



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PALVELINVERKON UUDIS- TAMINEN

Author/s: Mikko Heiskanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Heiskanen	
Työn nimi Palvelinverkon uudistaminen	
Päiväys 16.6.2017	Sivumäärä/Liitteet 48
Ohjaaja(t) laboratorioinsinööri Pekka Vedenpää, lehtori Veijo Pitkänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli uusia Savonia-ammattikorkeakoulun palvelintilojen palvelinkytkimet ja mahdollisuuksien mukaan muuttaa käytössä olevia topologioita. Osa käytössä olleista kytkimistä oli niin vanhoja, ettei laitevalmistaja tarjoa enää tukea kyseisille laitemalleille. Kytkimet olivat myös suorituskyvyltään varsin vaatimattomia nykypäivän vaatimuksiin nähden. Työllä oli tärkeä merkitys Savonia-AMK:n tavoitteelle optimoida tietoliikenneverkkonsa toimintaa kevään 2017 aikana.</p> <p>Työskentely aloitettiin tarkastelemalla nykyaikaisten tietoliikenneverkkojen rakennetta ja toimintaa sekä kytkinten ominaisuuksia ja tehtäviä niin kampus- kuin datakeskus-ympäristöissä. Työssä tarkasteltiin myös datakeskusten topologioita ja vertaillaan eri topologioiden hyviä ja huonoja puolia.</p> <p>Opinnäytetyön käytännön osuudessa kartoitettiin Savonia-AMK:n Opistotien kampuksen palvelintilat tarvittavien tietoliikenneyhteyksien lukumäärän ja käytössä olevien topologioiden suhteen. Saatujen tietojen perusteella päätettiin millaisia kytkimiä oli hankittava ja kuinka monta kappaletta. Tämän jälkeen verrattiin eri laitevalmistajien kytkinten suorituskykyä, käyttömukavuutta sekä valokuituporttien ominaisuuksia ja käytössä olevan budjetin mukaan päätettiin laitehankinnoista. Lopuksi kytkimet konfiguroitiin ja otettiin käyttöön Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa.</p> <p>Alun perin oli tarkoitus korvata kaikki Opistotien kampuksen palvelintilojen kytkimet uusilla kytkimillä, mutta yllättävien menojen vuoksi tämä ei ollut vielä mahdollista. Opinnäytetyö oli kuitenkin onnistunut, sillä kaikki vanhimmat kytkimet saatiin korvattua uudemmilla ja suorituskykyisemmällä kytkimillä. Lisäksi, tämän opinnäytetyön perusteella päätettiin, että palvelintilojen topologioita muutetaan mahdollisuuksien mukaan tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat Tietoverkko, kytkimet, datakeskus, topologia	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Mikko Heiskanen			
Title of Thesis Upgrading Data Center Switches and Network Topology			
Date	16 June 2017	Pages/Appendices	48
Supervisor(s) Mr Pekka Vedenpää, Laboratory Engineer and Mr Veijo Pitkänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to upgrade the data center switches of Savonia University of Applied Sciences and the network topology as well if possible. Some of the switch models being used were so old that all support services for the products are nowadays unavailable thus making them obsolete. Performance-wise, these old switches were also quite weak considering modern standards and needs. This thesis is of great importance for Savonia UAS in the effort of optimizing the performance of its data network in spring 2017.</p> <p>First, the structure and function of modern data networks were examined. Then, the properties and tasks of switches were examined in both campus and data center environment. In the theory section, the most common data center network topologies were compared and the advantages and disadvantages of each topology were evaluated.</p> <p>In the practical part of this thesis the server rooms of the Opistotie campus of Savonia UAS were charted first to find out how many network connections were required in each server room. Network topologies of each server room were also studied and charted. Based on the gathered information it was decided what kind of switches were required and how many of them were needed. Then, switches from various manufacturers were compared based on their performance, usability, optical fiber interfaces and price. Based on all the gathered information and the available budget the final purchase decision was made. Finally, the new switches were configured and implemented into the data network of Savonia UAS.</p> <p>The original plan was to replace all the server room switches of the Opistotie campus but due to unexpected expenses that goal could not be reached yet. However, this thesis was successful as all the oldest switches were replaced and in conclusion, it was decided that the current network topologies would be changed in the near future.</p>			
Keywords Network, switches, data center, topology			

ESIPUHE

Haluan kiittää laboratorioinsinööri Pekka Vedenpäästä opinnäytetyön aiheesta, konsultoinnista ja mahdollisuudesta opiskella laitevalmistaja Juniperin kytkinten konfigurointia Savonia-AMK:n laitteilla. Työssä oli alun perin tarkoitus ottaa käyttöön Juniperin kytkimiä, mikä teki aiheesta huomattavasti mielenkiintoisemman. Tietoliikennealalla on ollut jo vuosia sellainen suuntaus, että yritykset ovat siirtyneet tai ovat siirtymässä Ciscon tietoliikennelaitteiden käytöstä toisten laitevalmistajien laitteiden käyttöön. Varsinkin Juniper-laiteosaamisella tuntuu olevan kysyntää, joten ajattelin tämän opinnäytetyön parantavan asemiani työmarkkinoilla.

Vaikka laitehankinnoissa ei lopulta päädytty Juniperin kytkimiin, koen oppineeni ja sisäistäneeni laitteiden konfigurointia sen verran, että voin työhaastattelussa sanoa osaavani konfiguroida Juniperin laitteita. Uskoisin myös, että kaikenlaiset palvelintiloihin liittyvät työkokemukset ovat työnhaussa arvokkaita asioita.

Kuopiossa 16.6.2017

Mikko Heiskanen

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
1 JOHDANTO	10
2 TIETOLIIKENNEVERKON HIERARKKINEN MALLI.....	11
2.1 Access Layer.....	12
2.1.1 Access Layer -kytkimet	12
2.1.2 Access Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset	13
2.2 Distribution Layer.....	15
2.2.1 Distribution Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset	15
2.2.2 Distribution Layer -kytkimet	16
2.3 Core Layer.....	18
2.3.1 Core Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset	18
2.3.2 Core Layer -kytkimet	19
2.4 Collapsed Core -malli.....	20
2.5 Hierarkkisen mallin edut ja haitat.....	21
3 HIERARKKINEN MALLI DATAKESKUKSISSA.....	22
3.1 Tietoliikenneverkon toteutus datakeskuksissa	22
3.2 Datakeskusten kytkimet	24
4 DATAKESKUSTEN TOPOLOGIAT.....	26
4.1 Keskitetty topologia.....	26
4.2 Vyöhykkeittäin keskitetty topologia	26
4.3 Hajautettu topologia	27
4.4 Top-of-Rack- ja End-of-Row-topologioiden hyvät ja huonot puolet	27
4.4.1 Top-of-Rack-topologia	27
4.4.2 End-of-Row-topologia.....	28
5 SAVONIA-AMK:N OPISTOTIEN KAMPUKSEN PALVELINTILOJEN KARTOITUS.....	29
5.1 palvelintila 1	30
5.2 palvelintila 2	31
6 UUSIEN PALVELINKYTKINTEN VALINTA	33
6.1 Uplink-yhteyksien nopeudet ja oversubscription-suhde.....	33
6.2 Kytkinten vertailu.....	34
6.3 Ostopäätös.....	36

7	UUSIEN PALVELINKYTKINTEN KONFIGUROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO	38
7.1	Konfigurointi.....	38
7.2	Kytkinpinon muodostaminen.....	39
7.3	Käyttöönotto.....	40
8	YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET	44

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

ACL (Access Control List) = ACL-listoja käytetään tietoliikenteen filttäöintiin. Niiden avulla voidaan estää tai sallia esimerkiksi käyttäjien pääsy tiettyihin palveluihin tai laitteisiin. (CertificationKits 2017a.)

ARP (Address Resolution Protocol) = protokolla, jonka avulla selvitetään laitteen IP-osoitetta vastaava MAC-osoite (From ja Frahim 2015, 439).

ASIC = Application-Specific Integrated Circuit

Broadcast Domain = samassa verkossa olevat laitteet ovat samassa Broadcast Domain:ssa. Jos laite lähettää niin sanotun Broadcast-viestin, kaikki samassa verkossa olevat laitteet vastaavat viestiin.

Jokainen VLAN on Broadcast Domain. (From ym. 2015, 3.)

CAM = Content Addressable Memory

Cat6 = parikaapeleiden laatuluokitus. Numero ilmaisee kaapelin laadun ja suorituskyvyn.

DAI = Dynamic ARP Inspection

Datakeskus = rakennus tai tila, joka on pääasiallisesti tietojenkäsittelylaitteiden ja niitä tukevien toimintojen vaatimien laitteiden ja järjestelmien sijoituspaikka (Onninen 2012, 157).

EoR = End-of-Row

Equal-Cost Multi-Path (ECMP) = reititystekniikka, joka hyödyntää kuormantasaamista välittämällä datapaketteja samaan kohteeseen useaa reittiä pitkin. Tämä parantaa käytössä olevaa kaistanleveyttä, koska useat linkit ovat käytössä samanaikaisesti. (Husseman 2015-03-23.)

FabricPath = Cisco Systemsin kehittämä tekniikka, jolla tietoliikenneverkko voidaan toteuttaa ilman Spanning Tree -protokollaa ja täten nopeuttaa verkon toimintaa huomattavasti (Cisco 2010).

FCoE = Fibre Channel over Ethernet

FIB = Forwarding Information Base

Fibre Channel = suurinopeuksinen tietoverkkoteknologia, jolla siirretään dataa tietojenkäsittelylaitteiden välillä. Käytetään pääasiassa SAN-verkoissa tallennuslaitteiden ja palvelinten välisissä yhteyksissä. (Mitchell 2016-09-16.)

Hyökkääjä = hyökkääjällä tarkoitetaan tässä työssä rikollista henkilöä, joka liittyy organisaation tietoverkkoon oman laitteensa ja yrittää sen avulla vaikuttaa tietoverkon toimintaan.

IP-osoite = numerosarja, jolla yksilöidään IP-verkkoon kytketty laite. IP on Internetin protokolla ja esimerkiksi kaikki Internet-liikenne kulkee IP-paketteina. (Wikipedia 2017-05-08.)

IPSG = IP Source Guard

Kaistanleveys = puhekielessä kaistanleveydellä tarkoitetaan suurinta teoreettisesti mahdollista tiedonsiirtonopeutta tai tiedonsiirtokapasiteettia. Kaistanleveys ilmaisee kuinka paljon dataa voidaan siirtää tiettyä aikayksikköä kohden, esimerkiksi englanniksi 1 Gbps ja suomeksi 1 Gb/s eli 1 gigabitti sekunnissa.

Konfigurointi = laitteen toiminnan määrittäminen esimerkiksi komentoja kirjoittamalla.

Kytöntäkapasiteetti (Switching Capacity, Backplane, Throughput, läpisyöttö) = ilmaisee, kuinka paljon dataa kytkin pystyy käsittelemään yhdessä sekunnissa. Ilmoitetaan yleensä yksikössä Gb/s eli gigabittiä sekunnissa. (Doherty 2013-02-24.)

Kytinpino = kahdesta tai useammasta kytkimestä muodostetaan yksi, virtuaalinen kytkin.

L2-kytkin (L2 switch, Layer 2 switch) = OSI-mallin toisella kerroksella toimiva kytkin, suomennetaan usein nimellä kakkostason - tai kakkoskerroksen kytkin. L2-kytkin välittää datapaketteja kohdelaitteiden MAC-osoitteiden perusteella. (Froom ym. 2015, 24 - 26.)

L3-kytkin (L3 switch, Layer 3 switch, multilayer switch) = kytkin, jolla on toimintoja sekä OSI-mallin toiselta että kolmannelta kerrokselta. Käytetään usein nimitystä multilayer-kytkin. L2-kytkimen toimintojen lisäksi L3-kytkin pystyy välittämään datapaketteja reitittimen tapaan IP-osoitteiden perusteella. (Froom ym. 2015, 26 - 27.)

LACP (Link Aggregation Control Protocol) = protokolla, jonka avulla kahdesta tai useammasta linkistä voidaan muodostaa yksi looginen linkki. Muodostettaessa esimerkiksi kahdesta linkistä yksi looginen linkki, linkin nopeus kaksinkertaistuu. (Froom ym. 2015, 97.)

LAN (Local Area Network) = lähiverkko, paikallisverkko.

Load Balancing = kuormantasaus. Datapaketteja reititetään useampaa kuin yhtä reittiä pitkin ja valittu reitti määräytyy esimerkiksi sen mukaan, kuinka paljon liikennettä kullakin reitillä on. (Froom ym. 2015, 32.)

MAC (Media Access Control) -osoite = yksilöi jokaisen verkossa olevan laitteen verkkokortin. Se on 12-merkkinen heksadesimaalinen luku, joka yleensä kirjoitetaan fyysisesti verkkokorttiin laitevalmistajan toimesta. MAC-osoitteesta käytetään myös nimeä fyysinen osoite. (Froom ym. 2015, 4.)

Moduuli = laitteeseen liitettävä komponentti tai lisäosa, jonka avulla laitteeseen saadaan lisättyä haluttuja ominaisuuksia.

OM1, OM3 = monimuotokuidut jaetaan eri kategorioihin. Numero ilmaisee kuidun luokan sekä sen ominaisuudet että suorituskyvyn (Onninen 2012, 97).

OSI-malli (Open Systems Interconnection) = viitekehys, joka kuvaa laitteiden välistä tiedonsiirtoa ja tiedonsiirtoprotokollien toimintaa seitsenkerroksisena rakenteena. Mallin avulla eri laitevalmistajat voivat valmistaa saman toimintaperiaatteen mukaisia, yhteensopivia laitteita. (9tut.com 2011.)

OSPF (Open Shortest Path First) = avoimiin standardeihin perustuva reititysprotokolla. OSPF on niin sanottu linkkitilaprotokolla, se kerää linkkitila-informaatiota ympäröiviltä reitittimiltä ja muodostaa niiden avulla topologiakartan koko verkosta. OSPF havaitsee topologiassa tapahtuvat muutokset ja reagoi niihin nopeasti. (CertificationKits 2017b.)

Oversubscription = kytkinten kohdalla oversubscription tarkoittaa sitä, että kytkimeen tulee enemmän dataa, kuin sitä pystytään välittämään eteenpäin. Oversubscription voi olla myös esimerkiksi portti- tai järjestelmäkohtaista. (Cisco 2015-03-12.)

Palvelin = tietokone, joka tarjoaa palvelinohjelmistojensa välityksellä erilaisia palveluja muille ohjelmille, jotka voivat sijaita joko samalla koneella tai eri koneilla (Linux.fi 2015-08-22).

Palvelinkytkin = kytkin, johon palvelimen tietoliikenneyhteydet on kytketty.

PoE (Power over Ethernet) = kytkimen portit sisältävät virransyötön, täten siihen kytketyt laitteet eivät tarvitse erillistä virtajohtoa (Froom ym. 2015, 360).

PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) = graafinen verkonvalvontaohjelma (Paessler 2017).

Pääjakamo = jakamot ovat niin sanottuja solmukohtia, jotka liittävät yhteen kaapeloinnin osajärjestelmät. Pääjakamo on tila, josta menee tietoliikenneyhteyksiä alueen tai organisaation kiinteistöihin. (Onninen 2012, 53.)

QFabric = Juniper Networksin kehittämä datakeskuksen virtualisointitekniikka, jossa kaikista datakeskuksen tietoliikennelaitteista muodostetaan yksi, virtuaalinen kytkin (Juniper Networks 2017-02).

Quality of Service (QoS) = toiminnot, joilla tietoliikennettä priorisoidaan esimerkiksi tietotyypin mukaan. QoS:n kuuluu myös esimerkiksi kaistanleveyden jakaminen ja linkin nopeuden määrittäminen. (From ym. 2015, 25.)

Redundanttisuus = pyritään välttämään niin sanottua single point of failure -tilaa, jossa yhden laitteen tai yhteyden vioittuminen vaarantaa koko järjestelmän toiminnan. Redundanttisuus toteutetaan esimerkiksi kahdentamalla laitteita ja laitteiden välisiä kytkentöjä.

Ristikytkentä = kahden kytkentäpaneelin välinen kytkentä, käytetään kaapelointijärjestelmässä kahden osajärjestelmän yhteenliittämiseen (Onninen 2012, 31).

SAN = Storage Area Network

SNMP (Simple Network Management Protocol) = verkkolaitteiden hallintaan ja valvontaan käytetty protokolla (From ym. 2015, 337).

SSH (Secure Shell, Secure Socket Shell) = suomalaisen Tatu Ylösen kehittämä salattuun tietoliikenteeseen tarkoitettu protokolla, jota käytetään esimerkiksi verkkolaitteiden etähallintaan (Linux.fi 2017-02-09).

SPB = Shortest Path Bridging

STP (Spanning Tree Protocol) = protokolla, joka ehkäisee niin sanottujen silmukoiden muodostumisen tietoliikenneverkoissa eli vältetään tilanteet, joissa datapaketit jäävät pyörimään laitteiden välillä (From ym. 2015, 6 - 7).

TFTP = Trivial File Transfer Protocol

Telnet (Terminal Network) = verkkoprotokolla, jonka avulla muodostetaan etäyhteys toiseen laitteeseen. Laitteiden välinen kommunikaatio on salaamatonta tekstiä, joten SSH-protokolla on korvannut Telnet-protokollan käytön lähes täysin. (Study CCNA 2016.)

ToR = Top-of-Rack

TRILL = Transparent Interconnection of Lots of Links

Topologia = tietoliikenneyhteyksien toteutustapa, jaetaan fyysiseen - ja loogiseen topologiaan (Onninen 2012, 161).

Uplink-yhteys = tietoliikennelaitteiden, esimerkiksi kytkinten välinen yhteys. Kytkimissä on yleensä erikseen niin sanottuja uplink-portteja, joita on tarkoitus käyttää yhdistettäessä kytkin toisiin kytkimiin tai tietoliikennelaitteisiin.

VCS Fabric = Brocaden kehittämä datakeskusten tietoverkkoihin soveltuva virtualisointitekniikka (Brocade 2012).

VLAN (Virtual Local Area Network) = virtuaalinen lähiverkko. Mahdollistaa lähiverkon segmentoinnin useisiin, pienempiin loogisiin alueisiin. (From ym. 2015, 6.)

Välitysnopeus (Forwarding Rate) = ilmaisee, kuinka monta datapakettia kytkin pystyy välittämään yhdessä sekunnissa. Ilmoitetaan yleensä yksikössä Mpps eli miljoonaa pakettia sekunnissa. (Doherty 2013-02-24).

1 JOHDANTO

Keväällä 2017 Savonia-ammattikorkeakoulu on pyrkinyt optimoimaan tietoverkkonsa toimintaa uusimalla tietoliikennelaitteita ja parantamalla verkon luotettavuutta. Tämän opinnäytetyön aiheena on palvelinverkon uudistaminen eli työ liittyy oleellisenä osana edellä mainittuun projektiin.

Savonia-AMK:n tietoverkossa on lukuisia palvelimia kytketty joukkoon Cisco Systemsin kytkimiä, jotka vaihtelevat niin iältään kuin suorituskyvyiltäänkin. Nämä kytkimet on tarkoitus korvata uusilla, suorituskykyisemmällä kytkimillä.

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus paneutua niihin seikkoihin, jotka vaikuttavat palvelinkytkinten uusimiseen. Teoriaosuudessa käsitellään modernin tietoverkon rakennetta ja tietoverkon ominaisuuksiin liittyviä vaatimuksia, palvelintilojen topologioita, kytkinten ominaisuuksia sekä niille asetettuja vaatimuksia palvelinympäristössä. Käytännön työssä tutustutaan Savonia-AMK:n palvelintiloihin ja kartoitetaan tarvittavien tietoliikenneyhteyksien lukumäärä, suunnitellaan uusien kytkinten sijoittaminen sekä vertaillaan eri laitevalmistajien kytkimiä ja tiettyjen ominaisuuksien sekä käytössä olevan budjetin perusteella tehdään laitehankintapäätös. Uudet kytkimet konfiguroidaan ja niitä testataan suljetussa verkossa. Lopuksi laitteet kytketään palvelimiin ja otetaan käyttöön koulun verkossa.

