-tason kytkimet liitettiin kampusverkkoon vanhojen kytkinten ja reitittimien väliin kuvan 5 osoittamalla tavalla. Yhteydet 6500-sarjan kytkimiltä siirretään vähitellen uusille kytkimille, jonka jälkeen vanhat kytkimet voidaan poistaa verkosta. Reitittimet ja Distribution-tason kytkimet yhdistettiin Core-tason kytkimiin OS1-kategorian yksimuotokuidulla. Lähes kaikki muut Core-tason kytkinten yhteydet yhdistetään OM2- ja OM3-monimuotokuiduilla. Catalyst 6500 -sarjan kytkimissä on vain SC-tyyppin liittimiä, kun taas uusissa Catalyst 3850 -sarjan kytkimissä on LC-tyyppin liittimiä. Yhteyksien vaihtamisen yhteydessä liittimiin laitettiin LC-SC-sovittimet.



KUVA 5. Suunnitelma Cisco Catalyst 3850 -kytkinpienojen tutustuttamisesta Core-tasolle. (Pluta, 2017)

Kuvassa 6 on suunnitelma Distribution-tason kytkinten verkkoonliittämisestä. Distribution-tasolla on redundanttisia yhteyksiä, joten uusia kytkimiä ei tarvitse laittaa vanhojen kytkinten väliin, vaan ne voivat toimia keskenään rinnakkain. Core-tason ja muut Distribution-tason kytkimet yhdistetään uusiin kytkimiin OS1-yksimuotokuidulla. Access-tason kytkimet eivät tue 10 Gigabit Ethernetiä, joten ne yhdistetään OM2-monimuotokuidulla. 4500-sarjan kytkimissä on LC-tyypin liittimet, joten LC-SC-sovittimia ei tarvittu.



KUVA 6. Suunnitelma Cisco Catalyst 3850 -kytkinten tutustuttamisesta Distribution-tasolle. Lyhenne DLS tulee sanoista Distribution Layer Switch. (Pluta, 2017)

5.2 Konfiguroinnit

Toimeksiantajan toiveena oli keskittyä kytkinten Spanning Tree ja EtherChannel -konfigurointeihin, sillä niiden kanssa on ollut ongelmia menneisyydessä. Näihin syvennytään myöhemmin työssä.

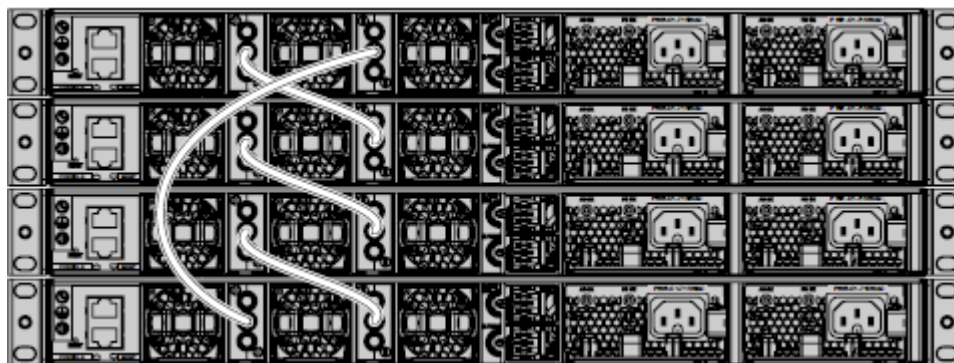
Uusien Core-tason kytkinten konfigurointien pohjina toimivat edeltäjiensä konfiguroinnit. Osa konfiguroinneista pysyi muuttumattomina, kuten VLAN-määrittelyt ja IP access -listat. Joiltain osin taas konfigurointeja paranneltiin. Uusien kytkinten käyttöönoton yhteydessä on äärimmäisen tärkeää, että verkon normaali toiminta palautuu mahdollisimman pian. Tästä syystä konfiguroinneista tehtiin kahdet versiot. Alkuperäisiä konfigurointeja mahdollisimman tarkasti jäljittelevät konfiguroinnit otettiin käyttöön. Lisäksi uudet parannellut konfiguroinnit tallennettiin tiedostoiksi TFTP-palvelimelle, josta ne voidaan hakea syrjäyttämään edeltäjänsä. Myös Distribution-tasolla olemassaolevia konfigurointeja käytettiin uusien konfigurointien pohjina ja kahdet eri konfigurointitiedostot luotiin TFTP-palvelimelle. Konfigurointitiedostoja ei tietoturvasyistä julkaista tässä työssä.

6 KYTKINTEN PINOAMINEN JA KONFIGUROINTI

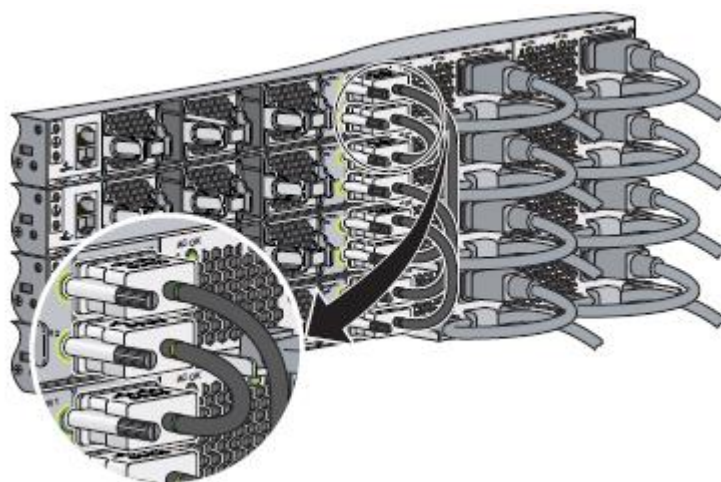
Kytkinpinolla tarkoitetaan järjestelmää, jossa kaksi tai useampi kytkintä toimii yhtenä loogisena kytkimenä. Pinossa kytkimet yhdistetään erikoiskaapeleilla jakamaan tietoliikennettä keskenään ja pinoa hallitaan yhden pinon kytkimen kautta. Tässä työssä käsitellään pinoamista vain Opistotien kampukselle juuri hankituilla Cisco Catalyst 3850 -kytkimillä. Cisco käyttää Catalyst 3850 -sarjan kytkinten pinoamisarkkitehtuurista nimeä StackWise-480. StackWise-480 mahdollistaa korkeintaan yhdeksän kytkimen pinoamisen yhdeksi pinoksi, jossa voi olla yhteensä korkeintaan 468 Ethernet-porttia. Stackwise-480 mahdollistaa myös aiempaa korkeamman kytkinten välisen teoreettisen maksiminopeuden, joka teknologian nimen mukaisesti on 480 Gbps. (Cisco Systems, 2015)

