

Virtualisointi tietoverkkotekniikan opetusympäristössä

Jarno Tulla

Opinnäytetyö
Joulukuu 2009

Tietotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) TULLA, Jarno	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 07.12.2009
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VIRTUALISOINTI TIETOVERKKOTEKNIIKAN OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ		
Koulutusohjelma Tietotekniikka		
Työn ohjaaja(t) LEINO, Janne		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu / Juha-Pekka Koho		
Tiivistelmä <p>Jyväskylän ammattikorkeakoululle tehdyssä opinnäytetyössä tutkittiin virtualisointia ratkaisuna kehittää tietoverkkoalan opetusympäristöä. Tavoitteena oli selvittää missä kohteissa virtualisointia voidaan käyttää opetusympäristössä ja millaisia teknisiä ratkaisuja on käytettävissä. Tutkittiin voidaanko virtualisoinnin mahdollistamia hyötyjä, kuten laiteresurssien parempi hyödyntäminen, saavuttaa opetusympäristössä. Selvitettiin mitä haasteita virtualisointi voi aiheuttaa tietoverkon suunnittelulle ja millaisia ratkaisuja tietoverkossa voidaan käyttää. Opinnäytetyössä esitellään virtualisointiratkaisuja virtuaalikoneiden ja virtuaalisen lähiverkon osalta. Selvittiin myös miten näitä ratkaisuja voidaan soveltaa opetusympäristössä ja toteutetaan testiympäristö, joka hyödyntää näitä ratkaisuja. Virtualisoinnin hyödyntämistä testattiin Cisco Network Academy -opintoihin kuuluvassa Eagle Server-ympäristössä.</p> <p>Toteutettiin VMwaren virtualisointisovelluksia käyttäen ympäristö, jossa palvelin ja host-koneet ovat samassa fyysisessä koneessa virtuaalikoneina. Tietoverkko suunniteltiin kuitenkin vastaamaan tilannetta, jossa host-koneet ovat alkuperäisen Eagle Server- topologian mukaisesti erillä toisistaan. Tuloksena oli oikea harjoitusympäristö, joka toteutettiin virtualisointia hyödyntäen. Käytännön toteutuksessa käytetyt tekniset ratkaisut oli valittu testiympäristön mukaan, mutta ympäristö osoitti kuitenkin konseptin toimivuuden. Virtualisointi tuo selkeitä hyötyjä verkko-opetusympäristössä etenkin virtuaalikoneiden käytön osalta. Suurin hyöty saavutetaan käytön joustavuudessa. Virtuaalikoneita voidaan luoda valmiiksi eri tarkoituksiin ja ottaa nopeasti käyttöön ja muokata vapaasti ilman riskejä. Testiympäristö osoitti myös että virtualisoinnilla voidaan luoda opintojaksojen harjoitustöiden tekemiseen kokoonpano, jota on helppo siirtää tarvittaessa, hallita ja ylläpitää. Kehittämällä ympäristöä voidaan siihen lisätä virtuaalikoneita ja muuta toiminnallisuutta kattamaan useampien opintojaksojen tarpeita Cisco Network Academy -opintojen ulkopuoleltakin. Verkon aktiivilaitteiden osalta ei virtualisointia voida täysin hyödyntää laitemäärän pienentämiseen, koska se vaikuttaisi laitteilla tehtävien harjoitustöiden suorittamiseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) virtualisointi, tietoverkot, opetus, cisco, vmware		
Muut tiedot		



Author(s) TULLA, Jarno	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 07.12.2009
	Pages 62	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title VIRTUALIZATION IN LAB ENVIRONMENT OF NETWORK STUDIES		
Degree Programme Information Technology		
Tutor(s) LEINO, Janne		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences / Juha-Pekka Koho		
Abstract <p>In the Bachelor's thesis assigned by JAMK University of Applied Sciences virtualization was researched as a solution to improve the lab environment in network studies. The goal was to find out in which areas of the environment virtualization could be implemented and what kind of technical solutions there are available. The research was carried out to see if the benefits of virtualization, such as better use of device resources could be accomplished in the lab environment. The challenges that virtualization might cause to network design were also studied and some of the networking solutions that can be used. The thesis presents virtual solutions including virtual machines and virtual local area network. The way to use these solutions in a student lab environment was studied and a test platform was built which uses these solutions. The implementation of virtualization was tested in Eagle Server environment, which is a part of Cisco Network Academy courses.</p> <p>A test environment was built using VMware virtualization software, where the server and host machines both reside in the same physical machine as virtual machines. The network was designed to simulate the actual Eagle Server topology, where the hosts have their separate connections to the network. As a result a real lab practice environment was built using virtualization techniques. The use of virtualization brings obvious benefits in to a lab environment, especially with the use of virtual machines. The greatest benefit comes from the flexibility that virtual machines offer. Virtual machines are easy to create, implement and can be modified by the students risk-free. The testing environment also demonstrated that using virtualization it is possible to create a compact set of devices that can be easily moved, managed and maintained. By further developing the test environment it is possible to add other virtual machines and functionality to cover the needs of other courses beyond the scope of Cisco Network Academy. What comes to the network devices, the full potential of virtualization could not be reached due to the affect it would have on the student lab exercises.</p>		
Keywords virtualization, data networks, teaching, cisco, vmware		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	3
2 VIRTUALISOINTI	5
2.1 Mitä virtualisointi on?	5
2.1.1 Ohjelmistojen ja laitteiden virtualisointi.....	5
2.1.2 Virtuaalinen lähiverkko (VLAN).....	5
2.2 Miksi virtualisoida?.....	8
2.3 Virtualisointitekniikat ja ohjelmistot.....	8
3 VIRTUALISOINTI OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ	14
3.1 Hypervisorin valinta.....	14
3.2 Kehitystyön vaatimusmäärittely	15
3.2.1 VMware Server -ohjelman vaatimukset.....	15
3.2.2 Testikokoonpanon määrittely	17
3.3 Testiympäristön rakentaminen.....	18
3.3.1 VMware Serverin asennus	18
3.3.2 VMware Serverin konfigurointi.....	21
3.3.3 Cisco Eagle Server.....	27
3.3.4 Eagle server asennus.....	29
3.3.5 Eagle Serverin oletusasetukset.....	35
3.3.6 Testiympäristön tietoverkkosuunnittelu	38
3.3.7 Etähallinta	43
4 HOST-KONEEN MÄÄRITTELY.....	47
5 TESTAUS.....	48
6 POHDINTA.....	49
LÄHTEET	51
LIITTEET	52

Liite 1. Kytkimen S1 konfiguraatio.....	52
Liite 2. Minicom-ohjelman konfigurointi	55
Liite 3. S1-Central konfiguraatiot.....	56
Liite 4. R2-Central konfiguraatiot	59
Liite 5. R1-ISP konfiguraatiot	61

KUVIOT

KUVIO 1. Topologia ilman VLANia.....	6
KUVIO 2. Tyypin 1 hypervisor malli	10
KUVIO 3. Tyypin 2 hypervisor malli	11
KUVIO 4. Eagle Server Topologia.....	28
KUVIO 5. Eagle Server asennusvalikko	32
KUVIO 6. Virheilmoitus puuttuvista käyttöoikeuksista	33
KUVIO 7. Fyysisen osion valinta	34
KUVIO 8. Testiympäristön topologia	41

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Eagle Server käyttäjätunnukset.....	35
TAULUKKO 2. Eagle Server DNS konfiguraatiot	36
TAULUKKO 3. Eagle Serverin palvelut	37

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen ala tarjoaa monipuolisia tietoverkkotekniikan opintoja, joihin on käytössä eri opetusympäristöjä laitteineen ja ohjelmistoineen. Vaihtelevat harjoitustyöt, joita samassa ympäristössä tehdään, aiheuttavat kuitenkin ajoittaisia muutoksia myös opetusympäristössä. Muutokset koskevat verkkotopologiaa kytkentöjen muuttamisen osalta. Myös palvelinten sekä työasemien vaatimukset vaihtelevat harjoitusten mukaan. Lisäksi on tarvetta parantaa opetusympäristön laitteiden käyttöastetta, siten että voidaan suorittaa eri harjoituksia yhtäaikaisesti lisäämättä laitteiden määrää.

Opinnäytetyössä tutkittiin virtualisointia ratkaisuna kehittää opetusympäristön käytettävyyttä ja minimoida tarvittavien laitteiden määrää hyödyntämällä tehokkaammin jo olemassa olevien laitteiden resursseja. Tavoitteena oli myös, että hyödyntämällä virtualisointia voitaisiin tulevaisuudessa myös poistaa tarvetta tehdä jatkuvasti muutoksia opetusympäristöön. Työssä tarkasteltiin ja testattiin teknisiä ratkaisuja näiden tavoitteiden saavuttamiseen ja toteutettiin alustava testiympäristö. Pohdittiin myös, mitä haasteita virtualisointi aiheuttaa tietoverkon suunnittelulle.

Lopullinen tavoite on kehittää järjestelmä helpottamaan opetusympäristön hallintaa. Korvaamalla mahdollisimman paljon fyysisiä kytkentöjä virtuaalisilla, voidaan suunnitella minimitopologia, joka soveltuisi ilman fyysisiä muutoksia harjoitustöiden erilaisiin skenaarioihin. Virtualisoimalla työasemia ja palvelimia vähennetään tarvittavan laitteiston määrää samalla mahdollistamalla niiden riittävä saatavuus. Lopulliseen järjestelmään voidaan myös liittää etäkäyttömahdollisuus, jolloin opettaja tai ylläpitäjä voi tehdä muutoksia opetusympäristöön verkon yli. Opinnäytetyössä keskityttiin palvelimen vaatimusten määrittämiseen ja virtualisointiin. Testiympäristöksi valittiin Cisco network academy -opintojen opetusympäristö. Cisco network academy -opintoihin kuuluvat Jyväskylän ammattikorkeakoulussa Cisco CCNA ja Cisco CCNP-opintokokonaisuudet. Minimitopologian suunnittelu rajattiin opinnäytetyön ul-

kopuolelle. Myöhempää kehitystyötä ajatellen pohdittiin myös parannusehdotuksia järjestelmälle.

Idea opinnäytetyön aiheesta oli peräisin Jyväskylän ammattikorkeakoulun henkilökunnalta helpottamaan osaltaan niin Cisco CCNA ja CCNP kuin myös mahdollisesti muita tietoverkkoympäristössä järjestettäviä opintoja. Virtualisointia hyödynnettiin jo kirjoitushetkellä opetuksessa, mutta kyseiseen tarkoitukseen sen soveltuvuutta ei ollut vielä tutkittu tarkemmin. Hyvän tutkimuskohteen aiheesta teki sen monipuolisuus. Aiheessa yhdistyvät niin tietoverkon, palvelimien kuin myös jatkuvasti suosiotaan kasvattavan virtualisoinnin osamisalueet.