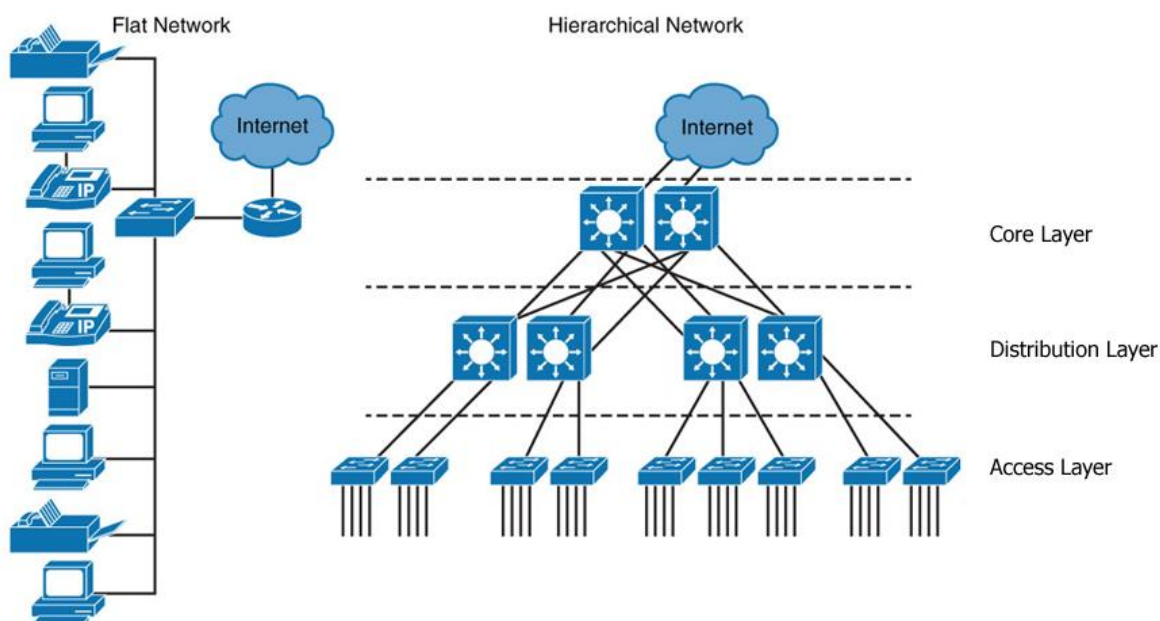
Opinnäytetyön tavoitteena on uusia Savonia-AMK:n käytössä olevat palvelinkytkimet uusilla, suorituskykyisemmällä kytkimillä sekä toteuttaa palvelinten ja kytkinten väliset tietoliikenneyhteydet niin, että ne täyttävät moderneille tietoliikenneverkoille asetettavat vaatimukset. Mikäli kytkimet korvataan toisen laitevalmistajan laitteilla, saa Savonia-AMK samalla tietoa niiden toiminnasta ja konfiguroinnista.

2 TIETOLIIKENNEVERKON HIERARKKINEN MALLI

Laittevalmistajasta riippumatta modernin tietoliikenneverkon rakenteeksi suositellaan niin sanottua kolmikerroksista hierarkkista mallia, joka on esitetty kuvassa 1. Hierarkkisessa mallissa kullakin kerroksella (Access, Distribution ja Core) tietoliikennelaitteilla on omat tehtävänsä ja siten myös omat laitevaatimuksensa. Malli selkeyttää huomattavasti verkon suunnittelua, laitehankintojen tekoa ja laitteiden konfigurointia.

Pienemmissä ympäristöissä, joissa verkkoon liitettäviä laitteita ei ole kuin esimerkiksi 10 kpl, voidaan tietoliikenneverkko toteuttaa niin sanotun Flat Network -mallin mukaisesti (kuva 1). Tässä yksikerroksisessa mallissa kaikki päätelaitteet on kytketty kytkimiin, jotka toimivat Open Systems Interconnection (OSI)-mallin kakkoskerroksessa (Layer 2). Kaikki verkon laitteet ovat täten samassa broadcast domainissa, mikä tarkoittaa verkon kaistanleveyden jakamista kaikkien laitteiden kesken. Mitä enemmän laitteita on käytössä, sitä heikommaksi verkon toiminta muuttuu. Lisäksi pienetkin mahdolliset verkko-ongelmat voivat olla katastrofaalisia, koska kaikki laitteet ovat samassa verkossa. (From ja Frahim 2015, 10.)

Hierarkkisessa mallissa tietoverkko jaetaan Virtual Local Area Network (VLAN) -teknologian avulla pienempiin, virtuaalisiin segmentteihin, mikä mahdollistaa tietoliikenneverkon sujuvan toiminnan tuhansiakin laitteita sisältävissä ympäristöissä. Kukin VLAN on eräänlainen oma eristetty kokonaisuutensa tietoliikenneverkon sisällä. Esimerkiksi yhdessä VLAN:ssa tapahtuvat häiriöt vaikuttavat vain kyseisen VLAN:n sisällä, eivätkä häiriöt vaikuta muun verkon toimintaan. VLAN:ien ansiosta kaikki laitteet eivät ole yhdessä ja samassa verkossa, joten verkon kaistanleveyttä ei jaeta kaikkien laitteiden kesken. Lisäksi, samassa VLAN:ssa olevien laitteiden välinen kommunikointi ei leviä oman VLAN:n ulkopuolelle, haitaten muun verkon toimintaa (Cisco Networking Academy 2014-05-09).



KUVA 1. Tietoliikenneverkon yksikerroksinen - ja kolmikerroksinen hierarkkinen malli (From ym. 2015, 10.)

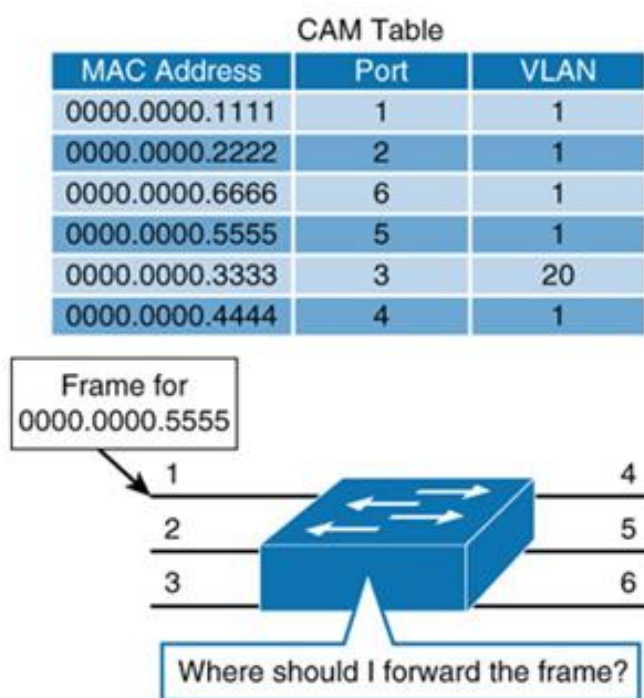
2.1 Access Layer

Access Layer suomennetaan joskus nimellä liityntäkerros ja nimi kuvastaakin hyvin tämän kerroksen toimintaperiaatetta. Liityntäkerroksessa päätelaitteet, kuten työasemat, verkkotulostimet ja langattomat tukiasemat liitetään kytkimillä osaksi organisaation lähiverkkoa. (Froom ym. 2015, 11 - 12.)

2.1.1 Access Layer -kytkimet

Liityntäkerroksessa on perinteisesti käytetty OSI-mallin toisella kerroksella toimivia L2-kytkimiä. Nykyään on kuitenkin varsin tavallista, että liityntäkerroksessa käytetään L3-kytkimiä tai kytkimiä, joissa on joitakin L3-kytkimen ominaisuuksia, kuten esimerkiksi rajallisia reititysominaisuuksia. Tämä siitäkin huolimatta, että kytkimiin ei konfiguroida mitään Layer 3 -toimintoja. Näin toimitaan, jotta liityntäkerrokseen saadaan lisää suorituskykyä ja tarvittaessa myös lisää monipuolisuutta.

L2-kytkimet välittävät tietoverkossa liikkuvia datapaketteja niiden osoitetiedoissa olevien kohdelaitteiden MAC-osoitteiden perusteella (Froom ym. 2015, 24). Tämä operaatio suoritetaan kytkimien käyttämän CAM-taulun avulla. Kun kytkimen porttiin saapuu datapaketti, kytkin lukee datapaketin osoitetiedoista kohdelaitteen MAC-osoitteen ja katsoo CAM-taulustaan, mistä portista datapaketti on lähetettävä eteenpäin. L2-kytkimen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. L2-kytkimen toimintaperiaate (Froom ym. 2015, 25.)

Kuvan 2 tapauksessa kytkimeen tulee datapaketti, jonka osoitetiedoista luetaan kohdelaitteen MAC-osoite: 0000.0000.5555. Kytkin katsoo CAM-taulustaan, mikä portti on kytketty laitteeseen, jonka MAC-osoite on 0000.0000.5555. Datapaketti lähetetään siis ulos portista 5. Jos CAM-taulusta ei löydy kohdelaitteen MAC-osoitetta, kytkin lähettää datapaketin niin sanottuna broadcast-viestinä ulos jokaisesta samaan VLAN:iin kuuluvasta portista, paitsi siitä, mistä paketti tuli kytkimeen (Froom ym.

2015, 24). Broadcast-viestiin vastaa jokainen samassa VLAN:ssa oleva laite, joten takaisin tulevista vastauksista kytkin näkee kunkin laitteen MAC-osoitteen ja tallentaa sen CAM-tiluunsa. Näin kytkin täyttää CAM-tiluun ja oppii, minkä portin takaa löytyy mikäkin MAC-osoite.

Nykyään liityntäkytkimien porttien nopeus on lähes poikkeuksetta 1 Gb/s. Yrityskäytössä, erityisesti kampusympäristössä, liityntäkytkimistä käytetään yleensä malleja, joissa porttien lukumäärä on joko 24 tai 48. Kytkimen suorituskyvystä puhuttaessa laitevalmistajat ottavat yleensä esille kaksi ominaisuutta: kytkentäkapasiteetin (switching capacity/throughput/backplane) ja välitysnopeuden (forwarding rate). Suorituskykyisessä liityntäkerroksen kytkimessä kytkentäkapasiteetti on yleensä n. 200 Gb/s ja välitysnopeus yli 100 Mpps (Techpillar 2016a). Kytkinten ostopäätökseen vaikuttaa toki muutkin tekijät, mutta edellä mainitut kaksi ominaisuutta laitevalmistajat mainitsevat ensimmäisenä. Laitteiden ostopäätökseen vaikuttavia tekijöitä käsitellään tarkemmin luvussa 6.

Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen liityntäkerroksen kytkin, Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L, joka tarjoaa 48 kupariportin lisäksi mm. PoE-ominaisuudet ja 4 valokuituporttia kytkinten välisiä uplink-yhteyksiä varten.

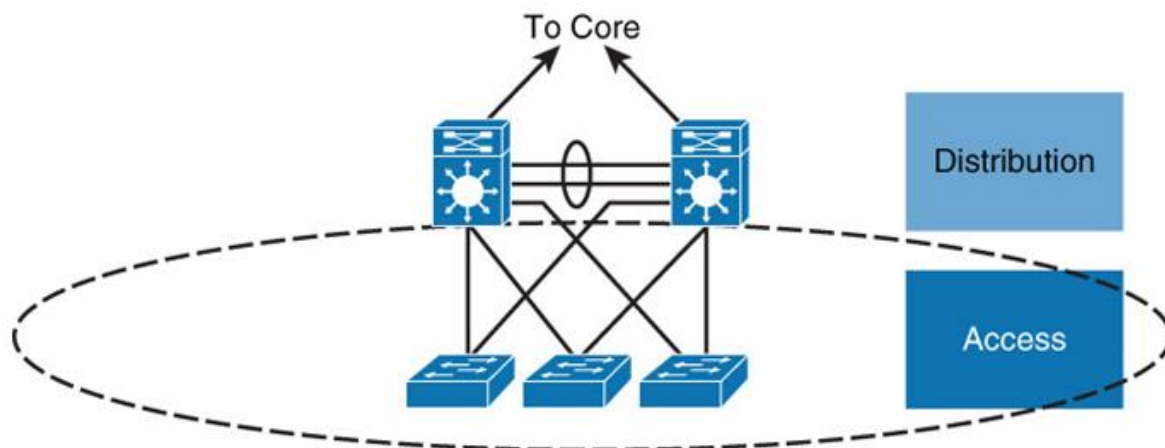


KUVA 3. Tyypillinen liityntäkerroksen kytkin, Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L (Cisco 2013-05-24.)

2.1.2 Access Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset

Teknologian kehittyessä Access Layer -laitteilta vaaditaan aina vain enemmän ja enemmän monipuolisuutta. Työasemien lisäksi organisaation verkkoon on liitettävä tulostimia, langattomia teknologioita, valvontakameroita, mittalaitteita, jne. Keskeisimmät Access Layerille asetetut vaatimukset ovat korkea saatavuus (High Availability, HA), konvergenssi (Convergence) ja turvallisuus (Security). (Froom ym. 2015, 12 - 13.)

Hyvin toteutetussa Access Layerissa korkea saatavuus toteutetaan siten, että jokainen kytkin on kytketty kahteen Distribution Layer -kytkimeen (Froom ym. 2015, 12). Tästä kytkentöjen kahdenkuksesta käytetään termiä redundanttisuus ja se on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Access Layer ja korkea saatavuus (Froom ym. 2015, 12.)

Redundanttisuudella pyritään siihen, että laiteyhteydet ja laitteiden tarjoamat palvelut olisivat aina saatavilla. Yksittäisissä kaapeli- tai laitevioissa päätelaitteiden toimintaan ei tulisi näin ollen mitään katkoksia.

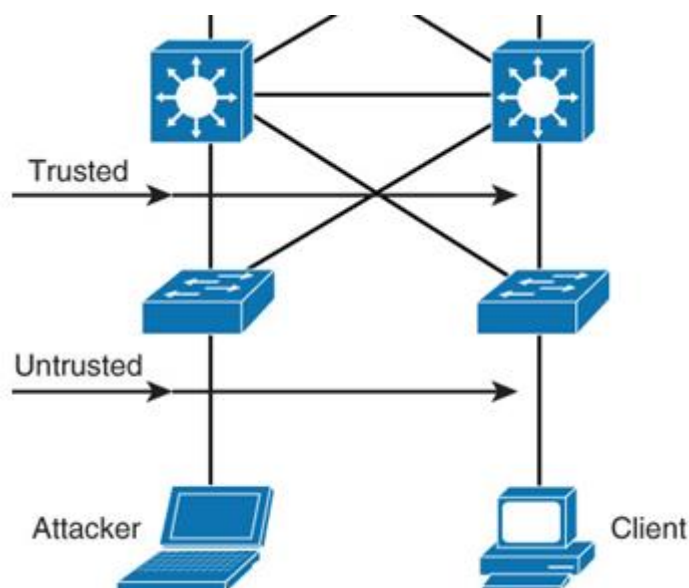
Konvergenssi tarkoittaa tässä yhteydessä eräänlaista yhteensulautumista. Oleellinen tekijä konvergenssin saavuttamisessa on PoE-tekniikka. PoE-tekniikan ansiosta valvontakameroiden ja langattomien tukiasemien kaltaiset laitteet voidaan sijoittaa strategisiin paikkoihin, välittämättä virtapistokkeiden sijainneista ja saatavuudesta. (Froom ym. 2015, 13.)

Turvallisuudella tarkoitetaan liityntäkytkimiin konfiguroitavia tietoturvaluustoimintoja. Näistä tyypillisimpiä ovat toiminnot, joilla tarkistetaan laitteen tai käyttäjän oikeellisuus:

- Port Security: määritetään päätelaitteen MAC-osoitteen perusteella, että vain kyseisellä laitteella on oikeus käyttää tiettyä kytkimen porttia.
- Quality of Service (QoS): dataliikenne voidaan priorisoida tietotyyppin mukaan, esimerkiksi äänitiedostoille annetaan suurempi prioriteetti, jolloin kytkin välittää ne ensin.
- DHCP snooping: voidaan määrittellä, mitkä portit vastaavat DHCP-viesteihin, estäen mahdollisen hyökkääjän vale-DHCP -palvelinta antamasta päätelaitteille väärää informaatiota (Froom ym. 2015, 432).
- Dynamic ARP Inspection (DAI): DAI:n avulla määritetään, mitkä kytkimen portit vastaavat ARP-kyselyihin ja mitkä eivät, estäen hyökkääjän mahdollista laitetta antamasta samassa VLAN:ssa oleville päätelaitteille väärää informaatiota (Froom ym. 2015, 439 - 440).
- IP Source Guard (IPSG): IPSG muodostaa laitteiden IP- ja MAC-osoitteista niin sanottuja luotettuja pareja. Jos kytkimeen tulee dataa laitteesta, jonka osoitetiedot eivät vastaa minkään luotetun parin osoitetietoja, datapaketit pudotetaan. (Froom ym. 2015, 436.)

Edellä mainituista tietoturvakäytännöistä DHCP snooping, DAI ja IPSG toteutetaan kuvan 5 mukaisesti. Päätelaitteisiin kytketyt portit määritetään arvolla *untrusted* ja kytkinten väliseen liikennöintiin käytetyt portit arvolla *trusted*. Eli kytkinten väliseen liikennöintiin luotetaan eikä datapaketteja tarkis-

teta mahdollisten hyökkäysten varalta, mutta päätelaitteisiin kytketyt portit suojataan useita erilaisia hyökkäyksiä vastaan.



KUVA 5. Access Layer ja tietoturvakäytännöt (Froom ym. 2015, 441.)

2.2 Distribution Layer

Distribution Layer kokoaa yhteen Access Layer -kytkimistä tulevan informaation ja toimii yhdistävänä linkkinä Access Layerin ja Core Layerin välillä (kuva 1). Kerroksesta käytetäänkin usein myös nimeä Aggregation Layer (Aggregate = yhdistää, koota yhteen). Tavoitteena on kaapeloinnin vähentäminen ja verkon hallinta, kooten yhteen Access Layer -kytkinten uplink-yhteydet ja muodostaen niistä paljon nopeampia linkkejä (Snyder 2013-10-07). Suomenkielisissä teksteissä Distribution Layerista käytetään joskus nimeä jakelukerros.

Access - ja Core Layerilla on selkeät tehtävänsä. Access Layerilla päätelaitteet yhdistetään organisaation sisäverkkoon ja Core Layer on pyhitetty mahdollisimman nopeaan datapakettien välitykseen ja liikenteen reititykseen ilman mitään ylimääräistä toimintaa. Distribution Layer puolestaan palvelee monia eri tarkoituksia ja sen toiminta vaihtelee tarpeiden mukaan. (Froom ym. 2015, 12 - 13.)

2.2.1 Distribution Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset

Distribution Layer toimii Access - ja Core Layerin välisenä palvelujen ja hallinnan rajapintana. Korkea saatavuus, nopea reitin korjaus, kuormantasaus (Load Balancing) ja QoS ovat toimintoja, joita kannattaa harkita Distribution Layerilla suoritettavaksi. Yleensä korkea saatavuus toteutetaan redundanttisilla Layer 3 -linkeillä Core Layer -kytkimille ja Layer 2 -linkeillä Access Layer -kytkimille. Core Layer -kytkimille meneviin redundanttisiin linkeihin voidaan konfiguroida kuormantasaus, jolloin molempien linkkien liikennettä voidaan jakaa ja priorisoida haluamallaan tavalla. (Froom ym. 2015, 13.)

