

LAMK Lahden ammattikorkeakoulu
Lahti University of Applied Sciences

Tietoverkkolaboratorion etäkäyttöympäristö

Toni Pekkola

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Toni Pekkola

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

PEKKOLA, TONI:

Tietoverkkolaboratorion
etäkäyttöympäristö

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 51 sivua, 6 liitesivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmään Ciscon CVOICE- ja CCNP-ympäristöt. Tavoitteena oli lisäksi vertailla CVOICE-laboratorioharjoitusten tekoa NETLAB+:lla, Ciscon Packet Tracerilla ja oikeilla fyysisillä laitteilla. Opinnäytetyö tehtiin Lahden ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratorioon.

NETLAB+ on Network Development Group:n (NDG) kehittämä internet-pohjainen etäyhteysjärjestelmä, jonka avulla koulut ja yliopistot voivat isännöidä oikeita laitteita, virtuaalikoneita ja eri verkkoympäristöjen oppikursseja. Network Development Group tekee yhteistyötä useiden IT-yritysten kanssa, minkä ansiosta opiskelijat voivat etänä suorittaa yhtä järjestelmää käyttäen muun muassa Cisco Networking Academyn laboratorioharjoituksia oikeita fyysisiä laitteita hyödyntäen.

Lahden ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratorioon rakennettiin Ciscon CVOICE-ympäristö NDG:n kehittämän MAP for Voice -topologian mukaan. Ympäristö rakennettiin suunnitelmien mukaan, mutta ongelmilta ei välttytty. CCNP-toteutukseen valittiin Cuatro Switch Pod -ympäristö, mutta laitetoimitusongelmien takia ympäristöä ei voitu loppuun asti toteuttaa. CVOICE-laboratorioharjoitusten tekoa vertailtiin eri työskentelymentelmien välillä ja NETLAB+ osoittautui vaivattomimmaksi järjestelmäksi harjoitusten suorittamiseen.

Tulevaisuudessa Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmää voitaisiin laajentaa asentamalla CCNP- ja CCNA Security -ympäristöt. Ympäristöt toisivat kattavamman opiskeluympäristön tietoverkkolaboratoriolle, lisäksi CCNP-ympäristö mahdollistaisi Cisco CCNP -sertifikaattien harjoittelun.

Asiasanat: NETLAB+, Cisco, CCNP, CVOICE, etäkäyttö

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

PEKKOLA, TONI: Remote access environment for a
network laboratory

Bachelor's Thesis in Telecommunications Technology, 51 pages, 6 pages
of appendices

Spring 2016

ABSTRACT

The goal of this thesis was to implement Cisco CVOICE and CCNP environments in the NETLAB+ system of the Lahti University of Applied Sciences. Another goal was to compare NETLAB+ to Cisco Packet Tracer and real physical devices by using the CVOICE laboratory exercises. The thesis was commissioned by the network laboratory of the Lahti University of Applied Sciences.

NETLAB+ is a remote access solution that allows academic institutions to host real IT equipment, virtual machines and a wide variety of curriculum content options. NETLAB+ has been developed by the Network Development Group (NDG). NDG collaborates with several IT companies and one of the companies is Cisco, which provides students with the possibility to make Cisco Network Academy laboratory exercises in a remote location using real physical devices.

The CVOICE environment was built to the network laboratory by using Network Development Group's MAP for VOICE topology. The environment was built successfully, but not without problems. Cuatro Switch Pod was chosen to implement the CCNP environment, but some major problem prevented the completion of the environment. NETLAB+ was compared to Cisco Packet Tracer and real physical devices by using the CVOICE laboratory exercises. The NETLAB+ turned out to be the easiest system to perform the exercises.

Cisco CCNP and CCNA Security environments could be added to the NETLAB+ system of the Lahti University of Applied Sciences in the future. These environments could offer better studying opportunities for the network laboratory. The CCNP environment would bring the ability to practice Cisco CCNP certificate exercises.

Key words: NETLAB+, Cisco, CCNP, CVOICE, remote access

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ETÄKÄYTTÖ	2
2.1	Yleistä etäkäytöstä	2
2.2	Etäkäytön historia	3
2.3	Etäkäytön sovellukset ja protokollat	4
2.3.1	VNC	5
2.3.2	Cisco Packet Tracer	6
3	NETLAB+	9
3.1	Järjestelmän toimintaperiaate	9
3.2	NETLAB+ -verkon rakenne	12
3.2.1	VMware ESXi ja vCenter	15
3.2.2	Virtuaalikoneiden ominaisuudet	16
3.3	NETLAB+ -järjestelmän hallinta	17
4	NETLAB+:N TUKEMAT YMPÄRISTÖT JA OMINAISUUDET	19
4.1	NETLAB+:n ympäristöt	19
4.2	VMware IT Academy Program	19
4.3	EMC Academic Alliance	21
4.4	Red Hat Academy	21
4.5	Cyber Security	22
4.6	Cisco Networking Academy	23
4.6.1	CCNP Routing And Switching	24
4.6.2	CCNP Voice	27
4.7	Muut ympäristöt	29
5	CCNP- JA CVOICE-YMPÄRISTÖJEN TOTEUTUS NETLAB+ - JÄRJESTELMÄÄN	30
5.1	Ympäristön alkutilanne	30
5.2	NETLAB+ laitteisto	31
5.3	Laitteiston valmistelu	32
5.4	CVOICE-ympäristön toteutus	33
5.5	Podien asentaminen	36
5.6	CVOICE-ympäristöjen testaaminen	40
5.7	NETLAB+:n vertailu Packet Traceriin ja oikeisiin fyysisiin laitteisiin	41

6 YHTEENVETO	44
LÄHTEET	47
LIITTEET	52

LYHENNELUETTELO

CCNA	Cisco Certified Network Associate. Cisco Systemsin tarjoama standardoitu tietoverkkoalan koulutusohjelma ja sertifiikaatti.
CCNP	Cisco Certified Network Professional. Cisco Systemsin tarjoama standardoitu tietoverkkoalan koulutusohjelma ja sertifiikaatti.
CRP	Cuatro Router Pod. NETLAB+ -järjestelmän käyttämä verkkotopologia CCNP:tä varten.
CSP	Cuatro Switch Pod. NETLAB+ -järjestelmän käyttämä verkkotopologia CCNP:tä varten.
CVOICE	Cisco Certified Network Professional Voice on Cisco Systemsin tarjoama standardoitu tietoverkkoalan koulutusohjelma ja sertifiikaatti.
IP	Internet Protocol. TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perillepakettikytkentäisessä Internet-verkossa.
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol. VPN-tunnelointiprotokolla, joka ei itsessään salaa liikennettä, vaan luottaa tunnelissa kulkevaan salausprotokollaan.
MAP	Multi-purpose Academy Pod. NETLAB+ -järjestelmän käyttämä monipuolinen verkkotopologia
NDG	Network Development Group. NETLAB+ -järjestelmän kehittäjä
PDU	Power Distribution Unit. Virranjakoyksikkö.
VNC	Virtual Network Computing. Etäyhteysprotokolla
VPN	Virtual Private Network. Virtuaalinen verkko, joka mahdollistaa useamman verkon yhdistämisen julkisen verkon yli.

1 JOHDANTO

Etäkäyttösovellukset tuovat joustavuutta työ- sekä kouluelämässä, jolloin töitä pystytään tekemään esimerkiksi kotoa käsin. NETLAB+ on yksi etäkäyttösovelluksista, joka mahdollistaa Ciscon ja muiden vastaavien verkkokoulutusohjelmien tekemisen fyysisillä laitteilla etätyöskentelynä. NETLAB+ helpottaa töiden tekemistä, koska käyttäjä voi itse määritellä työajan ja paikan.

Etäkäytön historia ulottuu 1970-luvun palvelinsalien kaukokirjoittimista nykypäivän VPN-yhteyksiin, joiden avulla käyttäjä voi hyödyntää esimerkiksi yrityksen sisäverkon resursseja käyttäjän sijainnista ja ajasta riippumatta. Etäkäyttöön tarkoitettuja sovelluksia ja protokollia on nykypäivänä kattavasti ja nämä mahdollistavat monipuoliset käyttötavat eri tarkoituksiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja toteuttaa Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmään Cisco Certified Network Professional Voice- (CVOICE) ja Cisco Certified Network Professional (CCNP) -ympäristöt. Työssä tutustutaan etäkäyttöön ja NETLAB+ -järjestelmään sekä järjestelmän tukemiin ympäristöihin ja ominaisuuksiin.

Lahden ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratorioon rakennettiin kesällä 2015 NETLAB+ -järjestelmä neljällä Multi-purpose Academy Podilla. Koulu teki toimeksiannon laajentaa olemassa olevaa järjestelmää Ciscon CVOICE- ja CCNP-ympäristöillä ja työn tavoitteena on toteuttaa nämä ympäristöt koulun NETLAB+-järjestelmään. Työssä myös vertaillaan CVOICE-laboratorioharjoitusten suorittamista NETLAB+:n, Cisco Packet Tracerin ja oikeiden fyysisten laitteiden kesken, minkä tarkoituksena on selvittää vaivattomin menetelmä harjoitusten suorittamiseksi.

2 ETÄKÄYTTÖ

2.1 Yleistä etäkäytöstä

Etäkäyttö on yhteyden muodostamista esimerkiksi yrityksen verkkoon tai laitteeseen kotoa tai muualta yrityksen verkon ulkopuolelta. Etäkäyttö on tarpeellista, jos halutaan päästä käsiksi esimerkiksi yrityksen verkossa sijaitseviin tiedostoihin tai palveluihin kotoa käsin. Tämä lisää tehokkuutta, kun töitä pystytään tekemään myös muualla kuin paikan päällä yrityksessä. (BayArea Systems 2015.)

Etänä sijaitsevan tietokoneen käyttö onnistuu muodostamalla etäyhteys koneeseen, jolloin saadaan työpöytäkymä etäkoneesta ja päästään käyttämään koneen kaikkia koneen ohjelmia ja tiedostoja. Yhteyteen vaaditaan etähallintasovellukset molempiin tietokoneisiin, jotta yhteys voidaan muodostaa. (About 2015.)

Etäyhteyden muodostaminen esimerkiksi yrityksen lähiverkkoon onnistuu, jos tarvitaan verkossa olevia tiedostoja, palveluita, pääsyä tietokantaan tai halutaan muuttaa jonkin verkossa olevan laitteen asetuksia. Yksi etäyhteyden muodostamistavoista on Virtual Private Network (VPN) yhteys. (BayArea Systems 2015.)

Etäkäytöllä on monia vahvuuksia, ja siitä on suurta hyötyä tiimityöskentelyssä, yritysten työntekijöille ja organisaatioille. Se mahdollistaa pääsyn etänä sijaitsevaan tietokoneeseen tai verkon tiedostoihin mihin aikaan päivästä tahansa ja lähes mistä tahansa paikasta. Suurimpana riskinä etäkäytölle on tietoturva. Ilman kunnollista verkon tietoturvaa, verkon ja tietokoneen tiedot ovat vaarassa ja ne voivat päätyä väärin käsiin. Siksi laitteiston-, ohjelmiston- ja verkon turvallisuus ovat tärkeitä tekijöitä etäkäytössä. (BayArea Systems 2015.)

2.2 Etäkäytön historia

Etäkäyttö alkoi yleistyä laajemmin 1970- ja 1980-luvulla, kun tarvittiin suurien keskustietokoneiden hallintaa etänä. 1960-luvulla suuria koneita hallittiin paikan päällä kaukokirjoittimien avulla ja myöhemmin näppäimistön ja pienen näyttöpäätteen avulla. Kun 1970-luvulla keskustietokoneita yhdistettiin verkoiksi, tarvittiin keskuskoneille etähallintaan tarvittavaa protokollaa, jonka avulla koneita pystyttäisiin hallitsemaan suurienkin verkkojen yli. Ensimmäisiä etähallintaan käytettäviä protokollia oli telnet-protokolla, joka oli yleisessä käytössä 1970- ja 1980-luvulla. (Server Check.in 2014.)

Telnet-protokolla kehitettiin toimimaan Transmission Control Protocol (TCP) -verkossa ja tieto liikkui verkon läpi salaamattomana. Salaamattomuuden takia telnetistä kehitettiin salatut Transport Layer Security- ja Simple Authentication and Security Layer -protokollat, mutta nämäkään eivät tuoneet riittävää tietoturvaa ja telnetin suosio etähallinnassa hiipui ajan myötä. Telnet-protokollaa käytetään nykypäivänä yhä lähiverkoissa laitteiden hallintaan ja esimerkiksi Hypertext Transfer Protocol -palvelun toiminnan tarkistamiseen palvelimelta. (Server Check.in 2014.)

1980-luvulla kehitettiin telnetin rinnalle rlogin-, remote shell- (RSH) ja rich client platform (RCP) -protokollat, joita käytettiin UNIX-tyyppisissä järjestelmissä. Käyttäjä pystyi telnet- ja rlogin-protokollan avulla kirjautumaan hallittavaan laitteeseen salasanalla, mutta rlogin mahdollisti vielä automaattiset salasanattomat kirjautumiset luotetuilta etäkoneilta. Rlogin oli telnetin tavoin salaamaton ja sen käyttö väheni huomattavasti 1990-luvulla. RSH- ja RCP-protokollat olivat toiminnaltaan samanlaiset kuin rlogin, mutta erona oli protokollan käyttämä portti. (Server Check.in 2014.)

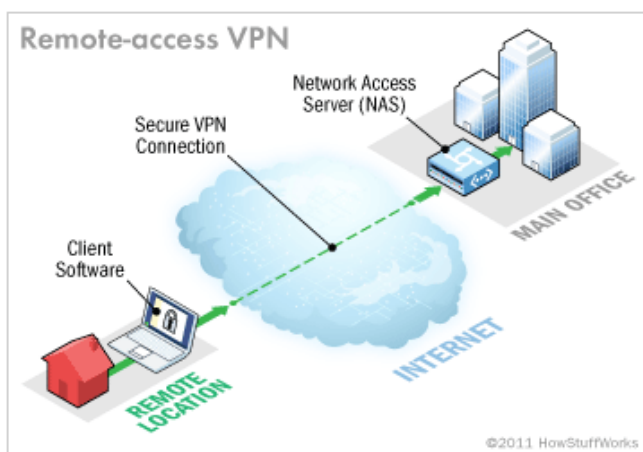
1990-luvulla telnetin ja muiden vastaavien salaamattomien komentokehoteprotokollien tilalle kehitettiin salattu komentokehote SSH eli Secure Shell -ohjelmisto suomalaisen Tatu Ylösen toimesta. SSH tehtiin

korvaamaan muut etähallintaprotokollat, koska protokollien tietoturva oli yleisesti heikolla tasolla. SSH on nykypäivänäkin suosittu etähallintakäytössä sen vahvan salauksen ansiosta. (Server Check.in 2014.)

2.3 Etäkäytön sovellukset ja protokollat

Yksi etäkäytön mahdollisuuksista on VPN eli yksityinen virtuaaliverkko. VPN:n avulla voidaan muodostaa salattu yhteys etänä sijaitsevaan tietokoneeseen tai serveriin julkisen verkon, kuten internetin kautta. VPN:n avulla esimerkiksi yrityksen työntekijä voi ottaa yhteyden kotoaan yrityksen verkossa olevaan laitteeseen. Tämän jälkeen verkko ja sen resurssit näkyvät työntekijän tietokoneelle samanlaisena kuin paikan päällä yrityksessä ollessa. (Palmer 2012, 327.)

VPN käyttää yhteyden luontiin salattua tunnelointi protokollaa, jonka ansiosta liikenne on näkymätöntä tunnelin ulkopuolelle (kuvio 1). Yhteyden muodostamiseen käytetään VPN-palvelinta, joka muodostaa salatun yhteyden laitteiden välille. VPN:än tärkein toiminnallinen ominaisuus on etähallinta-protokolla, koska se kuljettaa kaikki verkkopaketit julkisen verkon lävitse. Yhtenä etähallinta-protokollan ominaisuutena on koteloida TCP/IP-paketti ja kuljettaa se määränpäähän. (Palmer 2012, 327.)