StackWise-480-pinossa voi olla mitä tahansa Catalyst 3850 -sarjan kytkimiä. Niitä ovat 24- ja 48-porttiset kuparikytkimet sekä 12- ja 24-porttiset valokuitukytkimet. Ainoa vaatimus Catalyst 3850 -sarjaan kuulumisen ohella on, että laitteiden IOS (Internetwork Operating System) XE -käyttöjärjestelmäversiot ja ominaisuuspakettilisenssit ovat samat. (Cisco Systems, 2015)

Itse pinoaminen tapahtuu yhdistämällä kytkimet toisiinsa StackWise-kaapeleilla. Lisäksi kytkinten välille asennetaan yleensä StackPower-kaapelit. StackPower-kaapelit kuljettavat kytkimeltä toiselle verkkovirtaa. Siten pinon kytkimet pysyvät käynnissä, vaikka kytkimen oma virransyöttö ei toimisiakaan. StackPower on mahdollista konfiguroida jakamaan virtaa korkeintaan neljän kytkimen välille. Kuvassa 7 on neljän kytkimen pinon takaosa ja pinon StackWise-kaapelikytkennät ja kuvassa 8 pinon StackPower-kaapelikytkennät. (Cisco Systems, 2014)



KUVA 7. Esimerkki StackWise-kaapeloinnista. StackWise-kaapelit kuljettavat dataa kytkinten välillä. (Cisco Systems, 2014)



KUVA 8. Esimerkki StackPower-kaapeloinnista. StackPower-kaapelit kuljettavat tarvittaessa verkkovirtaa kytkinten välillä. (Cisco Systems, 2014)

Jokaisella pinon kytkimellä on StackWise-prioriteetti-arvo 0 ja 25 väliltä. Prioriteetti määrää kytkimen aseman pinossa. Prioriteetin oletusarvo on 1. Jokaisessa kytkinpinossa on oltava yksi master- eli active- ja yksi standby-kytkin. Master tarkoittaa pinon jäsentä, jonka kautta pinon kaikkia kytkimiä ja itse pinoa hallitaan. Standby puolestaan on valmiudessa ottamaan masterin roolin, mikäli master-kytkin eroaa pinosta. Suurimman prioriteetin omaava kytkin valitaan masteriksi ja seuraavaksi suurimman omaava standbyksi. Kun kytkinten pinoamisasetuksia ei vielä ole konfiguroitu, tulee masteriksi haluttava kytkin kytkeä ensimmäisenä verkkovirtaan. Tämä ei kuitenkaan ole pakollista, sillä kytkinten prioriteetit kannattaa muuttaa joka tapauksessa. (Cisco Systems, 2017)

Myös StackPower-ominaisuudella on prioriteetti-arvot, jotka ovat StackWise-prioriteetistä riippumattomia. Prioriteetin avulla on mahdollista konfiguroida StackPower suosimaan tiettyjä pinon kytkimiä ja niiden kytkinten tiettyjä portteja, mikäli pino ei saa tarpeeksi virtaa ylläpitämään normaalia toimintaa. Pino sammuttaa suurimman prioriteetti-arvon omaavat portit ja kytkimet ensimmäisenä. (Cisco Systems, 2016)

StackPowerilla on kaksi eri toimintatilaa, joista oletusarvoisena on power-sharing. Tässä tilassa kaikki sisään tuleva verkkovirta syötetään tehonkulutukseen ja sitä käsitellään yhtenä suurena virtalähteenä koko pinolle. Jos yksikään virtalähde särkyy ja pino on power-sharing-tilassa, pinon portteja tai kytkimiä saattaa sammua. Toinen toimintatila on redundant. Siinä pinon suurimman virtalähteen syöttämä verkkovirta varataan vikatilanteen varalta. Toisin sanoen pino toimii normaalisti pinon kaikkien paitsi yhden virtalähteen syöttämällä virralla. Yhden virtalähteen puuttumisesta ei yleensä ole haittaa pinolle, koska laitteet eivät normaalikuormituksessa toimi täydellä teholla ja on harvinaista, että useampi pinon laite tarvitsisi täyden tehon samanaikaisesti. (Cisco Systems, 2016)

7 SPANNING TREE PROTOCOL

Vakaan ja tehokkaan tietoverkon kulmakiviä ovat korkea tietoliikennepakettien siirtonopeus, optimaaliset pakettien kulkureitit, jatkuva palvelujen saatavuus ja nopea vikatilanteista palautuminen. Redundanttiset yhteydet tarjoavat nopeamman tiedonsiirron sekä varayhteyden määränpäähän, mikäli pääyhteys katkeaa. L3-ympäristössä reititysprotokollat pitävät kirjaa redundanttisista yhteyksistä kohdeverkkoon ja sallivat usean yhteyden päällekkäisen käytön kuorman tasaamiseksi. Reititysprotokollia ei kuitenkaan käytetä L2-ympäristössä eivätkä redundanttiset yhteydet siten ole suotavia. STP:n myötä L2-verkotkin voivat hyödyntää varayhteyksiä parantamalla vikatilanteista palautumista. (Hucaby, 2015)