Koska VLAN:it ovat eräänlaisia erillisiä kokonaisuuksia, eivät eri VLAN:eissa olevat laitteet pysty kommunikoiamaan keskenään. Eri VLAN:eissa olevien laitteiden väliseen kommunikointiin tarvitaan

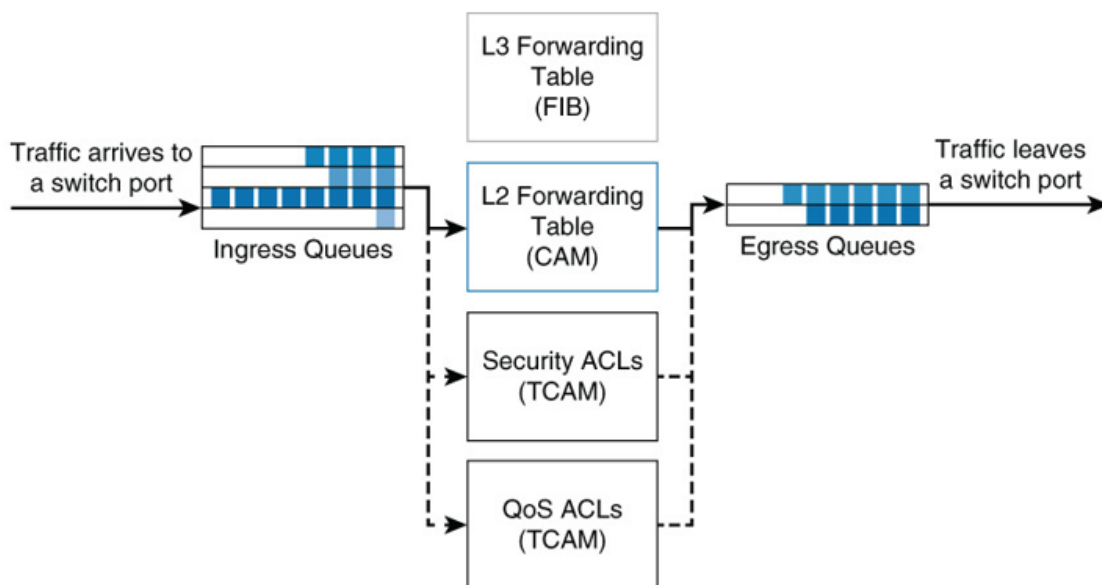
L3-laite, joka reitittää VLAN:eja. Tämä VLAN:ien välinen reititys toteutetaan yleensä Distribution Layerissa. Distribution Layer toimii muillakin tavoin eräänlaisena reititystoiminnan rajapintana. Core Layer -suuntaan käytetään Layer 3 -linkkejä ja dynaamista reititystä, kuten esimerkiksi Open Shortest Path First (OSPF) -protokollaa, mutta Access Layerin suuntaan toimitaan Layer 2 -tasolla ja käytössä ovat tekniikat kuten VLAN ja Spanning Tree Protocol (STP). (From ym. 2015, 14, 42.)

Distribution Layerissa kontrolloidaan, miten ja millaista liikennettä organisaation tietoverkossa liikkuu. Tästä toiminnasta käytetään nimeä Policy-Based Connectivity. Liikennettä voidaan kontrolloida datapaketin osoitetietojen ja tietotyypin perusteella. Esimerkiksi eri tietotyypeille (ääni, video, teksti) voidaan antaa erilaisia prioriteettiarvoja ja tietotyypin perusteella liikennettä voidaan ohjata eri reittejä pitkin eteenpäin. Tyypillistä on myös liikenteen filttäminen ACL-listojen avulla eli datapaketteja välitetään eteenpäin vain, jos niiden osoite- ja tyyppitiedot vastaavat kytkimeen asetettuja määrittämiä. (From ym. 2015, 14.)

2.2.2 Distribution Layer -kytkimet

Multilayer-kytkimet suorittavat datapakettien välitystä L2-kytkinten tapaan, mutta ne tekevät lisäksi välityspäätöksiä, jotka perustuvat Layer 3 - ja Layer 4 -informaatioon. Multilayer-kytkimet yhdistävät kytkimen ja reitittimen ominaisuuksia sekä sisältävät datapakettien sujuvaan välitykseen liittyvän välimuistin (From ym. 2015, 26).

Datapaketteja välittäessä multilayer-kytkin katsoo ylläpitämäänsä CAM-taulua aivan kuten L2-kytkimetkin (luku 2.1.1), mutta samanaikaisesti se katsoo myös reititykseen liittyvää informaatiota niin sanotusta FIB-taulusta. Reititys-informaation lisäksi FIB-taulu sisältää myös MAC-osoitteiden uudelleenkirjoitus-informaation, jota tarvitaan, kun datapaketit kulkevat tietoliikennelaitteelta toiselle. (From ym. 2015, 26 - 27). Multilayer-kytkimen toiminta on esitetty kuvassa 6.



FIB Table				CAM Table		
IP Address	Next-Hop IP Address	Next-Hop MAC Address	Egress Port	MAC Address	Egress Port	VLAN

KUVA 6. Multilayer-kytkimen toiminta (From ym. 2015, 27.)

Distribution Layer -kytkimiltä vaaditaan luotettavuutta, monipuolisuutta ja suorituskykyä. Niille on tyypillistä niin sanottu modulaarinen rakenne, eli kytkimiin voidaan halutessa ostaa redundanttisia virtalähteitä ja tuulettimia sekä erilaisia portteja sisältäviä moduuleja. Monia malleja on myös saatavana sekä kupari- että valokuituporttina. Modulaarisuuden lisäksi Distribution Layer -kytkimiltä vaaditaan myös katkeamatonta palvelua, kuten esimerkiksi ohjelmistopäivityksiä ilman boottauksia ja niin sanottua hot swap -ominaisuutta eli voidaan vaihtaa virtalähteen ja tuulettimen kaltaisia komponentteja laitteen ollessa käytössä. (Snyder 2013-10-07; From ym. 2015, 23.)

Distribution Layer -kytkimillä on myös tiukat vaatimukset suorituskyvyn suhteen. Korkean kytkentäkapasiteetin ja välitysnopeuden lisäksi vaaditaan mahdollisimman pientä viivettä kytkimen toiminnassa ja suurta MAC-taulun kokoa. Distribution Layer -kytkimiin kerätään jopa tuhansien käyttäjien liikennettä, joten tämä on ymmärrettävää. (Snyder 2013-10-07.)

Distribution Layerin moninaisuutta kuvaa se, että tyypillistä Distribution Layer -kytkintä on varsin mahdotonta nimetä. Saatavilla on modulaarisia niin sanottuja kotelopohjaisia kytkimiä, joihin ostetaan erikseen kotelo ja siihen liitettävät moduulit, virtalähteet ja tuulettimet. Näin kytkimestä saadaan räätälöityä juuri omiin tarpeisiin sopiva laite. Vaihtoehtona kotelopohjaisille kytkimille on kytkinten pinoaminen. Eri laitevalmistajilla on toteutukselle omat nimensä ja teknologiansa, mutta idea on kuitenkin sama: yksittäisiä kytkimiä liitetään yhteen ja muodostetaan niistä yksi virtuaalinen kytkin, niin sanottu kytkinpino. Kytkinpino toimii yksittäisen kytkimen tavoin, eli se tarvitsee vain yhden IP-osoitteen ja sitä hallinnoidaan yhden kytkimen, niin sanotun master-kytkimen kautta. Kytkin-

pinojen käyttö yksittäisten kytkinten sijaan helpottaa verkon hallinnointia ja tekee verkon rakenteesta yksinkertaisemman. Jos esimerkiksi neljästä kytkimestä muodostetaan kytkinpino, tarvitaan vain yksi IP-osoite neljän sijaan eikä tarvitse miettiä neljän kytkimen välisiä yhteyksiä, redundanttista yhteyksistä puhumattakaan. Työskentelykin nopeutuu, kun tarvitsee konfiguroida vain yhtä kytkintä. Kytkinpinoille on tyypillistä myös se, että niitä voidaan muodostaa useista eri laitemalleista. Näin kytkinpinoon saadaan sisällytettyä haluttuja ominaisuuksia. Kuvassa 7 on esitetty Ciscon kotelopohjainen kytkin Catalyst 4507R-E ja Juniperin EX3300-kytkimistä muodostettu kytkinpino. (Brandenburg 2011-04-04.)



KUVA 7. Kotelopohjainen kytkin ja yksittäisistä kytkimistä muodostettu kytkinpino (Cisco 2007-11-05; Juniper 2016.)

2.3 Core Layer

Vaikka Core Layer on verkon toiminnan kannalta kaikkein kriittisin kerros, se voi toiminnaltaan olla myös kaikkein yksinkertaisin. Distribution Layer hoitaa liikenteen filtteröinnin, QoS-käytännöt ja kaikki monimutkaiset toiminnot, joten Core Layer pyritään pitämään mahdollisimman yksinkertaisena ja keskitytään siihen, että datapaketteja välitetään mahdollisimman nopeasti. Core Layerista käytetään myös nimeä Backbone ja suomenkielisissä teksteissä joskus nimiä ydinkerros tai runkokerros. (Froom ym. 2015, 12 - 15.)

2.3.1 Core Layerin toiminnalle asetetut vaatimukset

Koska Core Layer on yhteyksien toimivuuden kannalta kriittinen osa tietoverkkoa, on sen sisällettävä korkean tason redundanttisuutta ja sen on sopeuduttava muutoksiin erittäin nopeasti. Sen on lisäksi oltava skaalautuva mahdollisen laajentumisen varalta ja sen on toivuttava ongelmatilanteista mahdollisimman nopeasti. Distribution Layerin monipuolisen toiminnan ansiosta Core Layer tarjoaa vain rajallisen määrän palveluja ja se on suunniteltu niin, että sen käytettävyyssaika olisi 100 %. (Froom ym. 2015, 12, 15.)

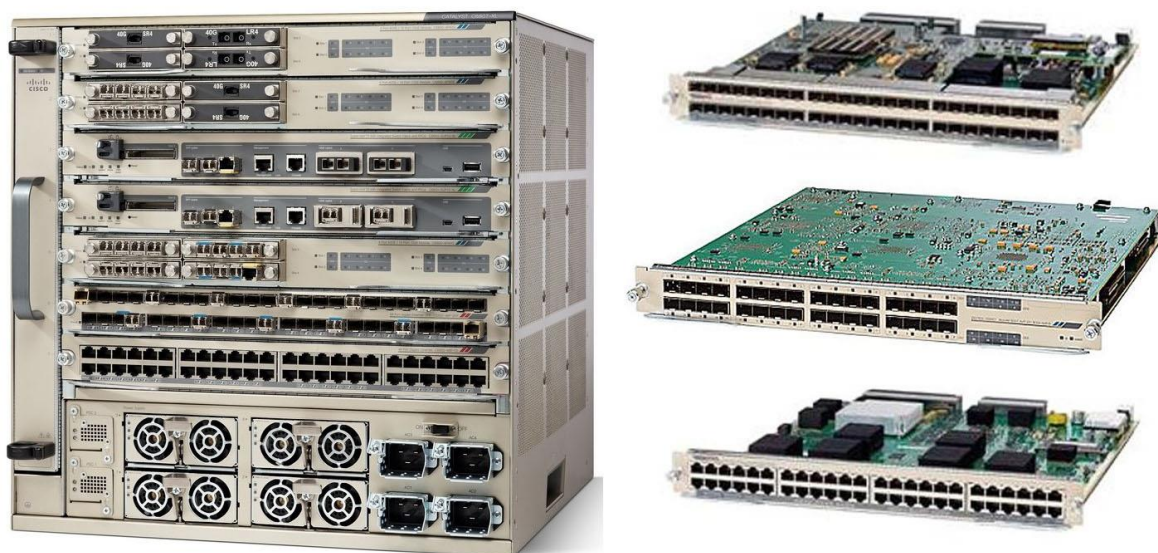
100 %:n käytettävyyssaikaan pyrittäessä redundanttisuus on keskeisessä asemassa. Redundanttisten yhteyksien lisäksi myös kaikkia komponentteja on oltava enemmän kuin yksi kappale. Minkä tahansa

laitteen tai komponentin hajotessa, varalla olevan komponentin on automaattisesti alettava toimimaan lähes välittömästi, ettei tietoliikenteeseen tulisi minkäänlaista katkosta. Suunnittelun näkökulmasta myös laitteiston ja ohjelmiston vaihdot tai päivitykset olisi pystyttävä toteuttamaan niin, ettei verkon toimintaan tule mitään häiriöitä. Core Layerin rakenne pyritään toteuttamaan siten, ettei siihen tule yhtään käyttäjä- tai palvelinyhteyttä. (Froom ym. 2015, 15.)

2.3.2 Core Layer -kytkimet

Core Layer -kytkimille on yhteistä täysin modulaarinen, kotelopohjainen rakenne. Valmiin kokonaisuuden sijaan ostetaan erikseen kotelo ja siihen yksitellen vain sellaiset komponentit ja moduulit, joita tarvitaan (Froom ym. 2015, 23). Tämä mahdollistaa laitteiden kustomoinnin, joten esimerkiksi laitteen redundanttisuusasteen voi määrittää itse.

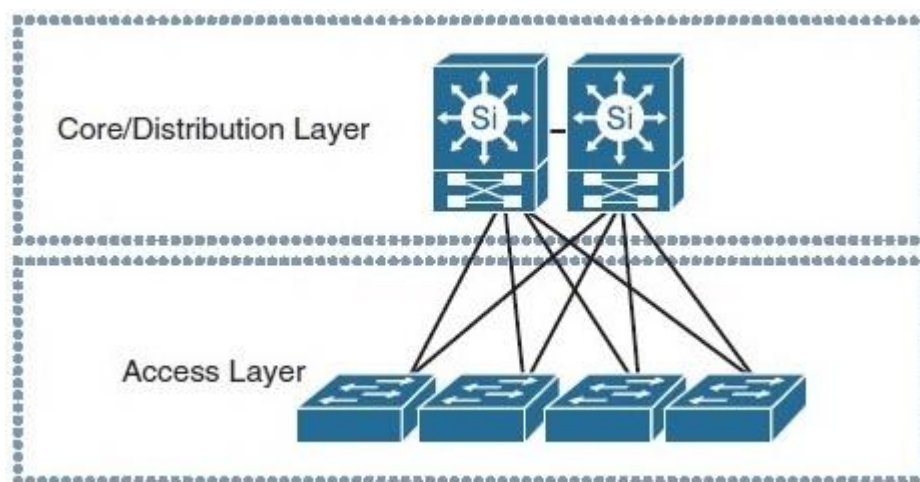
Erittäin korkeiden vaatimusten takia (luku 2.3.1) Core Layer -kytkimet ovat todella kalliita. Pelkkä kotelo voi maksaa yli 10 000 € ja redundantisilla moduuleilla ja virtalähteillä varustettu todella suorituskykyinen kokonaisuus voi maksaa yli 100 000 € (Dustin 2017a; Dustin 2017b). Toki tällaisten kytkinten ominaisuudetkin ovat huippuluokkaa. Redundanttisten komponenttien ja toimintojen lisäksi kampusympäristöön tarkoitettuna Core Layer -kytkimen kytkentäkapasiteetti voi olla jopa 25 Tbps ja välitysnopeus 10 Bpps (Techpillar 2016b). Kuvassa 8 on esitetty Ciscon kampusympäristöön tarkoitettu Core Layer -kytkin Catalyst 6807-XL ja kolme erilaista siihen saatavilla olevaa kytkinmoduulia.



KUVA 8. Ciscon kampusympäristöön tarkoitettu Core Layer -kytkin Catalyst 6807-XL ja erilaisia kytkinmoduuleja (3g Network Solutions 2017; Router-Switch.com 2017a; Router-Switch.com 2017b; Tech Deals Factory 2017.)

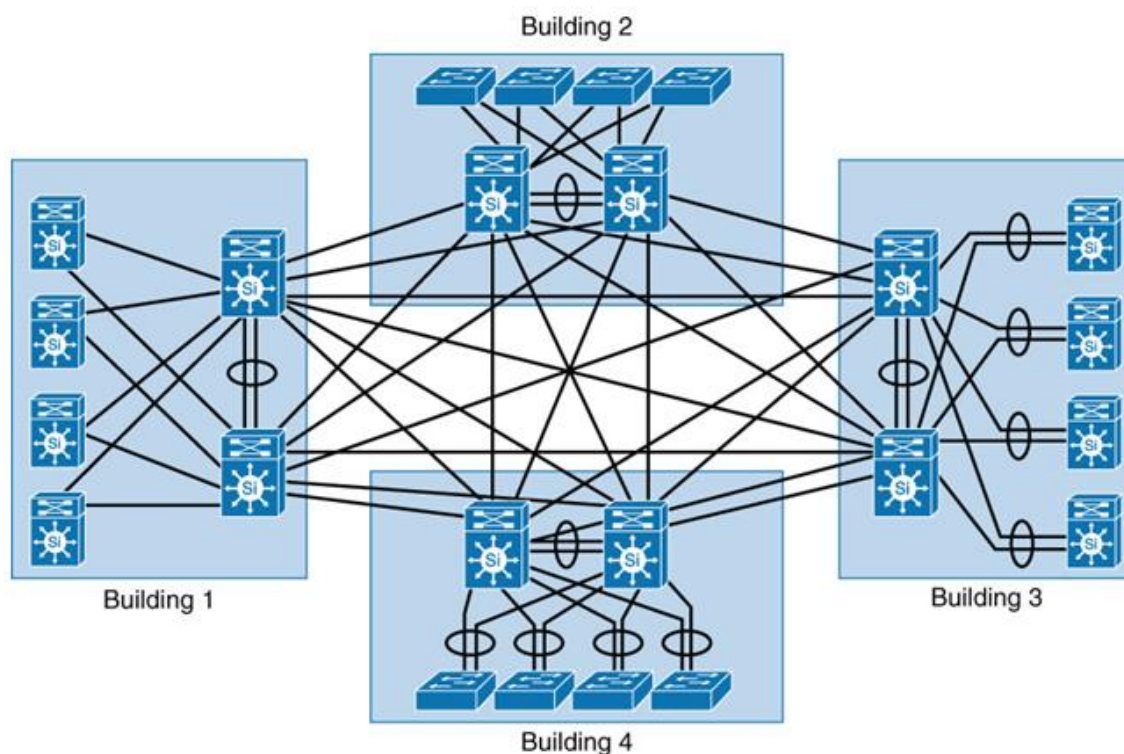
2.4 Collapsed Core -malli

Hierarkkinen kolmikerroksinen malli on tarkoitettu suuria kampus- tai yritysympäristöjä varten. Mikäli laitteita ei ole paljon, kolmikerroksista mallia paremmin sopii niin sanottu collapsed core -malli, jossa Distribution Layer ja Core Layer on sulautettu samaan kerrokseen (kuva 9). Tästä mallista käytetään myös nimeä kaksikerroksinen (two-tier) malli. (Cisco Networking Academy 2014-05-09.)



KUVA 9. Collapsed Core -malli (Network Computing 2016-08-23.)

Kaksikerroksisella mallilla saadaan kustannuksia pienemmäksi säilyttäen kuitenkin samalla suurin osa kolmikerroksisen mallin eduista. Kaksikerroksisessa mallissa Collapsed Core -kerroksen laitteet ovat kovan kuorman alaisina, sillä nopean datapakettien välityksen lisäksi niiden on suoriuduttava mm. liikenteen reitittämisestä, filteröinnistä sekä erilaisten palveluiden toimittamisesta. Kaksikerroksista mallia käytetään erityisesti silloin, kun tiedetään, ettei verkon koko kasva merkittävästi tulevaisuudessa. Tämä johtuu siitä, että kaksikerroksinen malli ei skaalaudu hyvin. Kun laitemäärä kasvaa, on yhteyksiä vaikea hallita ja toteuttaa redundanttisesti (Cisco Networking Academy 2014-05-09; Froom ym. 2015, 20 - 21.) Kuvassa 10 nähdään selkeästi, ettei kaksikerroksinen malli sovellu suuren kampusympäristön tarpeisiin. Verkon kasvaessa redundanttisten yhteyksien muodostaminen hankaloituu kohtuuttomasti.



KUVA 10. Collapsed Core -mallin sopimattomuus suurten tietoverkkojen toteutukseen (Froom ym. 2015, 20.)