KUVIO 1. VPN-yhteys (HowStuffWorks 2015)

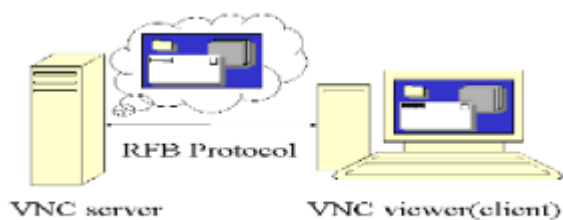
VPN-salauksen vahvuus riippuu käytettävästä tunnelointiprotokollasta. Yksi käytetyin tunnelointiprotokolla on Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP),

joka käyttää eri autentikointimenetelmiä etäkoneen tunnistamiseksi. L2TP-protokollan kanssa käytetään usein IP Security Architecture (IPsec) -sovellusta. IPsec:n tarkoituksena on salata Internet Protocol (IP) -verkkoliikenne, ja laitteiden tunnistamiseen sovellus käyttää autentikointisertifikaatteja. (Palmer 2012, 328.)

2.3.1 VNC

Virtual Network Computing eli VNC on avoimeen lähdekoodiin perustuva etätyöpöytäsovellus, jonka avulla saadaan toisen työaseman työpöytänäkymä verkon yli omalle työasemalle. VNC perustuu RFB-protokollaan, joka kehitettiin vuonna 1998 Cambridgen yliopiston ja AT&T-yhtiön toimesta. (Iskander, Kapila & Karim 2010, 159.)

VNC rakentuu kahdesta osasta, jotka ovat asiakas- ja palvelinsovellus sekä niiden välissä toimivasta remote framebuffer (RFB) -protokollasta (kuvio 2). Palvelinsovellus asennetaan koneelle, jonka työpöytää halutaan etänä käyttää. Asiakassovellus asennetaan laitteeseen, jolla halutaan muodostaa etätyöpöytäyhteys. Asiakassovellus on käyttöjärjestelmästä riippumaton sovellus, jolloin se on mahdollista asentaa esimerkiksi puhelimeen. (Iskander, Kapila & Karim 2010, 159.)



KUVIO 2. VNC-yhteys (Iskander, Kapila & Karim 2010, 159.)

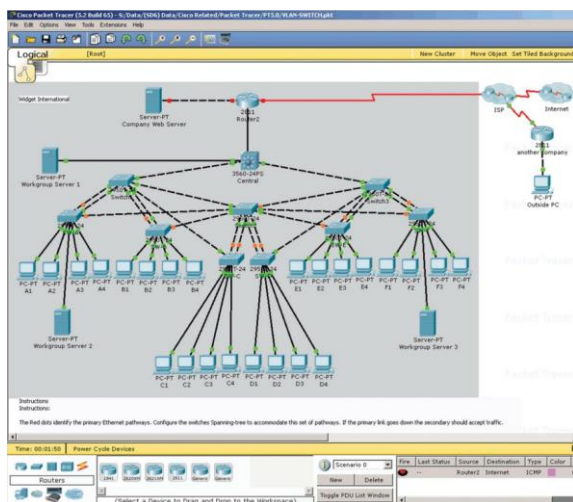
Palvelinsovelluksella on kaksi keskeistä toimintoa, jotka ovat työpöydän kaappaus ja etähallinta. Työpöydän kaappaus monitoroi työpöydällä tapahtuvia muutoksia ja tallentaa ne puskurimuistiin. Kun asiakassovellus lähettää pyynnön palvelimelle työpöydällä tapahtuvasta muutoksesta, niin palvelin vertaa vastaanotettua dataa puskurimuistin dataan ja lähettää

työpöydällä tapahtuneet muutokset asiakassovellukseen. Etähallinnan tehtävänä on käsitellä ja suorittaa kaikki asiakassovelluksesta tulevat komentoviestit, kuten esimerkiksi näppäinpainallukset. (Iskander, Kapila & Karim 2010, 159.)

2.3.2 Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer ei ole etäkäyttösovellus, mutta se mahdollistaa etäkäytön sekä eri verkkoympäristöjen simuloimisen. Sovelluksen avulla opettajat voivat demonstroida eri verkkoympäristöjä oppilaille ja opiskelijat voivat tehdä Cisco Networking Academyn laboratorioharjoituksia paikasta ja ajasta riippumatta. Packet Tracerin avulla opiskelijat voivat ymmärtää ja oppia suurienkin verkkoympäristöjen toiminnan. (Cisco 2010.)

Packet Tracerin avulla voidaan muodostaa lähes rajaton määrä eri verkkoympäristöjä. Sovelluksen ominaisuuksiin kuuluu kaksi eri verkon esittämistapaa, jotka ovat looginen topologia ja fyysinen laitenäkymä. Loogisessa topologia näkymässä laitteet voidaan asettaa, kytkeä ja ryhmitellä haluamiin paikkoihin (kuvio 3). Laitteet voidaan sulauttaa yhdeksi verkkoympäristöpilveksi, jolla voidaan simuloida esimerkiksi operaattoria. Packet Tracer tukee monia eri laitteita, joita ovat useat eri Ciscon reitittimet, kytkimet, ja muita laitteita, kuten palomuurit, serverit ja päätelaitteet. (Cisco 2010.)



KUVIO 3. Packet Tracer looginen topologia (Cisco 2010)

Fyysisessä laitenäkymässä nähdään verkonlaitteet fyysisessä muodossa, jolloin käyttäjä pystyy näkemään laitteiden toiminnan samalla tavalla kuin oikeassa laiteympäristössäkin (kuvio 4). Laitteiden konfigurointi onnistuu komentorivinäkymässä, jolloin käyttäjä pystyy konfiguroimaan laitteet samalla tavalla kuin oikeat fyysiset laitteetkin. Sovelluksessa voi myös käyttää eri laitemoduuleja reitittimissä ja kytkimissä verkkoympäristön vaatimuksien mukaan. (Cisco 2010.)



KUVIO 4. Fyysinen laitenäkymä (Cisco 2010)

Packet Tracer tukee useita eri protokollatyyppejä. Tuetut protokollat mahdollistavat kattavan kokonaisuuden eri verkkoympäristöjen toteuttamiseksi (taulukko 1). VPN-protokollien ansiosta käyttäjä voi esimerkiksi simuloida etäkäytön toimivuutta eri verkkoympäristöissä. (Cisco 2010.)

TAULUKKO 1. Packet Tracerin tukemat protokollat (Cisco 2010)

Layer	Cisco Packet Tracer Supported Protocols
Application	<ul style="list-style-type: none"> FTP, SMTP, POP3, HTTP, TFTP, Telnet, SSH, DNS, DHCP, NTP, SNMP, AAA, ISR VOIP, SCCP config and calls ISR command support, Call Manager Express
Transport	<ul style="list-style-type: none"> TCP and UDP, TCP Nagle Algorithm & IP Fragmentation, RTP
Network	<ul style="list-style-type: none"> BGP, IPv4, ICMP, ARP, IPv6, ICMPv6, IPSec, RIPv1/v2/ng, Multi-Area OSPF, EIGRP, Static Routing, Route Redistribution, Multilayer Switching, L3 QoS, NAT, CBAL, Zone-based policy firewall and Intrusion Protection System on the ISR, GRE VPN, IPSec VPN
Network Access/Interface	<ul style="list-style-type: none"> Ethernet (802.3), 802.11, HDLC, Frame Relay, PPP, PPPoE, STP, RSTP, VTP, DTP, CDP, 802.1q, PAgP, L2 QoS, SLARP, Simple WEP, WPA, EAP

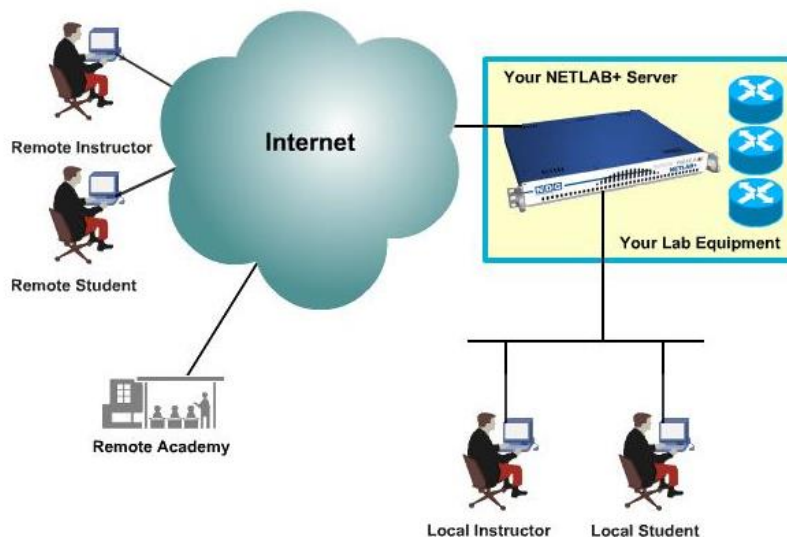
Packet Tracer -sovellukseen kuuluu myös reaaliaikainen- ja simuloitu näkymä. Reaaliaikaisessa näkymässä nähdään laitteiden toiminta niin kuin todellisessa laiteympäristössä. Simuloidussa näkymässä voidaan nähdä verkonliikenne laitteiden välillä, jolloin pystytään helpommin ymmärtämään verkkolaitteiden välinen viestintä ja samalla selvittämään mahdolliset ongelmatilanteet. (Cisco 2010.)

3 NETLAB+

3.1 Järjestelmän toimintaperiaate

NETLAB+ on Network Development Groupin (NDG) kehittämä internet-pohjainen etäyhteysjärjestelmä, jonka avulla koulut ja yliopistot voivat isännöidä oikeita laitteita, virtuaalikoneita ja eri verkkoympäristöjen oppikursseja. NETLAB+ tarjoaa kaiken tarvittavan ohjelmiston ja ympäristön, ja näiden avulla oppilaat voivat määrittää haluamansa ajan ja paikan eri verkkoympäristöjen, kuten esimerkiksi Ciscon labratehtävien harjoitteluun ja suorittamiseen. (NDG 2015k.)

NETLAB+:n käyttö tapahtuu Internetin välityksellä, joko paikallisesti tai etänä (kuvio 5). Jokaisella käyttäjällä on oma käyttäjätunnus, jolla kirjaudutaan järjestelmään selainta käyttäen (NDG 2008, 4). NETLAB+:n serveri tulee valmiiksi asennettuna, jolloin asiakkaalta ei vaadita tietämystä UNIX-järjestelmistä, web-ohjelmistoista tai muista järjestelmähallintaan liittyvistä toimenpiteistä. NETLAB+ -palvelin sisältää web-pohjaisen ohjelmiston, jonka avulla hallitaan eri laboratorioympäristöjä, Ciscon reitittimiä, kytkimiä, palomureja ja työasemia. NETLAB+ käyttää työasemien etäkäyttöön VNC-sovellusta, joka mahdollistaa näppäimistön ja hiiren käytön sekä työpöydän hallinnan. Kaikki laboratorio- ja tukilaitteet ovat kytkettynä NETLAB+:n serveriin, jolloin ne eivät näy suoraan ulkomaailmaan. (NDG 2009, 3, 54.)



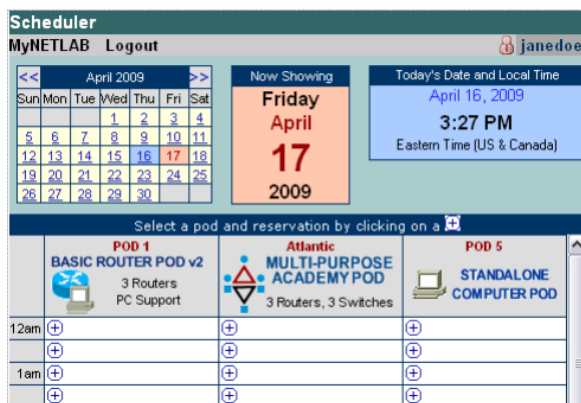
KUVIO 5. NETLAB+ etäyhteysjärjestelmä (NDG 2009, 4)

NETLAB+ sisältää monia labraharjoitusympäristöjä, näistä muun muassa Ciscon, VMwaren, EMC:n, Linux Professional Insituten (LPI) ja Cyber Securityn labraympäristöt. Ciscon labraympäristö käsittää muun muassa Cisco Certified Network Associaten (CCNA) ja Cisco Certified Network Professionalin (CCNP) sisältämät harjoitukset ja topologiat. VMwaren labraympäristö pitää sisällään vSphere-asennuksen, konfiguroinnin ja hallinnan. Cyber Security sisältää tietoturva-aiheisia labraharjoituksia esimerkiksi Linux- ja Windows-koneilla. (NDG 2015k.)

NETLAB+ on saatavilla Academy Edition- (AE) ja Professional Edition (PE) -lisensseillä. AE on vuosimaksullinen lisenssi, joka sisältää vuosittaisen tukipalvelun järjestelmälle ja ohjelmistopäivitykset, jotka korjaavat eri ohjelmisto-ongelmia ja takaavat uusien laitteiden yhteensopivuuden tekniikan kehittyessä. PE on kalliimpi kertamaksullinen lisenssi, joka on tarkoitettu suuremmille käyttäjämäärille, sekä tuettu käyttäjä- ja laitemäärä on PE-lisenssissä suurempi. Vuosittainen tukipalvelu ja ohjelmistopäivitykset ovat saatavilla PE-lisenssillä vapaaehtoisella vuosimaksulla. (NDG 2015k.)

Laboratorioharjoitusten ja laitteiden käyttö vaatii kirjautumisen NETLAB+ -järjestelmään sekä ajanvarauksen tekemisen halutulle laboratorioympäristölle eli podille. Ajanvarauksen voi tehdä yksi, useampi

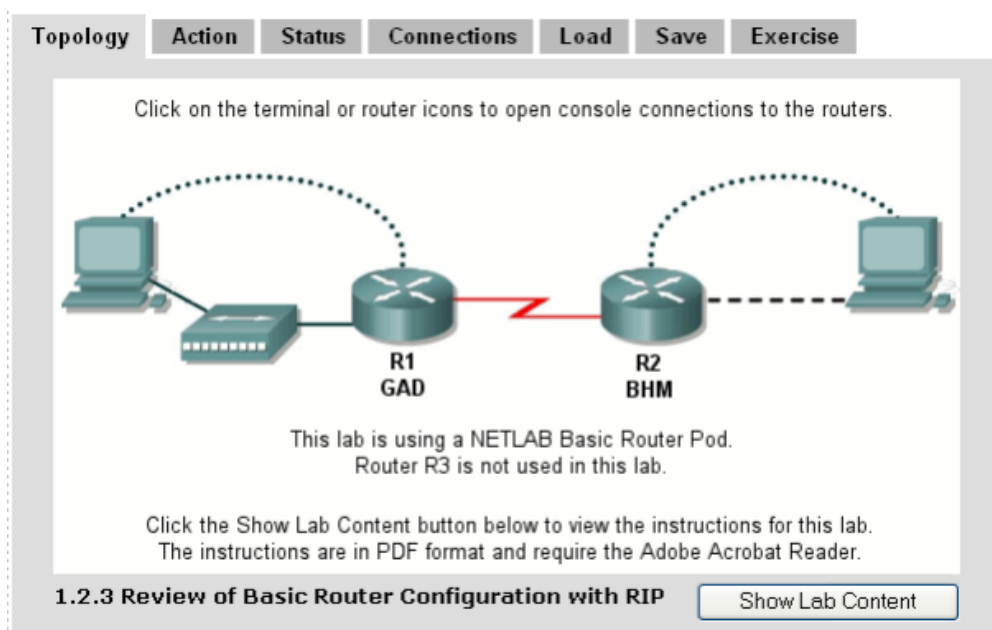
henkilö tai tiimi, ja varauksien määrä samalle ympäristölle ja ajalle riippuu podien määrästä (kuvio 6). Tämän jälkeen käyttäjä voi konfiguroida laitteita ja suorittaa laboratorioharjoituksia. (NDG 2008, 4, 14 - 18.)