2 VIRTUALISOINTI

2.1 Mitä virtualisointi on?

2.1.1 Ohjelmistojen ja laitteiden virtualisointi

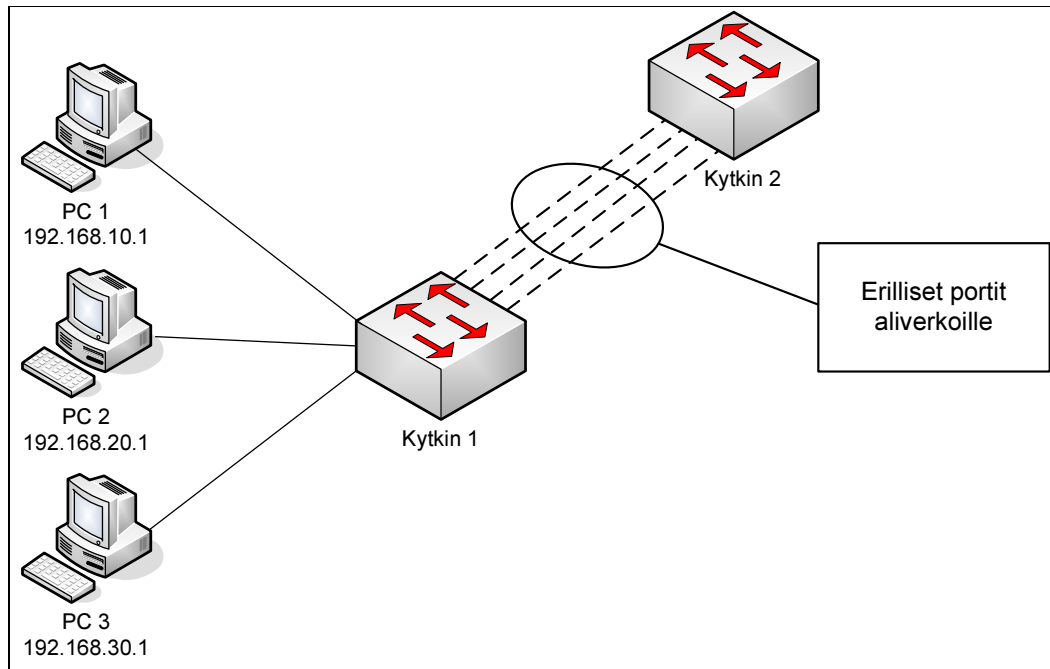
Virtualisointi itsessään on laaja termi, jolla yleisimmin viitataan resurssien abstrahointiin. *Ohjelmistojen virtualisointi* on prosessi, jossa tietokoneen laitteisto ikään kuin kytketään irti tai abstrahoidaan käyttöjärjestelmästä. Erottaminen toteutetaan erillisellä ohjelmalla. Tämä sallii usean ”virtuaalisen” ympäristön rinnakkaisen toiminnan yhdellä fyysisellä koneella. Abstrahointiprosessin kautta jokaiselle virtualisoidulle käyttöjärjestelmälle tarjotaan oma looginen laitteistonsa, kuten suoritin, muisti, verkkokortti ja niin edelleen. Nämä laitteistot ovat erillisiä jokaiselle virtuaalikoneelle ja eristetty muilta virtuaalikoneilta, jotka ovat samaan aikaan käytössä. (Hammersley 2007, 2.)

Ohjelmistojen virtualisoinnin lisäksi myös laitteiden resursseja voidaan virtualisoida. Erillisiä resursseja voidaan yhdistää näkymään ulospäin yhtenä loogisena resurssina. Esimerkki edellisestä on RAID0-tekniikka, jolla mahdollistetaan monen erillisen kovalevyn näkyminen yhtenä loogisena tallennuskapasiteettina. Tietoliikenteessä hyvä esimerkki virtualisoinnista on virtuaalilähiverkko, englanniksi Virtual LAN tai VLAN. Virtuaalista lähiverkkoa voidaan myös hyödyntää aiemmin mainitun minimitopologian suunnittelussa.

2.1.2 Virtuaalinen lähiverkko (VLAN)

Opetusympäristössä virtuaalisella lähiverkolla voidaan korvata osa tarvittavista fyysisistä Ethernet kytkennöistä ja sitä kautta vähentää topologiassa tarvittavien kytkinten tai kytkimen porttien määrää. VLANien avulla topologiaa voidaan muuttaa niin, että se loogisesti vastaa kuitenkin alkuperäistä. Esimerkiksi

kuvion 1 tapauksessa VLAN mahdollistaisi molemmista kytkimistä yhden portin varaamisen korvaamaan neljä fyysistä porttia. Kytkinten välinen VLAN trunk-portti voi kuljettaa useiden aliverkkojen liikennettä, jolloin porttikohtainen liikenne kasvaa, mutta harjoitusympäristössä se ei ole rajoittava tekijä.



KUVIO 1. Topologia ilman VLANia

Kytkintekniikka mahdollistaa toisistaan riippumattomien ryhmien muodostamisen lähiverkkoon, jotka voivat liikennöidä saman fyysisen verkon kautta. Toisistaan riippumattomat ryhmät muodostavat virtuaalisia lähiverkkoja. On olemassa laitevalmistajakohtaisia ratkaisuja VLAN toteutukseen, mutta yhteensopivuuden varmistamiseksi myös eri laitevalmistajien tuotteiden kesken on olemassa standardi IEEE 802.1Q. (Jaakonhuhta 2005, 157.)

Virtuaalisen lähiverkon voi toteuttaa ainakin neljällä eri tavalla. Tavallisesti määrittelyperusteet ovat seuraavat:

1. MAC-osoite
2. kytkimen portti

3. verkko-osoite

4. tietoliikenneprotokolla.

MAC-osoitteeseen perustuvissa VLANeissa kytkimiin määritellään mikä MAC-osoite kuuluu mihinkin VLANiin. Ratkaisu mahdollistaa yhden koneen kuulumisen useampaan VLANiin. Haittapuolena on hankala hallittavuus, tosin laitesiirotojen yhteydessä kytkimet voivat dynaamisesti huolehtia VLANin uudelleenmäärittelystä. (Mts. 157.)

Kytkimen portteihin perustuvissa VLANeissa kytkimen portti määritellään yhteen tiettyyn VLANiin, mikä myös määrää siihen kytkettyjen työasemien VLANin. Portteihin perustuva VLAN on helpompi toteuttaa kuin MAC-osoitteisiin perustuva, koska välttyään yksittäisten MAC-osoitteiden määrittelyä kytkimiin. (Mts. 157–158.)

Verkko-osoitteisiin perustuvassa VLANissa samaan verkko-osoiteavaruuteen tai aliverkkoon määritellyt laitteet kuuluvat myös samaan VLANiin. Hallittavuus on kohtuullisen hyvä dynaamisen uudelleenmäärittelyn ansiosta, mikä helpottaa laitteiden siirtelyä. (Mts. 158.)

Tietoliikenneprotokollaan perustuvat VLANit ovat sidoksissa käytettyyn protokollaan. Erilaiset protokollat, kuten IP, IPX jne., muodostavat oman VLANin. Heikkoutena on se, että eniten käytetty protokolla muodostaa suurimman VLANin. Ratkaisu on kuitenkin hallittavuudeltaan yksinkertainen. (Mts. 158.)

VLANeissa virtuaalisuus näkyy siinä miten tietoverkko voidaan jakaa loogisiin osiin. Esimerkiksi yrityksissä VLANeihin jakoa voidaan tehdä eri osastojen perusteella. Markkinointi- ja tuotanto-osastoille voidaan määrittellä omat VLAN tunnuksensa. VLANit mahdollistavat myös riippumattomuuden fyysisestä sijainnista, joten saman osaston työntekijöitä voi olla rakennuksen eri kerroksissa tai kokonaan eri rakennuksissa. Opetusympäristön kehittämisessä voidaan esimerkiksi hyödyntää kytkimen portteihin perustuvaa VLAN ratkaisua, kuten vähentämällä fyysisten kytkentöjen määrää kuvion 1 kaltaisessa tapauksessa.

2.2 Miksi virtualisoida?

Virtualisoinnilla voidaan selkeästi parantaa resurssien, ohjelmistojen ja palveluiden saatavuutta sekä niiden tehokkuutta organisaatiossa. Resursseja ei voida täysin hyödyntää vanhalla ”yksi palvelin yhtä toimintoa varten” -mallilla. Ylläpitäjien aikaa kuluu liikaa palvelinten hallintaan sen sijaan, että sitä käytettäisiin myös innovointiin. Automatisoimalla virtuaalisilla ratkaisuilla konesali voidaan vastata nopeammin muuttuviin markkinatilanteisiin. Resurssit voidaan kohdentaa paremmin sinne, missä niitä tarvitaan. Virtualisoinnin tuomat edut voivat myös säästää merkittävästi IT-kuluissa. Tekniikka mahdollistaa usean käyttöjärjestelmän ajamisen samalla tietokoneella, jolloin voidaan hyödyntää helposti eri käyttöjärjestelmien ohjelmia. Tarvittavan laitteiston määrän vähentäessä säästetään myös energiaa ja ylläpitokulut pienenevät. Virtuaalisilla ympäristöillä voidaan myös parantaa liiketoiminnan jatkumista vikatilanteessa palautustoiminnoilla ja turvata tärkeän tiedon ja palveluiden saatavuus. Voidaan luoda ja hallita turvallisesti työpöytäympäristöjä, joita voi käyttää paikallisesti tai etähallinnan kautta. (Virtualization basics. n.d.)

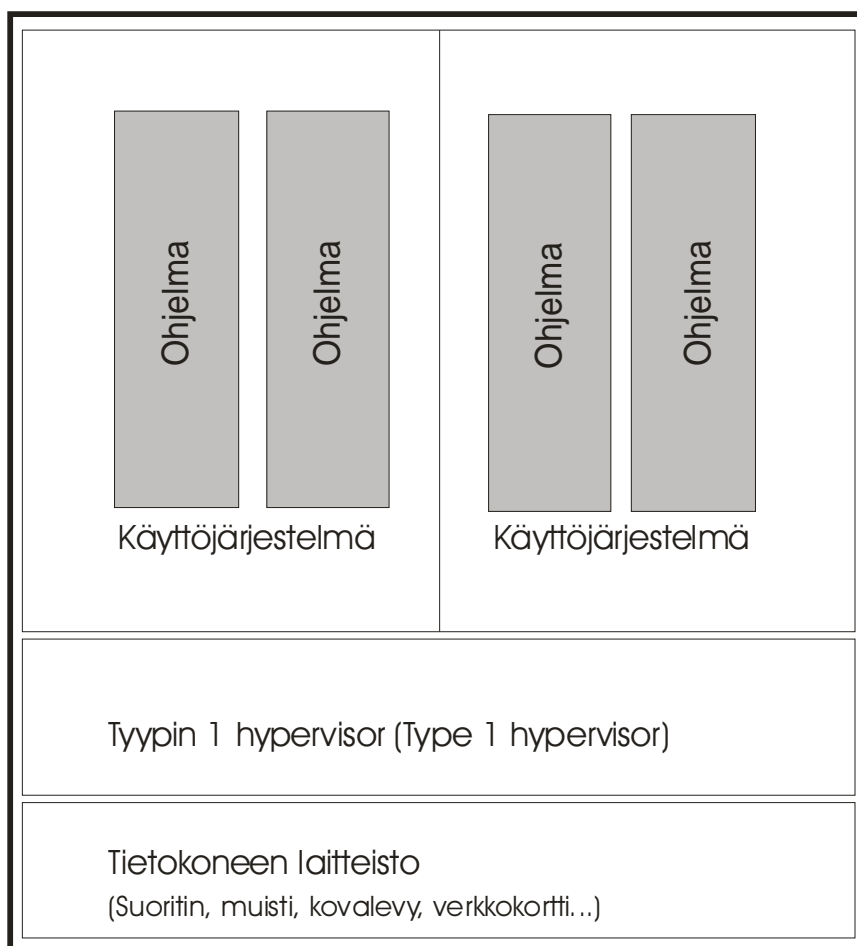
2.3 Virtualisointitekniikat ja ohjelmistot

Virtuaalikoneiden kohdalla eräs keskeinen termi on *hypervisor*, josta käytetään myös nimitystä *virtual machine manager*. Hypervisor on sovellus, joka mahdollistaa useamman käyttöjärjestelmän yhtäaikaisen toiminnan samalla fyysisellä koneella. On olemassa tyyppin 1 ja tyyppin 2 hypervisor-sovelluksia.