2.5 Hierarkkisen mallin edut ja haitat

Kolmikerroksinen hierarkkinen malli on nimenomaan suunnittelutyökalu. Se mahdollistaa luotettavien, skaalautuvien ja kustannustehokkaiden tietoverkkojen suunnittelun. Yhden suuren kokonaisuuden sijaan käsitellään pienempiä ja helpommin hallittavia kokonaisuuksia, eli kerroksia. Tietoverkko on helpompi suunnitella, kun se jaetaan kerroksiin laitteiden käyttötarkoituksen mukaan. Tämä helpottaa huomattavasti myös laitehankintojen suunnittelua. Tavoitteena on välttää tilanteet, joissa ostetaan käyttötarkoitukseen liian kalliit ja monimutkaiset laitteet. Pahimmassa tapauksessa ostetaan laitteita, joita ei voida ottaa verkossa käyttöön lainkaan esimerkiksi sopimattomien uplink-porttien nopeuksien takia. (Cisco Networking Academy 2014-05-09; EdrawSoft 2017)

Kerroksittaisen rakenteen avulla tietoverkon eri osa-alueiden suunnittelu ja ymmärtäminen on helpompaa. Tämä vähentää mittavan koulutuksen tarvetta ja nopeuttaa suunnitelmien käyttöönottoa. Ongelmatilanteissa vikojen löytäminen helpottuu, kun verkon ylläpitäjät tietävät tarkasti, mitä toimintoja mikin kerros sisältää. (EdrawSoft 2017)

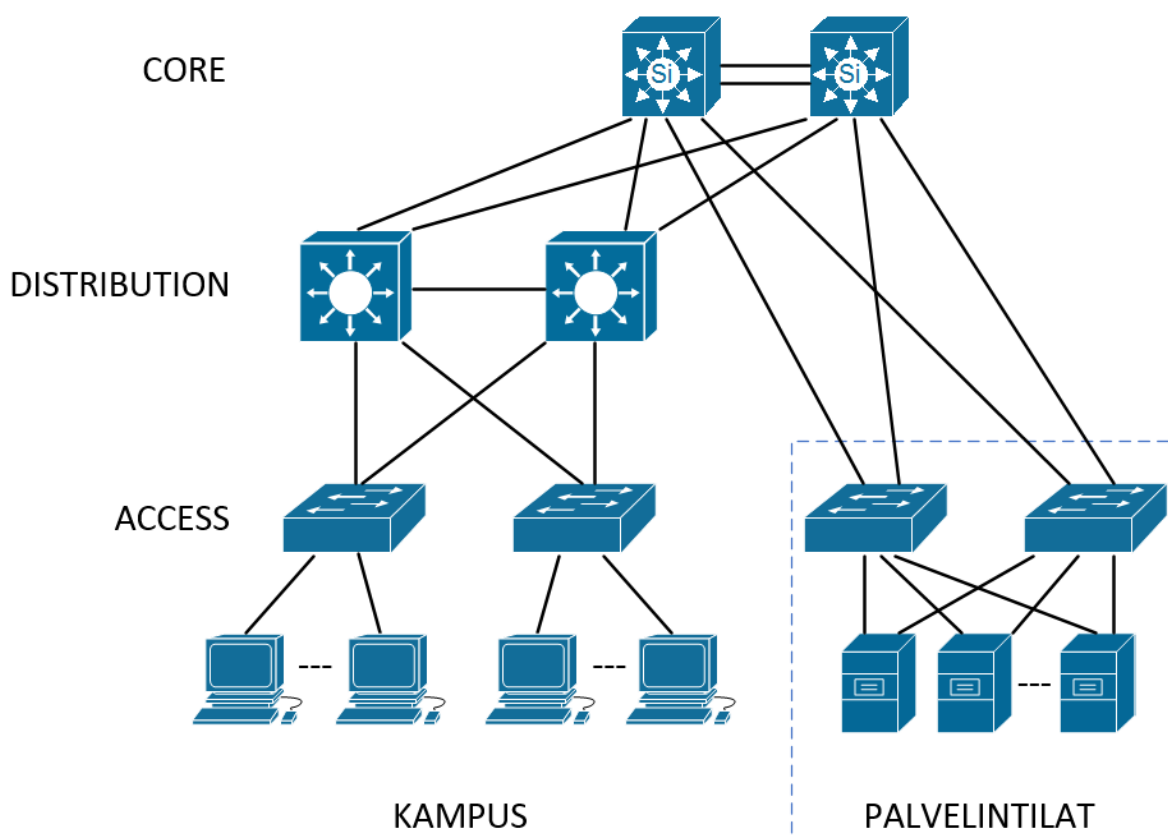
Hierarkkisen mallin takia saatetaan kuitenkin pienissä ja yksinkertaisissa ympäristöissä päätyä yliam-puviin ratkaisuihin eli yritetään väkisin käyttää kerroksellista, redundanttista toteutusta, jolloin kustannukset nousevat tarpeettoman suuriksi.

3 HIERARKKINEN MALLI DATAKESKUKSISSA

3.1 Tietoliikenneverkon toteutus datakeskuksissa

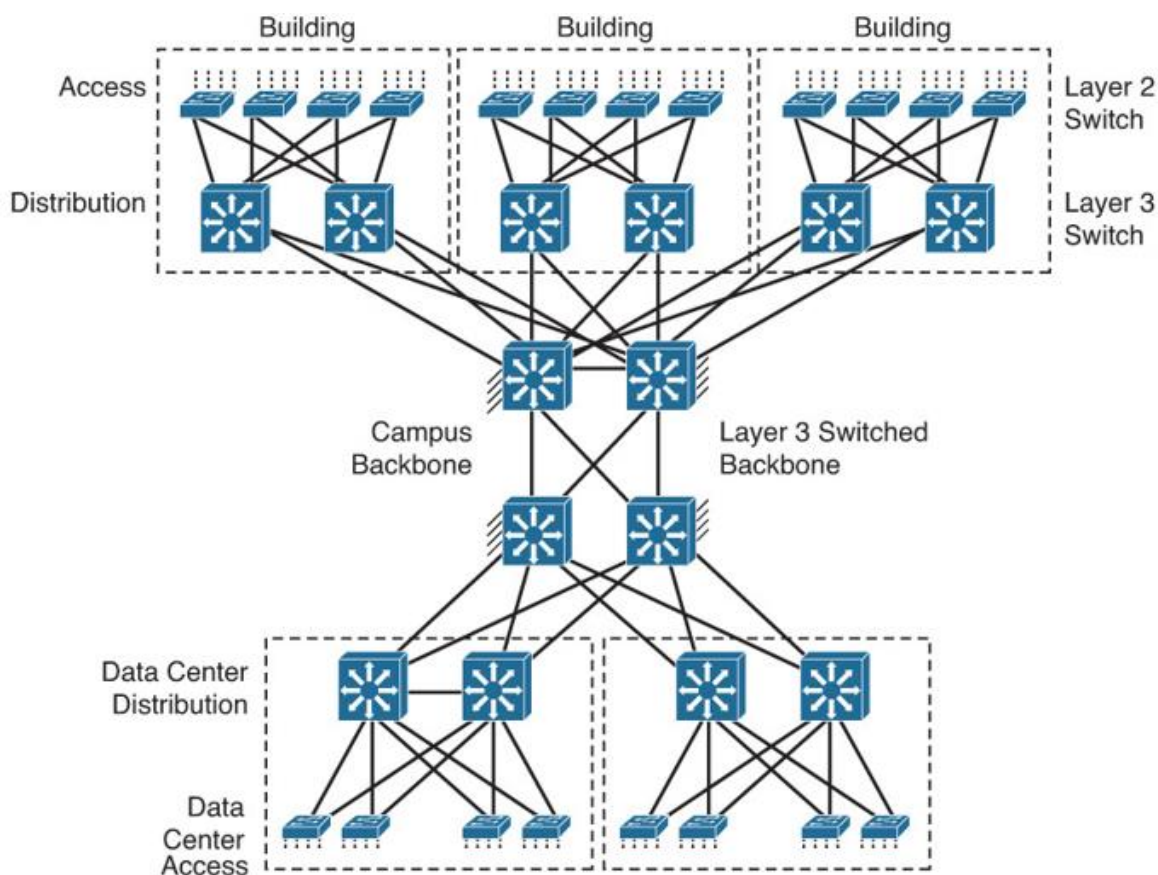
Myös suurissa datakeskuksissa tietoliikenneverkko toteutetaan kolmikerroksisen hierarkkisen mallin mukaan. Kerroksistakin käytetään samoja nimiä: Access -, Distribution/Aggregation - ja Core Layer. Datakeskukset vaativat kuitenkin tarkempaa suunnittelua, sillä vaatimukset ovat tiukempia: kaistanleveyden on oltava suurempi, saatavuuden ja luotettavuuden on oltava mahdollisimman korkeat ja viiveen on oltava mahdollisimman pieni. (Snyder 2013-10-07.)

Savonia-AMK:n Opistotien kampuksen palvelintiloissa tietoliikenneverkko on toteutettu ilman Distribution - ja Core-kerroksia. Palvelimet on kytketty Access Layer -kytkimiin, jotka puolestaan on kytketty kampusverkon Core Layer -kytkimiin (kuva 11). Kuvan 11 palvelintilojen Access Layer -kytkimet eli palvelinkytkimet ovat niitä kytkimiä, joita tässä työssä on tarkoitus vaihtaa uudempiin ja suorituskykyisempiin malleihin. Kuvaan 11 ei ole merkitty reitittimiä, palomureja tai muita aktiivilaitteita, eli se kuvastaa kampuksen kytkinverkon rakennetta.



KUVA 11. Savonia-AMK:n Opistotien kampuksen tietoliikenneverkon rakenne

Monissa datakeskuksissa, myös suurten kampusten palvelintiloissa, tietoliikenneverkko toteutetaan kaksikerroksisella, Collapsed Core -mallilla. Tällöin saavutetaan suurin mahdollinen suorituskyky datakeskuksen kytkinten välisen kommunikoinnin suhteen (Snyder 2013-10-07). Tyypillinen suuren kampuksen tietoliikenneverkon toteutus on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Suuren kampuksen tietoliikenneverkon rakenne (From ym. 2015, 16.)

Datakeskusympäristöihin on kehitetty myös erilaisia ratkaisuja todella korkeiden vaatimusten saavuttamiseksi. Yksi yleisimmistä ratkaisuista kaistanleveyden maksimaaliseen hyödyntämiseen on niin sanottu Leaf-Spine -arkkitehtuuri, jossa datakeskuksen verkko jaetaan kahteen kerrkokeen: Leaf- ja Spine-kerrkokeen. Leaf-kerroksessa sijaitsevat Access-kytkimet, joihin palvelimet, palomuurit ja erilaiset aktiivilaitteet on kytketty. Spine-kerroksessa sijaitsevat reitityksestä vastaavat kytkimet ja se muodostaa verkon selkärangan, aivan kuten Core Layer hierarkkisessa mallissa. Leaf-Spine -mallissa kytkimet muodostavat kennon (fabric), jossa jokainen Leaf-kytkin on kytketty jokaiseen Spine-kytkimeen ja päinvastoin (kuva 13). (Husseman 2015-03-25.)



KUVA 13. Leaf-Spine -verkon rakenne (Husseman 2015-03-25.)

Leaf-Spine -verkossa kaikki kytkinten portit välittävät liikennettä eli STP-protokollasta tuttua tiettyjen porttien sulkemista (blocking) ei ole käytössä. Tämä mahdollistaa kaistanleveyden maksimaalisen hyödyntämisen, pullonkaulojen ehkäisemisen ja viiveen minimoinnin. Mikäli kytkinten välinen liikennöinti halutaan toteuttaa Layer 3 -liikenteenä, käytetään Equal-Cost Multi-Path (ECMP) -reititystä. Tämä mahdollistaa sen, että kaikki yhteydet ovat yhtä aikaa aktiivisia ja verkko toimii vakaasti ilman

silmukoiden muodostumista. Käytettäessä Layer 2 -liikennettä, täytyy STP-protokolla korvata jollain toisella tekniikalla, esimerkiksi Transparent Interconnection of Lots of Linksilla (TRILL) tai Shortest Path Bridgingilla (SPB). Molemmat edellä mainitut tekniikat oppivat kaikkien verkon laitteiden sijainnit ja laskevat optimaalisimmat reitit laitteisiin käyttäen Shortest Path First -algoritmia. Eri laitevalmistajilla on omat sovelluksensa edellä mainituille tekniikoille, esimerkiksi Ciscon FabricPath ja Brocaden VCS fabric perustuvat TRILL-standardiin ja Avayan Virtual Enterprise Network Architecture -tekniikka perustuu SPB-tekniikkaan. STP-protokollasta luopuminen tekee ympäristöstä yleisesti ottaen paljon vakaamman ja tehokkaamman. (Banks 2013-11-04; Husseman 2015-03-25; West 2013-10-01.)

Eri laitevalmistajilla on myös omia virtualisointitekniikoita, joilla päästään esimerkiksi verkon kerroksellisesta rakenteesta eroon muodostamalla datakeskuksen kytkimistä virtuaalisia alueita. Esimerkiksi Juniperin QFabric-tekniikka muodostaa datakeskuksen kaikista tietoliikennelaitteista yhden virtuaalisen kytkimen. Näin ollen verkon suorituskyky kasvaa, viive pienenee ja hallinnointi helpottuu, sillä kaikkea hallinnoidaan yhdestä kytkimestä. Sekä Leaf-Spine - että virtuaalitekniikat ovat vastauksia jatkuvaan tarpeeseen siirtää enemmän ja enemmän dataa mahdollisimman nopeasti ja luotettavasti. (Juniper Networks 2017-02; Froehlich 2015-06-08)

3.2 Datakeskusten kytkimet

Oikean kytkimen valitseminen datakeskukseen voi olla vaikea tehtävä. Ensimmäiseksi pitää määrittää, mitä verkko tarvitsee ja minne. Datakeskusten kytkimet jakautuvat kahteen peruskategoriaan: klassiseen kolmikerroksiseen malliin tarkoitettuihin kytkimiin ja uudemmat, datakeskus-luokan kytkimet, joita käyttävät pääasiassa suuret yritykset ja pilvipalveluiden tuottajat. Nämä uudemmat datakeskus-luokan kytkimet soveltuvat käytettäväksi missä tahansa roolissa ja ne soveltuvat erilaisten arkkitehtuurien käyttämiseen, kuten esimerkiksi kaksikerroksiseen Leaf-Spine -arkkitehtuuriin tai Storage Area Network (SAN)-verkoille tyypilliseen Fibre Channel -tekniikkaan. (Froehlich 2015-06-08.)

Roolien suhteen datakeskusten kolmikerroksiseen malliin tarkoitettuihin kytkimiin eivät eroa yritys- ja kampusverkkojen kytkimistä lainkaan. Eli Core Layer -kytkinten tarkoitus on reitittää ja välittää datapaketteja mahdollisimman nopeasti, Distribution Layer -kytkimet vastaavat dataliikenteen priorisoinnista, filteröinnistä ja ohjaamisesta eli ne vastaavat verkon suurimmasta työkuormasta ja Access Layer -kytkimet liittävät palvelimet ja muut aktiivilaitteet datakeskuksen verkkoon tarjoten tarvittaessa esimerkiksi PoE-ominaisuuksia. Datakeskuskäyttöön tarkoitettuihin kytkimiin eroavat kuitenkin suorituskyvyiltään ja ominaisuuksiltaan huomasti kampus- ja yritysverkkojen kytkimistä. On myös huomioitavaa, että esimerkiksi Ciscon datakeskus-luokan kytkimissä (Nexus-sarja) on eri käyttöjärjestelmä kuin kampus- ja yrityskäyttöön tarkoitetuissa Catalyst-sarjan kytkimissä, joita tässä työssä on aiemmin otettu esille. Nexus-sarjan kytkinten Cisco NX-OS -käyttöjärjestelmä on yhteensopiva Catalyst-sarjan Cisco IOS -käyttöjärjestelmän kanssa, mutta käyttöjärjestelmien komentokielet ovat hieman toisistaan poikkeavia. (Froehlich 2015-06-08; Cisco 2011-03.) Kuvassa 14 on esitetty datakeskusympäristöön tarkoitettuihin Cisco Nexus 7700 -sarjan Distribution- ja Core Layer -kytkimet.



KUVA 14. Cisco Nexus 7700 -sarjan kytkimet (Cisco 2017-05-05.)

Datakeskus-luokan Access Layer -kytkimissä läpisyöttö on yleensä yli 1 Tb/s ja välitysnopeus voi olla yli miljardi datapakettia sekunnissa. Distribution Layer - ja Core Layer -kytkinten suhteen laitevalmistajat tarjoavat eri tekniikoihin soveltuvia modulaarisia kotelopohjaisia kytkimiä, joiden moduulipaikkojen (slot) lukumäärät vaihtelevat suuresti. Kuvan 14 Cisco Nexus 7700-sarjan kytkimiä on saatavilla 2-, 6-, 10- ja 18-moduulipaikkaisina. Kytkimen suorituskyky kasvaa moduulipaikkojen myötä, joten saman sarjan kotelomalleja voi käyttää joko Distribution Layer - tai Core Layer -kytkimenä, suorituskykytarpeesta riippuen. Kuvan 14 kuuden moduulipaikan Cisco Nexus 7706 -kytkimen läpisyöttö on 21 Tb/s ja välitysnopeus 7,2 miljardia pakettia sekunnissa. Saman sarjan 18-paikkaisella kytkimellä (Cisco Nexus 7718) läpisyöttö on 83 Tb/s ja välitysnopeus 28,8 miljardia pakettia sekunnissa. Kotelopohjaisten kytkinten yksittäisten moduulien hinnat voivat nousta lähes 50000 €:n saakka, joten suorituskykyiselle kytkimelle voi kertyä hintaa komponentteineen satoja tuhansia euroja. (Cisco 2017-05-05; Dustin 2017b; Techpillar 2016c.)

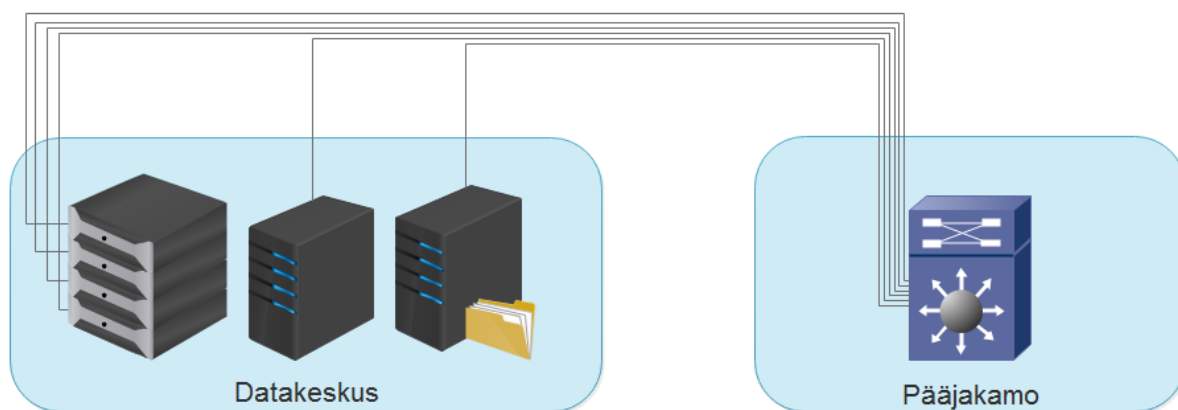
4 DATAKESKUSTEN TOPOLOGIAT

Datakeskuksissa tarvitaan suuri määrä tietoliikenneyhteyksiä palvelinten, kytkinten, tallennuslaitteiden ja erinäisten aktiivilaitteiden välillä. Nämä yhteydet voidaan toteuttaa erilaisia verkkorakenteita eli topologioita käyttäen. Looginen topologia kuvaa datayhteyksien muodostumista ja fyysinen topologia kuvaa kaapelointia ja sen rakennetta. Tärkeimmät fyysiset topologiat ovat keskitetty -, vyöhykkeittäin keskitetty - ja hajautettu topologia. Topologioiden nimet kuvastavat sitä, missä kytkimet sijaitsevat palvelintilaan nähden. (Onninen 2012, 161 - 162.)

Tässä luvussa perehdytään fyysiseen topologiaan ja kytkimiin, sillä nämä asiat liittyvät oleellisesti tähän opinnäytetyöhön. Datakeskuksesta käytetään myös nimiä data center, palvelinkeskus, palvelintila ja konesali.

4.1 Keskitetty topologia

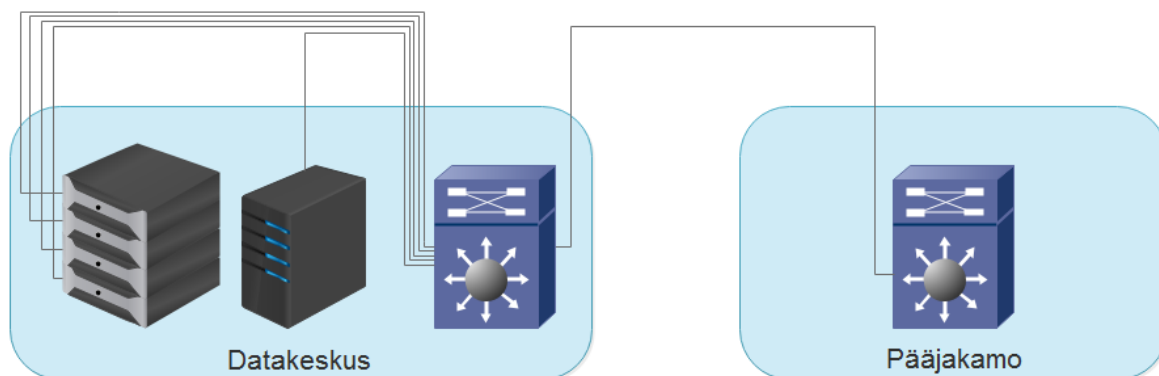
Keskitetyssä topologiassa palvelintilassa ei ole kytkimiä ollenkaan, vaan ne sijaitsevat omissa erillisissä tiloissaan, pääjakamossa (kuva 15). Palvelimet on yhdistetty samassa palvelinkaapissa sijaitseviin valokuitu- tai parikaapelipaneeleihin, joista on yhteys edelleen pääjakamossa sijaitseviin kytkimiin. Pääjakamon ja palvelinkaappien paneelien välillä ei ole yhtään aktiivilaitetta. Pääjakamoon on keskitetty myös ristikytkentä. Keskitetty topologia soveltuu käytettäväksi vain pienissä ympäristöissä. (Onninen 2012, 162.)