KUVIO 6. Ajanvaraus (NDG 2010, 9)

NETLAB+:-ssa verkkotopologiat ovat podeja, jotka sisältävät laboratoriolaitteita, ja podit toimivat laboratorioharjoitusten yhteydessä. Podit ovat looginen ryhmä laitteita, jotka ovat fyysisesti kiinni toisissaan, ja podeja voidaan varata ajanvarausnäköymästä. Jokainen podi toimii erillään muista podeista vaikuttamatta toisiinsa. (NDG 2009, 8.)

Laboratoriolaitteiden käyttö tapahtuu selaimella. Selain-ikkunassa on seitsemän välilehteä, joista ensimmäinen on topologia-välilehti. Topologia-välilehdessä konfiguroidaan laitteet ja tarkastellaan labran materiaali (kuvio 7). Action-välilehdessä voidaan topologian laitteet käynnistää, sammuttaa, palauttaa salasana tai resetoida laite alkuperäiseen tilaan. Status-välilehti sisältää laitteiden senhetkisen tilan. Connections-välilehti pitää sisällään laitteisiin kytkeytyneet käyttäjät. (NDG 2009, 12 - 16.)

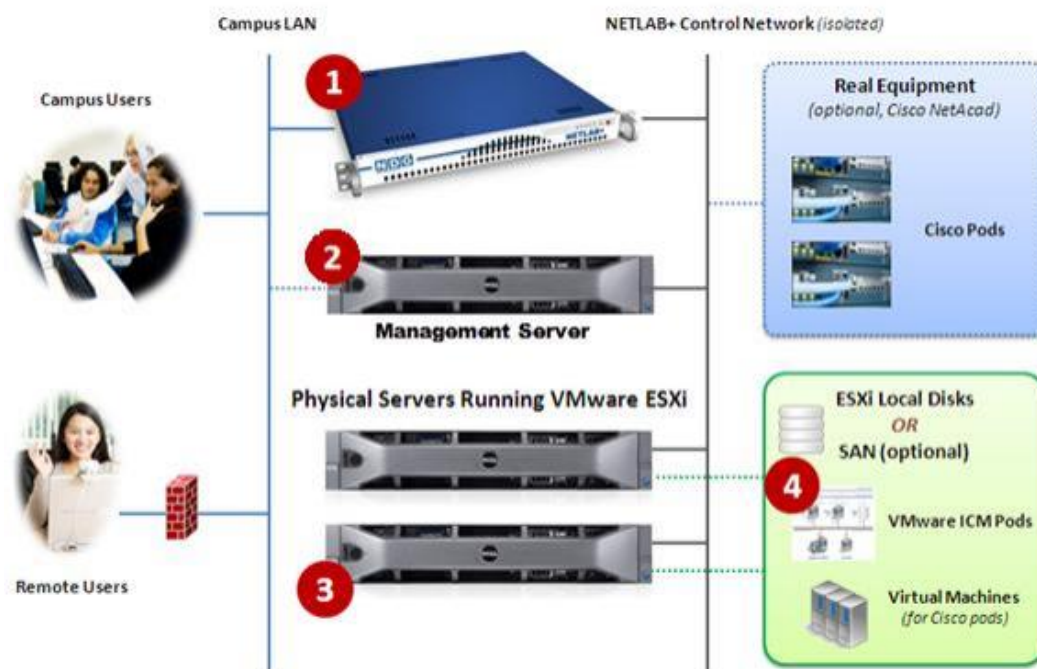


KUVIO 7. Labra harjoituksen topologia (NDG 2009, 12)

Käyttäjä voi tallentaa tehdyt muutokset save-välilehden kautta tai ladata aikaisemman konfiguraation load-välilehden kautta. Exercise-välilehdeltä käyttäjä voi ladata toisen laboratorioharjoituksen. Verkkolaitteet ja pc:t resetoituvat ja konfiguroituvat uudestaan jokaisen ajanvarauksen jälkeen automaattisesti, jolloin seuraava käyttäjä pääsee työskentelmään samoilla laitteilla ilman ongelmia. (NDG 2009, 16 - 18.)

3.2 NETLAB+ -verkon rakenne

NETLAB+ -verkon rakenne koostuu minimissään NETLAB+ -palvelimesta, hallintaan tarkoitettusta VMware vCenter -palvelimesta ja yhdestä tai useammasta VMware ESXi host -isäntälaitteesta (kuvio 8). Järjestelmään vaaditaan hallintalaitteet sekä laboratoriolaitteet, jos järjestelmällä on tarkoitus tehdä Ciscon laboratorioharjoituksia. (NDG 2015h.)

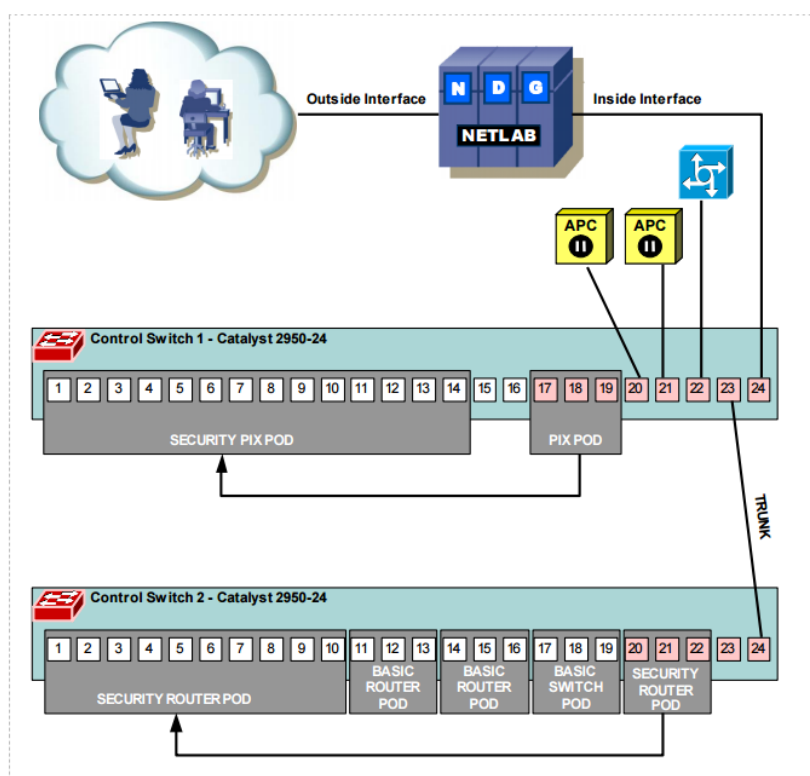


KUVIO 8. NETLAB+:-n rakenne (NDG 2016i, 7)

NETLAB+ -serveri hoitaa kaiken NETLAB+:-aan kuuluvat toiminnot ja sisältää tarvittavan ohjelmiston ja käyttöliittymän valmiiksi asennettuna (NDG 2015k). VMware vCenter -palvelimen avulla hallitaan asennettuja ESXi host -laitteita ja monitoroidaan järjestelmään kytkettyjä fyysisiä- ja virtuaalisia laitteita. Palvelin sisältää vCenter-hallintasovelluksen ja tietokannan virtuaalikoneista. ESXi host -laitteita voi kytkeä järjestelmään useampia, ja nämä sisältävät kaikki virtuaalikoneita. ESXi-palvelimia ei toimiteta NETLAB+:-n mukana, vaan palvelimet on hankittava ja asennettava ohjelmistoinen erikseen. (NDG 2015i.)

NETLAB+ -järjestelmällä voidaan käyttää myös oikeita fyysisiä laboratoriolaitteita, kuten Ciscon reitittimiä ja kytkimiä. Tämä vaatii järjestelmään liitettäviä ohjauslaitteita, jotka ovat laitteiden hallintaan tarkoitettu kontrollikytkin (control switch), konsolihjauspalvelin (access server) ja laitteiden virranhallintaan tarkoitettu virranjakoyksikkö (PDU). Kontrollilaitteet konfiguroidaan NETLAB+:-n toimesta, eikä käyttäjä itse niitä pysty hallitsemaan. (NDG 2015j.)

Kontrollikytkin toimii NETLAB+ -serverin ja labralaitteiden välillä, ja niitä voi olla järjestelmässä useita riippuen podien määrästä. Kontrollikytkimien porttien määrä on olennainen asia järjestelmää suunniteltaessa, sillä podit vievät tietyn määrän kytkimen porteista ja samalla kytkimeen on varattava tietty määrä portteja. Varattuihin portteihin liitetään NETLAB+ -serveri ja muut ohjauslaitteet. Varattuja portteja voidaan tarvita myös virtuaalikoneiden etäkäyttöön podissa, ja tällöin podi varaa tietyn määrän portteja kytkimestä etäkäyttöä varten. NETLAB+ määrittelee automaattisesti podeille VLAN-verkon eli virtuaalisen lähiverkon podin topologian mukaan, jolloin jokainen podi toimii omana verkkoympäristönään. (NDG 2011, 30 - 33.)



KUVIO 9. Kontrollikytkinesimerkki (NDG 2011, 35)

Kuvio 9 tapauksessa on valittu käytettäväksi kaksi Ciscon 24-porttista kytkintä toimimaan kontrollikytkiminä, kaksi PDU-yksikköä, konsoliohjauspalvelin ja viisi eri podia. Oikeiden laitteiden määrä ja tarvitsemat portit riippuvat käytetystä podista, ja esimerkissä nähdään, että security router-podi tarvitsee 10 porttia kytkimeltä ja varaa laitteiden lisäksi yhteensä 3 porttia virtuaalikoneiden etäkäyttöä varten.

Useampia kontrollikytkimiä käytettäessä tarvitaan trunk-portit, joissa kytkimet välittävät VLAN-tiedot. Konsoliohjauspalvelin mahdollistaa konsolinäkymän podissa oleville reitittimille ja kytkimille. Yksiköitä voi olla tarvittaessa enemmän riippuen hallittavien laitteiden määrästä. Jokaiselle oikealle laitteelle tarvitaan myös virranhallintaan PDU-laite, joiden avulla laitteet voivat käynnistä uudelleen NETLAB+ automaattisten toimintojen jälkeen. PDU:n avulla käyttäjät voivat laboratorioharjoituksissaan sammuttaa ja resetoida laitteita tarpeen mukaan, lisäksi laitteet sammuvat automaattisesti podivarausten loputtua. (NDG 2011, 30 - 35.)

3.2.1 VMware ESXi ja vCenter

VMware ESXi on virtualisointialusta virtuaalikoneille eli virtualisointipalvelin. ESXi ei sisällä itsessään virtuaalikoneiden hallintaan mahdollistavaa sovellusta. Tämän takia kaikki virtuaalikoneet käyttöjärjestelmineen asennetaan ESXi-isäntäpalvelimelle vSphere client -hallintasovelluksella tai vCenter-palvelimella. vSphere client -hallintasovellus asennetaan erilliselle tietokoneelle, jonka avulla yhteys ESXi-isäntäpalvelimeen muodostetaan. Client-sovelluksella voidaan asentaa ja hallita kaikkia yhdellä ESXi-isäntäpalvelimellä sijaitsevia virtuaalikoneita. (MustBeGeek 2012.)

vCenter-palvelin on keskitetty hallintasovellus, joka asennetaan erilliselle palvelimelle, kuten esimerkiksi Windows- tai Linux-palvelimelle. vCenterin avulla voidaan hallita keskitetysti useampaa ESXi-isäntäpalvelintä ja virtuaalikonetta. Hallinta tapahtuu muodostamalla yhteys vCenter-palvelimeen vSphere client -hallintasovelluksella, minkä jälkeen voidaan hallita useita ESXi-palvelimia ja niillä olevia virtuaalikoneita. vCenterin etuna on myös virtuaalikoneiden kloonaamisen mahdollisuus, joka ei onnistu pelkästään ESXi:tä ja vSphere clientiä käyttämällä. (MustBeGeek 2012.)

3.2.2 Virtuaalikoneiden ominaisuudet

Virtuaalikoneet sijaitsevat VMwaren ESXi-palvelimella, josta ne voidaan NETLAB+ -järjestelmän avulla tuoda ja määrittää käyttäjän haluamiin asetuksiin. Virtuaalikoneille voidaan määrittellä sen käyttämä käyttöjärjestelmä, rooli ja fyysinen isäntälaitte. Rooleja on neljä erilaista, ja ne ovat toiminnaltaan seuraavanlaiset:

- Master-rooli on virtuaalikoneen juuri, josta tehdään klooneja podeja varten.
- Normal on virtuaalikone, jota käytetään podeissa, ja se palautuu alkuperäiseen tilaan jokaisen laboratoriotyön jälkeen.
- Persistent-roolin avulla virtuaalikone säilyttää siihen tehdyt muutokset eri laboratoriotöiden välissä, eikä se palaudu alkuperäiseen tilaan, ellei käyttäjä erikseen niin halua.
- Template-rooli on virtuaalikone, joka toimii pohjana tuleville virtuaalikoneille eikä sitä tällöin voi muokata, käynnistää tai valita podeille käytettäväksi.

NETLAB+ -järjestelmällä voidaan myös kloonata virtuaalikoneita. Kloonaamisen ansiosta samoja virtuaalikoneita ei tarvitse luoda vCenterissä useita vaan yhdestä koneesta voidaan luoda useita samanlaisia virtuaalikoneita. Kloonatulle virtuaalikoneelle voidaan määrittää snapshot, joka mahdollistaa kloonatun koneen palautumisen alkuperäiseen tilaan joko käyttäjän toimesta tai laboratorioharjoituksen loputtua. (NDG 2013, 12 - 17.)

Virtuaalikoneen klooni voi olla linkitetty tai täydellinen, ja näiden ominaisuudet ovat seuraavanlaiset:

- Linkitetty klooni jakaa resurssit alkuperäisen koneen kanssa, jolloin klooin tekeminen on nopeampaa ja tiedostomuutokset kloonissa tai alkuperäisessä koneessa eivät vaikuta toisiinsa. Linkitys vaatii jatkuvan yhteyden alkuperäiseen koneeseen, muuten klooni ei voi toimia.

- Täydellinen kloonin on täysin itsenäinen virtuaalikone, eikä se ole riippuvainen alkuperäisestä koneesta. Kloonin tekeminen on hitaampaa verrattuna linkitettyyn kloonin, koska kloonille tehdään oma virtuaalinen kiintolevy.

3.3 NETLAB+ -järjestelmän hallinta

NETLAB+ -järjestelmän hallinta on kokonaan web-pohjainen, joten erillistä ohjelmistoa ei tarvita. Hallintasivu mahdollistaa järjestelmän ylläpitäjän valvoa ja ylläpitää NETLAB+ -palvelinta ja järjestelmään muita kuuluvia laitteita (NDG 2014, 6). Hallintasivu sisältää useita toiminnallisuuksia, joita ovat esimerkiksi järjestelmälokien tarkastaminen, ohjelmistoversion päivitykset, käyttäjätilien ja ryhmien luonti, podien asennukset ja niiden hallinta (kuvio 10).



KUVIO 10. NETLAB+:n hallintasivu (NDG 2014, 8)

Hallintasivu sisältää useita työkaluja järjestelmän valvontaan ja hallintaan. Tärkeimpiä työkaluja NETLAB+ -järjestelmässä ovat luokkien,

hallintalaitteiden, podien ja virtuaalikoneiden hallintasivut. Luokat sijaitsevat Manage Classes -välilehdellä, jonka avulla voidaan määrittellä halutut oppilaat ja tiimit eri laboratorioskursseja varten sekä luokille aloitus- ja lopetuspäivät (NDG 2014, 55). Equipment Pods -välilehti sisältää NETLAB+ -järjestelmän podit, ja täältä voidaan hallita, lisätä ja poistaa podeja (NDG 2014, 112 - 113). Hallintalaitteita voidaan määrittellä Control Devices -välilehdeltä (NDG 2014, 149). Virtuaalikoneiden hallinta tapahtuu Virtual Machine Inventoryn kautta, joka sijaitsee Virtual Machine Infrastructure -välilehdellä. Täällä sijaitsevat kaikki VMware ESXi -palvelimilta tuodut virtuaalikoneet (NDG 2013, 12).

4 NETLAB+:N TUKEMAT YMPÄRISTÖT JA OMINAISUUDET

4.1 NETLAB+:n ympäristöt

NETLAB+ -järjestelmä on tarkoitettu helpottamaan IT-harjoittelua, ja se sisältää sitä varten kattavan määrän eri IT-ympäristöjä edistämään oppilaan oppimista. NETLAB+ kattaa muun muassa tietoverkko-, virtualisointi-, tiedontallennus- ja tietoturvaympäristöt.