Alkuperäisen STP:n kehitti Radia Perlman vuonna 1985 työskennellessään Digital Equipment Corporation -yrityksessä (Perlman, 1985). IEEE standardoi STP:n vuonna 1990 802.1D:ssä. STP kehitettiin datanvälityssilmukoiden muodostumisen estämiseksi tietoverkossa. Kytkinten välille voi syntyä silmukka, jos niiden välillä on suoraan tai välillisesti kaksi eri yhteyttä toisiinsa. Jos kumpikaan kytkin ei tiedä toisen olemassaolosta mitään, ne alkavat monistaa toisiltaan vastaanottamia paketteja ja siten tukkivat verkon liikenteen. Spanning Tree ehkäisee silmukan muodostumisen sallimalla vain yhden aktiivisen yhteyden laitteiden välille. Varayhteys otetaan käyttöön vain, jos pääyhteys katkeaa. (Hucaby, 2015)

Sittemmin STP-algoritmiin on tehty laajennuksia ja siitä on johdettu uusia, paranneltuja versioita (IEEE, 2004). Per-Vlan Spanning Tree Plus (PVST+) mahdollistaa kuorman tasauksen kytkinten välillä, Rapid Spanning Tree (RSTP) tarjoaa lyhyemmän konvergoitumisajan ja Rapid PVST+ (RPVST+) sekä Multiple Spanning Tree (MST) kykenee molempiin. (Hucaby, 2015) Tässä työssä keskityttiin vain Savonian verkossa käytössä olevaan Multiple Spanning Tree -protokollaan.

7.1 Root-kytkin ja porttien roolit ja tilat

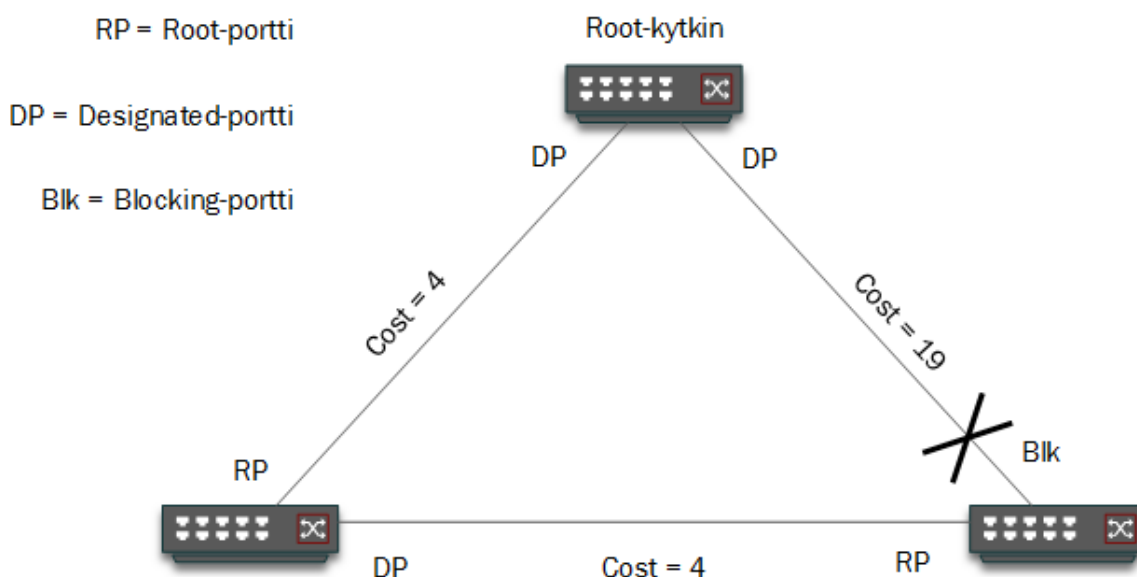
Root-kytkimellä tarkoitetaan verkkoalueen tai spanning tree -instanssin kytkintä, joka vastaa alueen tai instanssin pakettien huolinnasta. Root-kytkin äänestetään verkkoalueeseen tai instanssiin kuuluvien kytkinten joukosta jokaiselle kytkimelle ominaisen bridge ID:n perusteella. Bridge ID koostuu kahdesta kentästä, jotka ovat bridge priority ja MAC-osoite. Bridge priority on kahden tavun mittainen kenttä ja se on luvun 4096 monikerta. Jokaisen kytkimen oletusarvoinen priority on 32768. MAC-osoite on uniikki tehtaalla määritelty kuuden tavun mittainen fyysinen osoite. Root-kytkimeksi valitaan kytkin, jolla on pienin bridge priority. Mikäli priority on useammalla kytkimellä sama, Root-kytkimeksi valitaan niiden joukosta kytkin, jolla on pienin MAC-osoite. (Hucaby, 2015)

Root-kytkimen valitsemisen jälkeen Spanning Tree asettaa kytkimien porteille roolit. Näin Spanning Tree hallinnoi verkon topologiaa ja varmistaa, ettei silmukoita pääse muodostumaan.

- Root-portti: Kytkimet alkavat päätellä missä Root-kytkin on niihin nähden. Root-portteja on vain muissa kuin root-kytkimessä eikä niitä voi olla kuin yksi. Kytkimet valitsevat Root-

portiksi portin, josta on nopein reitti Root-kytkimelle. Spanning Tree laskee tämän cost-parametristä. Verkkosegmentin tiedonsiirtonopeus määrittää kyseisen segmentin costin, joka summataan kokonaiscostiin kuljettaessa kyseisen segmentin yli verkossa. Toisin sanoen jokaisen segmentin jälkeen cost on kaikkien edellisten segmenttien costien summan suuruinen.