Tyyppin 1 hypervisor on laiteläheisempi ratkaisu, jossa itse hypervisor sovellus asennetaan suoraan koneelle ilman erillistä käyttöjärjestelmää. Virtualisoitavat käyttöjärjestelmät tai vieraskäyttöjärjestelmät (englanniksi: guest operating system) ovat seuraavalla kerroksella hypervisorista. Itse hypervisor on kevyt sovellus, jota suoritetaan isäntäkoneella. Tyyppin 1 hypervisorilla kuvataan termillä ”bare-metal”, koska se ei tarvitse erillistä käyttöjärjestelmää alustukseen. Tämän vuoksi se vaatii yhteensopivia laitteita toimiakseen. Käyttöjärjes-

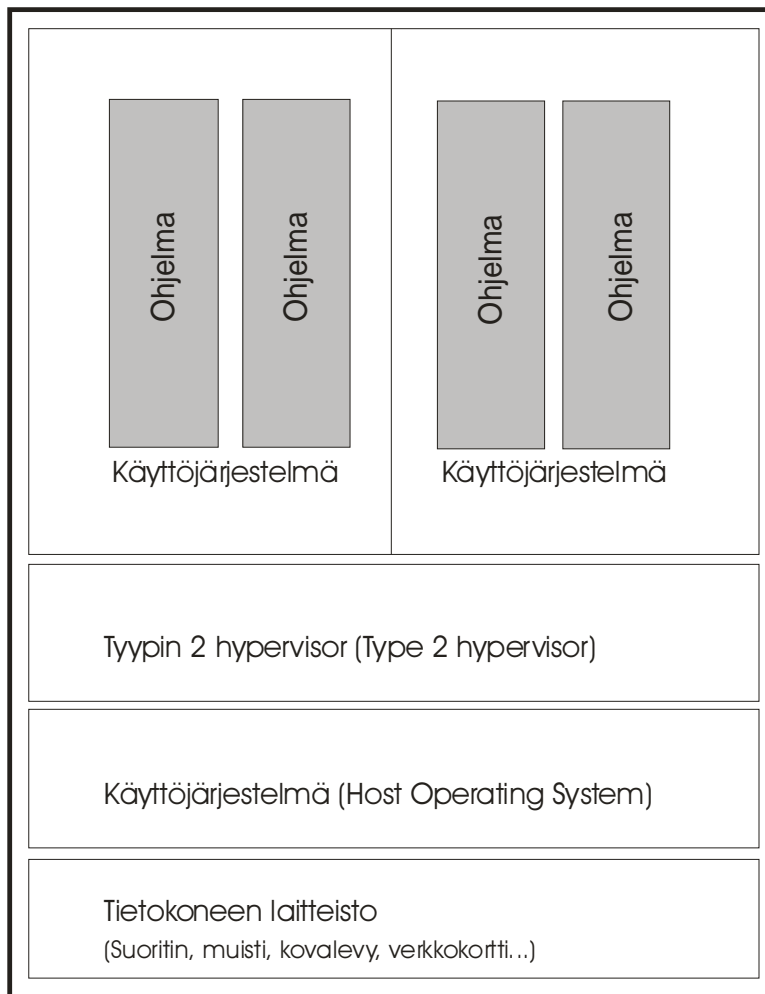
telmissä kuten Windows on jo valmiiksi laaja laitetuki, koska laitevalmistajat tekevät laitteilleen Windowsissa toimivat ajurit. Tyypin 1 kohdalla laitetuesta huolehtiminen jää hypervisor sovelluksen valmistajalle.

Tyypin 2 hypervisor on puolestaan ohjelma, joka asennetaan jonkin isäntäkäyttöjärjestelmän päälle. Siksi tyypistä 2 käytetään nimitystä "hosted", mikä kuvaa sen riippuvuutta olemassa olevasta käyttöjärjestelmästä. Hypervisor-kerroksen alla olevalla käyttöjärjestelmällä saavutetaan laajempi laitetuki, mutta samalla se vaikuttaa suorituskykyyn, vakauteen ja tietoturvaan. VMware on johtavia virtuaalisten ratkaisujen toimittajia maailmanlaajuisesti. VMware verkkosivujen (VMware ESXi, n.d) mukaan tyypin 2 ratkaisuissa virtuaalikoneet ovat yhtä luotettavia kuin itse käyttöjärjestelmä, jonka päälle ne ovat asennettuina. Lisäksi haittana ovat kaikki normaaliin käyttöjärjestelmään kuuluvat asiat, kuten käyttöoikeuksien hallinta, virustentorjunta ja korjauspäivitykset. Kuten aiemmin mainittu tyypin 1 hypervisor on suoraan yhteydessä laitteistoon ja muodostaa virtualisointikerroksen ylemmän kerroksen virtuaalikoneita varten. Virtualisointikerros tarjoaa laitteiston resursseja virtuaalisesti käyttöjärjestelmille. Kuvio 2 kuvaa loogiset kerrokset tyypin 1 hypervisor arkkitehtuurista.



KUVIO 2. Tyypin 1 hypervisor malli

Tyypin 2 hypervisor vaatii yhden ylimääräisen kerroksen, eli laitekerroksen päälle asennettavan käyttöjärjestelmän, joka kyseisessä arkkitehtuurissa vastaa laitteiden hallinnasta omien ajureidensa kautta. Kuvio 3 kuvaa kerrosrakennetta tyypin 2 hypervisor arkkitehtuurissa eli niin sanotussa "hosted"-arkkitehtuurissa.



KUVIO 3. Tyypin 2 hypervisor malli

Virtualisointi on 2000-luvulla kasvattanut jatkuvasti suosiotaan niin yrityksissä kuin harrastajien parissa. Virtualisointi tarjoaa erittäin skaalautuvia ratkaisuja eri tarpeisiin. Harrastelijat voivat kokeilla uusia käyttöjärjestelmiä samalla koneella ilman että joutuu poistamaan edellisen ja tarvittaessa käyttää useaa käyttöjärjestelmää samanaikaisesti. Toisessa ääripäässä on suurten yritysten palvelinten virtualisointi ja cloud computing. Cloud computing viittaa yleensä virtualisoituun palveluun verkossa, vaikka muutakin tekniikkaa voidaan käyttää. Palvelun tarjoamisen kompleksisuus, kuten mitä laitteita ja kytkentöjä tarvitaan, ei näy käyttäjälle. Palvelun tarjoaja varaa resursseja, kuten laskentateho, muisti ja tallennuskapasiteetti palvelulle, ja asiakas voi käyttää palvelua verkon yli. Tällöin asiakkaan omalla koneella ei tarvitse olla valtavaa laskenta-

tehoa, muistia eikä tarjottavaa palvelua tai ohjelmaa, kuten esimerkiksi kuvankäsittelyohjelmaa.

Virtualisointiohjelmia on saatavilla suhteellisen laaja valikoima eri valmistajilta ja erilaisiin käyttötarkoituksiin sopivia ratkaisuja. Monet suuret IT alan toimijat ovat lähteneet mukaan kilpailuun kehittämällä omia virtualisointiratkaisujaan. Ohessa esitellään muutaman valmistajan keskeisiä tuotteita jotka sopivat käyttötarkoitukseltaan myös opetusympäristön virtualisointitarpeisiin.

VMware on perustettu vuonna 1998 ja on maailmanlaajuisesti johtava yritys virtuaalisissa ratkaisuissa. VMware tarjoaa laajan valikoiman tuotteita, kaupallisia ja myös täysin ilmaisia ohjelmia virtualisoitiin.

VMware ESXi on tyypin 1 hypervisor ja siten vaatii yhteensopivan laitteiston alustakseen. ESXi on kehittyneempi versio aiemmasta ESX hypervisorista. VMware ESXi sopii hyvin paljon resursseja vaativille palveluille ja ohjelmistoille, kuten sähköpostipalvelu ja tietokannat. Ohjelma on ilmaiseksi ladattavissa. (VMware ESXi. n.d.)

VMware Server on tyypin 2 hypervisor. Käytetään yksinkertaisesti jakamaan palvelinkoneen fyysiset resurssit monelle virtuaalikoneelle. Tukee myös vanhempien käyttöjärjestelmien, kuten Windows 2000, virtualisointia. Kirjoitushetkellä uusin versio oli VMware Server 2, joka tukee kahdeksan gigatavun muistia ja kymmentä virtuaalista verkkokorttia yhtä virtuaalikonetta kohden. Ohjelma on ilmainen. (VMware Server. n.d.)

Xen on yhteisö, joka luo avoimen lähdekoodin virtuaalisia ratkaisuja kannettavaan koneisiin ja mobiililaitteisiin asennettavista ohjelmista aina cloud computing ratkaisuihin. Ohjelmia kehittää Xen yhteisö yhdessä monen suuren yrityksen kanssa ja kehitystyötä tehdään GNU General Public License (GPL2) alaisena. Kaikki Xen tuotteet ovat avoimen lähdekoodin ohjelmina ilmaisia.

Xen Hypervisor on tyypin 1 hypervisor, joka on kehitetty erityisesti palvelinten virtualisointiin. Erityisen kevyenä alustana Xen tarjoaa lähes häviötöntä suorituskykyä virtuaalikoneille. Laitetuki järjestetään uudelleenkäyttämällä niin avoimen lähdekoodin kuin suljetun lähdekoodin ajureita. Lisäksi Xen on tehty vakaaksi ajuriongelmia vastaan. (Xen Hypervisor. n.d.)

Sun Microsystems tarjoaa niin kutsutun network computing-alan ratkaisuja, joissa mahdollisimman moni tavallisen tietokoneen toiminnoista toteutetaan verkossa palveluina. Ratkaisuihin kuuluvat tietokonejärjestelmät, tallennusratkaisut ja muut palvelut kuten huollot. Yrityksen keskeisiin tavaramerkkeihin kuuluvat Java, Solaris käyttöjärjestelmä, MySQL, storageTek ja UltraSPARC suoritin. (Sun Microsystems. n.d.)

VirtualBox on Sun Microsystemsin avoimen lähdekoodin virtualisointiohjelma. Se edustaa tyypin 2 hypervisor-arkkitehtuuria, ja alustaksi sopivat käyttöjärjestelmät kuten Windows, OS X, Linux ja Solaris. Tuotteesta on kaksi eri versiota, jotka on julkaistu eri lisensseillä. *VirtualBox*-tuotetta koskevat käyttöehdot, jotka määrittellään lisenssissä *VirtualBox Personal Use and Evaluation License*. *VirtualBox Open Source Edition (OSE)* sisältää myös lähdekoodin ja on muuten sama kuin *VirtualBox*, mutta ilman tiettyjä yrityksille suunnattuja ominaisuuksia. Tuote itsessään on ilmainen, mutta tällainen lisensointitapa mahdollistaa rahalliset tulot, jotka käytetään tuotteen jatkokehitykseen. Käyttöehdot OSE-versiolle määrittelee GNU General Public Licence (GPL). (*VirtualBox*. n.d.)

3 VIRTUALISOINTI OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ

3.1 Hypervisorin valinta

Optimaalisin ratkaisu palvelimen virtualisoinnissa olisi käyttää tyyppin 1 hypervisoria, jolloin koneen suorituskyky olisi mahdollisimman tehokkaasti virtuaalikoneiden käytössä. Kuitenkin vaatimukset yhteensopivista laitteista rajoittavat tämän vaihtoehdon käyttämistä testikokoonpanossa, joka määritellään luvussa 3.2.2. Yhteensopivuutta testattiin aluksi VMware ESXi:n kanssa, mutta asennus keskeytyi verkkokortin yhteensopivuusongelmiin. Lista yhteensopivista laitteista tuotekohtaisesti löytyy yrityksen verkkosivuilta www.vmware.com. Vaikka esimerkiksi Xen Hypervisor tarjoaakin tyyppin 1 ratkaisuista parempaa laitetukea, päätettiin testikäyttöön valita VMwaren tuote, koska yrityksen tuotteita on jo paljon käytössä Jyväskylän ammattikorkeakoululla ja siten ne ovat tuttuja jo ennestään.

VMware Server sopii tarkoitukseen ja suorituskyky on riittävä käyttötarkoitukseen. Hypervisorin valinnassa päädyttiin aikaisempaan versioon VMware Serveristä, koska uusin versio sisältää ominaisuuksia, joita ei suunniteltuun käyttöön tarvita ja jotka voivat jopa haitata suorituskykyä. Virtualisointiin valittiin VMware Server 1.0.9. Vaikka uudempi versio tarjoaakin laajemman tuen niin alustaksi asennettaville käyttöjärjestelmille kuin virtuaalikoneidenkin käyttöjärjestelmille, voidaan tämäkin ongelma ratkaista Linux-käyttöjärjestelmän osalta käyttämällä erityistä päivityspakettia. Päivityspaketti mahdollistaa VMware Serverin asennuksen myös uusimpien Linux-jakeluiden päälle. Asennuksesta lisää luvussa 3.3.1.

3.2 Kehitystyön vaatimusmäärittely

3.2.1 VMware Server -ohjelman vaatimukset

Virtuaalikoneet käyttävät alustana toimivan tietokoneen (host machine) resursseja, jotka ensin abstrahoidaan kyseiseen käyttöön. Voidaan siis todeta, että mitä tehokkaampi ja vakaampi tietokone on alustana, sen paremmin virtuaalikoneet toimivat. VMware Server tukee jopa 16 suorittimen palvelimia. Suositusten mukaisesti jos ei ylitetä neljää virtualisoitua käyttöjärjestelmää yhtä suorittinta kohden, voidaan saavuttaa jopa 64 virtuaalikoneen järjestelmä yhdellä palvelimella. (Hammersley 2007, 11–12.) Seuraavaksi tarkastellaan vaatimuksia, joita VMware Server asettaa laitteistolle ja käyttöjärjestelmille. Uusimmat tuetut laitteet löytyvät verkosta VMwaren verkkosivuilta www.vmware.com.