KUVA 15. Keskitetty topologia

4.2 Vyöhykkeittäin keskitetty topologia

Vyöhykkeittäin keskitetty topologia jaetaan kahteen eri malliin: End-of-Row (EoR)- ja Middle-of-Row-topologiaan. Molemmassa malleissa kytkimien sijaintia on hajautettu siten, että pääjakamon lisäksi kytkimiä on sijoitettu myös omaan palvelinkaappiin, joko palvelinkaappirivin päähän (End-of-Row) tai keskelle (Middle-of-Row). Kytkinten lisäksi näissä kaapeissa on myös ristikytkennät. (Onninen 2012, 163.) Kuvassa 16 on esitetty EoR-topologia.

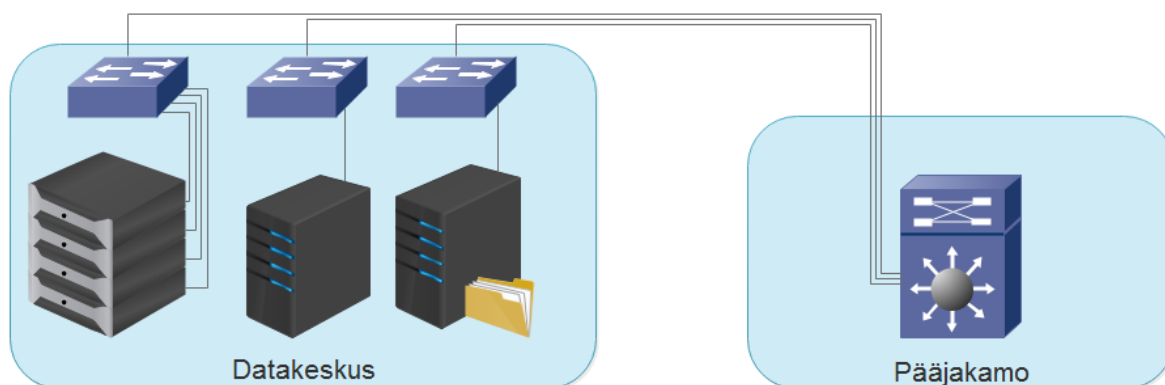


KUVA 16. End-of-Row-topologia

4.3 Hajautettu topologia

Hajautetussa eli niin sanotussa Top-of-Rack (ToR)-topologiassa kytkimiä on sijoitettu pääjakamon lisäksi jokaiseen palvelinkaappiin, yleensä kaapin yläosaan (Top-of-Rack). Näin ollen palvelimet ja aktiivilaitteet saadaan kytkettyä samassa palvelinkaapissa sijaitseviin kytkimiin. Kytkinten kohdalla tulee huolehtia siitä, että porttimäärä riittää kaikille palvelinkaapissa oleville laitteille. (Onninen 2012, 164.)

Christian Wickhamin (Wickham 2015-01-17) mukaan paras paikka kytkimille ei kuitenkaan ole palvelinkaapin yläosassa vaan palvelinkaapin keskellä. Näin toteutettuna kaapeloinnista saadaan yhdenmukaista, eli palvelinkaapin sisäinen kaapelointi voidaan toteuttaa 2 m:n mittaisilla kaapeleilla. Ei tarvitse siis ostaa erimittaisia kaapeleita kaapin ylä- ja alaosissa sijaitsevia palvelimia varten. Myös kytkinten tai niiden komponenttien vaihtaminen on helpompaa, kun ei tarvitse käyttää tikapuita tai vastaavia telineitä. ToR-topologia on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Top-of-Rack-topologia

4.4 Top-of-Rack- ja End-of-Row-topologioiden hyvät ja huonot puolet

4.4.1 Top-of-Rack-topologia

Kaapelointiin liittyvät ongelmat ja kustannukset on minimoitu, sillä palvelimet on kytketty samassa palvelinkaapissa sijaitseviin kytkimiin. Kukaan palvelinkaappi toimii kuin erillinen yksikkö, joten niiden käsittely on joustavaa. Kaappikohtaiset kytkimet mahdollistavat sen, että samassa VLAN:ssa olevat

palvelimet pystyvät kommunikoimaan keskenään mahdollisimman nopeasti. Koska kytkimien ja palvelimien väliset etäisyydet ovat lyhyet, voidaan halutessa käyttää erilaisia kaapelointiratkaisuja, kuten esimerkiksi 10GBASE-CX1 kuparikaapelia, joka vaatii normaalia vähemmän virtaa, mutta toimii silti 10 Gb/s:n nopeudella. Edellä mainitun kaapelin suurin toimintaetäisyys on 7 m, mikä ei ole ToR-topologiassa mikään ongelma. ToR-arkkitehtuuria on saatavana myös modulaarisina ratkaisuna eli voidaan ostaa sellaisia palvelinkaappeja, joihin on jo valmiiksi asennettu tarvittavat kytkimet ja kaapeloinnit. Tämä nopeuttaa huomattavasti laitteiston käyttöönottoa. (Cisco 2014-01-08; Hedlund 2009-04-05.)

Mikäli palvelinkaapin sisäinen kaapelointi (palvelin - kytkin) on toteutettu kuparikaapelilla ja kytkinten väliset uplink-yhteydet valokuidulla, on toteutus joustava tulevaisuutta ajatellen. Kytkinten välisiä uplink-yhteyksien nopeuksia kasvatettaessa, tarvittavat muutokset voidaan tehdä minimaalisin kustannuksin eli uusimalla vain kytkinten valokuitumoduulit. Suuremmissa päivitystarpeissa voi käydä kuitenkin päinvastoin eli joudutaan vaihtamaan kaikki palvelinkaapissa olevat laitteet (Jain 2013). ToR-topologia on muutenkin toteutukseltaan kallis, sillä jokaiseen palvelinkaappiin joudutaan ostamaan erikseen kytkimiä. Mikäli palvelinkaappi ei ole läheskään täynnä, jää suuri osa kytkinten portteista käyttämättä. Vastaavasti, palvelinkaapin täytyessä on hankala saada lisää portteja tietoliikenneyhteyksiä varten. Redundanttisuutta ajatellen, kukin palvelin olisi kytkettävä kahteen eri kytkimeen. Jos palvelinkaapissa on jo kaksi kytkintä, ei siihen kannata ostaa kahta kytkintä lisää esimerkiksi muutamia tietoliikenneyhteyksiä varten. ToR-topologian käyttö täytyy siis suunnitella huolellisesti etukäteen. (Hedlund 2009-04-05; Rajesh 2012-02-09.)

4.4.2 End-of-Row-topologia

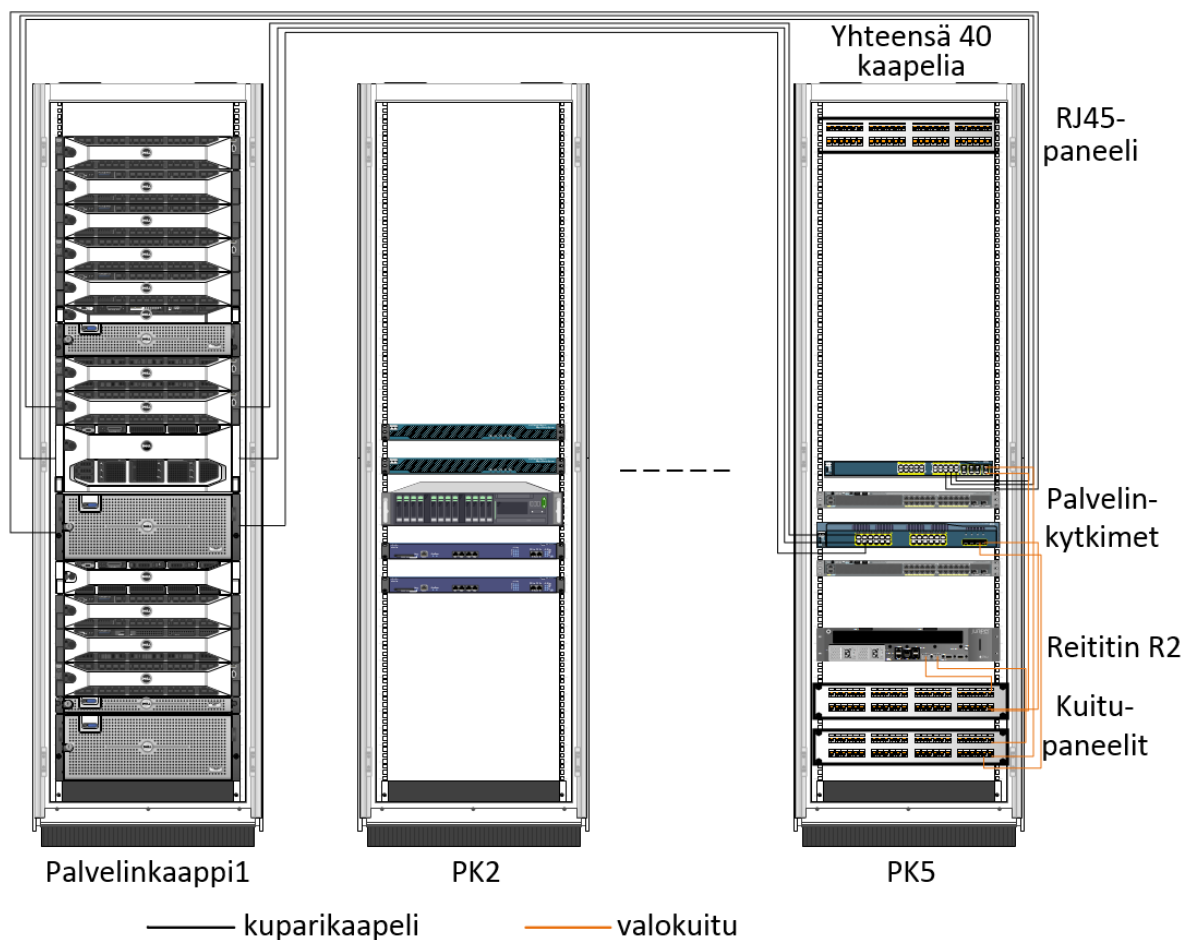
EoR-topologia on erittäin skaalautuva ja joustava toteutustapa. Yksittäisten palvelinten sijainnilla ei ole väliä ja niitä voidaan tarvittaessa vaikka siirtää toiseen palvelinkaappiin käytön aikana. Laajennukset eli uusien palvelinten käyttöönotto onnistuu myös joustavasti. EoR-topologian kanssa käytetään yleensä kytkinpinoja tai kotelopohjaisia kytkimiä, joten käytettäviä portteja on paljon. Mikäli portteja tarvitaan lisää, kotelopohjaiseen kytkimeen voidaan lisätä uusi portteja sisältävä moduuli tai kytkinpinoon voidaan lisätä uusi kytkin. Porttimääriin liittyvät ongelmat ovat siis helposti ratkaistavissa. EoR-topologia on toteutukseltaan ToR-topologiaa halvempi, sillä jokaiseen palvelinkaappiin ei tarvitse erikseen ostaa kytkimiä. Koska kytkimiä on vähemmän, myös viive pienenee, sillä datapaketit eivät kulje usean kytkimen läpi. (Hedlund 2009-04-05; Rajesh 2012-02-09.)

EoR-topologian suurin rasite on kaapelointiin liittyvät ongelmat. Mitä enemmän palvelimia yhdessä palvelinkaappirivissä on, sitä suurempi määrä kaapeleita on johdettava kytkimiä sisältävään palvelinkaappiin. Varsinkin kuparikaapeleita käytettäessä tästä voi tulla todellinen riesa, sillä palvelintiloissa pyritään käyttämään korkeatasoisia kaapeleita, jotka ovat paksuja ja jäykkiä ja siten hankalia käyttää. Suuremman tilantarpeen lisäksi suuri määrä kuparikaapeleita saattaa jopa haitata laitteiden ilmanvaihtoa. Teknologian päivittäminen, esimerkiksi siirryttäessä 1 Gb/s nopeuksista 10 Gb/s nopeuteen, on vaikeampaa ja kalliimpaa, sillä jokainen kaapeli joudutaan vaihtamaan erikseen. (Hedlund 2009-04-05; Rajesh 2012-02-09.)

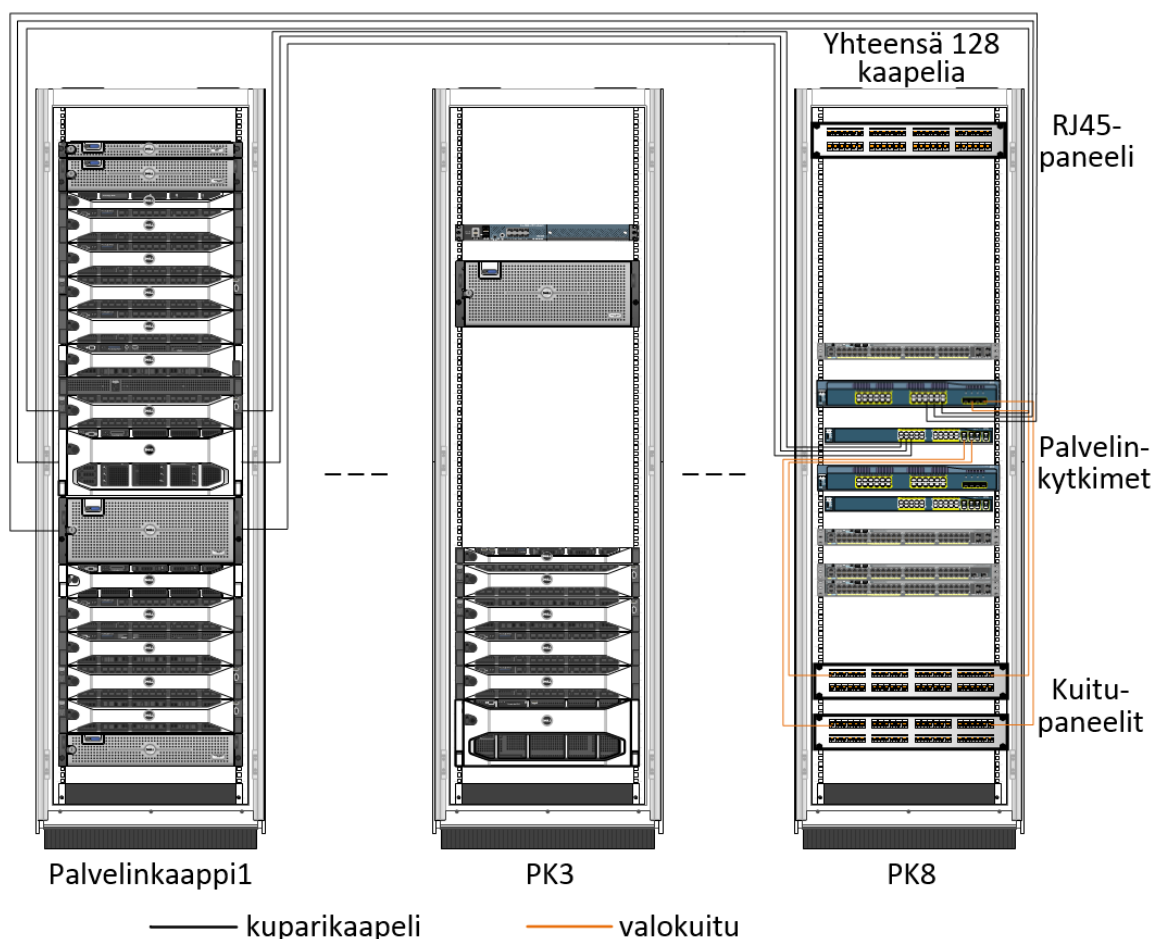
5 SAVONIA-AMK:N OPISTOTIEN KAMPUKSEN PALVELINTILOJEN KARTOITUS

Työvaihe alkaa palvelintiloihin tutustumalla. Ensin pitää laskea, kuinka monta porttia palvelimet ja muut palvelintilojen laitteet tarvitsevat tietoliikenneyhteyksiä varten. Saadut tiedot vaikuttavat uusin kytkinten ostopäätökseen; kuinka monta kytkintä tarvitaan ja kuinka monta porttia niissä pitää olla. Tarvittavan porttimäärän lisäksi palvelintiloissa tarkastellaan myös kaapeloinnin toteutusta ja päätetään, mihin uudet kytkimet aiotaan sijoittaa.

Savonia-AMK:n Opistotien kampuksella on kaksi erillistä palvelintilaa. Molemmissa tiloissa kaapelointi on toteutettu EoR-topologian mukaisesti eli kaikki kytkimet on sijoitettu samaan palvelinkaappiin palvelinrivin päähän. Suuntaa antavat piirroset palvelintiloista on esitetty kuvissa 18 ja 19. Kuvissa näkyvät palvelinten ja aktiivilaitteiden mallit ja lukumäärät ovat itse keksittyjä, eivätkä siten vastaa todellisuutta. Kaikki kuvien palvelimet ja aktiivilaitteet on kytketty joko kytkimiin tai paneeleihin, mutta selkeyden vuoksi kuviin ei ole piirretty kaikkia kaapeleita. Kuvien tärkein anti on näyttää kytkinten sijainti palvelinten suhteen. Kuvissa on myös pyritty tuomaan esille kytkentöjen redundanttisuus, eli palvelimet on kytketty useampaan kuin yhteen kytkimeen.



KUVA 18. Suuntaa antava kuva palvelintilan 1 topologiasta



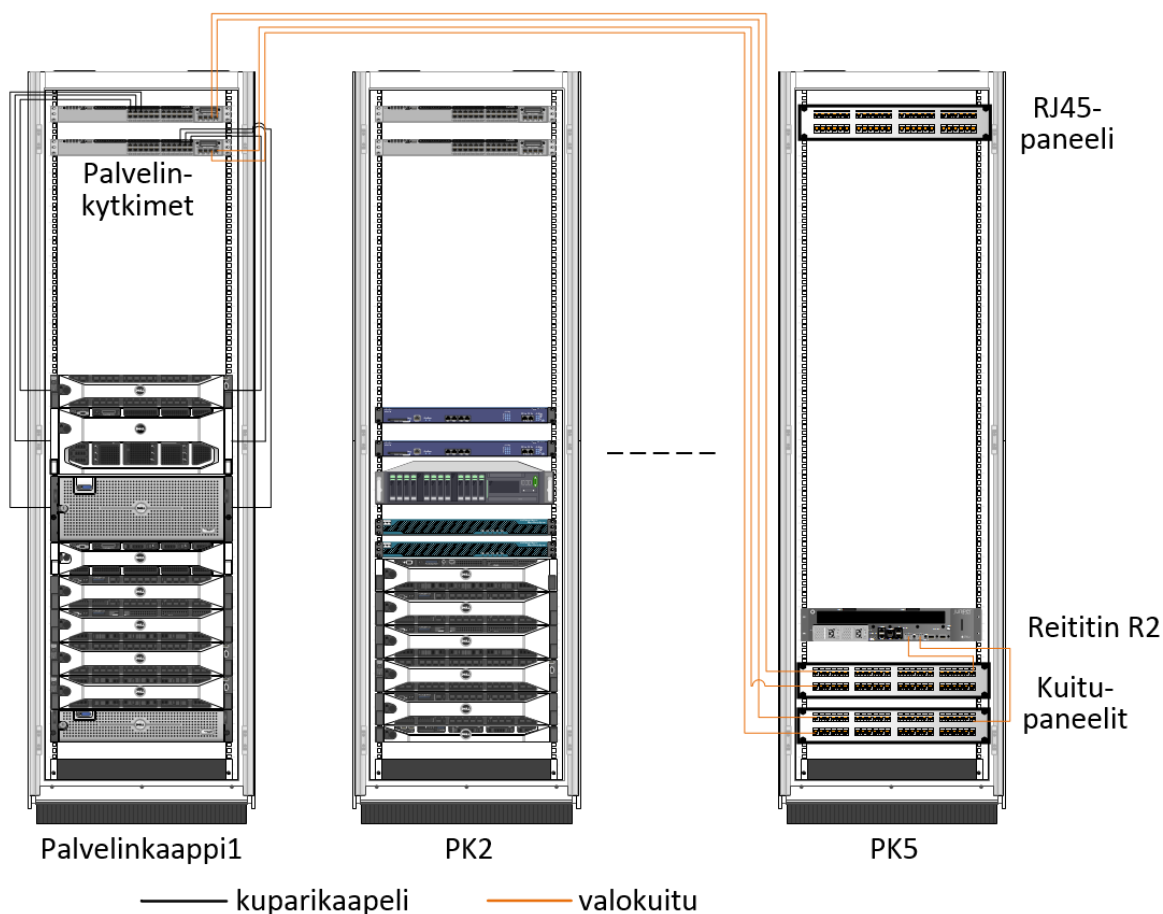
KUVA 19. Suuntaa antava kuva palvelintilan 2 topologiasta

5.1 Palvelintila 1

Palvelintilan 1 laitteet tarvitsevat tietoliikenneyhteyksiä varten yhteensä 40 porttia. Yhteydet ovat 1 Gb/s Ethernet-yhteyksiä, kaapeleina Cat5e- ja Cat6-luokan kuparikaapeleita. Palvelinkytkiminä oli 2 kpl vanhoja 24-porttisia Ciscon kytkimiä (2960G-24TC-L ja 2970G-24TS-E). Kytkimet ovat niin vanhoja, ettei niitä enää tueta valmistajan toimesta. Tämän takia palvelinkaappiin oli asennettu molemmille kytkimille varakytkimet. Mahdollisissa ongelmatilanteissa kaapelit voitaisiin näin ollen siirtää vanhoista kytkimistä varakytkimiin, ilman kohtuuttoman pitkää palvelukatkoa.