- Designated-portti: Root-kytkimen kaikki portit ovat Designated-portteja, joiden kautta Root lähettää ja vastaanottaa dataa. Muissa kytkimissä Designated-portit vastaanottavat dataa ja ohjaavat ne ulos Root-portista. Designated-portteja voi olla vain yksi verkkosegmenttiä kohden silmukoiden ehkäisemiseksi.
- Blocking-portti: Blocking-portti ei vastaanota eikä lähetä dataa. Ne kuitenkin edelleenkin vastaanottavat BPDU-kehysiksiä.
- Disabled-portti: Portti, jonka linjaprotokolla on alhaalla. (Hucaby, 2015)



KUVA 9. STP-porttien roolit. (Pluta, 2017)

Jokaisen Spanning Treehin osallistuvan kytkimen jokainen portti määrätään Spanning Treen loogisen topologian mukaiseen tilaan. Protokollien eri versioiden välillä porttien tiloissa on eroja, mutta toimintamalli on liki muuttumaton.

- Kun Spanning Tree otetaan käyttöön, kaikki kytkinten portit menevät Blocking-tilaan (estetty). Tällöin portit eivät lähetä eivätkä vastaanota dataa eivätkä ne voi lisätä MAC-osoitteita osoitetaulukoihinsa. Estetyt portit voivat vain vastaanottaa BPDU-kehysiksiä.
- Jos kytkin olettaa, että portti voisi siirtyä Root- tai Designated -portiksi, kytkin siirtää portin Listening-tilaan (kuunteleva). Kytkin olettaa näin, jos esimerkiksi portti on vastaanottanut tietoja topologian muutoksesta. Kuuntelutilassa portti ei edelleenkaan voi lähettää eikä vastaanottaa dataa, mutta se voi sekä vastaanottaa että lähettää BPDU-kehysiksiä ja siten osallistua Root- tai Designated -portiksi äänestymiseen. Jos porttia ei äänestetä Root- tai Designated -portiksi, se palaa takaisin Blocking-tilaan.

- Forward Delay -ajan kuluttua portti voi siirtyä kuuntelutilasta Learning-tilaan (oppiva). Forward Delay on oletusarvoisesti 15 sekuntia. BPDU-kehysten lähettämisen ja vastaanottamisen lisäksi portti voi oppimistilassa lisätä MAC-osoitteita osoitetaulukkoonsa. Näin portti voi kerätä osoitetietoja ennen osallistumistaan datan huolintaan.
- Toisen Forward Delay -ajan kuluttua portti voi siirtyä Forwarding-tilaan (välitys). Portti voi nyt lähettää ja vastaanottaa dataa ja BPDU-kehymiä sekä kerätä MAC-osoitteita osoitetaulukkoonsa. Välittävä portti on osa Spanning Treen aktiivista topologiaa. (Hucaby, 2015)

7.2 Multiple Spanning Tree Protocol

MST on IEEE:n standardissa 802.1s määritelty verkkoprotokolla, jossa tietoverkossa käytössä olevat vlanit määrätään eri MST-instansseihin. MST-instansseista muodostuu MST region (MST-alue), joka rajautuu kolmen parametrin perusteella. Jos kytkimillä näiden parametrien arvot ovat samat, ne kuuluvat samaan MST-alueeseen. Muuten ne kuuluvat kahteen itsenäiseen MST-alueeseen. Nämä parametrit ovat:

1. MST configuration name: käyttäjä voi antaa MST-konfiguroinnillaan enintään 32 merkin mittaisen mielivaltaisen nimen. Nimellä on vain semanttinen merkitys.
2. MST configuration revision number: konfiguroinnin tarkistusnumero on luku nolasta 65535:een, jonka tarkoitus on helpottaa MST-konfiguraatioiden kehittämistä ja seuranta. Aina kun konfigurointiin tehdään muokkauksia, kasvatetaan tarkistusnumeroa yhdellä. Näin tarkistusnumerosta näkee suoraan mitä kytkimiä ei vielä ole päivitetty vastaamaan uutta konfigurointia.
3. MST instance-to-VLAN mapping table: vlaneja määrätään eri instansseihin niin, että kaiken datan välitys ei olisi yhden ainoan kytkimen vastuulla. Vlanit täytyy olla määrätty instansseihin samalla tavalla jokaiselle saman MST-alueen kytkimelle. (IEEE, 2004)

Jokaisen MST-alueen sisällä toimii Internal Spanning Tree (IST), joka varaa MST-instanssinumeron 0 sekä käyttäjän konfiguroimat MST-instanssit, joissa puolestaan toimii itse MST. IST toimii Spanning Treen hallintaliikenteen kuljetusväylänä; kaikki päätelaitteiden välinen liikenne tapahtuu MST-instanssien kautta. (IEEE, 2004)

Kuhunkin MST-instanssiin voi määrätä mielivaltaisen määrän käytetyistä vlaneista. Jokaiselle instanssille määrätään root-kytkin, jolle kaikki muut instanssin kytkimet oletusarvoisesti lähettävät instanssiin määrättyistä vlaneista peräisin olevat tietoliikennepaketit. Kunkin instanssin root-kytkin puolestaan vastaa instanssin vlanien tietoliikennepakettien huolinnasta. (Hucaby, 2015)

Jos MST-alueita on useampi kuin yksi, niiden välille valitaan erillinen Root-kytkin, CIST Root (Common and Internal Spanning Tree Root). CIST Root valitaan kaikkien alueiden kaikkien kytkinten joukosta kuten Root-kytkimet yleensä eli pienimmän Bridge ID:n mukaan. CIST Rootin valinnan jälkeen jokaisesta alueesta valitaan yksi CIST Regional Root kytkimeksi, jolla on yhteys toisiin MST-alueisiin. Regional Rooteja ei siis valita pienimmän Bridge ID:n perusteella vaan pienimmän Root Path Costin

perusteella. CIST Root on myös oman alueensa Regional Root ja sen Root Path Cost on nolla. (IEEE, 2004)