Network Development Group tekee yhteistyötä useiden IT-yritysten kanssa (kuvio 11). Tämä mahdollistaa esimerkiksi VMwaren kattavan virtualisointiopiskelu ympäristön ja Cisco Networking Academyn laboratorioharjoitukset NETLAB+ -järjestelmälle. Näiden lisäksi tuettuja ympäristöjä ovat muun muassa EMC Academic Alliance, Linux Professional Institute ja Red Hat Academy. (NDG 2016e.)



KUVIO 11. Yhteistyö kumppanit (NDG 2015)

4.2 VMware IT Academy Program

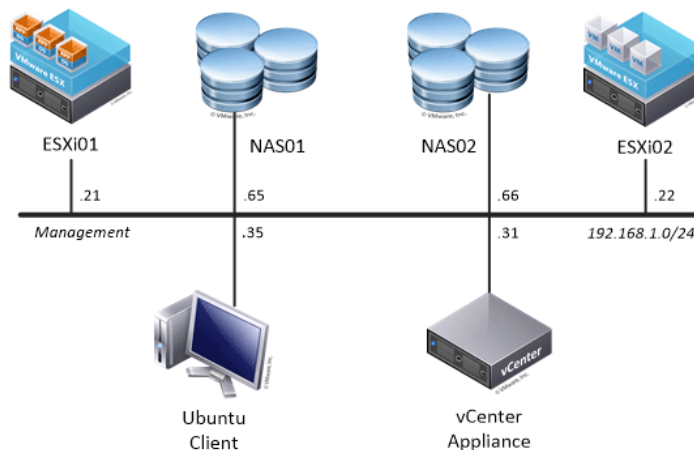
VMware IT Academy Program on VMwaren suunnittelema ja toteuttama opiskelu ympäristö oppimiskäyttöön. Ympäristön tarkoituksena on perehdyttää opiskelijoita VMwaren virtualisointitekniikoihin ja varustaa opiskelijat laitteistojen ja ohjelmistojen teknisellä osaamisella. VMware tekee yhteistyötä useiden oppilaitosten kanssa, ja opiskelijan on mahdollista suorittaa oppilaitoksissa VMware:n sertifikaatteja työelämää varten. (VMware 2016.)

Fyysisiä laitteita käytettäessä VMware IT Academy Program -opiskelu ympäristö on kallista toteuttaa sen vaatimien laitteistojen takia. NETLAB+:n ansiosta ympäristö toteutetaan kokonaan virtuaalisena, jolloin siitä saadaan hyvin skaalautuva sekä edullisempi toteuttaa. Fyysisten

laitteiden sijaan kaikki laitteet toimivat virtuaalisina useamman sisäkkäisen ESXi-palvelimien sisällä, jolloin saadaan useita pödeja yhtä fyysistä laitetta kohdin. (NDG 2016d.)

NETLAB+ tukee kattavan määrän VMwaren kehittämiä laboratorioskursseja. Tuettuina ovat uusin vSphere Install, Configure, Manage 6.0 (ICM) -laboratorioskurssi ja lisäksi vanhemmat ICM-kurssit. Mukana ovat myös vSphere Optimize and Scale 6.0- (O&S), VMware Certified Associate - Data Center Virtualization 6.0- (VCA-DVC), Cloud Infrastructure and Services- (CIS) ja View ICM 5.1 -kurssit. (NDG 2016g.)

vSphere ICM -labrat käsittävät käytännön harjoittelun VMware vSpheren asennusta, konfigurointia ja hallintaa varten käyttäen useita järjestelmän toimintoja ja ominaisuuksia (NDG 2016l). O&S 6.0 -labra keskittyy suuren ja skaalautuvan virtuaaliinfrastruktuurin konfigurointiin ja ylläpitoon (NDG 2016m). VCA-DVC on EMC:n yhdessä toteutettu labraympäristö, joka tarjoaa virtualisointi- ja pilvi-infrastruktuurin konseptin ja pääperiaatteen (kuvio 12). Perusajatuksena labralla on saada käsitys klassisen datakeskuksen siirtymisestä virtuaaliseksi ja siitä pilveksi. (NDG 2016k.)



KUVIO 12. VCA-DVC labratopologia (NDG 2016k)

4.3 EMC Academic Alliance

EMC Academic Alliance on EMC:n toteuttama koulutusympäristö, jonka tarkoituksena on opettaa ja kehittää opiskelijoita pilvitetöjen käsittelyyn, suurien datamäärien analysointiin, tietojen varastointiin ja hallintaan sekä varmuuskopiointijärjestelmiin. Koulutusympäristö auttaa opiskelijaa ymmärtämään eri tallennusympäristöt, niin fyysiset kuin pilviratkaisutkin, ja täten saamaan hyvän tietotaidon työelämää varten. (EMC 2016.)

NETLAB+ sisältää CIS- ja Information Storage and Management (ISM) -koulutusympäristöt. Näistä CIS-labra pitää sisällään yhteensä yhdeksän labraharjoitusta. Neljä ensimmäistä käsittää Redundant Array of Independent Disks (RAID) -levyjärjestelmien perusteet, blokki- ja tiedostotason varastoinnin, varmuuskopioinnin ja palautuksen käsitteet sekä tiedostojärjestelmien monistamisen. Loput harjoituksista ovat VMwaren yhdessä toteutettuja labraympäristöjä. (NDG 2016b.)

ISM-koulutusympäristön tarkoituksena on esitellä SAN-teknologian pääpiirteet ja konseptit, jotka mahdollistavat EMCISA-sertifikaatin suorittamisen. Kaikki ISM-labrat ovat virtualisoituja, jolloin saadaan useita nodeja NETLAB+ -järjestelmään yhtä fyysistä laitetta kohti. ISM-labroja ovat esimerkiksi tiedontallennuksen perusteet, RAID-, Logical Unit Number- (LUN) ja Small Computer System Interface (SCSI) -teknologiat ja tietovaraston hallinta. (NDG 2016a.)

4.4 Red Hat Academy

Red Hat Academy on Red Hatin kehittämä koulutusympäristö kouluille ja yliopistoille. Ympäristö pitää sisällään käytännön harjoituksia, oppikursseja, labratehtäviä ja suorituskykyyn pohjautuvia testejä. Koulutusympäristön tarkoituksena on saada opiskelijoista Linux-järjestelmien asiantuntijoita. Tällä hetkellä Red Hat -koulutuksia pidetään Pohjois-Amerikassa ja valituissa EU- ja Aasian maissa. (Red Hat 2016.)

Red Hat Academy on hiljattain NETLAB+ -järjestelmään lisätty koulutusympäristö. Ympäristö käsittää useita kymmeniä

laboratoriokursseja, mutta tällä hetkellä NETLAB+ sisältää yhden laboratoriokurssin nimeltä Red Hat System Administration I. Jotta laborioriharjoituksia voidaan suorittaa NETLAB+:ssa, niin koulun tai yliopiston täytyy olla osallistunut Red Hat Academy -ohjelmaan. Tulevaisuudessa on tulossa vielä viisi kurssia lisää täydentämään NETLAB+:n Red Hat -laboratoriokurssien määrää. Tulevat kurssit sisältävät harjoituksia Linux-järjestelmien, OpenStack-järjestelmän ja JBoss-sovelluksen käyttöön ja ylläpitoon. (NDG 2016h.)

Red Hat System Administration I (RH124) on laboratoriokurssi opiskelijoille, jotka haluavat tutustua ja oppia täysaikaisiksi Linux-järjestelmien ylläpitäjiksi. Kurssi on tarkoitettu niille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta Linux-järjestelmistä. Kurssi pitää sisällään esimerkiksi eri komentokehoteharjoituksia, dokumenttien luontia, todennustapojen käyttöä, lokien tarkastelua, tiedostojen ja tiedostojärjestelmien käsittelyä. (NDG 2016j.)

4.5 Cyber Security

Cyber Security on NDG:n kehittämä kyberturvallisuus koulutusympäristö NETLAB+:lle. Ympäristö sisältää NDG:n omaa kehittyneen NDG Ethical Hacking -laboratoriokurssin. Kurssin tavoitteena on oppia eri hakkerointimenetelmiä ja sitä kautta tunnistamaan ja puolustautumaan mahdollisilta hyökkäyksiltä. Kurssi sisältää esimerkiksi metasploitin käyttöä, salasanojen murtamista, SSL-sertifikaattien luontia ja eri takaporttien löytämistä. (NDG 2016c.)

NETLAB+ sisältää viisi The National Information, Security & Geospatial Technologies Consortiumin (NISGTC) yhteistyöllä tehtyjä laboratoriokursseja. Kurssit ovat Python Security, Security+, Network Security, Forensics ja Ethical Hacking. Python Security keskittyy Python-ohjelmointikieleen ja turvalliseen ohjelmointiin. Security+ sisältää laajan alueen eri kyberturvallisuusharjoituksia, joista esimerkkinä turvallisen langattoman verkon pystyttäminen, eri hyökkäysten analysointi ja tietoturvaauhkien löytäminen. Network Security -kurssin tarkoituksena on

perehdyttää opiskelija eri verkkoprotokollien ja palomuurien konfigurointiin. Forensics-kurssilla tutustutaan tiedon keräämiseen ja analysointiin eri tiedostojärjestelmistä ja lokeista. Ethical Hacking -kurssi on eri hakkerointitapojen oppimista ja hyökkäysten tunnistamista. (NDG 2016f.)

CompTIA Security+ V1, V2 ja Security Awareness kurssit ovat CSSIA:n yhteistyönä tehtyjä laboratoriokursseja. CompTIA Security+ V1 ja V2 -kurssien tarkoituksena on tukea niitä opiskelijoita, jotka haluavat suorittaa CompTIA Security+ -sertifikaatin. Labrat sisältävät esimerkiksi verkkoliikenteen kaappaamista, hyökkäysten analysointia ja tietojen salaamista. Security Awareness on tiivistetympi kyberturvallisuus kurssi, joka käsittää datapakettien analysoinnin, tietoturvahkien arvioinnin ja fyysisen tietoturvan. (NDG 2016f.)

4.6 Cisco Networking Academy

Cisco Networking Academy on maailmanlaajuinen koulutusohjelma, joka tarjoaa opiskelijoille kattavat tietoliikenneteknologian valmiudet työelämää varten. Koulutusohjelma tarjoaa useita tietoliikennetekniikkaan, tietoturvaan ja pilvitekologiaan liittyviä laboratoriokursseja. Koulutusohjelmassa on mahdollista suorittaa Ciscon sertifikaatteja eri kursseista, joita arvostetaan työelämässä ympäri maailman. (Netacad 2016b.)

NETLAB+ sisältää IT Essentials-, kaksi CCNA- ja yhden CCNP-koulutusohjelman, joista CCNA ja CCNP käsittävät useita eri laboratoriokursseja (NDG 2015d). Koulutusohjelmat on jaettu osaamisen mukaan aloittelijoista edistyneisiin osaajiin. NETLAB+:n tukemat koulutusohjelmat ovat seuraavanlaisia:

- Aloittelijoille suunnattu IT Essentials -koulutusohjelma pitää sisällään yhden IT Essentials V5 -laboratoriokurssin. Kurssin tavoitteena on perehdyttää opiskelija tietokoneen rauta- ja ohjelmistotekniikkaan. Aihealueita kurssilla on esimerkiksi

tehtävienhallinnan käyttöä, sovellusten asentamista, käyttäjien luontia ja verkkolevyjen luontia.

- CCNA Routing and Switching -koulutusohjelma sisältää seitsemän kurssia, jotka perehdyttävät opiskelijan erillaisten tietoliikenneverkkojen luontiin, hallintaan ja ylläpitoon Ciscon verkkolaitteilla. Pää tavoitteena on oppia tuntemaan verkon reititykset, kytkimien toiminta, verkkosovellukset, protokollat ja palvelut.
- CCNA Security -koulutusohjelma keskittyy verkon tietoturvalliseen suunnitteluun ja toteutukseen eri verkkolaitteilla. Kurssien sisältönä on esimerkiksi Cisco palomuurien konfigurointia, VPN:n luontia ja eri salausmentelmien käyttöä.

NETLAB+:n avulla Ciscon kurssit voidaan suorittaa etänä oikeita laitteita käyttäen, jolloin opiskelijan on mahdollista tehdä laboratorioharjoituksia ajasta ja paikasta riippumatta. NDG tekee tiivistä yhteistyötä Ciscon kanssa, minkä ansiosta yksi verkkotopologia toimii useiden laboratorioskurssien kanssa mahdollisimman pienellä määrällä verkkolaitteita. Tämän ansiosta koulujen ei tarvitse sijoittaa useisiin kymmeniin verkkolaitteisiin, jotta laboratorioskursseja pystyttäisiin tekemään. (NDG 2015d.)

4.6.1 CCNP Routing And Switching

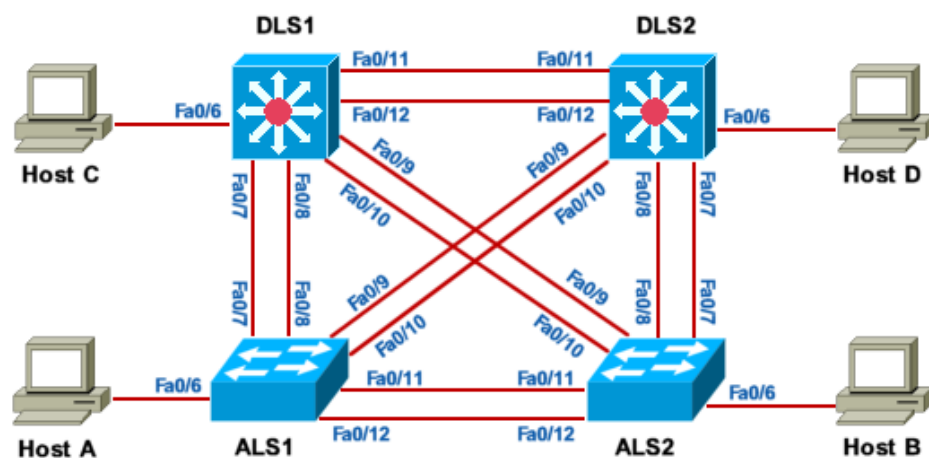
CCNP Routing And Switching -koulutusohjelma perustuu CCNA-koulutusohjelmaan perehdyttäen syvällisemmin kehittyneimpiin reititys- ja kytkinverkkoihin. Koulutusohjelman tavoitteena on pystyä suunnittelemaan ja hallitsemaan monimutkaisia yritysverkkoja. CCNP sisältää CCNP Switch-, Route-, Troubleshoot- ja CVOICE -laboratorioskurssit. (Netacad 2016a.)

NETLAB+ tukee CCNP-koulutusohjelmaa täysin ja sisältää uusimmat siihen kuuluvat laboratorioskurssit. SWITCH V7-laboratorioskurssi keskittyy kytkinverkon vaativampaan konfiguroimiseen. Kurssi sisältää 17 laboratorioharjoitusta, ja siihen sisältyy esimerkiksi Etherchannel,

Spanning Tree, Hot Standby Router Protocolin (HSRP) ja Virtual Router Redundancy Protocolin (VRRP) määrittämiset kytkimille. (NDG 2015b.)

NDG on suunnitellut Cuatro Switch Podin (CSP) Ciscon yhteistyönä, ja tällä voidaan suorittaa 15 harjoitusta kurssista. CSP rakentuu neljästä kytkimestä ja virtuaalikoneesta, ja kytkinten kytkennät toisiinsa ovat kahdennettuja (kuvio 13). Kaksi muuta harjoitusta tehdään Multi-purpose Academy Podilla (MAP). (NDG 2015f.)