Suoritin

Vähimmäisvaatimuksena on 733 MHz tai nopeampi x86-pohjainen suoritin. Suoritin voi olla tyyppiä Intel pentium II tai parempi EM64T-tuella tai AMD Athlon ja siitä paremmat mallit Athlon 64-tuella. (Hammersley 2007, 12.)

Muisti

Muistia on suositeltavaa käyttää niin paljon kuin vain mahdollista, koska palvelimen pitää kattaa alustana toimivan käyttöjärjestelmän ja virtuaalikoneiden muistivaatimukset. Kannattaa kuitenkin ottaa huomioon alustana toimivan käyttöjärjestelmän rajoitteet muistin käytölle. Esimerkiksi jos alustaksi valitaan Windows Server 2003 Standard, on minimivaatimus muistille 128 MB keskusmuistia, mutta samalla se sallii enimmillään 4 GB. Tässä tapauksessa ei hyödyttäisi enempää, vaikka palvelimella olisi 64 GB keskusmuistia. Tämän vuoksi on syytä suunnitella järjestelmä huolellisesti, että muistin määrä voidaan maksimoida. Muistivaatimukset VMware Serverille ovat seuraavat:

- Minimi: 512 MB
- Maksimi:

- 64 GB Windows ja Linux koneille, joiden suoritin on varustettu Physical Address Extension (PAE) tuella.
- 4 GB Windows koneille ilman PAE tukea.
- 2 GB Linux koneille, joissa on kernel versio 2.2.x

(Mts. 12.)

Kovalevy

Virtuaalikone itsessään koostuu useista tiedostoista, joista yksi vastaa sen kovalevyä. Nyrkkisääntönä määriteltessä kovalevyn kokoa virtuaalikoneille voidaan pitää tietoa siitä, kuinka paljon tilaa kyseinen käyttöjärjestelmä varaa levyiltä asennettuna normaalisti. Tämän perusteella voidaan määrittellä vähimmäisvaatimukset virtuaalisen levytiedoston koolle. Esimerkiksi perus Windows XP Professional asennus varaa hieman yli kaksi gigatavua levytilaa. Virtuaalisen kovalevyn luontiin on kaksi vaihtoehtoa:

- Laajentuva (expanding) virtuaalilevy aloittaa pienestä levytilasta ja laajenee sitä mukaan, kun käyttöjärjestelmiä ja niiden ohjelmia asennetaan. Tämä vaihtoehto säästää levytilaa, mutta vaikuttaa heikentävästi suorituskykyyn.
- Ennalta määritelty (pre-allocated) käyttää ennakkoon varattua levytilaa, levyn koko pysyy samana riippumatta mitä sinne asentaa.

Molemmat vaihtoehdot vaativat kuitenkin maksimilevytilan määrittämisen, jonka yli virtuaalilevyille varattava tila ei voi kasvaa. Lisäksi on käytössä kolmas vaihtoehto: tavallinen fyysinen levy tai levyosio. (Mts. 13.)

Verkko-ohjain

Koska VMware Server on riippuvainen sen alustaksi asennetun käyttöjärjestelmän laitetuesta, mikä tahansa Ethernet-ohjain, jota käyttöjärjestelmä tukee, käy myös VMware Serverille. Riittävästä kaistanleveydestä on kuitenkin syytä huolehtia, koska käytössä voi olla montakin palvelinta. Näin varmistetaan, että

kaistanleveys on kuormitukselle riittävä. Esimerkiksi 100Mb/s tai suurempi kaistanleveys ja kiinteä IP osoite takaavat yleensä riittävän hyvän yhteyden. (Mts. 14.)

Käyttöjärjestelmä

Tässä yhteydessä käyttöjärjestelmällä tarkoitetaan VMware Serverin alustana toimivaa käyttöjärjestelmää eli host operating system. Tuettujen käyttöjärjestelmien kohdalla kannattaa tarkistaa verkkosivuilla www.vmware.com löytyvä opas *VMware Server Administration guide*, josta löytyy tarkemmin listausta tuetuista käyttöjärjestelmistä. Lista on melko pitkä ja sisältää eri Microsoft Windows Serverin versioita sekä useita Linux jakeluiden versioita. Lisäksi Linux jakeluiden suuresta määrästä johtuen tuki uusimmille versioille usein puuttuu tai järjestyy vasta myöhemmin. Linux jakeluiden kohdalla, toisin kuin Windows käyttöjärjestelmien, voidaan VMware Server asentaa myös listan ulkopuolisiin versioihin. Tässä tapauksessa kuitenkin varoitetaan mahdollisista ongelmista, kuten asennuskriptien poikkeavasta käyttäytymisestä ja vähemmän optimaalisesta suorituskyvystä. (Mts. 14–15.)

3.2.2 Testikokoonpanon määrittely

Tässä luvussa esitellään testikokoonpanon laite- ja ohjelmistotiedot. Kyseinen kokoonpano on vaatimuksiltaan riittävä, jotta tarvittavia toimintoja voidaan testata, mutta lopulliseen suunniteltuun käyttöön vaaditaan koneelta enemmän resursseja. Usean virtuaalikoneen yhtäaikainen käyttö vaatii riittävästi resursseja, etenkin muistia. Lopullisessa kokoonpanossa on syytä ottaa muistin käyttö huomioon emolevyn tuen suhteen ja myös alustaksi asennettavan käyttöjärjestelmän tulisi tukea suuria keskusmuistimääriä. VMware Server tukee myös 64-bittisiä käyttöjärjestelmiä, niin alustana kuin virtuaalikoneena, mikä mahdollistaa myös osaltaan suorituskykyisen kokoonpanon suunnittelun. Verkkokortin nopeus voi myös rajoittaa suorituskykyä palvelimia virtualisoidessa, mikä on hyvä huomioida lopullisessa laitteistossa. Testikokoonpano koostuu seuraavista laitteista ja ohjelmista:

Proessori:	Intel Pentium D 2.80GHz, tuplaydinproessori
Muisti:	3 GB, DDR2 (Tuki 4 GB saakka)
Kovalevy:	250 GB, Serial-ATA
Käyttöjärjestelmä:	Ubuntu Linux 9.04
Verkkokortti:	3Com 10/100 Mbps
Virtualisointiohjelma:	VMware Server 1.0.9
Virtuaalikone:	Cisco Eagle Server 2.0 (Exploration)

Näppäimistö ja hiiri ovat PS/2-liitännällä, joissain poikkeustapauksissa toiminta on USB liitintää varmempi, mutta pääsääntöisesti myös USB tuki on otettu huomioon kokoonpanossa käytetyissä ohjelmistoissa. Kokoonpano täyttää vaatimukset VMware Server -ohjelman osalta, jotka mainittiin luvussa 3.2.1.

Lisäksi käytössä oli Cisco Catalyst 3560-sarjan tason 3 (Layer 3) kytkin. Kytkimellä oli seuraava IOS versio: 12.2(35)SE5.

3.3 Testiympäristön rakentaminen

3.3.1 VMware Serverin asennus

Kuten mainittu luvussa 3.2.2 käyttöjärjestelmäksi on asennettu Ubuntu Linux versio 9.04. Kyseinen versio ei ole tuettujen käyttöjärjestelmien listalla VMware Server 1.0.9 ohjelmalle. VMware Server Administration Guide (2006, 8–9) mukaan Ubuntu jakelusta vain seuraavat versiot ovat tuettuja:

64-bittinen käyttöjärjestelmä:

- Ubuntu Linux 5.04 and 5.10
- Ubuntu Linux 6.06 (kokeellinen tuki)

32-bittinen käyttöjärjestelmä:

- Ubuntu 6.06.

Linux-asennusten kohdalla on kuitenkin mahdollista käyttää muitakin versioita listan ulkopuolelta. Tämä saattaa kuitenkin johtaa siihen, että asennus ei etene normaalilla tavalla, vaikka asennusskripti Linuxille on kehittynyt huomattavasti alkuperäisestä versiostaan. Seuraavaksi kuvataan, miten VMware Server 1.0.9 asennetaan Ubuntu 9.04 -käyttöjärjestelmään.

Ennen varsinaisen ohjelman asennusta avataan komentorivi ja asennetaan tarvittavia paketteja, joita VMware Server tarvitsee asennuksen ja konfiguroinnin suorittamiseen. Erilaisissa Linux-asennuksissa voidaan tarvita muitakin paketteja asennuksen suorittamiseksi. Näissä tapauksissa asennusohjelma ilmoittaa puuttuvasta paketista tai puuttuvan paketin voi selvittää asennuksen antaman virheilmoituksen perusteella. Tässä tapauksessa testataan kernelin versiota, joka ei ole tuettu, joten osa ohjelman komponenteista joudutaan kääntämään uudelle kernelille yhteensopivaksi. Asennetaan samalla myös verkkoasetuksia tehtäessä tarvittava xinetd-paketti, joka huolehtii Internet-palveluista. Pakettien asennus seuraavilla komennoilla:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install build-essential xinetd gcc g++
```

Lisäksi asennus voi vaatia joidenkin Linux-versioiden kohdalla linux-headers-paketin päivittämisen. Ubuntu 9.04 -versiossa mukana oleva linux-headers kuitenkin toimii VMware Server 1.0.9 version kanssa, joten päivittämiseen ei ole syytä. Muussa tapauksessa päivittäminen tapahtuu komennolla:

```
sudo apt-get install linux-headers-$(uname -r)
```

Ladataan VMware Server 1.0.9 -paketti VMwaren verkkosivuilta. Asennettua ohjelmaa voi käyttää vain sarjanumeron avulla, ja sarjanumeron saa ilmaiseksi rekisteröitymällä verkkosivuilla. Sarjanumeroa kysytään asennettaessa konfigurointivaiheen yhteydessä. Paketti on saatavilla .rpm- ja .tar.gz-muodoissa, joista valitaan .tar.gz ja ladataan se koneelle. Tässä tapauksessa paketin nimi on VMware-server-1.0.9-156507.tar.gz.

Siirrytään komentorivillä kansioon, minne pakattu tiedosto on ladattu ja puretaan paketti seuraavalla komennolla:

```
tar xvfz VMware-server-*.tar.gz
```

Purettu paketti sisältää kansion, siirrytään kansioon komennolla:

```
cd vmware-server-distrib
```

Seuraavaksi aloitetaan asennus suorittamalla kansiossa oleva asennustiedosto:

```
sudo ./vmware-install.pl
```

Seuraavaksi asennus kysyy mihin kansioihin asennettavia tiedostoja kopioidaan. Asennusohjelma ehdottaa kansion nimeä ja kaikki oletuskansiot voidaan hyväksyä painamalla enter-näppäintä. Seuraavaksi on kuvattuna asennuksen kulku asennustiedoston suorittamisen jälkeen.

Installing the content of the package.

In which directory do you want to install the binary files?

[/usr/bin]

What is the directory that contains the init directories (rc0.d/ to rc6.d/)?

[/etc]

What is the directory that contains the init scripts?

[/etc/init.d]

In which directory do you want to install the daemon files?

[/usr/sbin]

In which directory do you want to install the library files?

[/usr/lib/vmware]

The path "/usr/lib/vmware" does not exist currently. This program is going to create it, including needed parent directories. Is this what you want?

[yes]

In which directory do you want to install the manual files?

[/usr/share/man]

In which directory do you want to install the documentation files?

[/usr/share/doc/vmware]

The path "/usr/share/doc/vmware" does not exist currently. This program is going to create it, including needed parent directories. Is this what you want?

[yes]

readdir() attempted on invalid dirhandle LS at ./vmware-install.pl line 458.

closedir() attempted on invalid dirhandle LS at ./vmware-install.pl line 459.

The installation of VMware Server 1.0.9 build-156507 for Linux completed successfully. You can decide to remove this software from your system at any time by invoking the following command: "/usr/bin/vmware-uninstall.pl".

Ohjelman asennus on nyt itsessään valmis, mutta asennusohjelma jatkuu vielä alkuun tehtävien konfigurointien kyselyllä. Seuraavassa luvussa ohjeistetaan miten nämä konfiguroinnit voidaan onnistuneesti suorittaa.

3.3.2 VMware Serverin konfigurointi

Ohjelman asennuksen jälkeen asennus kysyy vielä että haluaako käyttäjä aloittaa konfiguroinnin suorittamalla konfigurointitiedoston kohteessa `"/usr/bin/vmware-config.pl"`. Suorittamalla kyseinen komento voidaan viimeistellä asennus ja määritellä alustavia asetuksia ohjelmalle. Kuten todettu Ubuntu käyttöjärjestelmän uudempi version ei ole tuettu, mikä aiheuttaa ongelmia konfigurointivaiheessa. Ongelmia aiheuttaa uudemman Linux kernelin kanssa yhteensopimaton vmmon-moduuli. Asennuskripti tarjoaa lisäksi mahdollisuutta rakentaa C-kääntäjän avulla yhteensopivan vmmon (Virtual Machine Monitor) moduulin, mutta ei kuitenkaan onnistu siinä. Suorittamalla normaalin paketin mukana tulleen konfiguraatioskriptin, päättyy konfigurointi ilmoitukseen "Unable to build the vmmon module". Ratkaisuna voidaan käyttää päivityspakettia `vmware-update-2.6.27-5.5.7-2.tar.gz`, joka mahdollistaa vmmon moduulin onnistuneen rakentamisen uudemmalle kernel versiolle. Päivityspaketti löytyi osoitteesta <http://www.insecure.ws/2008/10/20/vmware-specific-specific-55x-and-kernel-2627>. Päivityspaketti on suunnattu kernel versiolle 2.6.27,

mutta toimii myös 2.6.28 version kanssa. Päivityspaketti sisältää seuraavat tiedostot:

- runme.pl
- services.sh
- update
- update.c
- vmblock.tar
- vmmon.tar
- vmnet.tar

Päivityspaketti käynnistää konfiguroinnin ja sisältää tarvittavat tiedostot, joilla konfigurointi voidaan viedä onnistuneesti läpi. Alkuperäisen asennuspaketin kysymykseen konfiguroinnin aloittamisesta vastataan kielteisesti "no" vaikka oletuksena on "yes".

Before running VMware Server for the first time, you need to configure it by invoking the following command: "/usr/bin/vmware-config.pl". Do you want this program to invoke the command for you now? [no]

Seuraavaksi puretaan päivityspaketti, siirrytään purettuun kansioon ja Suorite-
taan kansiossa oleva tiedosto runme.pl komennoilla:

```
tar xvfz vmware-update-2.6.27-5.5.7-2.tar.gz
```

```
cd vmware-update-2.6.27-5
```

```
sudo ./runme.pl
```

Päivitys tekee aluksi tarvittavat korjaukset ja päivittää vmware-config.pl tiedoston ja moduulit, jotka estävät alkuperäisellä skriptillä suoritettavan konfiguroinnin. Päivityksen jälkeen voidaan hyväksyä konfiguroinnin aloittaminen.

Updating /usr/bin/vmware-config.pl ... now patched

Updating /usr/bin/vmware ... No patch needed/available

Updating /usr/bin/vmnet-bridge ... No patch needed/available

Updating /usr/lib/vmware/bin/vmware-vmx ... No patch needed/available

Updating /usr/lib/vmware/bin-debug/vmware-vmx ... No patch needed/available

VMware modules in "/usr/lib/vmware/modules/source" has been updated.

Before running VMware for the first time after update, you need to configure it

for your running kernel by invoking the following command:

"/usr/bin/vmware-config.pl". Do you want this script to invoke the command for

you now? [yes]

Käyttäjää pyydetään seuraavaksi valitsemaan hakemistot loppuille asennustiedostoille. Jokaisessa kohdassa voidaan käyttää oletuskansiota painamalla enter.

In which directory do you want to install the mime type icons?

[/usr/share/icons]

What directory contains your desktop menu entry files? These files have a

.desktop file extension. [/usr/share/applications]

In which directory do you want to install the application's icon?

[/usr/share/pixmaps]

Seuraavassa vaiheessa asennus ilmoittaa, että mikään valmiiksi rakennettu vmmon moduuli ei käy yhteen nykyisen kernel version kanssa ja kysyy halutaanko käyttää C-kääntäjää rakentamaan kyseisen moduulin. Tällä kertaa

vastataan kyllä painamalla enter. Moduulin rakennus onnistuu ja käyttäjä saa ilmoituksen "The module loads perfectly in the running kernel".

Seuraavaksi konfiguroidaan alustavat verkkoyhteydet virtuaalikoneille. On mahdollista määritellä useita erilaisia verkkoyhteyksiä, jotka tallennetaan virtuaaliverkoiksi. VMware Server mahdollistaa jopa sadan erilaisen virtuaalisen verkkoyhteyden määrittämisen. Virtuaalisia verkkoyhteyksiä kuvataan nimellä *vmnet*, jota seuraa verkkoyhteyden yksilöivä numero *vmnet0–99*. Käyttäjä voi myöhemmin valita mitä virtuaalista yhteyttä haluaa käyttää. Automaattisen konfiguroinnin yhteydessä määritellään seuraavat yhteydet:

1. Bridget networking
2. NAT (Network Address Translation)
3. Host-Only

Do you want networking for your virtual machines? (yes/no/help) [yes]

Configuring a bridged network for vmnet0.

Your computer has multiple ethernet network interfaces available: eth0, pan0.

Which one do you want to bridge to vmnet0? [eth0]

The following bridged networks have been defined:

. vmnet0 is bridged to eth0

Do you wish to configure another bridged network? (yes/no) [no]

Sillattu yhteys määritellään oletuksena *vmnet0* paikkaan. Koneessa voi olla useampi verkkosovitin, jolloin on syytä tietää mikä on yhteydessä verkkoon. Sillattu yhteys jatkaa yhteyden verkkokortilta virtuaalikoneelle. Virtuaalikone tarvitsee IP osoitteen, kyseisen verkon osoitealueesta. Virtuaalikoneelle voidaan määritellä kiinteä IP osoite tai ottaa käyttöön DHCP palvelimen jakamaan osoitteen. Seuraavaksi konfiguroidaan NAT.

Do you want to be able to use NAT networking in your virtual machines? (yes/no)

[yes]

Configuring a NAT network for vmnet8.

Do you want this program to probe for an unused private subnet? (yes/no/help)

[yes]

Probing for an unused private subnet (this can take some time)...

The subnet 172.16.124.0/255.255.255.0 appears to be unused.

The following NAT networks have been defined:

. vmnet8 is a NAT network on private subnet 172.16.124.0.

Do you wish to configure another NAT network? (yes/no) [no]

NAT toimii virtuaaliverkossa samalla tavalla kuin muissakin tapauksissa. NAT mahdollistaa useiden virtuaalikoneiden yhteyden oman verkkonsa ulkopuolelle, esimerkiksi palveluntarjoajan verkkoon, käyttäen siihen vain yhtä IP osoitetta. Virtuaalikoneille annetaan omat IP osoitteet yksityisestä IP osoiteavaruudesta, mutta julkiseen verkkoon pääsy on mahdollista käyttäen vain yhtä julkista IP osoitetta tai pientä osoitealuetta. Konfigurointivaiheessa etsitään vapaata yksityistä aliverkkoa, josta osoitteet voidaan myöhemmin jakaa virtuaalikoneille. Tässä tapauksessa löydettiin vapaa aliverkko 172.16.124.0/255.255.255.0. Viimeisenä määritellään host-only yhteys.

Do you want to be able to use host-only networking in your virtual machines?

[yes]

Configuring a host-only network for vmnet1.

Do you want this program to probe for an unused private subnet? (yes/no/help)

[yes]

Probing for an unused private subnet (this can take some time)...

The subnet 192.168.46.0/255.255.255.0 appears to be unused.

The following host-only networks have been defined:

. vmnet1 is a host-only network on private subnet 192.168.46.0.

Do you wish to configure another host-only network? (yes/no) [no]

Host-only yhteys on ainoastaan tietokoneen oman käyttöjärjestelmän (host operating system) ja virtuaalikoneen välillä, ilman yhteyttä ulkopuolisiin verkkoihin. Myös host-only konfiguroinnin yhteydessä etsitään vapaa yksityisten IP osoitteiden aliverkko, josta annetaan virtuaalikoneille omat osoitteet.