MST-konfiguroidut kytkimet lähettävät ja vastaanottavat BPDU-kehysä välittääkseen tietoa CIST:stä, MST-instansseista ja MST-alueista sekä varmistaakseen, ettei silmukoita ehdi syntyään silloin, kun naapurikytkimet toimivat vielä keskenään eri topologiatiedoilla. BPDU:na lähetetään myös Topology Change Notification -viestejä, jotka sisältävät topologian muutokseen liittyviä tietoja. Kytkimet erottavat topologian ja konfiguroinnin muutoksia käsittelevät BPDU:t MST:n BPDU:eista niiden BPDU-tyyppien perusteella. (IEEE, 2004)

7.3 Spanning Tree Opistotiellä

Uusiin kytkimiin on konfiguroitava verkon kytkimissä jo olemassa olevat Spanning Tree -asetukset siten, ettei kampuksen verkon normaali toiminta esty. Spanning Tree -prioriteetit täytyy palauttaa oletusarvoiksi ja kaikki vlanit tulee määrätä instanssiin 1. Kun uudet kytkimet on asennettu, tehokkaampi ja vikasietoisempi Spanning Tree voidaan ottaa käyttöön mielivaltaisena ajankohtana lataamalla toissijainen konfigurointitiedosto TFTP-palvelimelta. On kuitenkin huomioitava, että Spanning Treen asetukset täytyy muuttaa jokaisessa Core- ja Distribution-tason kytkimessä mahdollisimman yhdenaikaisesti, jotta verkko toimisi odotetulla tavalla. Mikäli uudistettu Spanning Tree on otettu käyttöön vain osassa verkkoa, muodostuu useita eri Spanning Tree -alueita, joissa alueelliset root-kytkimet määräytyvät käytännössä sattumanvaraisesti ja siten verkko saattaa kuormittua liikaa väärinä kohdista.

Uusissa Spanning Tree -asetuksissa vlanit jaetaan kahteen eri MST-instanssiin. Opistotiellä on käytössä tällä hetkellä yhteensä 59 eri vlnia. Vlanit on jaettu instanssien välille likimain kahtia. Instanssissa 1 on vähemmän vlaneja kuin instanssissa 2, koska siinä on ruuhkaisimmat vlanit. Master-pino määrätään yhden MST-instanssin Root-kytkimeksi ja Slave-pino toisen. Kummatkin määrätään myös toistensa varakytkimiksi siten, että yhden kytkimen estyessä toinen nousee molempien MST-instanssien Root-kytkimeksi.

```

Master(config)#spanning-tree mst configuration
Master(config-mst)#name Opistotie
Master(config-mst)#instance 1 vlan 1-30
Master(config-mst)#instance 2 vlan 31-4094
Master(config-mst)#exit
Master(config)#spanning-tree mst 1 priority 8192
Master(config)#spanning-tree mst 2 priority 12288

Slave(config)#spanning-tree mst configuration
Slave(config-mst)#name Opistotie
Slave(config-mst)#instance 1 vlan 1-30
Slave(config-mst)#instance 2 vlan 31-4094
Slave(config-mst)#exit
Slave(config)#spanning-tree mst 1 priority 12288
Slave(config)#spanning-tree mst 2 priority 8192

```

KUVA 10. Uusien Spanning Tree -asetusten konfigurointikäskyt Master ja Slave -pinoille. Aiemmin kaikki vlanit olivat yhdessä instanssissa ja Master vastasi kaikkien vlnien pakettien huolinnasta. (Pluta, 2017)

Uusien Spanning Tree -asetusten käyttöönotosta tekee ongelmallista se, että asetukset täytyy muuttaa jokaiseen kytkimeen yksitellen. Asetusten muutos tulisi mielellään tehdä ajankohtana, jolloin verkon käyttö on mahdollisimman vähäistä. Konfiguroinnin muuttamisesta ei pitäisi syntyä katkosta, sillä vaikka kytkimet olisivat eri MST-alueissa, ne kykenevät silti kommunikoimaan keskenään oman alueidensa reunakytkinten välityksellä. Muutokseen valmistaudutaan varmuuskopioimalla TFTP-palvelimelle kaikkien kytkinten konfiguroinnit. Näin vikatilanteissa voidaan palata vanhoihin konfigurointeihin. Ensimmäisenä uusiin STP-asetuksiin siirretään master-pino. Seuraavaksi siirretään Distribution-tason kytkimet, sitten Access-tason kytkimet ja viimeisenä slave-pino.

Kun master muutetaan uusiin asetuksiin, se muodostaa oman MST-alueen, jossa se toimii ulosmenevän liikenteen Root-kytkimenä. Slave toimii MST:n uudistamisen ajan kampusverkon ja siten myös alkuperäisen MST-alueen Root-kytkimenä. Toisin sanoen master ja slave kommunikoivat edelleen keskenään, koska molemmat ovat oman alueensa MST Regional Root -kytkimiä, eikä yhteyksiä verkon sisällä pitäisi mennä poikki. Oleellisinta on, ettei slavelle asennettaisi uusia Spanning Tree -konfigurointeja ennen kuin kaikki muut laitteet on siirretty uusien konfigurointien alaisuuteen. Muuten vanhan Spanning Treen Regional Root -kytkin arvotaan MAC-osoitteiden perusteella ja se voi olla pahimmassa tapauksessa Access-tason kytkin. Tällöin liikenne ruuhkautuu kyseisen rootin ympärille ja verkon suorituskyky kärsii. Masterin konfiguroinnin jälkeen palvelinkytkimet ja Distribution-tason kytkimet siirretään uuteen MST-alueeseen. Suurimmalle osalle Access-tason kytkimistä ei ole konfiguroitu mitään Spanning Tree -asetuksia. Joillekin on määritetty Spanning Treeksi PVST+. Kaikissa Access-tason kytkimissä tulisi ottaa käyttöön MST, jotta protokollien väliseen neuvotteluun ei kuluisi resursseja ja Spanning Treen hallinnointi olisi mahdollisimman helppoa.

```
DLS(config)#spanning-tree mst configuration
DLS(config-mst)#name Opistotie
DLS(config-mst)#instance 1 vlan 1-30
DLS(config-mst)#instance 2 vlan 31-4094
DLS(config-mst)#exit
DLS(config)#spanning-tree mst 1-2 priority 16384

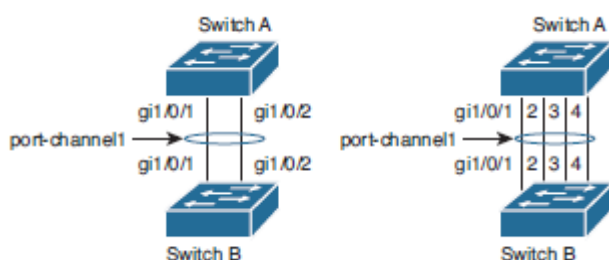
ALS(config)#spanning-tree mode mst
ALS(config)#spanning-tree mst configuration
ALS(config-mst)#name Opistotie
ALS(config-mst)#instance 1 vlan 1-30
ALS(config-mst)#instance 2 vlan 31-4094
ALS(config-mst)#exit
```