LAB TOPOLOGY



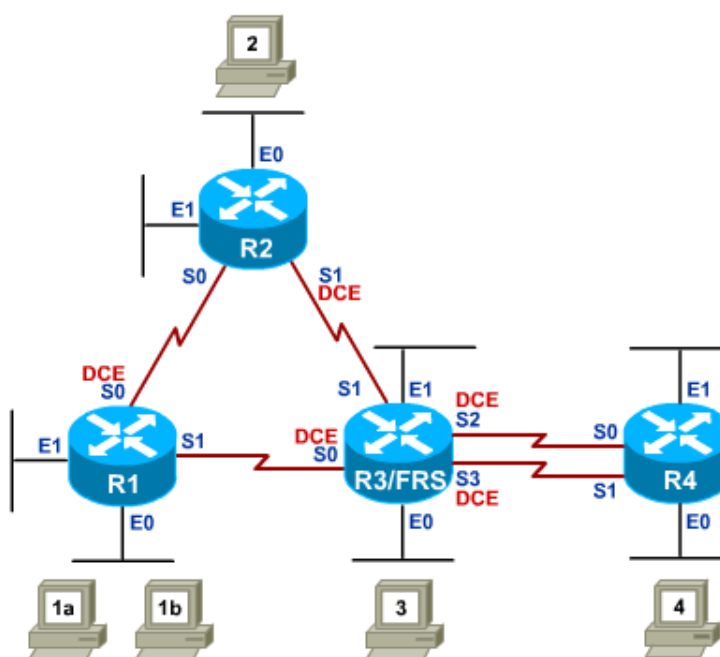
KUVIO 13. CSP-topologia (NDG 2015f)

NETLAB+ sisältää CCNP ROUTE v6- ja v7-kurssit. Ciscon uusin CCNP ROUTE V7 -laboratoriokurssi on tarkoitettu haastavampien reititinverkkojen konfigurointiin ja hallintaan. Kurssi käsittää 22 laboratorioharjoitusta, ja sisältönä ovat esimerkiksi syvällisemmät Enhanced Interior Gateway Routing Protocol- (EIGRP), Open Shortest Path First- (OSPF), Border Gateway Protocol- (BGP) ja Network Address Translation (NAT) -määritykset verkolle. NDG on Ciscon yhteistyönä suunnitellut NETLAB+:lle Cuatro Router Pod (CRP) -podin, jolla voidaan suorittaa kaikki 22 CCNP ROUTE -laboratorioharjoitusta. Vaihtoehtoisesti 15 harjoitusta voidaan tehdä MAP-podia käyttäen. (NDG 2015a.)

CRP-podi on neljästä reitittimestä ja viidestä virtuaalikoneesta koostuva verkko (kuvio 14). Reitittimet on yhdistetty toisiinsa sarjakaapeleilla, ja

kahden reitittimen väli on kahdennettu. CRP-podilla voidaan suorittaa useita harjoituksia eri CCNP- ja CCNA-laboratoriokursseista. NDG suosittelee Ciscon 1941 reitittimiä käytettäväksi CCNP-kursseille ja muille laboratoriokursseille 2801-, 2811- tai 1841-reitittimiä. CRP-podi tukee ainoastaan virtuaalikoneita, joten fyysisiä tietokoneita ei voida käyttää kyseisessä podissa. (NDG 2015e.)

LAB TOPOLOGY



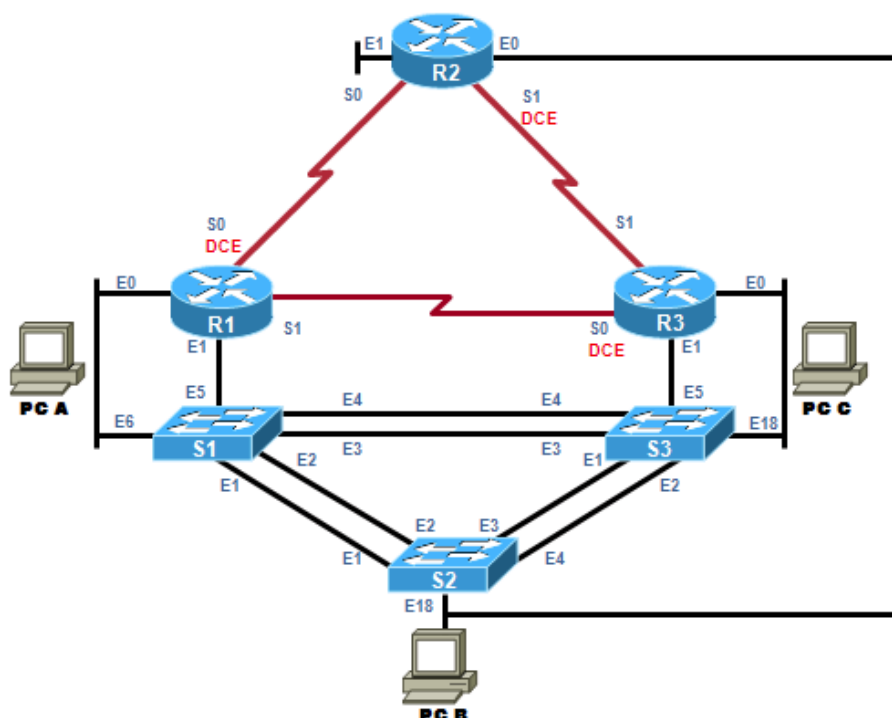
KUVIO 14. CRP-topologia (NDG 2015i)

CCNP TSHOOT -laboratoriokurssi on CCNP-kurssi, joka tehdään kokonaan MAP-podia käyttäen. NETLAB+ sisältää Troubleshoot v6- ja v7-versiot, josta v7 on viimeisin Ciscon laboratoriokursseista. Kurssi käsittää 13 laboratorioharjoitusta, jotka ovat aiheeltaan verkon ongelmien selvitystä ja korjausta. Aiheina ovat esimerkiksi OSPF, EIGRP ja BGP verkko-ongelmat. (NDG 2015c.)

Multi-purpose Academy Pod (MAP) on monipuolinen podi, joka rakentuu kolmesta reitittimestä, kytkimestä ja virtuaalikoneesta (kuvio 15). Podi tukee useita CCNA- ja CCNP-laboratorioharjoituksia, lisäksi CCNA Security- ja CCNP Troubleshoot -kurssit ovat MAP-podille täysin tuettuja.

Laitteistovaatimukset vaihtelevat kurkseittain, ja esimerkiksi CCNP v7 -laboratoriokurssit vaativat MAP-podille uudempia Ciscon 3650 -kytkimiä, jotta harjoitukset toimisivat oikein. (NDG 2015g, 3 – 6.)

LAB TOPOLOGY



KUVIO 15. MAP-topologia (NDG 2015g, 3)

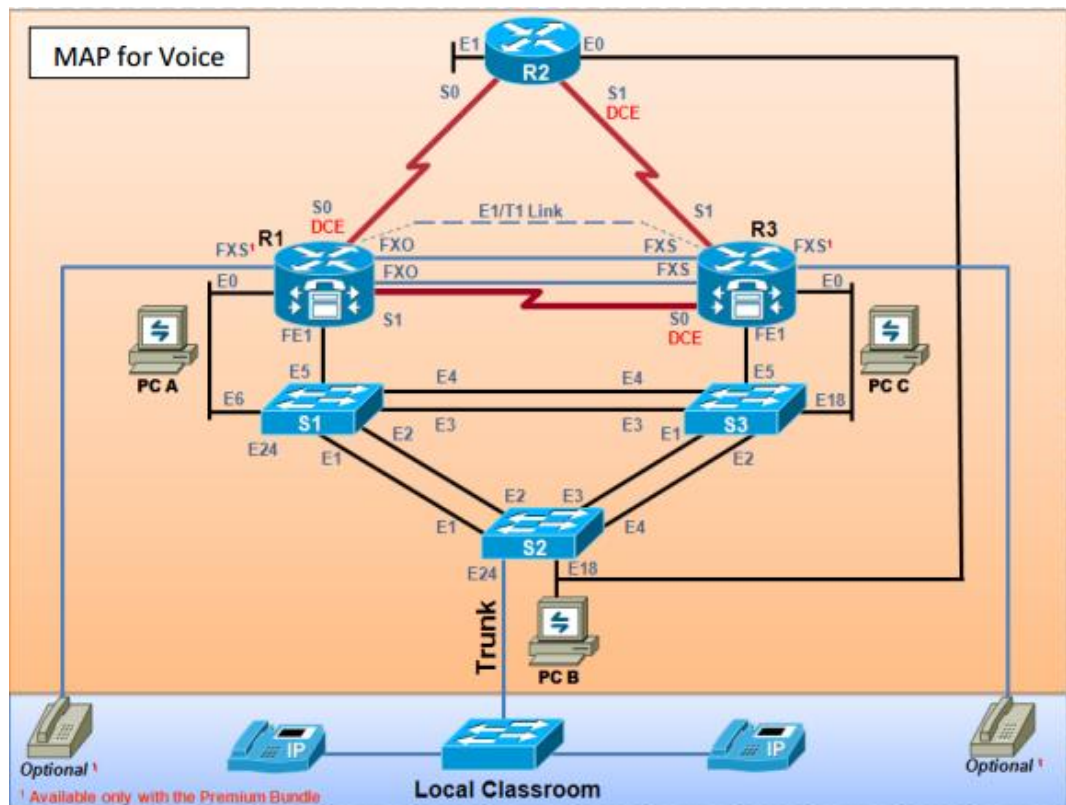
4.6.2 CCNP Voice

Cisco Certified Network Professional Voice (CCNP Voice) on laboratoriokurssi, joka keskittyy IP-puheluiden ja voice-sovellusten käytännön harjoitteluun Ciscon reititin- ja kytkinverkkojen avulla. Kurssin tavoitteena on oppia luomaan skaalautuva, selkeä ja hallittava verkkoratkaisu. Pääaiheina kurssilla on esimerkiksi Cisco Unified Communications Manager -sovelluksen käyttöä ja verkkoliikenteen priorisointia. (Cisco 2016.)

NETLAB+ sisältää CVOICE-osuuden CCNP Voice -laboratoriokurssista. CVOICE on tarkoitettu alustavaksi kurssiksi IP-puhelutekniikkaa käyttäville verkoille. Tätä varten NDG on kehittänyt MAP-podista muunnelman

nimeltä MAP for Voice. Podi on topologialtaan samanlainen kuin alkuperäinen MAP-podi, mutta lisäyksenä reititimillä on analogiset ja digitaaliset puheliitynnät. Lisäksi MAP-podi sisältää fyysiset IP-puhelimet, joita voidaan käyttää paikallisesti puheluiden muodostamiseen ja testaamiseen. (NDG 2015g, 46 – 47.)

MAP for Voice -podeja on kahta erilaista versiota, jotka ovat nimeltään BASIC Bundle ja Premium Bundle. Basic Bundle kattaa minimimäärän laitteita, joilla pystytään suorittamaan CVOICE -laboratorioharjoitukset digitaalisia IP-puhelimia käyttäen. Premium Bundle sisältää myös tuen analogisille puhelimille, joita käytetään paikallisesti luokkahuoneessa (kuvio 16). (NDG 2015g, 50 - 51.)



KUVIO 16. MAP for Voice -topologia (NDG 2015g)

Puheluita varten reitittimet tarvitsevat Foreign eXchange Subscriber- (FXS) ja Foreign eXchange Office (FXO) -yhteyksiä analogisia puheluita varten sekä T1/E1-yhteyden voice- ja datapakettien siirtoa varten. Reitittimet sisältävät myös Digital Signal Processor (DSP) -moduulit. DSP-

moduulien tarkoituksena on mahdollistaa puheluiden muodostaminen reitittimien avulla. (NDG 2015g.)

4.7 Muut ympäristöt

NDG tekee yhteistyötä myös Linux Professional Institute- (LPI) ja Palo Alto Networks Academy:n kanssa. LPI on Linux-järjestelmien opiskeluun suunnattu koulutusohjelma, joka tarjoaa Linux-sertifikaattien suorittamisen opiskelijoille. NDG mahdollistaa näiden kurssien suorittamisen virtuaalisesti NETLAB+ -asiakkaille. NDG tarjoaa kurssit myös kokonaan verkossa suoritettavaksi, jolloin niitä ei tarvitse tehdä NETLAB+ -serverille. (NDG 2016e.)

Palo Alto Networks Academy on Palo Alton palomureihin perehdyttävä koulutusohjelma. NDG työskentelee Palo Alton kanssa mahdollistaen Firewall Essentials -kurssien suorittamisen NETLAB+ -laitteilla. Kurssit pitävät sisällään Palo Alto -palomuurien asennuksen, konfiguroinnin ja hallinnan. Konfigurointi keskittyy Palo Alto Networks -käyttöjärjestelmän turvallisuus-, verkko-, loki- ja raportointiominaisuuksiin. (NDG 2016e.)

NETLAB+ sisältää myös mahdollisuuden käyttää valmiita verkkotopologioita, joilla voidaan harjoitella Linux-, Microsoft- tai kyberturvallisuuskursseja. Näiden lisäksi NETLAB+:lla voidaan tehdä omia kustomoituja verkkotopologioita ja laboratoriokursseja. Kustomoinnin ansiosta yritykset voivat luoda ainutlaatuisia verkkoja harjoittelua ja testaamista varten. (NDG 2016e.)

5 CCNP- JA CVOICE-YMPÄRISTÖJEN TOTEUTUS NETLAB+ - JÄRJESTELMÄÄN

5.1 Ympäristön alkutilanne

Lahden ammattikorkeakoulu asennutti kesällä 2015 NETLAB+ -järjestelmän koulun tietoverkkolaboratorioon. Järjestelmään rakennettiin neljä Multi Purpose Academy Pod -podia (MAP) CCNA-laboratorioharjoituksia varten. Podien sisältämät laitteet ja kontrollilaitteet sijaitsivat tietoverkkolaboratorion palvelinkaapissa ja NETLAB+ -palvelin, VMware-palvelimet ja kontrollikytkin toimivat erillisestä palvelinhuoneesta käsin.

Koska MAP-podit toimivat järjestelmässä pelkästään CCNA-laboratorioharjoituksia varten, niin koulu halusi laajentaa koulun NETLAB+ -järjestelmää asentamalla olemassa olevaan järjestelmään myös CVOICE- ja osan CCNP Routing And Switching -ympäristöstä. Päämääränä oli selvittää, mitä laitteita CVOICE-ympäristö vaatii ja millä laitteilla ympäristö voitaisiin toteuttaa. Asiaa selvitettiin NDG:n tarjoamasta kattavasta dokumentaatiosta ja ottamalla yhteyttä sähköpostitse NDG-yhtiöön, minkä jälkeen tarvittavat laitteet CVOICE-ympäristöä varten saatiin selvitettyä. Tarvittavat laitteet tilattiin tietoverkkolaboratoriolle NDG:n antamien vaatimusten mukaan.

CCNP Routing And Switching -ympäristöstä valittiin toteutettavaksi SWITCH v7 -laboratoriokurssi CSP-topologiaa käyttäen. Tarvittavat laitteet selvitettiin NDG:n dokumentaatioista ja tämän jälkeen laitteet hankittiin koululle CSP-pod:in vaatimusten mukaan. CSP-podi olisi tarvinnut viidennen PDU-laitteen asentamisen järjestelmään, mutta laitetoimittajan toimitusongelmista johtuen lopullista toteutusta CSP-podille ei pystytty tekemään.

5.2 NETLAB+ laitteisto

Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmä sisälsi NETLAB+- ja VMware-palvelimen, kontrollilaitteet ja podien sisältämät reitittimet ja kytkimet. NETLAB+- ja VMware-palvelin sekä yksi kontrollikytkimestä oli sijoitettu erilliseen palvelinsaliin palvelimien tuottaman korkean äänentason takia. Yhteys toteutettiin valokuituyhdeydellä palvelinhuoneen kontrollikytkimestä tietoverkkolaboratorion kontrollikytkimeen.

VMware-palvelimina toimivat yksi ESXi-palvelin, johon vCenter-palvelin oli asennettu ja data oli priorisoitu ensisijaisesti vCenter:lle. ESXi sisälsi kaikki järjestelmän virtuaalikoneet, ja vCenter-palvelimella hallittiin ja luotiin virtuaalikoneita.