Varsinainen virtuaalisten verkkoyhteyksien konfigurointi on nyt suoritettu ja asennus luo vmnet moduulin kernelille. Seuraavaksi asennus kysyy porttia etäkonsoliyhteydelle ja tarjoaa vakiona portin 902. Seuraavaksi määritellään sijainti, jonne virtuaalikoneiden tiedostot asennetaan, jonka kohdalla voidaan luoda asennuksen ehdottama kansio.

Please specify a port for remote console connections to use [902]

In which directory do you want to keep your virtual machine files?

[/var/lib/vmware/Virtual Machines]

The path "/var/lib/vmware/Virtual Machines" does not exist currently. This

program is going to create it, including needed parent directories. Is this

what you want? [yes]

Viimeiseksi asennus pyytää 20-merkkisen sarjanumeron, jonka saa rekisteröimisen ja ohjelman lataamisen yhteydessä. Tämän osion voi myös jättää tekemättä konfiguroinnin yhteydessä ja antaa sarjanumeron myöhemmin itse ohjelmassa. Linux koneella tavallinen käyttäjä ei pysty antamaan sarjanumeroa ohjelman valikoiden kautta, vaan sarjanumeron syöttäminen vaatii root oikeudet. Sarjanumeron syöttäminen onnistuu kirjautumalla root tunnuksilla tai käynnistämällä konfiguroinnin uudestaan suorittamalla vmware-config.pl tie-

doston uudestaan järjestelmänvalvojan oikeuksilla, jolloin asennus muistaa jo tehdyt verkkoasetukset ja kysyy haluaako käyttäjä säilyttää kyseiset asetukset. Tällöin käyttäjältä pyydetään vain etäkonsoliportin numero ja ohjelman sarjanumero. Ohjelman asennus on nyt valmis ja VMware Server Consolen voi käynnistää sovellusvalikosta.

3.3.3 Cisco Eagle Server

Eagle Server on osa CCNA (Cisco Certified Network Associate) koulutusta. Se tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden sovellustason palveluiden ja ohjelmien käyttöönottoon ja analysointiin tietoverkkoympäristössä. Tärkeä osa tätä ympäristöä on eräänlainen Internetiä simuloiva malli, jossa käytetään palvelinta tarjoamaan erilaisia sovelluksia ja palveluita paikallisessa verkkoympäristössä. Eagle Server tarjoaa seuraavia palveluita:

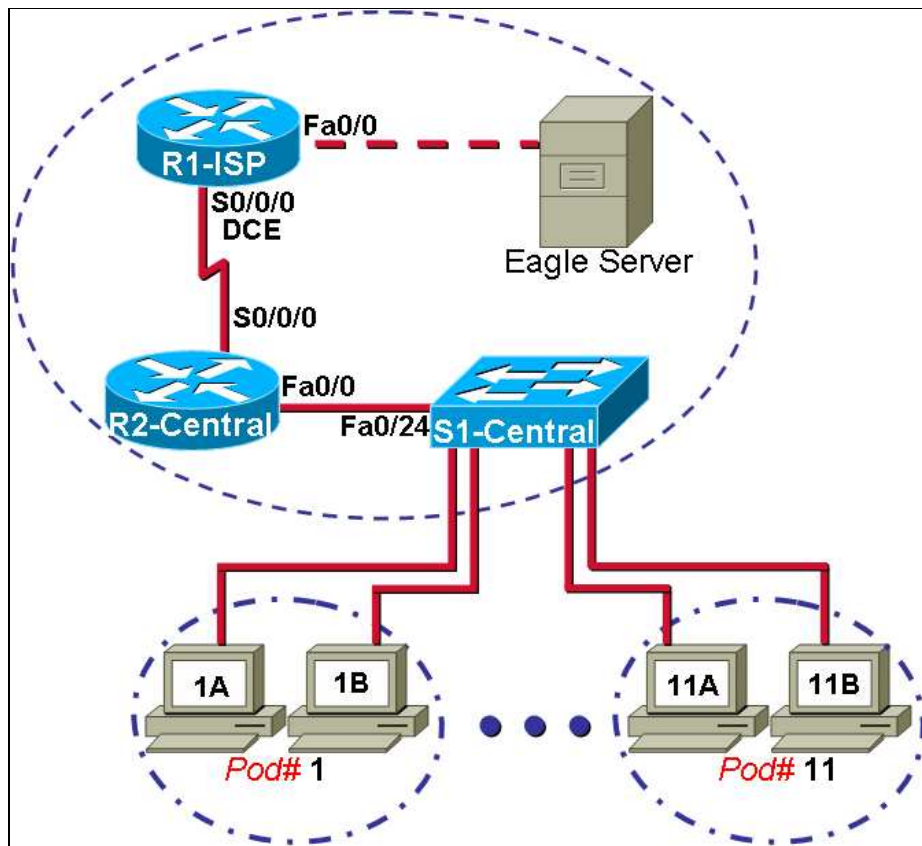
- Pikaviestit
- Wiki Server
- Nimipalvelin (DNS)
- Sähköpostipalvelin
- Web Server (www-palvelin)
- FTP
- TFTP
- SSH

Tarkastellaan vielä suositellut laitteistovaatimukset Cisco Eagle Serverin osalta:

- Proessori: Intel Pentium 4 tai parempi
- Muisti: 512 MB (Kun ohjelma suoritetaan kovalevyllä)

- Kovalevy: 1 GB (Kun ohjelma suoritetaan CD:ltä)
- Kovalevy: 10 GB (Kun ohjelma suoritetaan kovalevyltä)
- 0 B (Kun suoritetaan keskusmuistista)
- CD/DVD asema: Linux yhteensopiva 48x nopeudella
- Verkkokortti: Linux yhteensopiva (Fedora core 1)
- Näytönohjain: Linux yhteensopiva (Fedora core 1)

Kuvio 4 esittää miten Eagle Server asettuu CCNA-harjoitusympäristöön. Topologiassa tietokoneet yhdessä kytkimen S1-Central kanssa kuvaavat lähiverkko puolta ja reitittimet R2-Central ja R1-ISP puolestaan mallintaa Internet osuutta. (CCNA Exploration: Eagle Server 2009, 1–4.)



KUVIO 4. Eagle Server Topologia (CCNA Exploration: Eagle Server 2009, 2.)

3.3.4 Eagle server asennus

Eagle Serverin palvelut voidaan tarjota eri tavoin, joten käyttö- ja asennusvaihtoehtoja on useita.

1. Käynnistys CD-levy, joka on ladattavissa ISO levykuvana.

Käynnistys suoraan CD-levyltä. Tämä vaihtoehto on joustava ratkaisu, jota voidaan käyttää silloin kun harjoitusympäristön resurssit jaetaan muiden kurssien kanssa. CD sisältää Linuxiin pohjautuvan käynnistysosion ja pystyy käyttämään verkkopalveluja suoraan tietokoneen keskusmuistissa. Tämä mahdollistaa minkä tahansa laitevaatimuksia vastaavan koneen käytön väliaikaisena palvelimena. Eikä palvelimen pystyttäminen vaadi aikaisempaa Linux tuntemusta, koska asetukset on valmiina. Tätä vaihtoehtoa käytettäessä palvelimeen tehdyt muutokset eivät jää voimaan käynnistettäessä kone uudelleen. (CCNA Exploration: Eagle Server 2009, 1.)

Pysyvä palvelimen asennus. Tapauksessa missä PC on käytettävissä pysyvästi palvelinkäyttöön, voidaan Eagle Server järjestelmä asentaa tyhjälle Windowsin FAT osiolle tai vastaavasti myös Linux yhteensopivalle osiolle kovalevylle. Asennusohjelma antaa vaihtoehdot asennuksen tekemiseen käynnistettäessä kone Eagle Server CD-levyn kanssa. Pysyvä asennus mahdollistaa muutosten jäämisen voimaan myös koneen uudelleenkäynnistyksen jälkeen. (Mts 1.)

2. Pakattu VMware levykuva (Voidaan kopioida CD- tai DVD-levylle)

Kuten edellisessä vaihtoehdossa, myös VMware levykuvaa voidaan käyttää suoraan CD- tai DVD-levyltä tai kopioida tiedostot kovalevylle, jolloin mahdollistetaan palvelimeen tehtyjen muutosten jääminen voimaan myöhempää käyttöä varten. VMware-levykuvaa voidaan käyttää siihen tarkoitettulla VMware Player ohjelmalla. VMware Player on ilmaiseksi ladattavissa osoitteesta www.vmware.com. (Mts 1–2.)

Ennen asennusta tulee huomioida mikä mainituista vaihtoehdoista sopii parhaiten ympäristöön, jossa palvelinta käytetään. Tarvitaanko esimerkiksi omi-

naisuutta, jossa asetukset säilyvät palvelimella uudelleenkäynnistyksen jälkeen. Lisäksi suoraan CD-levyltä käytettäessä on huomioitava riittävät resurssit, koska kyseinen vaihtoehto vaati enemmän muistia. Useamman Eagle Serverin yhtäaikainen käyttö samalla laitteistolla hyötyisi resurssien käytön suhteen huomattavasti enemmän pysyvästä asennuksesta kovalevylle. Testiympäristössä Eagle Serveristä tehdään useampi virtuaalikone, joten CD-levyn käyttö CD-asemasta hidastaisi yhtäaikaista käyttöä selkeästi. VMware Server kuitenkin mahdollistaa kovalevylle tallennetun levykuvan käytön virtuaalisessa CD-asemassa, jolloin vältytään varsinaisen optisen aseman käytöltä. Testit suoritetaan käynnistämällä useampi Eagle Server suoraan ISO-levykuvalta. Myöhemmin kappaleessa käydään myös läpi muutamia asioita liittyen kovalevylle asentamiseen.

Käynnistetään VMware Server console ja aloitetaan luomalla uusi virtuaalikone. Konfiguroidessa uutta virtuaalikonetta valitaan virtuaalikoneen tyypiksi "Custom", jotta voidaan valita halutut asetukset. Seuraavaksi valitaan virtuaalikoneen käyttöjärjestelmä "Guest operating system". Koska kyseessä on Eagle Server, jonka kyseinen versio pohjautuu Fedora Core 6 Linuxiin, valitaan Linux ja valikosta vaihtoehto "Other Linux 2.6x kernel". Seuraavaksi annetaan virtuaalikoneelle kuvaava nimi ja hyväksytään kansion sijainti, jonne virtuaalikoneen tiedostot tallennetaan. Valitaan virtuaalikone käyttämään tässä tapauksessa yhtä suoritinta, vaikka tuplaydinprosessorin kohdalla voisi valita kahden prosessorin käytön. Käyttöoikeus valikossa otetaan rasti pois kohdasta "Make this virtual machine private", jotta muillakin käyttäjätunnuksilla voidaan käyttää kyseistä virtuaalikonetta. Ohjelma suosittelee kyseiselle Linux vaihtoehdolle muistin määräksi 256 MB, mutta tässä yhteydessä voidaan muistin määrä kasvattaa 512 MB, koska käytetään levykuva vaihtoehtoa Eagle Serverin käynnistykseen. Verkkoyhteydeksi voidaan valita vaihtoehto "Use bridged networking" eli kyseessä on sillattu yhteys alustakoneen verkkokortilta. Tämän, kuten monen muunkin vaihtoehdon voi muokata myöhemmin virtuaalikoneen asetuksista.

Seuraavaksi kysytään I/O-adapterista, josta valitaan SCSI adapteriksi ohjelman ehdottama "LSI logic". Tätä vaihtoehtoa ei voi muuttaa ohjelmasta, joten jos käyttää SCSI optiota virtuaalilevyssä ja myöhemmin törmää ongelmaan, jossa kovalevyä ei löydy, niin vika voi olla tässä valinnassa. Tämä etenkin tär-

keää, kun virtuaalikone asennetaan kovalevyn osiolle. Virtuaalikoneelle määritellään levytila, johon on kolme vaihtoehtoa:

1. Create New Virtual Disk, tämä vaihtoehto antaa määritellä kuinka paljon levytilaa varataan virtuaalikoneen käyttöön. Varaaminen voi tapahtua pysyvästi, jolloin määritellään kerralla varattavan levytilan koko. Tämän jälkeen kyseinen levytila varataan kovalevyltä riippumatta siitä miten paljon itse asennus vie tilaa. Varaus voidaan tehdä myös dynaamisesti, jolloin asetetaan yläraja levytilan käytölle. Levytila mukautuu ohjelman koon kasvaessa, mutta säästää tyhjää levytilaa muille sovelluksille. Dynaaminen varaaminen vaikuttaa suorituskykyyn, mikä kannattaa valinnassa ottaa huomioon.
2. Use an existing virtual disk, käytetään jo aiemmin luotua virtuaalista levyä.
3. Use physical disk, käytetään fyysistä levyä tai sen osiota asennukseen.

Levykuvalta käytettäessä ei tarvita kovalevytilaa, joten vaihtoehdoista valitaan uusi virtuaalinen levy. Virtuaalisen levyn tyyppiä voidaan valita ohjelman suosittelema vaihtoehto, joka on tässä tapauksessa SCSI. Levytilan varaamisessa voidaan tehdä pieni osio ja käyttää dynaamista varausta, koska asennusta ei tehdä tällä kertaa kovalevylle. Lopuksi hyväksytään virtuaalisen levyn nimi ja ohjelma tekee varauksen.

Asennus suoritetaan levykuvalta, jolloin valitaan juuri luodun virtuaalikoneen CD-asema ja määritellään se käyttämään fyysisen aseman sijaan kovalevylle tallennettua levykuvaa. Määrittelyn jälkeen käynnistetään virtuaalikone, jolloin päästään kuvion 5 esittämään Eagle Serverin asennusvalikkoon.