KUVA 11. Uusien Spanning Tree -asetusten konfigurointikäskyt Distribution- ja Access-tason kytkimille. Muissa kuin Access-tason kytkimissä on Spanning Treen tilaksi jo määrätty MST, joten sitä ei muille laitteille tarvitse konfiguroida. Access-tason kytkimille ei määritetä myöskään prioriteettia, jolloin niiden prioriteetti on oletusarvoinen 32768. (Pluta, 2017)

8 PORT AGGREGATION JA ETHERCHANNEL

Tietoverkon tärkeimmissä ja ruuhkaisimmissa kohdissa tiedonsiirto yhden ainoan linkin kautta voi olla liian hidasta. Port Aggregation on IEEE:n standardoima protokolla, jonka uusin standardipainos on 802.1AX vuodelta 2014. Porttien aggregoinnilla tarkoitetaan kahden tai useamman, mutta enintään kahdeksan eri portin niputtamista yhdeksi loogiseksi portiksi. Aggregointi auttaa verkon toimintaa merkittävästi kasvattamalla vikasietoisuutta ja tiedonsiirtonopeutta, kun useamman portin kaistoja voidaan hyödyntää tiedonsiirrossa. Spanning Tree on yhteensopiva aggregoinnin kanssa eikä siis estä aggregoitujen porttien toimintaa. (IEEE, 2014)

Portit aggregoidaan joko niputtamalla linkki ehdottomasti tai määrämällä neuvotteluprotokolla hoitamaan niputus. Opistotien kampuksen laitteet ovat pääsääntöisesti Cisco-merkkisiä, joissa voidaan siten käyttää joko IEEE:n avoimen standardin neuvotteluprotokollaa LACP:ia tai Ciscon omaa protokollaa PAgP:ia. Tästä eteenpäin porttien aggregoinnista puhutaankin nimellä EtherChannel, joka on Ciscon nimitys porttien aggregointiteknologialle. (Hucaby, 2015)



KUVA 12. EtherChannel niputtaa monta porttia yhdeksi loogiseksi portiksi. Porttien lisääminen EtherChanneliin on triviaalia. (Hucaby, 2015)

Sekä LACP:lla että PAgP:lla on kaksi eri toimintatilaa. Aktiivisessa tilassa portit lähettävät neuvottelupaketteja ja viestivät haluavansa muodostaa EtherChannel-yhteyden. Aktiivisen tilan nimi LACP:ssa on Active ja PAgP:ssa Desirable. Passiivisessa tilassa portit lähettävät neuvottelupaketteja, mutta odottavat, että vastapuoli tekee aloitteen EtherChannelin muodostamiseksi. Jos molemmat osapuolet ovat passiivitilassa, EtherChannel-yhteyttä ei siis synny. Passiivisen tilan nimi LACP:ssa on Passive ja PAgP:ssa Auto. (Hucaby, 2015)

LACP ja PAgP ovat toimintaperiaatteiltaan hyvin samankaltaiset. Protokollat tunnistavat naapurilaitteet ja vertaavat EtherChannelin muodostamisparametreja keskenään. Portit, joilla on samat naapurilaitteiden ID:t, niputetaan keskenään samaan point-to-point EtherChannel -linkkiin. Edellä kuvatun lisäksi LACP määrittää EtherChannel-portteilleen roolit. LACP tukee korkeintaan 16 portin niputtamista EtherChanneliin ja mikäli portteja on kahdeksan tai vähemmän, ovat kaikki portit aktiivisia. Muussa tapauksessa loput porteista ovat standby-tilassa ja odottavat käynnistymistä aktiiviyhteyden katketessa. Aktiiviportit valitaan niiden port priority -arvon perusteella. Port priority on neljän tavun mittainen numerosarja, jossa kaksi tavua on muokattava prioriteetti-arvo ja toiset kaksi porttikohtainen

tunniste. (Hucaby, 2015) LACP:lla on myös mahdollista niputtaa portteja saman pinon eri kytkinten väliltä. Tätä kutsutaan nimellä Cross Stack EtherChannel. (Cisco Systems, 2007)

```
Switch1(config)#interface TenGigabitEthernet1/0/1
Switch1(config-if)#channel-group 1 mode active
```

```
Switch2(config)#interface TenGigabitEthernet2/0/6
Switch2(config-if)#channel-group 1 mode active
```

```
Switch1(config-if)#interface range TenGigabitEthernet1/0/2,2/0/1-2/0/2
Switch1(config-if)#channel-group 1 mode active
```

```
Switch2(config-if)#interface TenGigabitEthernet2/0/7-2/0/9
Switch2(config-if-range)#channel-group 1 mode active
```