Kontrollilaitteina toimi yksi konsoliohjauspalvelin, neljä kontrollikytkintä sekä neljä virtakytkinyksikköä (PDU). Konsoliohjauspalvelin oli malliltaan Cisco 2901, ja tämä sisälsi neljä HWIC-16A-konsoliliityntämoduulia, jotka mahdollistivat 64:n eri laitteen konsolikytkennän. Kaikki neljä kontrollikytkintä olivat malliltaan Ciscon Catalyst 3550-24 -kytkimiä. Kaikki kontrollikytkimet sisälsivät 24 ethernet-porttia.

Ensimmäinen kontrollikytkin oli varattu kokonaan NETLAB+ -palvelimelle, kontrollilaitteille ja virtuaalikoneille. Toisen kytkimen kahdeksan ensimmäistä porttia olivat varattuja ja loput 16 porttia olivat vapaita pod-laitteita varten. Loput kaksi kytkintä olivat täysin vapaita pod-laitteille. Neljä asennettua CCNA-podia varasivat kontrollikytkimestä yhteensä 32 porttia, joten CVOICE-ympäristön toteutukseen jäi käytettäväksi 32 vapaata porttia. Neljä virtakytkinyksikköä olivat malliltaan APC:n 7920 Switched Rack PDU -laitteita. Näistä jokainen yksikkö sisälsi kahdeksan virtaulostuloa ja viimeinen yksikkö oli kokonaan käytettävissä CVOICE-ympäristöä varten.

CVOICE-ympäristölle hankittiin kolme Ciscon 2811-reititintä ja kolme Ciscon 2960-kytkintä ja se toteutettiin MAP for Voice -topologiaa käyttäen. CSP-podia varten hankittiin neljä kytkintä. DLS-kytkimiksi valittiin Ciscon 3560-kytkimet ja ALS-kytkimiksi Ciscon 2960-kytkimet. Ympäristöihin

asennettavat laitteet valittiin NDG:n suositusten mukaan. CVOICE-ympäristöstä oli mahdollista toteuttaa basic- tai premium-bundleversiot ja näistä toteutettavaksi valittiin premium-bundle. Reitittimien niminä käytettiin topologian mukaisesti R1, R2, R3 ja kytkinten niminä S1, S2 ja S3. Jokaiseen reitittimeen asennettiin yksi sarjaliitännämoduuli s0/1/x-paikkaan, jotta reitittimien toimintatapa olisi muiden podien kaltainen. R1- ja R3-reitittimiin asennettiin yksi kappale T1/E1-moduuleita. R1-reitittimeen kytkettiin yksi 2-porttinen FXS- ja 4-porttinen FXO-analoginen moduuli, sekä R3-reitittimeen asennettiin yksi 4-porttinen FXS-analoginen moduuli. Nämä moduulit mahdollistivat analogisten puhelimien käytön järjestelmässä. Laitteissa oli valmiiksi asennettuna DSP-moduulit, jotka mahdollistivat puheluiden muodostamisen reitittimillä. CSP-podin laitteet eivät tarvineet erillisiä moduuleja asennettavaksi.

5.3 Laitteiston valmistelu

Toteutus aloitettiin päivittämällä Ciscon 2811-reitittimet uusimpaan järjestelmäversioon. Kaksi reititintä päivitettiin Trivial File Transfer Protocol (TFTP) -palvelimen avulla reitittimen korjaustilassa. Reititin siirtyi korjaustilaan, jos flash-muisti ei sisältänyt järjestelmätiedostoa. Korjaustilassa laitteelle määritettiin verkko-osoite, TFTP-palvelimen osoite, siirrettävä järjestelmätiedosto, virheentarkistuksen tila ja viimeiseksi tiedostonsiirto käynnistettiin (kuvio 17).

```
• IP_ADDRESS=xx.xx.xx.xx
• IP_SUBNET_MASK=255.255.255.0
• DEFAULT_GATEWAY=xx.xx.xx.xx
• TFTP_SERVER=xx.xx.xx.xx
• TFTP_FILE=c2800nm-adventerprisek9_ivs_li-mz.151-4_M10 bin
• TFTP_CHECKSUM=0
• tftpdnld
```

KUVIO 17. Cisco 2811 -reitittimen päivitys

Yhden reitittimen tiedonsiirrossa oli ongelmia eikä päivitystä saatu ajettua. Ongelma korjattiin käyttämällä kahta flash-muistikorttia. Reititin käynnistettiin alkuperäisellä muistikortilla, joka sisälsi vanhan järjestelmäversion. Käynnistymisen jälkeen reitittimeen vaihdettiin uusimman järjestelmäversion sisältämä muistikortti, minkä jälkeen reititin käynnistettiin uudelleen ja päivitys oli valmis.

Reitittimien ja moduulien toimivuus tarkistettiin yhdistämällä reitittimet MAP-topologian mukaisesti. Testaamiseen käytettiin apuna CVOICE-laboratorioharjoitusten laitekonfiguraatioita. Reitittimien testi-konfiguraatiot löytyvät liitteestä 1. Testaamisen jälkeen reitittimet ja moduulit todettiin toimiviksi ja valmiina asennettavaksi NETLAB+-järjestelmään. Reitittimet ja kytkimet asennettiin tietoverkkolaboratorion palvelinkaappiin ja kytkennät laitteisiin tehtiin vasta MAP-podiasennuksen jälkeen ohjeiden mukaisesti.

CSP-podin 3560-kytkimet päivitettiin TFTP:n avulla uusimpaan ohjelmistoversioon. Päivitys aloitettiin lataamalla uusiin ohjelmistoversio tietokoneelle ja sen jälkeen määritettiin kiinteä IP-osoite verkkokortille ja lopuksi käynnistettiin tftp-palvelin tftpd32-sovellusta käyttäen. Tämän jälkeen kytkin yhdistettiin ethernet-kaapelilla tietokoneeseen ja kytkimelle annettiin samasta aliverkosta IP-osoite. Kytkimen flash-muistin määrä todettiin riittäväksi show flash -komennolla ja tiedoston siirtäminen voitiin aloittaa copy tftp: flash: -komentoa käyttämällä kytkimen flash-muistille. Komennon jälkeen päivitys pyytää määrittämään tftp-palvelimen osoitteen, palvelimella sijaitsevan tiedoston nimen ja sen, millä nimellä tiedosto tallennetaan flash-muistille. Siirron jälkeen tiedosto määritettiin käytettäväksi ohjelmistoksi komennolla: boot system flash:"tiedoston nimi". Toimenpiteen jälkeen kytkin voitiin käynnistää uudelleen ja päivitys oli valmis.

5.4 CVOICE-ympäristön toteutus

Toteutus aloitettiin luomalla uudet virtuaalikoneet CVOICE-ympäristölle. VMware ESXi -palvelimelle oli luotu aikaisempia MAP-podeja varten

master-virtuaalikone, joka kloonattiin ympäristöä varten. Kloonaminen onnistui NETLAB+ -hallinnan kautta kirjautumalla järjestelmänvalvojana järjestelmään ja menemällä Virtual Machine Inventoryn välilehdelle. Virtuaalikoneluettelosta valittiin WIN7_Cisco-virtuaalikone, minkä jälkeen siirryttiin kohtaan clone. Tämän jälkeen avautui ikkuna nimeltä Cloning Virtual Machine. Tällä voidaan määrittellä kloonattavan virtuaalikoneen asetukset. Uudelle virtuaalikoneelle määritettiin nimi, tyypiksi linked clone ja rooliksi master. Muut asetukset jätettiin kuvion 18 mukaisiksi, ja tämän jälkeen uusi master virtuaalikone oli luotu.

Cloning Virtual Machine WIN7_Cisco

Parent Name: WIN7_Cisco
 Parent Role: Master
 Parent Snapshot: Current Snapshot (GOLDEN_SNAPSHOT)

Clone Name: WIN7_Cisco_CVOICE
 Clone Type: Linked Clone Full Clone
 Clone Role: Template Master Normal Persistent

Runtime Host or Group: Host [redacted]
 Datastore: datastore1
 Storage Allocation: On Demand Preallocated

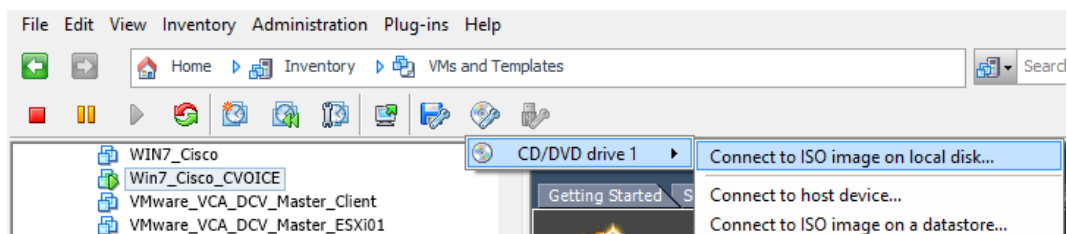
show help tips

OK Cancel

KUVIO 18. Virtuaalikoneen kloonaminen

Virtuaalikone ei vielä tässä vaiheessa ollut valmis, koska CVOICE tarvitsee virtuaalikoneille Cisco IP Communicator -sovelluksen. Sovellus ladattiin Ciscon sivuilta tietokoneelle, minkä jälkeen tietokone yhdistettiin vCenter-palvelimeen vSphere client -sovelluksella. Yhdistämisen jälkeen valittiin Inventory välilehdeltä VMs and Templates -kuvake. Toiminto

aukaisi virtuaalikoneluettelon ja luettelosta etsittiin CVOICE:a varten tehty virtuaalikone. Seuraavaksi kone käynnistettiin ja ladattu Cisco IP Communicator -sovellus yhdistettiin paikalliselta koneelta käytettäväksi asennuslevyksi virtuaalikoneelle (kuvio 19). Yhdistämisen jälkeen ohjelma asennettiin virtuaalikoneen CD/DVD-aseman kautta onnistuneesti.



KUVIO 19. Asennusmedian yhdistäminen virtuaalikoneeseen vSphere:ssä

Minkä jälkeen virtuaalikoneesta tehtiin snapshot valitsemalla NETLAB+:n Virtual Machine Inventorystä CVOICE-virtuaalikone ja sieltä toiminto Snapshots. Toiminto aukaisi Snapshot Manager -nimisen ikkunan, jossa valittiin toiminto Take. Snapshot nimettiin GOLDEN_SNAPSHOT-nimellä, minkä jälkeen virtuaalikone oli valmis. Tätä virtuaalikonetta ei kuitenkaan tarkoitettu käytettäväksi suoraan pödeissa vaan CVOICE-virtuaalikoneesta kloonattiin vielä kolme virtuaalikonetta normal-rooleilla ja koneet nimettiin kuvion 20 mukaisesti.

POD5_PC_A	Windows 7	Normal	NETLAB
POD5_PC_B	Windows 7	Normal	NETLAB
POD5_PC_C	Windows 7	Normal	NETLAB

KUVIO 20. CVOICE-virtuaalikoneet

Seuraavaksi järjestelmään ladattiin ohjelmistotiedosto Ciscon 2811-reitittimiä varten. Tämä onnistuu NETLAB+ -hallinan kautta menemällä Lab Device Software Repository -välilehdelle. Tämän jälkeen valitaan tarvittava tiedosto kohtaan local file name ja painetaan Upload File -toimintoa. CVOICE:a varten ladattiin reitittimissä oleva c2800nm-adventerprisek9_ivs_li-mz.151-4.M10.bin-ohjelmistotiedosto. Tämä tehtiin, koska joissain tapauksissa reitittimet voivat tyhjentyä kokonaan ja

tiedoston avulla NETLAB+ pystyy palauttamaan laitteet takaisin oikeaan ohjelmistoversioon.

5.5 Podien asentaminen

Virtuaalikoneiden luomisen ja ohjelmistotiedostolatausten jälkeen voidaan hallintasivulta siirtyä Equipment Pods -välilehdelle. Välilehdeltä nähdään kaikki järjestelmään luodut pod-topologiat. Uuden podin luonti aloitetaan valitsemalla Add a Pod. Ensimmäiseksi käyttäjää pyydetään tekemään tarvittavia esivalmisteluja ennen Cisco-podin asentamista järjestelmään. Seuraavassa vaiheessa päästään valitsemaan järjestelmään asennettava podi. CVOICE-ympäristöä varten podiksi valittiin MAP-podi.

Podien asennusvaiheet vaihtelevat toteutettavan ympäristön mukaan. Cisco-podien asennus vaatii kontrollikytkimen, konsoliohjauspalvelimen ja APC-virranhallintalaitteen, koska Cisco-podit sisältävät fyysisiä labralaitteita. On tärkeää, että kyseisistä laitteista löytyy riittävästi vapaita portteja ja pistokkeita, jotta fyysiset laitteet voidaan kytkeä onnistuneesti järjestelmään. Muiden ympäristöjen asennukset eivät vaadi kuin virtuaalikoneiden määrittämiset podeille.

MAP-podin asennuksessa valittiin käytettäväksi kontrollikytkimeksi neljäs kytkin, josta oli jäljellä 16 vapaata porttia (kuvio 21). Seuraavassa vaiheessa valittiin konsoliohjauspalvelimesta seuraavat kuusi vapaatalinja alkaen linjasta 27. Tämän jälkeen podille määritettiin neljästä APC-laitteesta viimeinen vapaa laite.

CONTROL SWITCHES			
SELECT	ID	SWITCH TYPE	PORTS THAT ARE FREE
INELIGIBLE	1	Catalyst 3550-24	NONE
<input type="radio"/>	2	Catalyst 3550-24	PORT 9-24
INELIGIBLE	3	Catalyst 3550-24	NONE
<input checked="" type="radio"/>	4	Catalyst 3550-24	PORT 9-24

KUVIO 21. Kontrollikytkimen valinta

Seuraavaksi asennuksessa valitaan fyysisten labralaitteiden mallit ja niille tarkoitetut ohjelmistot. Ohjelmiston on oltava oikea valitulle laitteelle, koska NETLAB+ -serveri lataa ohjelmistot fyysisten laitteiden flash-muistille, jos valittua ohjelmistoa ei laitteesta löydy. MAP-podiasennuksessa reitittimiksi valittiin Ciscon 2801/2811-reitittimet ja sarjaportit määritettiin alkavaksi portista S0/1/x. Kytkimiksi valittiin Ciscon 2960-kytkimet. Seuraavaksi reitittimille asetettiin käytettävä ohjelmistoversio ja palautus toimenpiteeksi ohjelmistoversion asentaminen flash-muistille, jos valittua versiota ei muistilta löydy. Tämän jälkeen asennus kertoo, että virtuaalikoneet voidaan määrittää podille ja labralaitteet voidaan yhdistää järjestelmään kaapelointiohjeiden mukaan. Asennusvaiheen loputtua käyttäjälle avautuu hallintaikkuna, jossa voidaan muokata podia ja sille määriteltyjä laboratoriolaitteita, virtuaalikoneita ja kontrollikytkintä. Hallintasivulla voidaan suorittaa myös podin automaattinen testaaminen.

Virtuaalikoneiden konfigurointi onnistuu valitsemalla virtuaalikoneen suurennuslasikuvakkeen hallintaikkunassa. Valinnan jälkeen käyttäjälle avautuu virtuaalikoneen määritysvalikko, jossa käyttäjä voi valita käytettävän virtuaalikoneen. Valinnan jälkeen valitaan käytettävä snapshot, virtuaalikoneen sammuntatapa ja käyttöjärjestelmä. Lisäksi virtuaalikoneelle voidaan valita esimerkiksi etäkäyttöön tarvittavat ominaisuudet ja automaattiset verkkoasetukset. MAP-podin virtuaalikoneille valittiin PC-tyyppiksi Use Virtual Machine Inventory, datacenteriksi NETLAB ja hakemistosta valittiin POD5_PC_A, B ja C -virtuaalikoneet. Virtuaalikoneet määriteltiin kuvion 22 mukaisilla asetuksilla.