Vapaita portteja palvelintilassa 1 oli siis vain 8 kpl, mutta tässä tapauksessa se on riittävä määrä. Tiedossa oli, että tähän palvelintilaan aiotaan lisätä lähitulevaisuudessa vain kaksi palvelinta. Lisäksi, Savonia-AMK muuttaa toiseen kiinteistöön vuonna 2020, joten pidemmälle vieviä suunnitelmia ei ollut tarvetta tehdä.

Kartoituksen perusteella päätettiin, että palvelinkytkimet tulitisiin korvaamaan kahdella 24-porttisella kytkimellä. Palvelintilan 1 topologia päätettiin muuttaa ToR-topologian mukaiseksi. Kytkimet sijoitettaisiin ensimmäiseen palvelinkaappiin, palvelinten yläpuolelle. Kytkinten uplink-yhteydet kauimmaisen palvelinkaapin valokuitupaneeliin toteutettaisiin monimuotokuidulla. Paneelista on kuituyhteys mm. Core Layer -kytkimiin ja R1-reitittimeen. Kuvassa 20 on esitetty suunnitelma palvelintilan 1 uudeksi topologiaksi.

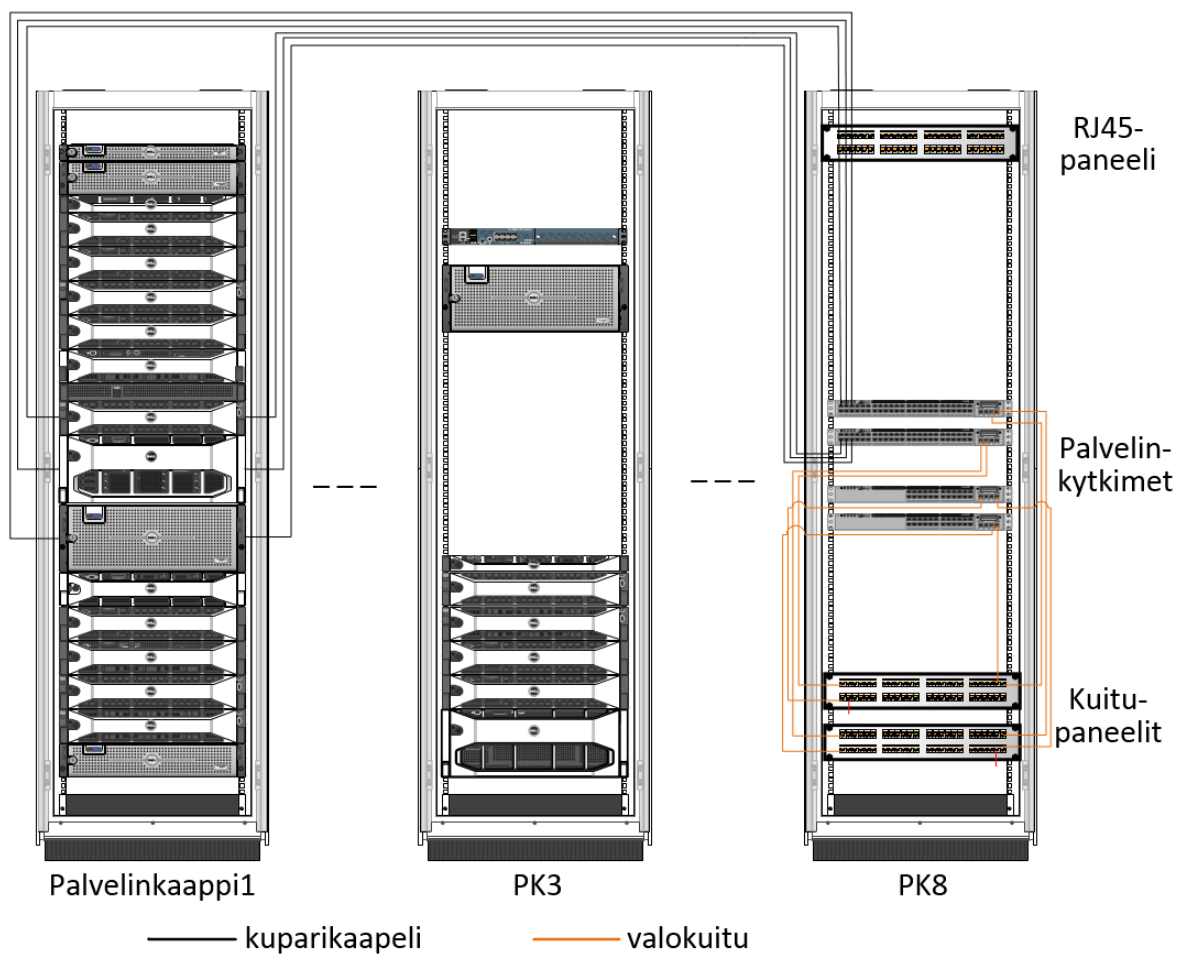


KUVA 20. Suunnitelma palvelintilan 1 uudeksi topologiaksi

5.2 Palvelintila 2

Palvelintilan 2 laitteet tarvitsevat tietoliikenneyhteyksiä varten 128 porttia. Kyseessä on 1 Gb/s Ethernet-yhteyksiä ja kaapeloinneissa on käytetty enimmäkseen Cat6-luokan kuparikaapeleita. Palvelinkytkiminä oli sekalainen joukko Ciscon kytkimiä: 4 kpl vanhoja 24-porttisia kytkimiä (2 kpl 2970G-24TS-E ja 2 kpl 2960G-24TC-L), yksi 48-porttinen varakytin (2960X-48TS-L) ja yksi kahdesta 48-porttisesta kytkimestä muodostettu kytkinpino (2960X-48TD-L ja 2960X-48TS-L). Portteja oli yhteensä 192 kpl eli reilusti yli tarvittavan määrän.

Palvelinkytkimet päätettiin korvata neljällä kytkimellä siten, että ostettaisiin 2 kpl 48-porttisia kytkimiä ja 2 kpl 24-porttisia kytkimiä. Portteja olisi siis käytössä yhteensä 144 kpl. Muutosten myötä kytkinten lukumäärää saataisiin näin vähennettyä neljällä ja porttien lukumäärää 48 kappaleella. Uudet kytkimet sijoitettaisiin entisten kytkinten paikoille eli EoR-topologia säilyisi tässä palvelintilassa. Neljällä kytkimellä ei pystyisi mitenkään toteuttamaan ToR-topologiaa järjevästi usean palvelinkaapin tilassa. Lisäksi, olisi ollut yksinkertaisesti liian työlästä siirtää palvelimia paikasta toiseen, jotta kytkimille olisi saatu kaappeihin tilaa. Suunnitelma palvelintilan 2 uudeksi topologiaksi on esitetty kuvassa 21.



KUVA 21. Suunnitelma palvelintilan 2 uudeksi topologiaksi

6 UUSIEN PALVELINKYTKINTEN VALINTA

Palvelintilojen kartoituksen yhteydessä selvitettiin, että 24-porttisia kytkimiä tarvittaisiin 4 kpl ja 48-porttisia kytkimiä 2 kpl. Alustavien suunnitelmien mukaan käytössä olevat palvelinkytkimet oli tarkoitus korvata Juniperin kytkimillä, mutta ennen ostopäätöksen tekoa oli eri laitevalmistajien kytkimiä verrattava keskenään tiettyjen ominaisuuksien ja suorituskyvyn osalta. Ostopäätökseen vaikuttavat budjetin lisäksi mm. kytkinten käytettävyys, kytkentäkapasiteetti, välitysnopeus sekä Ethernet - ja uplink-porttien nopeudet.

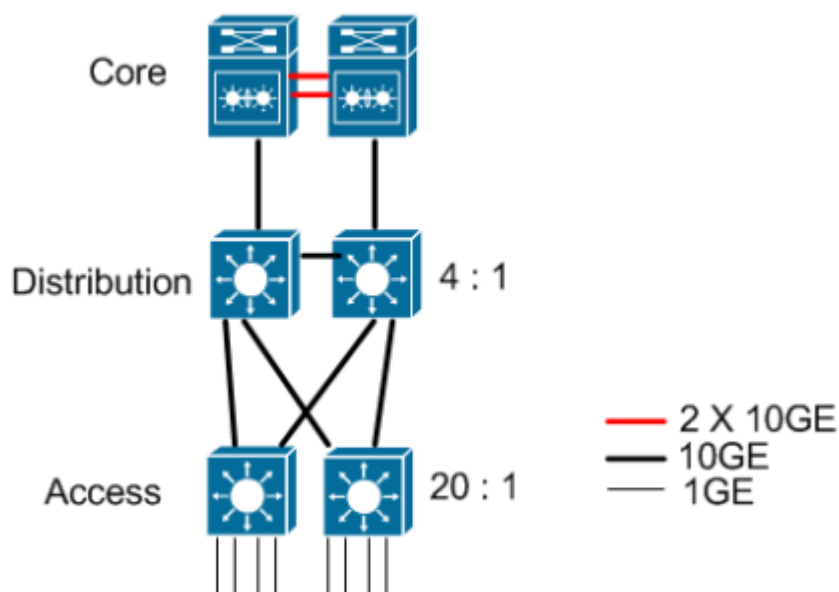
Ciscolla oli 1980-luvun puolivälistä aina 2000-luvulle saakka lähes monopoliasema tietoliikennelaitteiden saralla, mutta nykyään Juniperin osuus pienten ja keskiuurten yritysten tietoliikennelaitteista on jo lähes 30 % (Ciarlone 2013-05-19). Lisäksi monet alan työntekijät ovat antaneet positiivista palautetta Juniperin kytkimistä. Tämän takia Savonia-AMK on kiinnostunut Juniperin kytkimistä. Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa on lähes yksinomaan Ciscon kytkimiä, mutta esimerkiksi Dellin ja Huaweiin kytkimistä on myös kokemusta. Korkean hinnan tai konfiguroinnin vaikeuden vuoksi edellä mainittujen laitevalmistajien kytkimiä ei ole kuitenkaan otettu käyttöön Savonia-AMK:ssa.

6.1 Uplink-yhteyksien nopeudet ja oversubscription-suhde

Ennen kytkinten hankintaa täytyy tutustua verkon rakenteeseen ja nimenomaan kytkinten välisten uplink-yhteyksien nopeuksiin. Yleinen käytäntö on, että linkkien nopeudet kasvavat Core Layer -kytkimiin päin (kuva 22) ja nopeuden lisäksi pitää huomioida uplink-yhteyksien tekniikka ja toteutus, eli millaista kaapelia käytetään ja käytetäänkö linkkien yhdistämistä (LACP) vai ei. (Hogg 2009-12-11.)

Termi oversubscription tarkoittaa tietoverkkojen kohdalla sitä, että kytkimeen tulee enemmän dataa kuin sitä pystytään välittämään eteenpäin. Tällaisessa tilanteessa kytkimen porttien nopeudet laskevat ja verkon toiminta ei ole enää sujuvaa. Pahimmassa tapauksessa kytkin joutuu pudottamaan datapaketteja, jolloin lähettävät laitteet joutuvat lähettämään samat datapaketit uudestaan. (Cisco 2015-03-12.)

Oversubscription-suhde ilmoittaa kytkimen porttien (downlink) yhteenlasketun kaistanleveyden suhteen uplink-yhteyden kaistanleveyteen. Oversubscription-laskujen avulla pyritään selvittämään kytkinten välisille uplink-yhteyksille riittävä nopeus, jotta välttyttäisiin pullonkaulojen muodostumiselta. Laitevalmistaja Ciscon (2014-12-18) suosittelemat oversubscription-suhdeluvut kampus- ja yritysympäristöihin on nähtävissä kuvassa 22. (Hogg 2009-12-11.)



KUVA 22. Ciscon suosittelemat oversubscription-suhdeluvut (Hogg 2009-12-11.)

Oletetaan, että käytössä on Access Layer -kytkimenä 24-porttinen kytkin, jossa portit ovat nopeudeltaan 1 Gb/s. Tällöin kytkimen porttien yhteenlaskettu kaistanleveys on 24 Gb/s. Jotta päästäisiin Ciscon suosittelemaan 20:1 -suhdelukuun, on 24 Gb/s jaettava 20:llä, jolloin kytkimen uplink-yhteyden nopeudeksi saadaan 1,2 Gb/s. Käytännössä tämä tarkoittaisi nopeuden pyöristämistä ylöspäin esimerkiksi niin, että kahdesta 1 Gb/s:n linkistä muodostettaisiin LACP-tekniikalla yksi 2 Gb/s:n linkki.

Oversubscription-suosituksissa otetaan huomioon, että asiakasverkoissa ollaan tuskin koskaan tilanteessa, jossa kaikki kytkimen portit olisivat yhtä aikaa maksimaalisessa käytössä. Esimerkiksi suhdeluku 20:1 kertoo olettamuksesta, että normaalikäytössä joudutaan harvoin tilanteeseen, jossa käytettäisiin yli 20 % kytkimen maksimaalisesta tiedonsiirtokapasiteetista. Datakeskusympäristöissä pyritään sen sijaan tilanteeseen, jossa verkon suorituskyky ei heikkenisi maksimaalisessa kuormituksessaan. Näin ollen vaativissa datakeskusympäristöissä pyritään oversubscription-suhdelukuun 1:1 tai mahdollisimman lähelle sitä. Tämän takia datakeskus-luokan kytkimissä uplink-yhteyksien nopeudet ovat usein 40 Gb/s tai jopa 100 Gb/s. Kampus- ja yritys ympäristöissä suurin käytetty uplink-yhteyksien nopeus on yleensä 10 Gb/s. (Cisco 2015-03-02; Loveless 2014-06-05; Morris 2014-06-05.)

6.2 Kytkinten vertailu

Koska Savonia-AMK:n Opistotien kampuksen palvelimien tietoliikenneyhteydet on toteutettu kuparikaapeleilla, on tässä laitevertailussa keskitytty vain sellaisiin kytkimiin, joissa on kuparikaapeleille tarkoitetut RJ-45 -portit, nopeudeltaan 1 Gb/s. Toinen vaatimus oli se, että kytkinten uplink-porttien oli oltava valokuituportteja ja nopeudeltaan 10 Gb/s. 10 Gb/s:n portit ovat alaspäin skaalautuvia eli niitä voi käyttää myös esimerkiksi 1 Gb/s:n nopeuksilla. Monipuolisuutensa vuoksi ne soveltuvat täydellisesti tämän työn tarkoituksiin.

Taulukossa 1 on vertailtu tähän projektiin sopivia eri laitevalmistajien kytkimiä. Vertailussa olevat kytkimet ovat Ciscon laitevertailuissa mainittu saman käyttötarkoituksen kytkimiksi. Oranssilla värillä on korostettu tietoja, jotka liittyvät kytkinten suorituskykyyn ja uplink-yhteyksissä käytettäviin valokuituportteihin. Kysymysmerkki kuvastaa sitä, ettei haluttua tietoa löytynyt. Valokuituporttien kohdalla olevat miinusmerkit tarkoittavat sitä, ettei laitteessa ole kyseisiä portteja.

TAULUKKO 1. Eri laitevalmistajien 48- ja 24-porttisten kytkinmallien vertailua (Cisco 2017-04-20; Techpillar 2016d; Techpillar 2016e; Techpillar 2016f; Techpillar 2016g.)

48-porttiset kytkimet						
	Cisco 3850-48T-L	Juniper EX4300-48T	HP 3800-48G-4SFP+	Dell N3048	Brocade ICX 6610-48	Extreme X480-48T
Kytkentäkapasiteetti (Gb/s)	176	496	176	260	576	176
Välitysnopeus (Mpps)*	130,95	369	130,9	193	432	71,4
Pinon kaistanleveys (Gb/s)	480	320	42	84	320	40 - 128
Viive (µs)	3	3,8	< 1,7	3,7	?	< 3,3
Puskurimuisti (MB)	12	8	36	4	8	4
Sisäinen muisti (GB)	4	2	2	1	0,512	1
Flash-muisti (GB)	2	2	4	0,256	?	0,256
MAC-tilan koko	32000	64000	65500	16384	32000	32000
VLAN-lukumäärä	255	4093	2048	4094	4096	512
GE Base-X	4	-	-	2	-	4
10G Base-x	4	4	2	2	-	4
40GE QSFP+	-	4	-	-	4	4
24-porttiset kytkimet						
	Cisco 3850-24T-L	Juniper EX4300-24T	HP 3800-24G-2SFP+	Dell N3024	Brocade ICX 6610-24	Ei ole 24-porttista mallia
Kytkentäkapasiteetti (Gb/s)	92	448	88	212	528	
Välitysnopeus (Mpps)*	68,4	333	65,4	158	396	
Pinon kaistanleveys (Gb/s)	480	320	42	84	40	
Viive (µs)	5	0,45	< 5	?	?	
Puskurimuisti (MB)	6	4	18	4	8	
Sisäinen muisti (GB)	4	2	2	1	0,512	
Flash-muisti (GB)	2	2	4	0,256	?	
MAC-tilan koko	32000	64000	65500	16384	32000	
VLAN-lukumäärä	255	4093	2048	4094	4096	
GE Base-X	4	-	-	2	-	
10G Base-x	2	4	2	2	-	
40GE QSFP+	-	4	-	-	4	

* = 64 bitin datapaketteja

Datakeskus-luokan Access Layer -kytkimiä ei ole otettu vertailuun mukaan, koska ne ovat niin kalliita, että käytössä olleella budjetilla niitä olisi saatu vain yksi tai korkeintaan kaksi kappaletta. Kaikkein halvimmat mallit puolestaan eivät ole suorituskyvyltään yhtään sen parempia kuin esimerkiksi taulukossa 1 esitetyt kytkimet. Halvimpien mallien korkea hinta selittyy sillä, että ne tukevat esimer-

kiksi Leaf-Spine - tai FCoE-tekniikoita, jotka ovat datakeskusympäristöissä nykyään varsin yleisiä. Näitä tekniikoita ei ole Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa käytössä, joten datakeskus-luokan kytkimille ei ole tarvetta. (Cisco 2016-06-13; Hintaopas 2017.)

6.3 Ostopäätös

Laitehankinnoissa päädyttiin Cisco Catalyst 3850 -sarjan kytkimiin. Korkean suorituskyvyn lisäksi valintaan vaikutti oleellisesti mittava kokemus ja tietämys Ciscon kytkimistä. Savonia-AMK:n tietoliikenneverkon kytkimet koostuvat lähes yksinomaan Ciscon Catalyst-sarjan kytkimistä ja henkilökunnalla on usean vuosikymmenen kokemus Ciscon laitteista. Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa on käytössä muutamia Ciscon Catalyst 3850 -sarjan kytkimiä, joten niistä on jo aiempaa kokemusta. Edellä mainitut seikat huomioiden, päätös ostaa Ciscon kytkimiä oli luonnollisin vaihtoehto.