KUVA 13. Esimerkki toimivan EtherChannelin konfiguroinnista kahden kytkimen välille LACP-protokollaa käyttäen. (Pluta, 2017)

EtherChannelin group-numeroiden ei tarvitse täsmätä, mutta se helpottaa dokumentointia. Toimivan EtherChannelin ehtoina ovat, että EtherChannelia ei yritetä muodostaa useamman kuin kahden kytkimen välillä, kytkinten oikeat vastakkaiset portit aggregoidaan ja kummassakin päässä toimii sama neuvotteluprotokolla. (Cisco Systems, 2007)

Uusiin kytkimiin tullaan lisäämään EtherChannel-yhteyksiä Master- ja Slave-pinojen välille. Jokaisessa EtherChannel-linkissä hyödynnetään LACP:n suomaa Cross Stack EtherChannelia siltä varalta, että yhden pinon kytkimen kaaduttua linkki olisi edelleen aktiivinen. EtherChannel-yhteydet tulee ottaa käyttöön yhdenaikaisesti linkin kummallakin puolella.

Jos EtherChannel implementoidaan laitteen ollessa jo verkossa, täytyy noudattaa varovaisuutta, ettei verkkoon synny katkoksia. Jos useita portteja halutaan aggregoida EtherChanneliksi, tulee ensin yksi portti liittää EtherChanneliin ja odottaa, että linkki on aktiivinen. Tällöin kytkimillä on ainakin yksi aggregoimaton yhteys, joka välittää dataa. Tämän jälkeen EtherChanneliin voi liittää loput siihen määrättävät portit. Mikäli yhden kytkimen kaikki toiselle kytkimelle menevät yhteydet aggregoidaan PortChanneliin, kaikki yhteydet katkeavat, sillä EtherChannel-asetukset eivät täsmää vielä konfiguroimattomassa kytkimessä. Siksi on oleellista, ettei kaikkia kahden laitteen välisiä portteja aggregoitaisi samanaikaisesti.

9 TRIVIAL FILE TRANSFER PROTOCOL

TFTP:n eli yksinkertaisen tiedonsiirtoprotokollan kehitti Noel Chiappa vuonna 1981 (Sollins, RFC 783 - TFTP Protocol (revision 2), 1981). Chiappa mukanaan Bob Baldwin ja Dave Clark uudistivat TFTP-standardin vuonna 1992. TFTP siirtää tiedostoja laitteiden välillä User Datagram -protokollalla eli UDP:lla. TFTP on suunniteltu kevyeksi ja helposti asennettavaksi eikä siinä siksi ole monia FTP-palvelimesta tuttuja ominaisuuksia. TFTP:lla ei voi esimerkiksi listata hakemistoja eikä implementoida käyttäjien todennusta vaan sillä kyetään vain lukemaan tai kirjoittamaan tiedostoja palvelimelta toiselle. (Sollins, RFC 1350 - The TFTP Protocol (Revision 2), 1992)

Kaikki siirrot TFTP:lla alkavat tiedoston luku- tai kirjoituspyynnöllä, joka toimii samalla yhteydenmuodostuspyynnönä. Siirtoon osallistuvat laitteet ovat molemmat sekä lähettäjiä että vastaanottajia: yksi lähettää dataa ja vastaanottaa kuittauksia ja toinen vastaanottaa dataa ja lähettää kuittauksia. Tiedostot lähetetään 512 tavun kokoisissa datapaketeissa. Kun datan vastaanottajalle saapuu alle 512 tavun mittainen paketti, siirto merkitään loppuneeksi. Jos paketti katoaa verkossa, vastaanottaja lähettää edellisen lähettämänsä data- tai kuittauspaketin lähettäjälle, johon lähettäjä vastaa lähettämällä kyseistä pakettia seuraavan paketin, kadonneen paketin, uudestaan vastaanottajalle. Lähettäjällä tarvitsee olla välimuistissa vain yksi varapaketti häiriötilanteita varten, sillä kuittaukset varmistavat laitteille, että aiemmat lähetykset ovat saapuneet perille. (Sollins, RFC 1350 - The TFTP Protocol (Revision 2), 1992)

Virheet viestitään lähettämällä virhepaketti, minkä seurauksena yhteys katkaistaan. Poikkeuksena tähän on virhepaketti, joka lähetetään, mikäli vastaanotetun paketin lähdeportti on väärä. Siinä tapauksessa lähettäjälle lähetetään virhepaketti. Tavallisesti virhepaketteja lähetetään kolmesta syystä:

- Pyyntöä ei kyetä toteuttamaan, mikä puolestaan tarkoittaa, ettei tiedostoa löydy tai palvelimeen ei ole käyttöoikeutta.
- On vastaanotettu paketti, jota ei voida selittää monistumisella tai viiveellä eli paketin sisältö on epätavallinen.
- Tarvittavia resursseja ei ole eli esimerkiksi kiintolevyosio on täynnä tai käyttäjältä evätään käyttöoikeus tiedonsiirron aikana. (Sollins, RFC 1350 - The TFTP Protocol (Revision 2), 1992)

Virhepaketteja ei kuitata eikä uudelleenlähetetä, joten vastapuoli ei välttämättä vastaanota pakettia. Siltä varalta yhteyden katkaisu havaitaan myös aikakatkaisulla. (Sollins, RFC 1350 - The TFTP Protocol (Revision 2), 1992)

TFTP-palvelinohjelmisto on ollut asennettuna työasemalle jo ennen tämän työn toimeenpanoa. Palvelinohjelmistona on käytetty SolarWindsin TFTP Server -työpöytäohjelmaa. Ennen työaseman kytkemistä verkkoon varmistettiin, että työaseman ja palvelinohjelmiston tietoturva on riittävän hyvä. Palvelimen tietoturva-asetuksia ja muita määrittelyjä ei julkaista.