POD 5 - PC B


Pod ID 5
 Pod Name POD 5
 PC Name PC B
 PC Type Use Virtual Machine Inventory
 Base Datacenter NETLAB
 Base Virtual Machine POD5_PC_B
 Base Role Normal VM
 Base Snapshot USE CURRENT (revert to the current snapsho
 Shutdown Preference Graceful Shutdown from Operating System
 Guest Operating System Windows 7
 Options
 enable remote access to keyboard, video, and mouse
 enable remote display auto-configuration
 enable network auto-configuration
 enable advanced setting auto-configuration
 enable minimum requirements verification
 V2 Maximum Color Depth 16-bit
 Admin Status ONLINE













show help tips







Update PC Settings Cancel


KUVIO 22. PC B -virtuaalikoneen määrittäminen podille

Virtuaalikonemäärittysten jälkeen pod 5 oli valmis ja laitteet voitiin liittää hallintasivulla löytyvän kaapelointiohjeen mukaisesti järjestelmään (kuvio 23). Kaapelointiohje ei sisällä CVOICE-podin vaatimia puhelinkytkentöjä, koska MAP-podi itsessään ei niitä käytä. Tämän takia puhelinkaapelointi suoritettiin MAP for Voice -topologian mukaisesti. Analogiset puhelimet liitettiin R1- ja R3-reitittimien FXS-portteihin ja reitittimien väliseen yhteyteen käytettiin R1:n FXO-porttia ja R3:n FXS-porttia. R1:n ja R3:n väliseen T1/E1-yhteyteen käytettiin ethernet-kaapelia. Kaapeloinnin jälkeen podi käynnistettiin toimintavalmiiksi ja testaaminen aloitettiin CVOICE-labrahamjoituksilla.


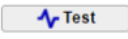

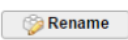
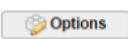
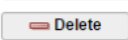
POD 5 - STATUS				
POD ID	POD NAME	STATUS	ACTIVITY	POD TYPE
5	POD 5	OFFLINE	IDLE	 MULTI-PURPOSE ACADEMY POD 3 Routers, 3 Switches

POD 5 - ROUTERS, SWITCHES, AND FIREWALLS (click on the GO buttons to reconfigure devices)					
GO	NAME	TYPE	ACCESS LINES	SWITCHED OUTLETS	SOFTWARE IMAGE
	 R1	Cisco 2801/2811 (S0/1/x)	AS 1 LINE 27 (tty 0/1/8)	SOD 4 OUTLET 1	c2800nm-adventerprisek9_ivs_li-mz.151-4.M10.bin
	 R2	Cisco 2801/2811 (S0/1/x)	AS 1 LINE 28 (tty 0/1/9)	SOD 4 OUTLET 2	c2800nm-adventerprisek9_ivs_li-mz.151-4.M10.bin
	 R3	Cisco 2801/2811 (S0/1/x)	AS 1 LINE 29 (tty 0/1/10)	SOD 4 OUTLET 3	c2800nm-adventerprisek9_ivs_li-mz.151-4.M10.bin
	 S1	Cisco 2960	AS 1 LINE 30 (tty 0/1/11)	SOD 4 OUTLET 4	n/a
	 S2	Cisco 2960	AS 1 LINE 31 (tty 0/1/12)	SOD 4 OUTLET 5	n/a
	 S3	Cisco 2960	AS 1 LINE 32 (tty 0/1/13)	SOD 4 OUTLET 6	n/a

POD 5 - PCs AND SERVERS (click the GO buttons to reconfigure)					
GO	NAME	PC ID	STATUS	TYPE / VM	OPERATING SYSTEM
	 PC A	4259	ONLINE	POD5_PC_A	Windows 7
	 PC B	4260	ONLINE	POD5_PC_B	Windows 7
	 PC C	4261	ONLINE	POD5_PC_C	Windows 7

POD 5 - CONTROL SWITCH				
SWITCH ID	POD PORT RANGE	BASE VLAN	VLAN POOL	
 4	9-16	140	140-147	

Pod 5 -- Management Options

-  **Online** Bring this pod ONLINE and make it available for reservations.
-  **Test** Tell me if this pod is working properly.
-  **Cable** Show me how to cable this pod.
-  **Rename** Rename this pod.
-  **Options** View and change special options for this pod.
-  **Delete** Remove this pod from NETLAB.

[Back to Previous Page](#)

KUVIO 23. Valmis MAP-podi

Cuatro Switch Podi käyttää samoja virtuaalikoneita, kuin CCNA-ympäristöt. Tämän ansiosta CCNA:n käyttämät virtuaalikoneet voidaan kloonata suoraan CVOICE-toteutuksen tapaan. Podin tekeminen onnistuu Equipment Pods -välilehden kautta luomalla uuden Cuatro Switch Podin. Asennus vaiheen alussa valitaan käytettävät hallintalaitteet ja näiden jälkeen valitaan podiin asennettavat kytkimet. Ohjelmistoversioita ei määritetä kytkimille, koska NETLAB+ ei sitä tue tätä työtä tehdessä. Tämän jälkeen podille määritellään virtuaalikoneet CVOICE-asennuksen tapaan. Määritysten jälkeen podi on valmis ja valmiina kytkettäväksi järjestelmään. Podi-asennusta ei tässä työssä tehty, koska järjestelmästä puuttui tarvittava PDU-laite, jotta podi olisi voitu tehdä. Tämän johdosta CSP-podin testaustakaan ei voitu suorittaa.

5.6 CVOICE-ympäristöjen testaaminen

CVOICE-ympäristön testaaminen aloitettiin kirjautumalla käyttäjäkohtaisella tunnuksella järjestelmään, minkä jälkeen tehtiin aikavaraus POD 5:lle. Laitteiden käynnistymisen jälkeen voitiin aloittaa ympäristön testaaminen laboratorioharjoituksia tekemällä. Virtuaalikoneiden kanssa esiintyi ongelmia, eikä puheluita pystytty muodostamaan virtuaalikoneiden kesken. Ongelma johtui Cisco IP Communicator -sovelluksen äänikortti-vaatimuksesta. Sovellus vaatii koneelta äänikortin toimiakseen, ja ongelmaa ei pystytty ratkaisemaan, koska äänikorttia ei onnistuttu lisäämään virtuaalikoneille.

Ongelma kierrettiin käyttämällä fyysisiä tietokoneita CVOICE-ympäristössä. Fyysisten koneiden kytkentä tehtiin MAP for Voice -topologian mukaan kytkemällä Ciscon 2950-kytkin S2-kytkimen 24-porttiin. R1- ja R3-reitittimiltä kytkettiin F0/0-portti pois käytöstä, koska kyseinen portti on liitetty virtuaalikoneille. Ethernet-liitynnän konfigurointi tehtiin f0/1-portille, minkä jälkeen kaksi fyysistä konetta sai DHCP:ltä IP-osoitteet.

Fyysisten koneiden kytkemisen jälkeen koneille asennettiin Cisco IP Communicator -sovellukset ja laboratorioharjoitusten testaaminen voitiin aloittaa. Harjoituksia tehtiin useita, ja ongelmia ei esiintynyt. Esimerkiksi fyysisten koneiden IP-puhelimet (Cisco IP Communicator -sovellus) rekisteröityivät reitittimiin ilman ongelmia (kuvio 24).

```
*Mar 7 09:43:47.331: %IPPHONE-6-REGISTER: ephone-1:SEPD89D67D31A0E IP:192.168.1.5 Socket:1 DeviceType:Phone has registered.  
*Mar 7 09:44:16.043: %IPPHONE-6-REGISTER: ephone-2:SEP28802300235E IP:192.168.1.4 Socket:2 DeviceType:Phone has registered.
```

KUVIO 24. Puhelimien rekisteröityminen

Configuring Basic Voice over IP with SIP -laboratorioharjoituksessa puhelut saatiin onnistuneesti yhdistettyä kahden reitittimen lävitse SIP-protokollaa käyttämällä. Puhelut muodostettiin R3-reitittimen (Branch-GW) analogisesta puhelimesta R1-reitittimen (Regional-GW) IP-puhelimeen.

Kuviosta 25 nähdään puhelun olevan aktiivinen (State of The Call) ja muodostettu kahden IP-osoitteen välillä SIP-protokollaa käyttäen (Destn SIP Resp Addr). Liitteestä 2 voidaan tarkastella Configuring Basic Voice over IP with SIP -laboratorioharjoituksessa käytettyjä konfiguraatioita.

```

Regional-GW#
*Mar 7 10:11:24.191: //13/146346D08010/SIP/Call/sipSPICallInfo:
The Call Setup Information is:
Call Control Block (CCB) : 0x4BAC6CB8
State of The Call       : STATE_ACTIVE
TCP Sockets Used       : NO
Calling Number         :
Called Number          : 5551000
Source IP Address (Sig ): 172.16.1.1
Destn SIP Req Addr:Port : 172.16.2.1:5060
Destn SIP Resp Addr:Port : 172.16.2.1:55976
Destination Name       : 172.16.2.1

Branch-GW#show call active voice compact
<callID>  A/O FAX T<sec> Codec      type      Peer Address      IP R<i
p>:<udp>
Total call-legs: 2
          3 ANS      T252   g729r8     TELE      P
          4 ORG      T252   g729r8     VOIP      P5551000      172.16.1.1
:18906

Branch-GW#

```

KUVIO 25. Puheluyhteys SIP-protokollalla

5.7 NETLAB+:n vertailu Packet Traceriin ja oikeisiin fyysisiin laitteisiin

CVOICE-ympäristön testaamisessa käytiin läpi useita laboratorioharjoituksia NETLAB+:n avulla. Harjoitusten tekemistä on hyvä verrata muihin menetelmiin, jotta voidaan löytää vaivattomin tapa tehdä laboratorioharjoituksia. Tässä työssä verrattiin CVOICE-harjoitusten tekemistä NETLAB+:lla, Packet Tracer 6.1 -sovelluksella ja paikallisesti oikeilla fyysisillä laitteilla.

Vertailu aloitettiin Packet Tracer -sovelluksella. Sovelluksesta löytyi kattava määrä eri laitteita ja laitteiden sijoittaminen ja liittäminen topologia-näkymässä oli vaivatonta. Ongelmia tosin ilmeni CVOICE-harjoituksia tehdessä, sillä reitittimille tulevat FXS-, FXO-, DSP- ja T1/E1-moduulit puuttuivat kokonaan reitittimien moduuli listauksesta. Tämän takia

NETLAB+:n kaltaista CVOICE-ympäristöä Packet Traceriin ei voitu rakentaa, mutta puutteista huolimatta yksinkertainen IP-puhelin-ympäristö oli mahdollista tehdä.

Vertailuympäristö Packet Tracerilla rakennettiin kolmesta PC:stä, kolmesta IP-puhelimesta, kytkimestä, reitittimestä ja TFTP-palvelimesta. PC:t eivät sisällä IP-puhelin-sovellusta, joten tästä syystä verkossa käytettiin kolmea erillistä IP-puhelinta. Palvelinta käytettiin reitittimen päivittämistä 15.0-versioon. Liitteestä 3 nähdään vertailuverkon konfiguraatiot. Verkon valmistuttua puheluiden yhdistäminen toimi ongelmattomasti, mutta sovellus ei tukenut ääniä, joten puheluiden yhdistymistä ei voinut kuunnella. Toinen negatiivinen asia oli eri show- ja lokikomentojen puuttuminen sovelluksesta. Esimerkiksi show call -komennot puuttuivat kokonaan. Ainoastaan show ephone -komentoa käyttämällä pystyttiin näkemään puhelinten konfiguraatiot ja rekisteröitymiset, mutta yhdistyneitä puheluita ei voinut seurata.

Cisco Packet Tracer osoittautui tehokkaaksi sovellukseksi luoda erilaisia verkkoympäristöjä suhteellisen vaivattomasti, kun haluaa tehdä harjoituksia simuloitulla ympäristöllä. CVOICE-ympäristöjen tekemiseen Packet Tracer ei ole paras mahdollinen äänien, kommentojen ja tarvittavien moduulien puuttuessa sovelluksesta.

CVOICE-ympäristöä rakennettaessa päästiin vertailemaan harjoitusten tekemistä oikeilla fyysisillä laitteilla. Vertailuympäristöksi rakennettiin Configuring Basic Voice over IP with SIP -laboratorioharjoituksen mukainen ympäristö. Verkkoympäristö toimi asentamisen jälkeen ongelmitta ja kaikki ominaisuudet ja komennot toimivat NETLAB+:n kaltaisesti. Paikallisesti tehtynä oikeilla fyysisillä laitteilla oppiminen oli kaikkein suurinta, koska kytkennät ja verkon rakenteen pystyttiin paikan päällä parhaiten hahmottamaan. Samalla moduulien ja porttien paikat voitiin helposti selvittää laitteista fyysisesti laitteita tarkastelemalla. Menetelmän huonoja puolia harjoituksia tekeväälle on sidottu paikka ja aika. Tämän menetelmän haasteena ovat myös laitteiston ja kytkentöjen tunteminen, jos harjoitusympäristö tehdään alusta asti.

Etäkäytön vahvuuksia on riippumaton sijainti tekemiselle, mikä antaa harjoituksia tekeväälle opiskelijalle vapaammat työskentelytavat. NETLAB+ on tästä hyvä esimerkki, koska se mahdollistaa opiskelijan tehdä Ciscon laboratorioharjoituksia etänä oikeita fyysisiä laitteita käyttäen. Vahvuutena ovat Packet Tracerin kaltainen vapaus tehdä harjoituksia samalla tuoden oikeiden fyysisten laitteiden ominaisuudet ja komennot. NETLAB+ on myös vaivaton järjestelmä laboratorioharjoitusten suorittamiseen, koska harjoitusten käyttöliittymä on todella selkeä. Lisäksi jokainen harjoitus sisältää tarvittavat dokumentaatiot harjoituksen suorittamiseksi ja verkkotopologia näkymä helpottaa laitteiden konfigurointia. Tämän työn NETLAB+ -ympäristössä esiintyneet äänikorttiongelmien virtuaalikoneissa eivät ratkenneet, joten tästä syystä harjoitukset tehtiin paikallisesti ja näin ollen järjestelmää ei voitu hyödyntää täysin etäkäytön osalta CVOICE-harjoituksissa. Taulukossa 2 nähdään kaikkien kolmen menetelmän vahvuudet ja heikkoudet.

TAULUKKO 2. CVOICE-harjoitusten vertailu eri menetelmien kesken

	Menetelmä		
	NETLAB+	Packet Tracer	Oikeat fyysiset laitteet
Etäkäyttö	Kyllä	Kyllä	Ei
Moduulit	Kyllä	Ei	Kyllä
Äänet	Ei	Ei	Kyllä
Komentojen tuki	Vahva	Heikko	Vahva
Oppiminen	Kohtalainen	Heikko	Vahva
Tekemisen helppous	Vahva	Vahva	Kohtalainen

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Ciscon CVOICE-ympäristö Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmään sekä tutustua CCNP Cuatro Switch Podin toteuttamiseen. Tavoitteena oli myös perehtyä etäkäyttöön ja NETLAB+ -järjestelmän ominaisuuksiin. Toteutus tehtiin olemassa olevaan järjestelmään Lahden ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratoriossa. Toteutuksen jälkeen CVOICE-ympäristön laboratorioharjoitusten suorittamista vertailtiin NETLAB+:n, Cisco Packet Tracerin ja oikeiden fyysisten laitteiden kesken.

Tavoitteena oli rakentaa MAP for Voice -topologian mukainen CVOICE-ympäristö opiskelukäyttöön. Suunnitelmana oli myös tehdä CCNP-ympäristön Cuatro Switch Podi NETLAB+ -järjestelmää varten, mutta laitetoimitusongelmien takia kyseinen ympäristö jäi toteutumatta. CVOICE-ympäristön laboriolaitteet tilattiin NDG:n dokumentaatioiden mukaan. Toteutuksen laitteiksi valittiin kaksi kappaletta Ciscon 2960-kytkimiä ja kaksi Ciscon 2811-reitittimiä moduuleineen.

CVOICE-ympäristöön tulevien laitteiden ohjelmistoversiot päivitettiin uusimpaan versioon, minkä jälkeen laitteet testattiin laboratorioharjoitusten laitekonfiguraatioita käyttäen. Testausten jälkeen tarvittavat virtuaalikoneet asennettiin NETLAB+:n avulla ja Multi-Purpose Academy Podi lisättiin järjestelmään. Laboriolaitteiden fyysiset kytkennät tehtiin MAP-podin antamien ohjeiden mukaisesti. Podin virtuaalikoneilla esiintyi äänikortti ongelma, minkä johdosta ympäristön etäkäyttöä ei voitu täysin hyödyntää. Ongelman takia ympäristö testattiin käyttämällä paikallisia päätelaitteita ja testaukset suoritettiin onnistuneesti CVOICE-laborioharjoituksia tekemällä. CVOICE-ympäristö valmistui virtuaalikoneongelmaa lukuun ottamatta hyvin ja testaaminen sujui kiitettävästi ilman ongelmia.