Projektin alkaessa pohdittiin vaihtoehtoa, jossa käytössä olevat palvelinkytkimet korvattaisiin Juniperin kytkimillä. Kuten taulukosta 1 nähdään, vertailussa olleet Ciscon ja Juniperin kytkimet ovat suorituskyvyltään samaa luokkaa ja joissain ominaisuuksissa Juniperin kytkimet ovat jopa parempia kuin Ciscon kytkimet. Tämän lisäksi Juniperin kytkimet olisivat olleet keskimäärin yli 1000 € halvempia kuin Ciscon kytkimet. Ongelmaksi muodostui kuitenkin Juniperin käyttöjärjestelmä ja komentokieli. Savonia-AMK:n henkilökunnassa ei ole kellään aiempaa kokemusta Juniperin käyttämästä Junos OS-käyttöjärjestelmästä. Vaikka kytkinten konfigurointi ja monitorointi onnistuu myös verkkoselaimen kautta varsin helposti, komentojen kirjoittaminen komentokehoteen kautta osoittautui yllättävän hankalaksi. Komentokieli ja komentojen rakenne poikkeaa Ciscon Catalyst-sarjan kytkimissä käytetystä Cisco IOS -komentokielestä varsin merkittävästi. Lopulta tultiin siihen tulokseen, että palvelinympäristö ei ole välttämättä paras paikka ottaa käyttöön uusia laitteita, joista ei ole aiempaa kokemusta. Jos tulevaisuudessa aiotaan hankkia Juniperin kytkimiä, luonnollisinta olisi ottaa niitä käyttöön ensin kampusverkon Access Layer -kytkiminä ja sitä kautta perehtyä niiden konfigurointiin ja toimintaan huolella.

Juuri ennen uusien kytkinten tilaamista Savonia-AMK:n tietohallinto ilmoitti, että palvelintilaan 2 aiotaan asentaa uusi palvelin virtuaalipalveluja varten ja tätä palvelinta varten täytyi tilata 2 kpl sellaisia kytkimiä, joissa on 10 Gb/s:n valokuituportit. Palvelimen kytkentöjen redundanttisuuden takia kytkimiä oli tilattava 2 kpl. Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa on käytössä tähän tarkoitukseen sopivia Cisco Catalyst 3850-12XS -kytkimiä, joten näitä tilattiin 2 kpl lisää. Näiden kahden kytkimen tilaaminen vei kuitenkin niin suuren osan tämän projektin budjetista, ettei alkuperäistä suunnitelmaa kaikkien vanhojen palvelinkytkinten korvaamisesta voinut enää toteuttaa. Jäljelle jääneellä budjetilla pystyttiin hankkimaan vain kolme kytkintä: 48-porttisia Cisco Catalyst 3850-48T-L kytkimiä 2 kpl ja yksi 24-porttinen Cisco Catalyst 3850-24T-L kytkin. Nämä kolme kytkintä sijoitettaisiin palvelintilaan 2, joka on tärkeimpien palvelujensa takia tähtärjärjestyksessä ensimmäisenä. Näin ollen palvelintilaan 1 ei siis sijoitettaisi uusia kytkimiä. Palvelintilan 1 vanhat kytkimet on tarkoitus korvata uudemmilla kytkimillä myöhempänä ajankohtana. Kuvassa 23 on esitetty tähän projektiin hankitut Cisco Catalyst 3850 -sarjan kytkinmallit.



3850-24T-L



3850-48T-L



3850-12XS-S

KUVA 23. Cisco Catalyst 3850 -sarjan kytkimiä (Cisco 2012a; Cisco 2012b; Cisco 2015.)

7 UUSIEN PALVELINKYTKINTEN KONFIGUROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Dokumentointi on oleellinen osa tietoliikenneverkon ylläpitoa. Savonia-AMK:lla jokaisen kytkimen kytkennät ja kytkentöihin liittyvät tiedot on kirjattu ylös Excel-taulukoihin. Lisäksi käytössä on eräänlaisia kytkinkarttoja, joihin on merkitty kaikki tietoliikenneverkon kytkimet ja kytkinten väliset liitännät. Ongelmatilanteiden ratkaisemisessa tällainen dokumentointi on merkittävässä roolissa. Lisäksi, kytkentöjen kirjaamisella voidaan kätevästi seurata laitteiden käyttöastetta ja ennakoida laitehankintojen tarvetta. Tässä työssä kytkentöjen kirjaamista käytettiin hyväksi uusien palvelinkytkinten konfiguroinnissa. Kytkinten tarkkoja konfiguraatioita ei ole tietoturvasyistä esitetty.

7.1 Konfigurointi

Koska tässä työssä korvattiin vanhoja kytkimiä uusilla, voitiin uusiin kytkimiin kopioida kätevästi tarvittavat laitetiedot kytkentöjen kirjaamiseen käytetyistä Excel-taulukoista. Taulukossa 2 on esitetty kytkentöjen kirjaamiseen käytettyjen Excel-taulukoiden malli. Jokaiselle kytkimelle tehdään oma taulukko, johon kirjataan kytkimen nimen ja IP-osoitteen lisäksi portteihin liittyvää informaatiota, kuten esimerkiksi VLAN-tiedot ja tieto siitä, mihin laitteeseen portti on kytketty. Taulukon 2 tiedot ovat itse keksittyjä eivätkä ne vastaa todellisia, käytössä olevia arvoja.

TAULUKKO 2. Kytkentöjen kirjaaminen Excel-taulukoihin

Opi-D120_01				IP: 10.0.100.64			15.5.2017 9:59	
Opistotie							Index	
Portti	V_ID	V_N	Rasia	Huone	K.portti	Lisätietoja		Rakki
1	15	AD_palvelut	01-1	D-120		vapaa		
2	15	AD_palvelut	01-2	D-120		vapaa		
3	15	AD_palvelut	01-3	D-120	s	postipalvelin		D120.2.7
4	15	AD_palvelut	01-4	D-120		vapaa		
5	15	AD_palvelut	01-5	D-120		vapaa		
6	15	AD_palvelut	01-6	D-120	s	Exchange_p1		D120.2.7
7	15	AD_palvelut	01-7	D-120		vapaa		
8	T	T	01-8	D-120	s	Remote Access_p2		D120.2.7
9	15	AD_palvelut	01-9	D-120		vapaa		
10	15	AD_palvelut	01-10	D-120	s	levyjärjestelmä		
11	15	AD_palvelut	01-11	D-120		vapaa		
12	15	AD_palvelut	01-12	D-120	s	Dell levyj. Mgmt1		D120.2.8
13	23	AD_virtual	01-13	D-120	s	HyperV		D120.2.8
14	15	AD_palvelut	01-14	D-120	s	DC-palvelin		D120.2.7
15	11	AD_serverit	01-15	D-120	s	XYZ-palvelin_01_p1		D120.2.7
16	T	T	01-16	D-120		vapaa		
17	11	AD_serverit	01-17	D-120		vapaa		
18	T	T	01-18	D-120	s	VmWare 1/2		D120.2.7
19	100	vmware	01-19	D-120	s	VmWare vlan 100		
20	11	AD_serverit	01-20	D-120	s	ABC2		D120.2.8
21	15	AD_palvelut	01-21	D-120	s	Huawei levyj. Mgmt1		D120.2.8
22	19	AD_palvelut	01-22	D-120	s	BOBserver_01_p1		D120.2.7
23	19	AD_palvelut	01-23	D-120	s	BOBserver_01_p2		D120.2.7
24	15	AD_palvelut	DB140.2.A.10	D-120	s	lämpötila		D120.2.5
25	T	T	RB120.2.1.K1.3,4	D-140	01-G2/1	Opi-D140_01 (RD140.3.K2.3,4)		
26	T	T	RB120.2.1.K1.7,8	D-140	02-G2/7	Opi-D140_01 (RD120.2.1.K1.7,8)		
27	T	T	RB120.2.1.K1.15,16	D-200	01-G3/10	Opi-D200_01(RD120.2.1.K1.15,16)		
28			Vapaa					

7.2 Kytkinpinon muodostaminen

Uudet kytkimet (2 kpl Cisco Catalyst 3850-48T-L ja 1 kpl Cisco Catalyst 3850-24T-L)) päätettiin sijoittaa palvelintilaan 2, jonka tietoliikenneyhteyksien kaapelointi on toteutettu EoR-topologian mukaisesti. EoR-topologialle on tyypillistä, että palvelinkytkiminä käytetään joko modulaarisia, kotelo-pohjaisia kytkimiä tai useammasta kytkimestä muodostettua kytkinpinoa. Niinpä uusista kytkimistä päätettiin muodostaa kytkinpino. Kuten taulukosta 1 nähdään, Ciscon kytkimistä muodostetun pinon tiedonsiirtokyky on todella korkea, joten verkon suorituskykyä ajatellen kytkinpinon muodostaminen on paras ratkaisu.

Kytkinpinoa muodostaessa täytyy huomioida, että kaikissa kytkimissä täytyy olla samat lisenssi- ja käyttöjärjestelmän versiot. Ciscon Catalyst 3850 -sarjan kytkimistä muodostetussa kytkinpinossa kytkimillä on kolme erilaista roolia: aktiivinen kytkin (active), varalla oleva kytkin (standby) ja jäsen kytkin (member). Kytkinpinoa hallitaan aktiivisen kytkimen kautta. Ongelmatilanteiden varalta aktiivisen kytkimeen tehdyt konfiguraatiomuutokset tallentuvat automaattisesti kaikkiin pinon kytkimiin. Mikäli aktiivinen kytkin vioittuu tai sammuu, tulee standby-kytkimestä automaattisesti uusi aktiivinen kytkin. Koska kaikkiin kytkimiin on talletettu aktiivisen kytkimen konfiguraatio, kytkinpinon toiminta jatkuu kytkinten roolien vaihtumisen jälkeen normaalisti. (Cisco 2017-06-06.)

Catalyst 3850-48T-L -kytkimiä oli 2 kpl, toisesta niistä päätettiin tehdä aktiivinen kytkin ja toisesta standby-kytkin. Jäljelle jääneestä 24-porttisesta kytkimestä tuli siten member-kytkin. Aktiivisen kytkimen määrittäminen onnistuu helpoiten niin, että tallennetaan yhteen kytkimeen oma konfiguraatio ja annetaan toisten kytkinten olla tehdasasetuksissa. Kun kytkimet yhdistetään kytkinpinon muodostamiseen tarkoitetuilla kaapeleilla (StackPower- ja StackWise-480-kaapelit) ja kytkimet käynnistetään, oman konfiguraation sisältävästä kytkimestä tulee automaattisesti pinon aktiivinen kytkin. Näin ollen yhteen 48-porttiseen kytkimeen ladattiin ennen kaapelointia TFTP-palvelimelta alustava konfiguraatio ja se talletettiin kytkimeen käynnistyskonfiguraatioksi (startup configuration). Kytkinten käynnistämisen jälkeen edellä mainitusta kytkimestä tuli pinon aktiivinen kytkin. Tämän jälkeen toisen 48-porttisen kytkimen prioriteettiarvoa (priority-value) nostettiin 24-porttisen kytkimen prioriteettiarvoa suuremmaksi komennolla **switch stack-member-number priority new priority-value**. Näin kytkimille saatiin määritettyä halutut roolit. Kuvassa 24 on esitetty Catalyst 3850 -sarjan kytkinten pinoaminen. (Cisco 2017-06-06.)



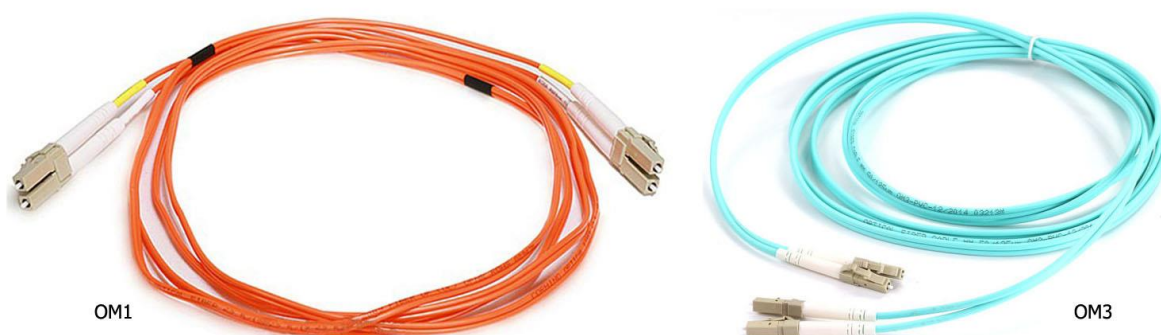
Kuva 24. Cisco Catalyst 3850 -sarjan kytkinten pinoaminen (Cisco 2017-02-27.)

Kytkinpinon muodostamisen jälkeen vanhojen kytkinten kytkentätaulujen VLAN-tiedoista katsottiin, mihin VLAN:eihin kukin kytkinpinon kytkimen portti oli avattava. Portin asetuksiin lisättiin myös kuvaustieto (description) siitä, mihin laitteeseen portti oli kytketty. Kytkinpinon konfiguroinnissa huomioitiin kytkentöjen redundanttisuus eli varmistettiin kytkentätaulukoiden avulla, ettei päädyttäisi tilanteeseen, jossa jonkin palvelimen kaikki tietoliikenneyhteydet olisivat kytketty samaan kytkimeen. Konfiguroinnin jälkeen kytkinpinoa testattiin alustavasti työpisteellä, jotta voitiin todeta konfiguroinnin onnistuminen.

Cisco Catalyst 3850-12XS -kytkinten portit määriteltiin alustavasti trunk-porteiksi, eli ne välittävät kaikkia Savonia-AMK:n tietoliikenneverkon VLAN:eja.

7.3 Käyttöönotto

Kytkien vaihdon kaltaiset operaatiot tehdään yleensä työajan ulkopuolella, esimerkiksi klo 18 alkaen. Samaa periaatetta noudatettiin myös tässä työssä ja kaikki kytkinten vaihdot suoritettiin klo 16 jälkeen. Virtuaalipalveluja varten ostetut Cisco Catalyst 3850-12XS -kytkimet asennettiin ensin. Asennuksen toteutus on esitetty kuvassa 26. Kytkimet ja uudet palvelimet asennettiin samaan palvelinkaappiin (palvelinkaappi3 kuvassa 26), ToR-topologian mukaisesti. Vaikka kytkimet eivät ole kaapin yläosassa, toteutus luokitellaan ToR-topologiaksi, sillä palvelimet ja kytkimet ovat samassa palvelinkaapissa. Kuvasta ei käy ilmi, että kytkimet asennettiin palvelinkaappiin väärinpäin, eli kytkimen selkäpuoli käyttäjään päin. Tällainen asennus on ToR-asennuksissa tyyppillistä. Kytkimet asennetaan väärinpäin, jotta palvelinten ja kytkinten portit ovat samalla puolella. Tämä helpottaa kaapelointia ja tekee kaapeloinnista siistimmän näköistä. Palvelinten ja kytkinten välisessä kaapeloinnissa käytettiin sekä OM1- että OM3-monimuotokuitua, kytkinten ja valokuitupaneelin välinen kaapelointi toteutettiin OM3-monimuotokuidulla (kuva 25).



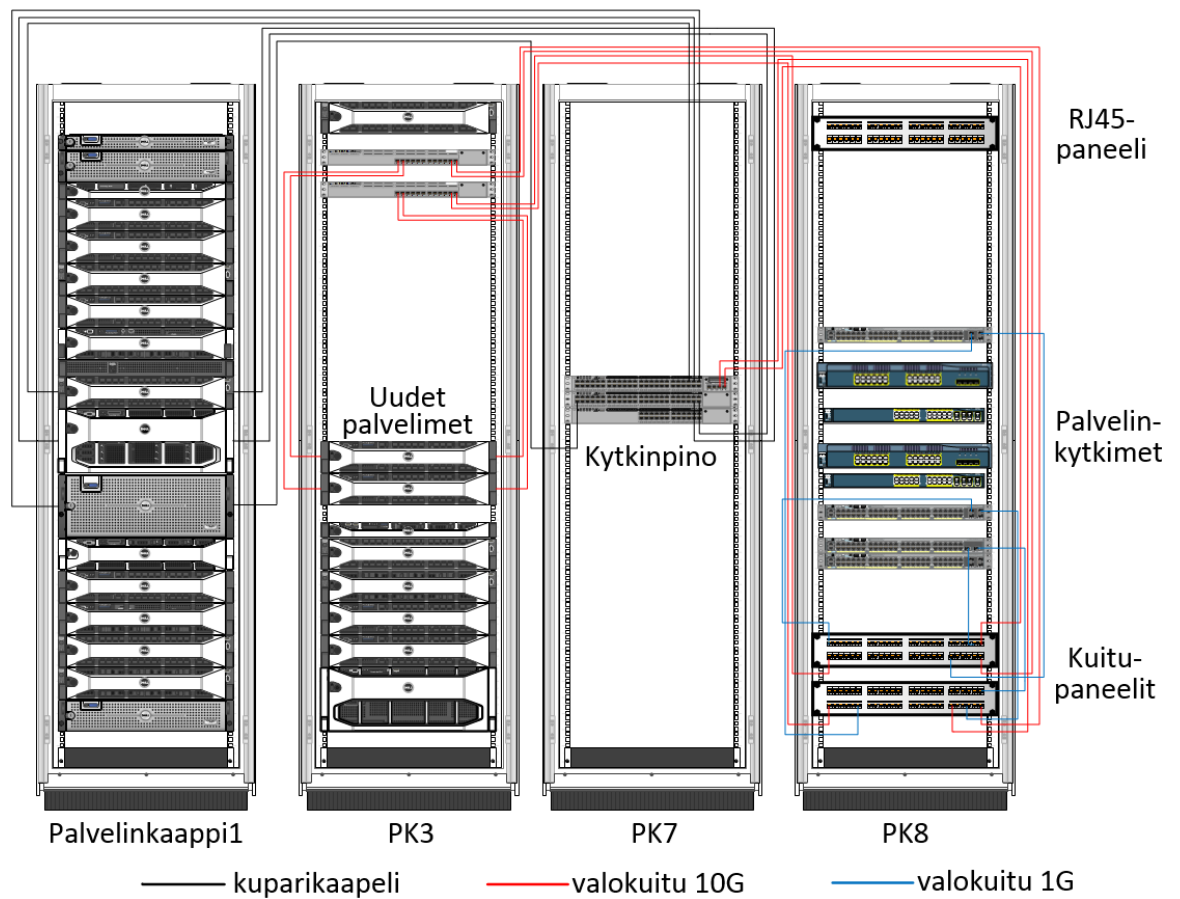
KUVA 25. Cisco Catalyst 3850-12XS -kytkinten kytkentöihin käytetyt kaapelit (eBay 2017; Monoprice 2017.)

Liikennöitäessä 10 Gb/s:n nopeudella OM1-kaapelin maksimipituus on vain 33 m, joten kiinteistön sisäiseen kaapelointiin se ei enää nykyaikana ole paras vaihtoehto (The Fiber Optic Association 2014). Palvelintilan sisäiseen kaapelointiin OM1-kaapeli soveltuu kuitenkin mainiosti, mikäli etäisyydet jäävät lyhyiksi. Tässä työssä kytkinten yhteydet valokuitupaneeliin ja siitä edelleen toisiin laitteisiin vaativat kuitenkin yli 33 m:n pituisen linkin, joten OM1-kaapeli ei tähän tarkoitukseen enää

sovi. OM3-kaapelin maksimipituus 10 Gb/s:n nopeudella on 300 m, joten se sopi mainiosti uplink-yhteyksien toteuttamiseen (Onninen 2012, 134). OM1- ja OM3-kaapeleilla työskennellessä pitää huomioida, että kaapeleita ei voi liittää toisiinsa esimerkiksi ristikyntentäpaneelissa, sillä kaapeleiden ydinten halkaisijat ovat erisuuruiset: OM1-kaapelin ytimen halkaisija on 62,5/125 μm ja OM3-kaapelin ytimen halkaisija on 50/125 μm (Onninen 2012, 97). Mikäli OM1- ja OM3-kaapeleita liitetään toisiinsa, dataliikenne toimii erittäin epäluotettavasti; osa datasta menee perille ja osa ei (The Fiber Optic Association 2002-08).

Kaapeleiden yhdistämisen jälkeen tietoliikenneverkon tilaa seurattiin Savonia-AMK:n käyttämällä PRTG Network Monitor -verkonvalvontaohjelmalla. Mitään virheilmoituksia ei tullut, joten uusien kytkinten konfigurointi ja asennus suoritettiin onnistuneesti.