10 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia Opistotien kampuksen aktiivilaitteiden konfigurointeja, laitteiden keskinäistä toimintaa ja verkon rakennetta sekä vertailla kytkinmalleja ja korvata runkoverkon kytkimet. Työn tavoitteena oli myös luoda Savonia AMK:n tietohallinnolle tarvittavat ohjeet ja muu dokumentointi muutostöiden toimeenpanemiseksi mielivaltaisella aikataululla.

Tietoverkon uudistaminen on aiheena hyvin kokonaisvaltainen ja edellytti laaja-alaista perehtymistä sekä kampusverkkoon että oheismateriaaleihin. Opin työn aikana paljon uutta, etenkin kaapeloinnista, kytkinten pinoamisesta ja verkkodokumentoinnista. Myös L2-tason verkkoihin perehtyminen oli tarpeellinen muistin virkistys.

Työ oli mielestäni sopivan haastava, vaikka aihe olisi voinut olla monella tavalla laajempikin. Työn tavoitteisiin päästiin hyvin.

LÄHDELUETTELO

- Cisco Engineers. (2007, huhtikuu 17). *Understanding Multiple Spanning Tree Protocol*. Retrieved helmikuu 6, 2017, from Cisco: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/spanning-tree-protocol/24248-147.html>
- Cisco Networking Academy. (2014, toukokuu 9). *Hierarchical Network Design Overview (1.1)*. (Cisco Press) Retrieved maaliskuu 24, 2017, from Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Hierarchical Network Design: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2202410&seqNum=4>
- Cisco Systems. (2007, syyskuu 18). *Cross Stack EtherChannel on a Catalyst 3750 Switch Configuration Example*. Retrieved maaliskuu 2, 2017, from Cisco: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/switches/catalyst-3750-series-switches/69979-cross-stack-etherchannel.html>
- Cisco Systems. (2008, toukokuu 21). *Campus Network for High Availability*. Retrieved huhtikuu 3, 2017, from Cisco: www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Campus/HA_campus_DG/hacampusdg.html
- Cisco Systems. (2013, Lokakuu 31). *Small Enterprise Design Profile Reference Guide*. Retrieved helmikuu 2, 2017, from Network Foundation Design - Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Small_Enterprise_Design_Profile/SEDP/chap2.html
- Cisco Systems. (2014, heinäkuu 24). *Catalyst 3850 Switch Getting Started Guide*. Retrieved tammikuu 27, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst3850/hardware/quick/guide/cat3850_gsg.html
- Cisco Systems. (2014, elokuu 19). *Cisco Catalyst 6500 Series Virtual Switching Supervisor Engine 720*. Retrieved huhtikuu 19, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-6500-virtual-switching-system-1440/product_data_sheet0900aecd806ed759.html
- Cisco Systems. (2015, maaliskuu 13). *Cisco 4500 Series Supervisor Engine II-Plus-TS for 4503-E and 4503 Switches*. Retrieved huhtikuu 19, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/catalyst-4500-series-supervisor-engine-ii-plus-ts/product_data_sheet0900aecd8017a0c5.html
- Cisco Systems. (2015, huhtikuu 23). *Cisco Catalyst 3850 Series Switches StackWise-480 Architecture White Paper*. Retrieved helmikuu 17, 2017, from Cisco: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/white-paper-c11-734429.html>
- Cisco Systems. (2016, tammikuu 21). *Cisco Catalyst 4500-X Series Fixed 10 Gigabit Ethernet Aggregation Switch Data Sheet*. Retrieved huhtikuu 19, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-x-series-switches/data_sheet_c78-696791.html
- Cisco Systems. (2016, marraskuu 29). *Configuring StackPower*. Retrieved maaliskuu 3, 2017, from Interface and Hardware Component Configuration Guide - Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst3850/software/release/3se/int_hw_components/configuration_guide/b_int_3se_3850_cg/b_int_3se_3850_cg_chapter_01000.html
- Cisco Systems. (2017, maaliskuu 16). *Cisco Catalyst 3850 Series Switches Data Sheet*. Retrieved huhtikuu 19, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/data_sheet_c78-720918.html

- Cisco Systems. (2017, helmikuu 27). *Cisco Catalyst 3850 Switch Deployment Guide*. Retrieved maaliskuu 1, 2017, from Cisco: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/deployment_guide_c07-727067.html
- Hucaby, D. (2015). *CCNP Routing and Switching SWITCH 300-115 Official Certificate Guide*. (B. Bartow, Ed.) Indianapolis, Indiana, United States of America: Cisco Press. Retrieved helmikuu 15, 2017
- IEEE. (2004, kesäkuu 9). IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges. New York, United States of America: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Retrieved helmikuu 15, 2017, from <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1D-2004.pdf>
- IEEE. (2014, joulukuu 30). *IEEE Get Program*. Retrieved helmikuu 28, 2017, from IEEE Standards Association: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1AX-2014.pdf>
- Ningbo Tongrun Electronics CO., LTD. (n.d.). Large image for Single Mode Simplex LC connectors on 2mm jacketed fibre from China manufacturer.
- Onninen OY. (2012). *Eurooppalainen yleiskaapelointi - opas standardisarjan EN 50173 soveltamiseen*. Helsinki.
- Perlman, R. (1985). *An algorithm for distributed computation of a spanning tree in an extended LAN*. Retrieved helmikuu 15, 2017, from ACM Digital Library: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=318951.319004>
- Sollins, K. R. (1981, kesäkuu). *RFC 783 - TFTP Protocol (revision 2)*. Retrieved maaliskuu 3, 2017, from <https://tools.ietf.org/html/rfc783>
- Sollins, K. R. (1992, heinäkuu). *RFC 1350 - The TFTP Protocol (Revision 2)*. Retrieved maaliskuu 3, 2017, from <https://tools.ietf.org/html/rfc1350>