Cuatro Switch Podin laitteiksi valittiin kaksi Ciscon 2960- ja kaksi 3560-kytkintä, ja 3560-kytkimet päivitettiin uusimpaan ohjelmistoversioon TFTP-palvelinta käyttäen. Cuatro Switch Podia ei asennettu järjestelmään PDU-

laitteen puuttumisen takia, ja tästä syystä ympäristöä ei voitu toteuttaa loppuun asti.

Toteutusten jälkeen CVOICE-laboratorioharjoitusten suoritusta vertailtiin NETLAB+:n, Cisco Packet Tracerin ja oikeiden fyysisten laitteiden kesken. Vertailussa tutkittiin parhaita tapaa tehdä CVOICE-laboratorioharjoituksia. NETLAB+ osoittautui monipuolisimmaksi työskentelyalustaksi sen tuoman etäkäytön tuen ja selkeän käyttöliittymän johdosta. Packet Tracer oli tehokas työkalu eri verkkoympäristöjen simulointiin, mutta CVOICE-harjoitusten tekemiseen sovellusta ei voitu suositella sen sisältämien puutteiden takia. Oikeilla fyysisillä laitteilla oppiminen oli kaikkein tehokkainta, koska jokaiseen laitteeseen pääsi yksitellen tutustumaan ja laitteiden kytkentöjä pystyi fyysisesti tarkastelemaan harjoituksia tehdessä. Huonoja puolia fyysisillä laitteilla tehdessä oli sidottu aika ja paikka.

CVOICE-ympäristön toteutus onnistui hyvin, vaikka virtuaalikoneiden äänikorttiongelmien estivät etäkäytön täyden hyödyntämisen. Cuatro Switch Podin toteutus ei onnistunut alkuperäisen suunnitelman mukaan, koska PDU-laite jäi puuttumaan Cuatro Switch Podista, ja tämän takia ympäristön toteutukseen pystyttiin ainoastaan tutustumaan.

Tulevaisuudessa Lahden ammattikorkeakoulun NETLAB+ -järjestelmää voitaisiin laajentaa asentamalla CCNP- ja CCNA Security -ympäristöt järjestelmään. Ympäristöt toisivat kattavamman opiskeluympäristön tietoverkkolaboratoriolle, lisäksi CCNP-ympäristö mahdollistaisi Cisco CCNP-sertifikaattien harjoittelun.

Etäkäyttö on nykypäivänä tärkeässä asemassa opiskelu- sekä työelämässä. Sen avulla työskentely on vapaampaa, koska opiskelija tai työntekijä voi päättää, missä ja milloin hän työtehtävänsä suorittaa. NETLAB+ on yksi tehokkaista etäkäyttöjärjestelmistä, jonka ansiosta opiskelijat voivat suorittaa laboratorioharjoituksia ajasta ja paikasta riippumatta. Järjestelmä mahdollistaa harjoitusten tekemisen etänä niin yksin kuin ryhmissäkin, ja näin ollen opiskelijoiden ei tarvitse fyysisesti olla

opiskelupaikalla suorittamassa opintotehtäviä. Tästä syystä NETLAB+:n ja muiden etäkäyttöjärjestelmien tulisi olla enemmän mukana niin opiskelukuin työympäristöissä mahdollistaen monipuolisemmat ja vapaammat työskentelytavat.

LÄHTEET

About. 2015. What Is Remote Access to Computer Networks? [viitattu 9.12.2015]. Saatavissa:

<http://compnetworking.about.com/od/internetaccessbestuses/f/what-is-network-remote-access.htm>

BayArea Systems. 2015. Remote Computer and Network Access [viitattu 9.12.2015]. Saatavissa: <http://www.bayareasystems.com/remote-computer-and-network-access>

Cisco. 2010. Cisco Packet Tracer [viitattu 16.12.2015]. Saatavissa: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/training-events/netacad/course_catalog/docs/Cisco_PacketTracer_DS.pdf

Cisco. 2016. CCNP Voice [viitattu 12.2.2016]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/c/en/us/training-events/training-certifications/certifications/professional/ccnp-voice.html>

EMC. 2016. EMC Academic Alliance [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: https://education.emc.com/academicalliance/documents/ea_a_student_collateral_mini_book_web.pdf

HowStuffWorks. 2015. How VPNs work [viitattu 10.12.2015]. Saatavissa: <http://computer.howstuffworks.com/vpn3.htm>

Iskander, M., Kapila, V. & Karim, M. 2010. Technological Developments in Education and Automation. USA: Springer.

MustBeGeek. 2015. Difference between vSphere, ESXi and vCenter [viitattu 18.2.2016]. Saatavissa: <http://www.mustbegeek.com/difference-between-vsphere-esxi-and-vcenter/>

NDG. 2008. NETLAB+ Student Guide [viitattu 5.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_student_guide.pdf

NDG. 2009. NETLAB+ System Overview [viitattu 5.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_system_overview.pdf

NDG. 2010. NETLAB+ product summary [viitattu 5.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_product_summary.pdf

NDG. 2011. NETLAB+ Installation Guide [viitattu 22.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_installation_guide.pdf

NDG. 2013. Configuring the NETLAB+ Virtual Machine Infrastructure [viitattu 5.1.2016]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_remote_pc_guide_vol_3_configuring.pdf

NDG. 2014. NETLAB+ Administration Guide [viitattu 22.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_administrator_guide.pdf

NDG. 2015a. CCNP Routing and Switching: ROUTE V7 [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/content/cnap/labs/ccnp_v7_route.html

NDG. 2015b. CCNP Routing and Switching: SWITCH V7 [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/content/cnap/labs/ccnp_v7_switch.html

NDG. 2015c. CCNP Routing and Switching: TSHOOT V7 [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa:
https://www.netdevgroup.com/content/cnap/labs/ccnp_v7_tshoot.html

NDG. 2015d. Cisco Networking Academy [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa:
<https://www.netdevgroup.com/content/cnap/>

- NDG. 2015e. Cuatro Router Pod – Quick Reference Page [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/cnap/topologies/cuatro_router_pod.html
- NDG. 2015f. Cuatro Switch Pod – Quick Reference Page [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/cnap/topologies/cuatro_switch_pod.html
- NDG. 2015g. INSTALLATION AND CONFIGURATION GUIDE – Multi-Purpose Academy Pod: TSHOOT V7 [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/cnap/documentation/netlab_multipurpose_academy_pod.pdf
- NDG. 2015h. NETLAB+ System Requirements [viitattu 22.12.2015]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/products/requirements/>
- NDG. 2015i. Remote PC integration [viitattu 22.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/support/remote_pc.html
- NDG. 2015j. Supported Control Devices [viitattu 22.12.2015]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/support/control_devices.html
- NDG. 2015k. What is NETLAB+? [viitattu 5.12.2015]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/products/>
- NDG. 2016a. EMC Cloud Infrastructure and Services (CIS) Labs [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/emc/labs/emc_cis.html
- NDG. 2016b. EMC Information Storage and Management (ISM) - Labs [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/emc/labs/emc_ism.html

NDG. 2016c. NDG Ethical Hacking Labs [viitattu 1.2.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/cybersecurity/labs/ndg_ethical_hacking.html

NDG. 2016d. NETLAB+ Support of the VMware IT Academy Program [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/content/vmita>

NDG. 2016e. NETLAB+ Supported Content Options [viitattu 16.2.2016]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/content/>

NDG. 2016f. NETLAB+ Supported Cyber Security Content - Labs [viitattu 1.2.2016]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/content/cybersecurity/labs/>

NDG. 2016g. NETLAB+ Supported VMware IT Academy Program Courses - Lab Lists [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/content/vmita/labs/>

NDG. 2016h. Red Hat Academy [viitattu 29.1.2016]. Saatavissa: <https://www.netdevgroup.com/content/redhat/>

NDG. 2016i. Remote PC Guide Series – Volume 1 [viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/support/documentation/netlab_remote_pc_guide_vol_1_introduction.pdf

NDG. 2016j. System Administration I [viitattu 29.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/redhat/labs/system_admin_1.html

NDG. 2016k. VMware Certified Associate Data Center Virtualization (VCA-DCV) Labs [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/vmita/labs/vca_dcv.html

NDG. 2016l. VMware vSphere Install, Configure, Manage Version 6.0 Labs [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa: https://www.netdevgroup.com/content/vmita/labs/vsphere_icm_6.html

NDG. 2016m. VMware vSphere Optimize & Scale Version 6.0 Labs [viitattu 26.1.2016]. Saatavissa:

https://www.netdevgroup.com/content/vmita/labs/vsphere_oands_6.html

Netacad. 2016a. CCNP Routing and Switching [viitattu 6.2.2016].

Saatavissa: <https://www.netacad.com/courses/ccnp/>

Netacad. 2016b. Curriculum [viitattu 29.12.2015]. Saatavissa:

<https://www.netacad.com/about-networking-academy/curriculum/>

Palmer, M. 2012. Hands-On Networking Fundamentals. USA: Course Technology.

Red Hat. 2016. Red Hat Academy [viitattu 29.1.2016]. Saatavissa:

<https://www.redhat.com/en/services/training/red-hat-academy>

Server Check.in. 2014. A brief history of SSH and remote access [viitattu

10.12.2015]. Saatavissa: <https://servercheck.in/blog/brief-history-ssh-and-remote-access>

LIITTEET

Liite 1. Reittimien testikonfiguraatio (CVOICE)

```
!R1
!
hostname Regional-GW
!
interface fastethernet0/0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
no shutdown
!
interface serial0/1/0
ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
clockrate 128000
no shutdown
!
ip dhcp excluded-address 192.168.1.1
ip dhcp pool Regional-GW
network 192.168.1.0 255.255.255.0
default-router 192.168.1.1
option 150 ip 192.168.1.1
!
dial-peer voice 1 pots
destination-pattern 6661000
port 0/2/0

voice-port 0/2/0
!
voice-port 0/2/1
!
voice-port 0/2/2
!
voice-port 0/2/3
!
voice-port 0/3/0
!
voice-port 0/3/1
!
telephony-service
max-ephones 4
max-dn 4
ip source-address 192.168.1.1 port 2000
auto assign 1 to 2 type CIPC
auto assign 3 to 4
!
ephone-dn 1 dual-line
number 5551000
!
ephone-dn 2 dual-line
number 5551001
!
ephone-dn 3 dual-line
number 5551002
!
ephone-dn 4 dual-line
number 5551003
!
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2
ip route 172.16.2.0 255.255.255.252 172.16.1.2
!
end
```

```
!R2
!  
hostname IP-WAN  
!  
interface serial0/2/0  
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252  
no shutdown  
!  
interface serial0/2/1  
ip address 172.16.2.2 255.255.255.252  
clockrate 128000  
no shutdown  
!  
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.1.1  
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.1  
!  
end
```

```
!R3  
!  
hostname Branch-GW  
!  
interface fastethernet0/0  
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0  
no shutdown  
!  
interface serial0/1/1  
ip address 172.16.2.1 255.255.255.252  
no shutdown  
!  
ip dhcp excluded-address 192.168.2.1  
ip dhcp pool Branch-GW  
network 192.168.2.0 255.255.255.0  
default-router 192.168.2.1  
option 150 ip 192.168.2.1  
!  
voice-port 0/2/0  
connection plar 6661000  
!  
voice-port 0/2/1  
!  
voice-port 0/2/2  
!  
voice-port 0/2/3  
!  
telephony-service  
max-ephones 1  
max-dn 1  
ip source-address 192.168.3.1 port 2000  
auto assign 1 to 2 type CIPC  
!  
ephone-dn 1 dual-line  
number 6661000  
!  
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2  
ip route 172.16.1.0 255.255.255.252 172.16.2.2  
!  
end
```

Liite 2. Configuring Basic Voice over IP with SIP -laboratorioharjoituksen konfiguraatiot

```
!R1
!
hostname Regional-GW
!
interface fastethernet0/1
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
no shutdown
!
interface serial0/1/0
ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
clockrate 128000
no shutdown
!
ip dhcp excluded-address 192.168.1.1
ip dhcp pool Regional-GW
network 192.168.1.0 255.255.255.0
default-router 192.168.1.1
option 150 ip 192.168.1.1
!
dial-peer voice 1 voip
destination-pattern 6661000
session protocol sipv2
session target ipv4:172.16.2.1
!
telephony-service
max-ephones 4
max-dn 4
ip source-address 192.168.1.1 port 2000
auto assign 1 to 2 type CIPC
auto assign 3 to 4
!
ephone-dn 1 dual-line
number 5551000
!
ephone-dn 2 dual-line
number 5551001
!
ephone-dn 3 dual-line
number 5551002
!
ephone-dn 4 dual-line
number 5551003
!
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.1.2
ip route 172.16.2.0 255.255.255.252 172.16.1.2
!
end
```

```
!R2
!  
hostname IP-WAN  
!  
interface serial0/1/0  
ip address 172.16.1.2 255.255.255.252  
no shutdown  
!  
interface serial0/1/1  
ip address 172.16.2.2 255.255.255.252  
clockrate 128000  
no shutdown  
!  
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.1.1  
ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.1  
!  
end
```

```
!R3  
!  
hostname Branch-GW  
!  
interface fastethernet0/1  
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0  
no shutdown  
!  
interface serial0/1/1  
ip address 172.16.2.1 255.255.255.252  
no shutdown  
!  
ip dhcp excluded-address 192.168.2.1  
ip dhcp pool Branch-GW  
network 192.168.2.0 255.255.255.0  
default-router 192.168.2.1  
option 150 ip 192.168.2.1  
!  
dial-peer voice 1 voip  
destination-pattern 55510..  
session protocol sipv2  
session target ipv4:172.16.1.1  
!  
telephony-service  
max-ephones 1  
max-dn 1  
ip source-address 192.168.3.1 port 2000  
auto assign 1 to 2 type CIPC  
!  
ephone-dn 1 dual-line  
number 6661000  
!  
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2  
ip route 172.16.1.0 255.255.255.252 172.16.2.2  
!  
end
```

Liite 3. Packet Tracer - vertailuympäristön konfiguraatiot

```
R1
!
boot system flash:c2800nm-advipservicesk9-mz.151-4.M4.bin
!
ip dhcp excluded-address 192.168.10.1 192.168.10.9
ip dhcp excluded-address 192.168.20.1 192.168.20.9
!
ip dhcp pool Data
  network 192.168.10.0 255.255.255.0
  default-router 192.168.10.1
ip dhcp pool Voice
  network 192.168.20.0 255.255.255.0
  default-router 192.168.20.1
  option 150 ip 192.168.20.1
!
ip cef
no ipv6 cef
!
interface FastEthernet0/0
  no ip address
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet0/0.10
  encapsulation dot1Q 10
  ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.20
  encapsulation dot1Q 20
  ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0.99
  encapsulation dot1Q 99 native
  ip address 192.168.99.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/1
  ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
  duplex auto
  speed auto
!
telephony-service
  max-ephones 3
  max-dn 3
  ip source-address 192.168.20.1 port 2000
!
ephone-dn 1
  number 101
!
ephone-dn 2
  number 102
!
ephone-dn 3
  number 103
!
ephone 1
  device-security-mode none
  mac-address 0005.5E34.7BE9
  type 7960
  button 1:1
!
ephone 2
  device-security-mode none
  mac-address 0000.D389.6515
  type 7960
  button 1:2
!
ephone 3
  device-security-mode none
  mac-address 00E0.F737.1C36
  type 7960
  button 1:3
```

```
hostname S1
!
spanning-tree mode pvst
!
interface FastEthernet0/1
  switchport trunk native vlan 99
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  switchport voice vlan 20
!
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  switchport voice vlan 20
!
interface FastEthernet0/4
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  switchport voice vlan 20
!

interface Vlan99
  ip address 192.168.99.5 255.255.255.0
!
ip default-gateway 192.168.99.1
!
line con 0
!
line vty 0 4
  login
line vty 5 15
  login
!
end
```