Seuraavana työvaiheena oli vanhojen palvelinkytkinten korvaaminen uusista kytkimistä muodostetulla kytkinpinolla. Kytkinpinoa ei asennettu samaan palvelinkaappiin vanhojen kytkinten kanssa, sillä kyseinen palvelinkaappi oli jo varsin täynnä ja runsaan kaapelimäärän takia työskentely olisi ollut turhan hankalaa. Kytkinpino asennettiin vanhojen kytkinten vieressä sijaitsevaan palvelinkaappiin (palvelinkaappi7 kuvassa 26). Kun kytkinpino oli saatu kiinnitettyä palvelinkaappiin, siirrettiin kaapelit vanhoista kytkimistä kytkinpinon kytkimiin, ennalta määrättyihin portteihin. Kaapeleiden siirrossa oli ensisijaisen tärkeää pitää dokumentaatiota kytkentätauluista mukana, jotta kaapelit kiinnitettiin varmasti oikeisiin portteihin. Kaapeleiden yhdistämisen jälkeen verkon tilaa seurattiin jälleen PRTG-verkonvalvontaohjelmalla. Virheilmoituksia ei syntynyt, joten kytkinten konfigurointi ja asennus suoritettiin onnistuneesti. Palvelintilan 2 uusittu topologia on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Palvelintilan 2 uusittu topologia

Palvelintilojen topologioita tarkasteltaessa huomataan, että käytössä on kaikkia topologioiden muotoja, eli EoR-, Middle-of-Row- ja ToR-topologiaa. Savonia-AMK muuttaa vuonna 2020 uusiin tiloihin ja silloin uudet palvelintilat on tarkoitus rakentaa mahdollisuuksien mukaan ToR-topologian mukaisesti, kuvan 20 mallin mukaan.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli uusia Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien kampuksen kahden palvelintilan vanhat palvelinkytkimet. Kytkinten uusimisen lisäksi tavoitteena oli tarkastella palvelintilojen topologioita ja vertailla toteutuksia yleisimpiin käytössä oleviin datakeskuksien topologioihin. Uudempien ja suorituskykyisempien kytkinten avulla Savonia-AMK saisi optimoitua tietoliikenneverkkonsa toimintaa ja topologioita tutkimalla saataisiin tietoa palvelintilojen rakentamisesta tulevaisuutta ajatellen.

Opinnäytetyö toteutettiin vuoden 2017 maaliskuun ja kesäkuun välisenä aikana. Työ aloitettiin tutustumalla Juniperin kytkimiin ja niiden konfiguroimiseen. Konfiguroinnin opetteluun yhteydessä pyrittiin selvittämään, kuinka Juniperin kytkimet soveltuisivat käyttöön Savonia-AMK:n tietoliikenneverkossa. Muutaman viikon opetteluun jälkeen siirryttiin teoriaosuuden pariin.

Teoriaosuudessa käsiteltiin tietoliikennverkkojen toteutusta kampus- ja datakeskusympäristöissä, kytkinten käyttöä tietoliikenneverkoissa sekä tutkittiin erilaisia datakeskusten topologioita. Opinnäytetyön käytännön osuudessa kartoitettiin palvelintilojen topologiat sekä laskettiin tietoliikenneyhteyksien lukumäärät. Saatujen tietojen perusteella päätettiin millaisia kytkimiä hankittaisiin ja kuinka monta kappaletta. Tämän jälkeen vertailtiin tähän opinnäytetyöhön sopivia eri laitevalmistajien kytkinmalleja ja vertailun tulosten sekä käytössä olleen budjetin perusteella tehtiin ostopäätös. Lopuksi kytkimet konfiguroitiin ja otettiin käyttöön Savonia-AMK:n tietoliikenneverkkoon.

Yllättävien menojen takia alkuperäistä suunnitelmaa kaikkien vanhojen palvelinkytkinten uusimisesta ei pystytty toteuttamaan. Työtä voidaan kuitenkin pitää onnistuneena, sillä tärkeämpiä palveluja sisältävän palvelintilan kaikki vanhat kytkimet korvattiin uusista kytkimistä muodostetulla kytkinpinolla. Kokonaisuutena toteutus on huomattavasti aiempaa suorituskykyisempi. Lisäksi, palvelintilojen topologioiden tarkastelun perusteella päätettiin, että tulevaisuudessa palvelintoja olisi mahdollisuuksien mukaan tarkoitus rakentaa ToR-topologian mukaisesti.

Palvelintilojen topologioihin liittyvät asiat sekä kytkinten vertailusta saadut tiedot ovat asiakokonaisuuksia, joista uskoisin olevan käytännön hyötyä tietoliikennverkkojen suunnittelussa ja toteutuksessa.

LÄHTEET

3G NETWORK SOLUTIONS 2017. cisco-6807-switch-gigabit—ethernet-copper-module [digikuva]. 3g Network Solutions. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: <https://4.imimg.com/data4/IL/QH/MY-6031200/cisco-6807-switch-gigabit-ethernet-copper-module-500x500.jpg>

9TUT.COM 2011. OSI Model Tutorial. CCNA Training. [Viitattu 2017-03-21]. Saatavissa: <http://www.9tut.com/osi-model-tutorial>

BANKS, Ethan 2013-11-04. Data center network design moves from tree to leaf. TechTarget. [Viitattu 2017-03-28]. Saatavissa: <http://searchdatacenter.techtarget.com/feature/Data-center-network-design-moves-from-tree-to-leaf>

BRANDENBURG, Michael 2011-04-04. A stackable switch brings value to the wiring closet. TechTarget. [Viitattu 2017-03-23]. Saatavissa: <http://searchnetworking.techtarget.com/feature/A-stackable-switch-brings-value-to-the-wiring-closet>

BROCADE 2012. Brocade VCS Fabric Technical Architecture. Brocade Communications Systems, Inc. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <https://www.brocade.com/content/dam/common/documents/content-types/architecture-guide/vcs-technical-architecture-tb.pdf>

CERTIFICATIONKITS 2017a. CCNA Certification: All about Access Control Lists (ACLs). CertificationKits.com. [Viitattu 2017-03-21]. Saatavissa: <https://www.certificationkits.com/cisco-access-list-ccna/>

CERTIFICATIONKITS 2017b. Cisco CCNA OSPF Part I. CertificationKits.com. [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <https://www.certificationkits.com/cisco-certification/cisco-ccna-640-802-exam-certification-guide/cisco-ccna-ospf-part-i/>

CIARLONE, John 2013-05-19. 6 Benefits Offered By Using A Juniper Switch Over Cisco. Hummingbird Networks. [Viitattu 2017-03-17]. Saatavissa: <http://info.hummingbirdnetworks.com/blog/bid/286435/6-benefits-offered-by-using-a-juniper-switch-over-cisco>

CISCO 2007-11-05. Switches_Catalyst_4507r-e [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-04-04]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/support/docs/SWTG/ProductImages/Switches_Catalyst_4507r-e_front-1000.jpg

CISCO 2008-04-15. Enterprise Campus 3.0 Architecture: Overview and Framework. Cisco. [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Campus/campover.html>

CISCO 2010. Cisco FabricPath. Cisco. [Viitattu 2017-05-05]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/nexus-7000-series-switches/at_a_glance_c45-605626.pdf

CISCO 2011-03. Cisco NX-OS Software. Cisco. [Viitattu 2017-05-04]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/nx-os-software/data_sheet_c78-652063.pdf

CISCO 2012a. switches-catalyst-3850-24t-e-switch [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-05-23]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/support/docs/SWTG/ProductImages/switches-catalyst-3850-24t-e-switch.jpg>

CISCO 2012b. switches-catalyst-3850-48p-l-switch [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-05-23]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/support/docs/SWTG/ProductImages/switches-catalyst-3850-48p-l-switch.jpg>

CISCO 2013-05-24. Switches-catalyst-2960x-48fps-l-switch [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/support/docs/SWTG/ProductImages/switches-catalyst-2960x-48fps-l-switch.jpg>

- CISCO 2014-01-08. Data Center Top-of-Rack Architecture Design. Cisco. [Viitattu 2017-03-24]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-5000-series-switches/white_paper_c11-522337.html
- CISCO 2014-12-18. Cisco Enterprise Campus Infrastructure Best Practices Guide. Cisco. [Viitattu 2017-04-24]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-6800-series-switches/guide-c07-733457.html>
- CISCO 2015. switches-catalyst-3850-12xs-s-switch [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-05-23]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/support/docs/SWTG/ProductImages/switches-catalyst-3850-12xs-s-switch.jpg>
- CISCO 2015-03-12. Oversubscription and Density Best Practices. Cisco. [Viitattu 2017-04-24]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/storage-networking-solution/net_implementation_white_paper0900aec800f592f.html
- CISCO 2016-06-13. Cisco Nexus 3048 Switch Data Sheet. Cisco. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-3000-series-switches/data_sheet_c78-685363.html
- CISCO 2017-02-27. Cisco Catalyst 3850 Switch Deployment Guide [digikuva]. Cisco. [Viitattu 2017-06-09]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/deployment_guide_c07-727067.doc/_jcr_content/renditions/deployment_guide_c07-727067_57.jpg
- CISCO 2017-04-20. Cisco Catalyst 3850 Series Switches Data Sheet. Cisco. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/data_sheet_c78-720918.html
- CISCO 2017-05-05. Cisco Nexus 7700 Switches Data Sheet. Cisco. [Viitattu 2017-04-03]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-7000-series-switches/data_sheet_c78-728187.html
- CISCO 2017-06-06. Stack Manager and High Availability Configuration Guide. Cisco. [Viitattu 2017-06-09]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst3850/software/release/3se/ha_stack_manager/configuration_guide/b_hastck_3se_3850_cg/b_hastck_3se_3850_cg_chapter_010.html
- CISCO NETWORKING ACADEMY 2014-05-09. Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Hierarchical Network Design. Cisco Press. [Viitattu 2017-03-21]. Saatavissa: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2202410&seqNum=4>
- DOHERTY, Joseph W. 2013-02-24. "Switching bandwidth" and "Forwarding Rate". Cisco Support Community [keskustelupalsta]. Cisco. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://supportforums.cisco.com/discussion/11702811/switching-bandwidth-and-forwarding-rate>
- DUSTIN 2017a. Kytkimet - Kotelopohjaiset - Kytkimet - Verkko & Turvallisuus. Dustin Finland Oy. [Viitattu 2017-03-28]. Saatavissa: <https://www.dustin.fi/group/laitteistot/verkko-turvallisuus/kytkimet/kotelopohjaiset/kytkimet/>
- Dustin 2017b. Kytkinmoduulit - Kotelopohjaiset - Kytkimet - Verkko & Turvallisuus. Dustin Finland Oy. [Viitattu 2017-03-28]. Saatavissa: <https://www.dustin.fi/group/laitteistot/verkko-turvallisuus/kytkimet/kotelopohjaiset/kytkinmoduulit/?sortBy=relevance>
- EBAY 2017. OM3 Cable [digikuva]. eBay Inc. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: [https://i.ebayimg.com/00/s/MTAwMFgxMDAw/z/ov8AAOSwbYZXc6XV/\\$_58.JPG](https://i.ebayimg.com/00/s/MTAwMFgxMDAw/z/ov8AAOSwbYZXc6XV/$_58.JPG)
- EDRAWSOFT 2017. Hierarchical Network Design - Access Layer of the Hierarchical Network Design. EdrawSoft. [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <https://www.edrawsoft.com/Hierarchical-Network-Design.php>

- FROEHLICH, Andrew 2015-06-08. What are data center-class switches?. TechTarget. [Viitattu 2017-03-31]. Saatavissa: <http://searchnetworking.techtarget.com/feature/What-are-data-center-class-switches>
- FROM Richard ja FRAHIM Erum 2015. Implementing Cisco IP Switched Networks (SWITCH) Foundation Learning Guide. CCNP Switch 300-115. Indianapolis, USA: Cisco Press
- GRANT, Ian 2011-02-24. Juniper aims to wrap Cisco with QFabric datacenter management. Computer Weekly: TechTarget. [Viitattu 2017-03-30]. Saatavissa: <http://www.computerweekly.com/news/1280095263/Juniper-aims-to-wrap-Cisco-with-QFabric-datacentre-management>
- HEDLUND, Brad 2009-04-05. Top of Rack vs End of Row Data Center Designs. [Viitattu 2017-03-24]. Saatavissa: <http://bradhedlund.com/2009/04/05/top-of-rack-vs-end-of-row-data-center-designs/>
- HINTAOPAS 2017. Cisco Nexus 3048TP-1GE. Prisjakt Finland Oy. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: <https://hintaopas.fi/product.php?p=1097036>
- HOGG, Scott 2009-12-11. 10GE and Network Oversubscription Ratios. Network World: IDG Communications, Inc. [Viitattu 2017-04-24]. Saatavissa: <http://www.networkworld.com/article/2232813/cisco-subnet/cisco-subnet-10ge-and-network-oversubscription-ratios.html>
- HUSSEMAN, Trevor 2015-03-23. A Beginner's Guide to Understanding the Leaf-Spine Network Topology. West Monroe Partners, Chicago Illinois. [Viitattu 2017-03-28]. Saatavissa: <http://blog.westmonroepartners.com/a-beginners-guide-to-understanding-the-leaf-spine-network-topology/>
- JAIN, Raj 2013. Data Center Network Topologies [luento]. Washington University, Saint Louis Missouri. [Viitattu 2017-03-27]. Saatavissa: http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse570-13/ftp/m_03dct.pdf
- JUNIPER NETWORKS 2016. Virtual Chassis Configuration View [digikuva]. Juniper Networks Inc. [Viitattu 2017-04-04]. Saatavissa: <https://www.juniper.net/assets/img/products/image-library/ex-series/ex3300-48p/ex3300-virtual-chassis-high.jpg>
- JUNIPER NETWORKS 2017-02. QFabric System. Juniper Networks, Inc. [Viitattu 2017-03-30]. Saatavissa: <http://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/datasheets/1000393-en.pdf>
- LINUX.FI 2015-08-22. Palvelin. Creative Commons 3.0. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <https://www.linux.fi/wiki/Palvelin>
- LINUX.FI 2017-02-09. SSH. Creative Commons 3.0. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <https://www.linux.fi/wiki/SSH>
- LOVELESS, Adam 2014-06-05. Oversubscription Ratios. The Cisco Learning Network [keskustelupalsta]. Cisco. [Viitattu 2017-04-25]. Saatavissa: <https://learningnetwork.cisco.com/thread/71486>
- MARCIN 2015-12-02. Designing and Building of Campus Network with using Top Down methodology & oversubscription ratio principles, stages and best practice. ITBundle.net. [Viitattu 2017-04-25]. Saatavissa: <http://itbundle.net/archives/254>
- MITCHELL, Bradley 2016-09-16. What Is Fibre Channel? Lifewire.com. [Viitattu 2017-05-06]. Saatavissa: <https://www.lifewire.com/definition-of-fibre-channel-816326>
- MONOPRICE 2017. Fiber Optic Cable, LC/LC, OM1, Multi Mode [digikuva]. Monoprice, Inc. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <https://images.monoprice.com/productlargeimages/26171.jpg>
- MORRIS, Scott 2014-06-05. Oversubscription Ratios. The Cisco Learning Network [keskustelupalsta]. Cisco. [Viitattu 2017-04-25]. Saatavissa: <https://learningnetwork.cisco.com/thread/71486>
- NETWORK COMPUTING 2016-08-23. Campus Network Design Models [digikuva]. Network Computing. [Viitattu 2017-05-22]. Saatavissa: <http://www.networkcomputing.com/sites/default/files/resources/nwc/two-tierV2.jpg>

- PAESSLER 2017. PRTG Network Monitor. Paessler AG. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: https://www.paessler.com/prtg?utm_guid=984DB093-6BF8-1014-A0A6-C23008735E9C&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=FIN_EN_DSA_website_Cat&utm_adgroup=prtg%20network%20monitor&utm_adnum=dsa_en_04&utm_campaignid=368119393&utm_adgroupid=39646397652&utm_targetid=aud-303357529199:dsa-162655701618&utm_customerid=241-863-8359&utm_location=1005630&gclid=CKmqgNquutQCFR6LsgodOBYPDA
- RAJESH, K 2012-02-09. Data Center Network - Top of Rack (TOR) vs End of Row (EOR) Design. excitingIP.com. [Viitattu 2017-03-24]. Saatavissa: <http://www.excitingip.com/2802/data-center-network-top-of-rack-tor-vs-end-of-row-eor-design/>
- ROUTER-SWITCH.COM 2017a. C6807-XL - Cisco Catalyst 6807-XL Modular Switch [digikuva]. Router-Switch Ltd. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: <http://img.router-switch.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/s/w/switches-6807.jpg>
- ROUTER-SWITCH.COM 2017b. cisco-c6800-32p10g [digikuva]. Router-Switch Ltd. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: <http://img.router-switch.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/c/i/cisco-c6800-32p10g-45-degree.jpg>
- SNYDER, Joel 2013-10-07. Understanding the Different Layers of Routing and Switching. BizTech: CDW, Vernon Hills Illinois. [Viitattu 2017-03-28]. Saatavissa: <http://www.biztechmagazine.com/article/2013/10/understanding-different-layers-routing-and-switching>
- STUDY CCNA 2016. Telnet & SSH. study-ccna.com. [Viitattu 2017-03-30]. Saatavissa: <http://study-ccna.com/telnet-ssh/>
- TECH DEALS FACTORY 2017. cisco c6800 48p sfp xl network switch module [digikuva]. Tech Deals Factory, Inc. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: http://web.cmc-td.com/data/product_images/img/norm/high/26536456-7139.jpg
- TECHPILLAR 2016a. Product Specifications. TechPillar. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://www.techpillar.com/ethernet-switching/networking-lan-switches/cisco-catalyst-2960x-24td-l#compare-product>
- TECHPILLAR 2016b. Modular Switches. TechPillar. [Viitattu 2017-03-09]. Saatavissa: https://www.techpillar.com/ethernet-switching/data-center-switches#!category_id=60&page=0&path=59_60&sort=p.relevance_score&order=DESC&limit=60&attribute_value%5B1705%5D%5B%5D=Campus&
- TECHPILLAR 2016c. Networking Ethernet LAN Switches - Features Comparison. TechPillar. [Viitattu 2017-03-29]. Saatavissa: https://www.techpillar.com/ethernet-switching/networking-lan-switches#!category_id=61&page=0&path=59_61&sort=p.relevance_score&order=DESC&limit=60&attribute_value%5B563%5D%5B%5D=Data+Center&
- TECHPILLAR 2016d. Product Comparison. TechPillar. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://www.techpillar.com/comparison/networking-lan-switches/cisco-ws-c3850-48t-l-VS-juniper-ex4300-48t-VS-hpe-3800-48g-4sfp-plus>
- TECHPILLAR 2016e. Product Comparison. TechPillar. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://www.techpillar.com/comparison/networking-lan-switches/dell-n-3048-VS-brocade-icx-6610-48-VS-extreme-summit-x480-48t>

TECHPILLAR 2016f. Product Comparison. TechPillar. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://www.techpillar.com/comparison/networking-lan-switches/cisco-ws-c3850-24t-l-VS-juniper-ex4300-24t-VS-hpe-3800-24g-2sfp-plus>

TECHPILLAR 2016g. Product Comparison. TechPillar. [Viitattu 2017-03-08]. Saatavissa: <https://www.techpillar.com/comparison/networking-lan-switches/dell-n-3024-f-VS-brocade-icx-6610-24>

THE FIBER OPTIC ASSOCIATION 2002-08. Power Penalty For Mixing 50/125 And 62,5/125 Fibers. The Fiber Optic Association, Inc. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <http://www.thefoa.org/tech/fib62-50.htm>

THE FIBER OPTIC ASSOCIATION 2014. Specifications For Fiber Optic Networks. The Fiber Optic Association, Inc. [Viitattu 2017-05-30]. Saatavissa: <http://www.thefoa.org/tech/Linkspec.htm>

WEST, Garret 2013-10-01. Cisco Spine and Leaf Architecture Discussion - Nexus 5500 vs 6001. The Network Surgeon. [Viitattu 2017-03-29]. Saatavissa: <http://thenetworksurgeon.com/cisco-spine-and-leaf-architecture-discussion-nexus-5500-vs-6001/>

WICKHAM, Christian 2015-06-17. ToR switch placement - not at the top!. Virtual Wiki. [Viitattu 2017-03-27]. Saatavissa: <http://www.v-wiki.net/tor-switch-placement-not-at-the-top/>