```

This is the Linux Live CD for CCNA Exploration Server.
If you have any questions, contact lee w toderick (toderickl@ecu.edu).
-----
help) License and warranty information, and terse description of these options
installEXT) Install Eagle-Server onto an existing Linux empty disk partition.
installonFAT) Install Eagle-Server on a free windows FAT partition (4GB Min).
runondisk) Reboot Eagle-Server from FAT partition.
reboot) Eject the CD and Reboot.
halt) Halt the system.
-----
1) Run Linux from CD with /var in RAM <== **CHANGES MADE WILL NOT BE SAVED
-----
Option: _

```

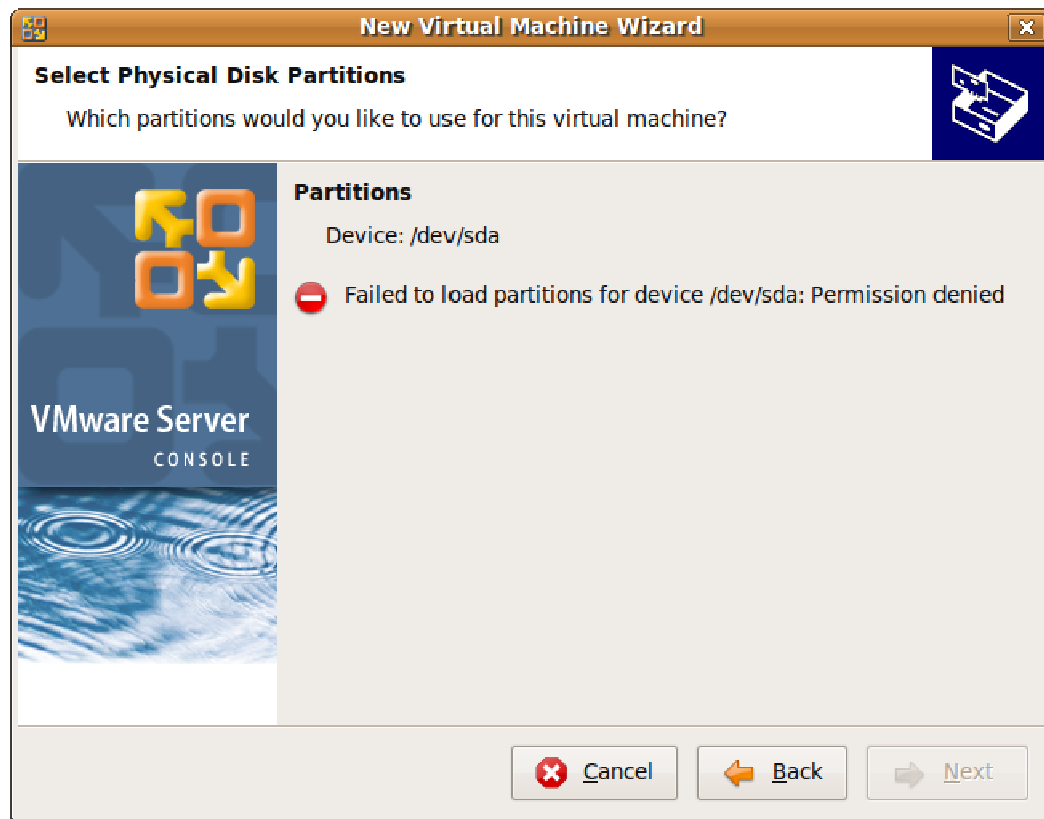
KUVIO 5. Eagle Server asennusvalikko

Valitaan vaihtoehto 1, jolloin palvelinta käytetään suoraan CD-levyltä ja virtuaalikone käynnistyy Linux käyttöjärjestelmään. Palvelin on nyt valmis käytettäväksi. Eagle Serverillä on valmiita asetuksia, käyttäjätilejä ja palveluita, joita tarkastellaan seuraavassa luvussa. Asetuksia voidaan muuttaa myös CD-levyltä käynnistettäessä, mutta kuten aiemmin todettu, ne eivät jää voimaan käynnistettäessä virtuaalikone uudestaan. Tarkastellaan vielä vaihtoehtoa, jossa asennus tehdään kovalevylle ja muutokset saadaan pysymään palvelimella.

Kovalevylle asennettaessa tulee ennen asennusta olla valmis alustettu osio tai erillinen kovalevy, jotta asennuksen voi suorittaa. Alustuksessa osiosta voidaan luoda Windowsin FAT osio tai Linuxin EXT osio. Linux osio voi olla ext2 tai ext3 tiedostojärjestelmällä. Eagle Serverin suositusten mukainen osio on 10 GB. Osion luonnin jälkeen lisätään käyttäjätunnukseksi, jolla VMware Serveriä käytetään, luku- ja kirjoitusoikeus kovalevylle ja niiden osioille. Tämä tapahtuu lisäämällä kyseinen käyttäjätunnus ryhmään "disk" komennolla:

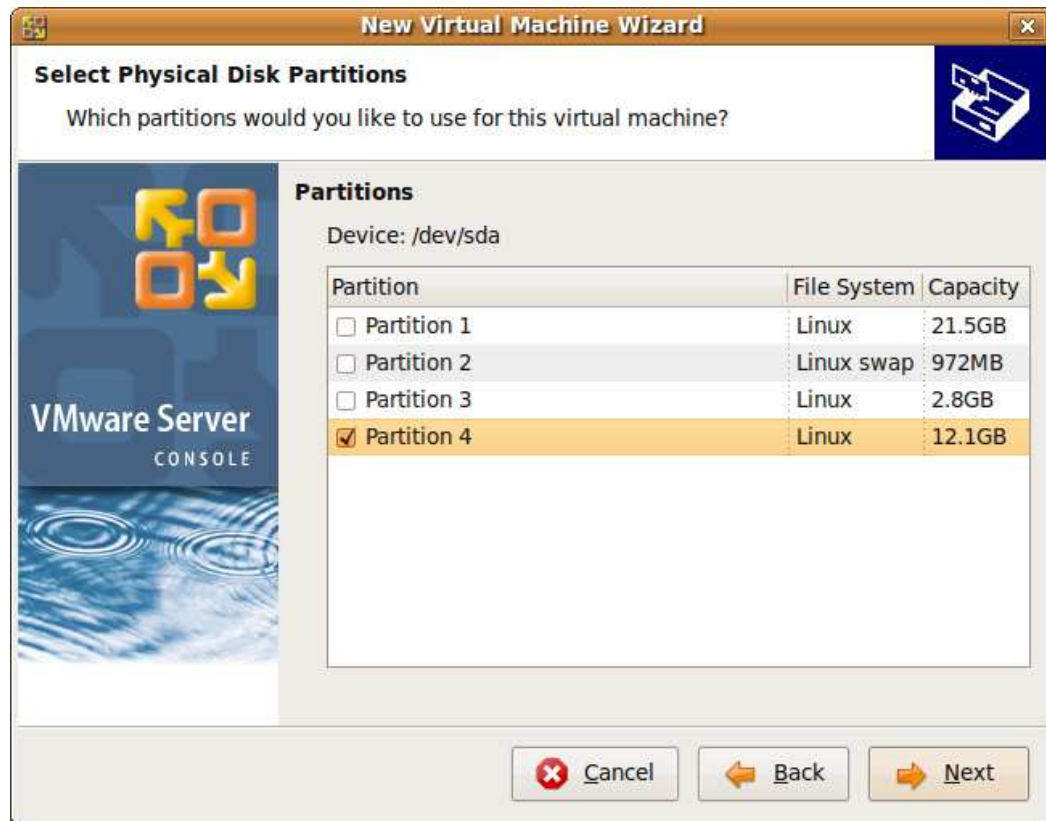
```
sudo adduser <käyttäjänimi> disk
```

Linuxin ext-tiedostojärjestelmä sisältää suojauksen, jonka vuoksi käyttöoikeudet on lisättävä erikseen. Ilman kyseistä disk-ryhmään lisäämistä, käyttäjä ei voi virtuaalikonetta luodessa valita vaihtoehtoa, jossa käytetään fyysistä levyä tai osiota. Fyysisen levyn valinta antaa kuvion 6 mukaisen virheilmoituksen.



KUVIO 6. Virheilmoitus puuttuvista käyttöoikeuksista

Virtuaalikone luodaan muilta osin vastaavasti kuin aiemmin esitettyssä tapauksessa, jossa Eagle Serveriä käytetään CD-levyltä. Käyttöoikeuksien lisäämisen jälkeen voidaan valita haluttu osio, jonne virtuaalikoneen tiedostot asennetaan. Kuviossa 7 esitetään kyseinen valintaikkuna, josta voidaan valita tyhjä osio asennukselle. Osion ollessa samalla levyllä alustakäyttöjärjestelmän kanssa, on varmistettava oikean osion käyttö. Valintaikkuna antaa vain yleisen tiedon tiedostojärjestelmästä ja osion koon. Osion valinnan jälkeen virtuaalikoneen luonti viimeistellään ja se on valmis käyttöön. Fyysisen kovalevyn osion käyttö on Linuxin osalta hankalampaa kuin Windows alustakäyttöjärjestelmällä. Lisäksi VMware Server ei anna yhtä monipuolisia vaihtoehtoja fyysisen osion konfigurointiin virtuaalikoneen käyttöön, kuin maksullinen VMware Workstation. Asennus fyysiselle osiolle voi olla VMware Server ohjelman versiosta, alustakäyttöjärjestelmästä ja laitteistosta riippuen ongelmallista. On syytä tarkistaa virtuaalikoneen kovalevyn asetukset, mikäli ongelmia ilmenee.



KUVIO 7. Fyysisen osion valinta

Valitaan juuri luodun virtuaalikoneen CD-asema ja määrillään se käyttämään Eagle Serverin levykuvaa. Käynnistettäessä virtuaalikonetta siirrytään näppäimistön ESC-näppäimellä käynnistysvalikkoon, josta valitaan käynnistys CD-levyltä. Valinnalla estetään, ettei virtuaalikone yritä käynnistystä tyhjältä kovalevyn osiolta. Virtuaalikone käynnistyy kuvion 5 esittämään asennusvalikkoon, jolloin valitaan Linux osiolle asennus kirjoittamalla *installEXT* ja painamalla enter. Seuraavaksi asennus kysyy laitetta tai osiota, jolle Eagle Server asennetaan. Osiot voi tarkistaa alustakoneen Linuxin komentoriviltä esimerkiksi komennolla `fdisk -l`. Esimerkiksi kirjoitettaessa sda, asennus etsii osiota kohteesta /dev/sda.

Kovalevylle asennus voidaan tehdä myös alustamalla virtuaalinen osio haluttuun tiedostojärjestelmään. Linux osioista Eagle Server Exploration tukee ext2 ja ext3 tiedostojärjestelmiä. Luodaan virtuaalikone ja valitaan kovalevyksi virtuaalinen levy. Valitaan virtuaalikoneen asetuksista CD-asema käyttämään fyysistä asemaa. Asetetaan CD-asemaan levy, jossa on kovalevyn osiointiin

tarkoitettu ohjelma. Linux käyttöjärjestelmälle löytyy ilmaisohjelmia, kuten GParted Live. Käynnistetään virtuaalikone levyn ollessa asemassa. Valitaan alustettavaksi aiemmin luotu virtuaalilevy ja määritellään sopiva tiedostojärjestelmä. Alustuksen jälkeen suljetaan virtuaalikone ja vaihdetaan virtuaalikoneen CD-asema käyttämään Eagle Server levykuvaa, jonka jälkeen asennus voidaan suorittaa vaihtoehdolla installEXT. Kyseistä vaihtoehtoa käytettiin testikokoonpanossa.

3.3.5 Eagle Serverin oletusasetukset

Taulukossa 1 on valmiiksi luodut käyttäjätilit Eagle Serverillä. Oletussalasanana kaikille käyttäjätileille on *cisco*, salasanat voidaan muuttaa jälkeinpäin `passwd` komennolla tai root-tunnuksilla kotihakemistossa sijaitsevalla *pwchange* skriptillä.

Käyttäjätunnus	Kuvaus
root	Järjestelmänvalvoja
instructor	Instructor käyttäjätili opettajalle
cisco	Yleinen käyttäjätili
ccna1–ccna22	Opiskelija käyttäjätilit

TAULUKKO 1. Eagle Server käyttäjätunnukset

Eagle Server sisältää valmiiksi konfiguroidun nimipalvelimen, jotta palveluita ja laitteita voidaan käyttää DNS-nimen perusteella. Valmiit DNS konfiguraatiot on esitetty taulukossa 2.

Nimi	IP osoite	Maski
eagle-server.example.com	192.168.254.254	255.255.255.0
r1-isp.example.com	192.168.254.253	255.255.255.0
r2-central.example.com	172.16.255.254	255.255.0.0
s1-central.example.com	172.16.254.1	255.255.0.0
host1a-example.com	172.16.1.1	255.255.0.0
host1b-example.com	172.16.1.2	255.255.0.0
host2a-example.com	172.16.2.1	255.255.0.0
host2b-example.com	172.16.2.2	255.255.0.0
ja niin edelleen		

TAULUKKO 2. Eagle Server DNS konfiguraatiot

Taulukossa 3 esitellään Eagle Serverin palveluita ja esimerkkejä palveluiden käytöstä valmiiksi konfiguroiduilla asetuksilla.

Palvelu	Tarkoitus	Esimerkki käyttö
HTTP	Web-palvelin. HTTP verkkosivut.	Yhteys selaimella osoitteeseen http://eagle-server.example.com
FTP	FTP palvelin. Voidaan käyttää jakamaan ohjelmia, kuten Wireshark, GAIM IRC client, Apache Web Server, Thunderbird sähköpostiohjelma, SolarWinds TFTP server.	Yhteys selaimella osoitteeseen ftp://eagle-server.example.com/pub Yhteys Windowsin ftp client ohjelmalla C:\> ftp eagle-server.example.com
TFTP	Voidaan säilyttää Cisco reitittimen ja kytkimen konfiguraatitiedostoja. Laite: Tiedosto: R1-ISP <i>r1-isp</i> R2-Central <i>r2-central</i> S1-Central <i>s1-central</i>	Konfiguraatioiden lataaminen Cisco IOS laitteille. Cisco IOS verkkolaite kytketään palvelimeen ja ladataan konfiguraatitiedosto.
SSH	Allows the instructor to connect to the server from a host computer.	ssh eagle-server.example.com

TAULUKKO 3. Eagle Serverin palvelut

Edellä mainittujen käyttäjätilien, palveluiden ja DNS konfiguraatioiden lisäksi Eagle Server sisältää valmiita tietoverkko- ja palomuuriasetuksia. Eagle Server -topologian aktiivilaitteiden konfiguraatioesimerkki on esitetty liitteissä 3–5

3.3.6 Testiympäristön tietoverkkosuunnittelu

Kuviossa 4 on esitetty topologia Eagle Server käyttöön. Katkoviivan sisällä olevat verkkolaitteet ja palvelin ovat harjoitustöiden kannalta valmiiksi konfiguroituja. Tutkittiin mahdollisuutta käyttää testiympäristössä vaihtoehtoista topologiaa samojen palvelujen toteuttamiseen pienemmillä laiteresursseilla. Testiympäristön topologiassa käytettiin yhtä reitittävää kytkintä ja fyysistä tietokoneita, joka toimi alustana virtuaalikoneille. Samalle alustakoneelle asennettiin Eagle Server ja host-koneet.

Linux-alustakoneen asetukset

Koneella on kaksi verkkokorttia, jotka näkyvät laitteina eth0 ja eth1. Verkkokorttia eth0 käytettiin yhdistämään virtuaalikoneet kytkimeen ja eth1 on alustakoneen etähallintaa varten. Virtuaalikoneet yhdistettiin kytkimeen saman verkkokortin kautta, joten jokaista virtuaalikonetta varten luotiin eth0 laitteelle erillinen VLAN. Erillisillä VLANeilla toteutettiin virtuaalisesti kuvion 4 mukainen toiminta, jossa PODit on eroteltu toisistaan omilla kaapeloinneillaan kytkimelle. Testiympäristössä on käytössä Eagle Serverin lisäksi host1 ja host2-koneet.

Asennettiin Linuxiin VLAN seuraavilla komennoilla:

```
sudo apt-get install vlan
```

```
sudo modprobe 8021q
```

```
sudo sh -c 'grep -q 8021q /etc/modules || echo 8021q >> /etc/modules'
```

Seuraavaksi luodaan erilliset VLANit host-koneille ja Eagle Serverille komennoilla:

```
vconfig add eth0 10
```

```
vconfig add eth0 11
```

```
vconfig add eth0 12
```

Komennoilla luotiin virtuaalisia verkkosovittimia Linux-koneelle. Laitteet näkyvät nyt koneella kuten muutkin verkkosovittimet `ifconfig` komennolla. Esimerkiksi virtuaalinen verkkosovitin eth0.10 kuuluu VLANiin 10 ja niin edelleen. Kuten mainittu luvussa 3.3.2, VMware Serveriin voi määritellä lukuisia virtuaalisia verkkoyhteyksiä, joista käytetään nimitystä `vmnet`. Jotta virtuaalikoneet voidaan yhdistää omiin VLANeihinsa, pitää VLANit yhdistää erillisiin `vmnet` virtuaaliverkkoihin. Yhdistäminen suoritettiin käynnistämällä VMware Serverin konfiguraatiotiedosto kansiossa `/usr/bin` komennolla:

```
sudo ./vmware-config.pl
```

Alun konfiguraatit suoritettiin samalla tavalla kuin luvussa 3.3.2, mutta verkkoyhteyksien konfiguroinnin kohdalla tehtiin seuraavat muutokset oletuskonfiguraatioihin.

```
Would you like to skip networking setup and keep your old settings as they are?
(yes/no) [yes] no
```

```
Do you want networking for your virtual machines? (yes/no/help) [yes]
```

```
Would you prefer to modify your existing networking configuration using the
wizard or the editor? (wizard/editor/help) [wizard] editor
```

Käytetään vaihtoehtoa `editor` virtuaaliverkkojen asetusten muokkaamiseen. Editor näyttää aiemmin luodut `vmnet` yhteydet ja kysyy haluaako käyttäjä muokata virtuaaliverkkoja. Asetuksiin tehtiin seuraavan listan mukaiset muutokset.

- Poistetaan `vmnet 0`, joka on oletuksena sillattu yhteys laitteelle eth0
- Poistetaan `vmnet 8`, joka on oletuksena NAT yhteys

- Luodaan sillatut yhteydet vmnet 1,2 ja 10
 - Yhdistetään vmnet 1 laitteeseen eth0.11
 - Yhdistetään vmnet 2 laitteeseen eth0.12
 - Yhdistetään vmnet 10 laitteeseen eth0.10.

Konfigurointia jatkettiin oletusasetuksilla kohtaan, jossa pääsyoikeuksien asettamisesta rekisteröidyille virtuaalikoneille. Hyväksyttiin ohjelman asettaa pääsyoikeudet.

Do you want this program to set up permissions for your registered virtual machines? This will be done by setting new permissions on all files found in the "/etc/vmware/vm-list" file. [yes]

Konfiguroinnin suorittamisen jälkeen käynnistetään VMware Server ja tehdään seuraavat muutokset virtuaalikoneiden verkkokorteille:

- Asetetaan Eagle Server käyttämään verkkoa vmnet10
- Asetetaan Host1 kone käyttämään verkkoa vmnet1
- Asetetaan Host2 kone käyttämään verkkoa vmnet2.

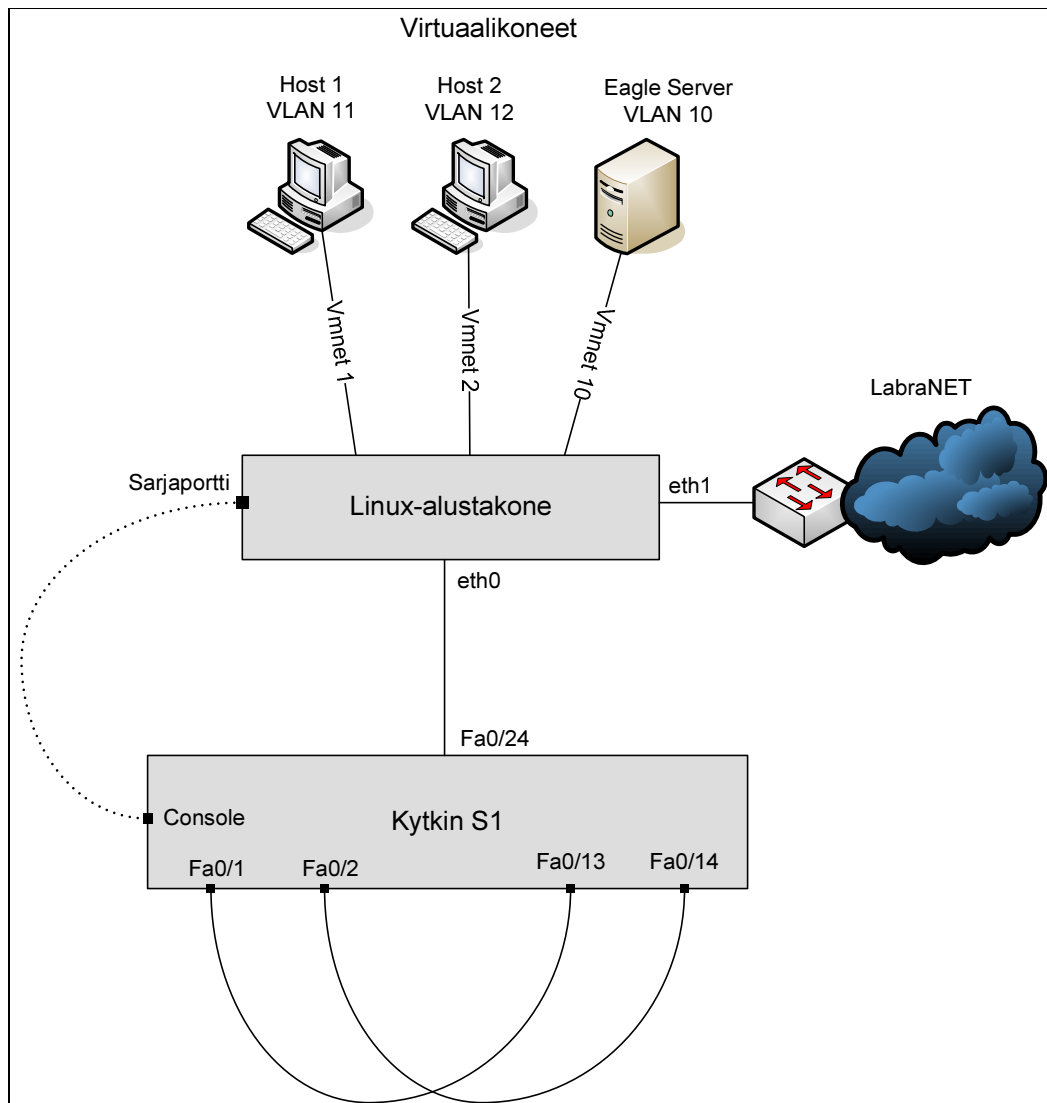
Kytkimen asetukset

Kytkimenä käytetty Cisco Catalyst 3560 -sarjan kytkin mahdollistaa testiympäristössä IP-osoitteiden käytön ja reitityksen eri VLANien välillä (InterVLAN routing). VLAN trunk-yhteyttä varten kytkimellä on myös IEEE 802.1Q tuki.

Kytkimelle konfiguroitiin VLAN trunk-portti, jossa sallitaan kaikki testauksessa käytettävät VLANit. Trunk-portti konfiguroitiin kytkimen fyysiseen porttiin 24. Seuraavaksi konfiguroitiin VLANit 9 ja 10, joille annettiin IP-osoitteet. VLANille 9 konfiguroitiin host-koneiden oletusyhdykäytävän IP-osoite ja VLANille 10 vastaavasti Eagle Serverin oletusyhdykäytävän osoite. Määriteltiin fyysinen portti 1 access-portiksi VLANille 1 ja portti 2 access-portiksi VLANille 2, näin simuloidaan kuvion 4 tilannetta, jossa eri PODien host-koneet on kytkettyinä omiin fyysisiin kytkimen portteihinsa. Nämä portit yhdistettiin host-koneiden oletusyhdykäytävään. Koska oletusyhdykäytävää kuvaa kytkimellä VLAN 9,

yhdistetään host-koneiden portit VLANiin 9 konfiguroituihin access-portteihin 13 ja 14.

Kytkimen konfiguraatiot on esitetty liitteessä 1. Kuvio 8 esittää Testiympäristön topologiaa. Host-koneet ja Eagle Server ovat virtuaalikoneita Linux-alustakoneessa. Lisäksi topologiaan kuuluu Linux-koneen sarjaportista kytkimen konsoliporttiin kytketty rollover-kaapeli kytkimen hallintaa varten. Yhteys verkkokortilta eth1 oppilaitoksen LabraNET-verkkoon mahdollistaa Linux-koneen etäkäytön.



KUVIO 8. Testiympäristön topologia

Vastaamaan kuvion 8 mukaista topologiaa, määritellään seuraavat asetukset alustakoneelle ja virtuaalikoneille.

Eagle Server virtuaalikone:

Eagle Serverin verkkoasetukset löytyvät valikosta System settings josta valitaan Network settings. Asetukset tehdään virtuaalikoneen eth0 verkkokortille. Varmistetaan asetusten lisäksi, että eth0 on aktiivisessa tilassa. Eagle Serverillä asetukset pitäisi olla jo valmiiksi asetettu oikein.

IP osoite:	192.168.254.254
Maski:	255.255.255.0
Oletusyhdyskäytävä:	192.168.254.253
Verkkosovitin:	VMnet 10.

Linux-alustakone:

IP osoite (eth0)	Ei tarvitse IP-osoitetta.
IP osoite (eth1)	IP-osoite LabraNET-verkosta.

Host-koneet:

IP osoite:	POD#1 Host 1 172.16.1.1
	POD#2 Host 1 172.16.2.1
Maski:	255.255.0.0
Oletusyhdyskäytävä:	172.16.255.254
DNS palvelin:	192.168.254.254
Verkkosovitin (Host1):	VMnet 1
Verkkosovitin (Host2):	VMnet 2.

3.3.7 Etähallinta

Testiympäristön etähallinta toteutettiin erillisellä verkkokortilla Linux-alustakoneessa, jonka kautta kone on yhteydessä Jyväskylän ammattikorkeakoulun sisäiseen LabraNET-verkkoon. Linux-konetta on myös mahdollista käyttää koulun ulkopuolelta muodostamalla VPN-yhteyden LabraNETiin, jonka jälkeen Linux-koneeseen voidaan ottaa SSH-yhteys. Yhteyttä varten asennetaan Ubuntu Linuxiin SSH server-ohjelma komennolla:

```
sudo apt-get install openssh-server
```

Virtuaalikoneita voidaan etähallita VMware Server Console-ohjelmalla. Valitsemalla ohjelmassa yhteydenmuodostus ikkunassa kohdan *Remote host*, voidaan antaa ohjelmalle Linux-koneen hallinta IP-osoite, käyttäjänimi ja salasana.

Virtuaalikoneiden hallintaan on myös selaimella käytettävä VMware Management User Interface (MUI) -ohjelma. Kyseinen ohjelma on erikseen asennettava Linux-koneelle ennen kuin etäyhteys selaimella voidaan muodostaa.

VMware MUI ohjelman asennus suoritetaan seuraavasti:

Ladataan ohjelman pakattu asennustiedosto VMwaren sivuilta. Suora linkki VMware server 1.0.9 ja MUI lataussivustolle oli kirjoitushetkellä seuraava:

```
http://register.vmware.com/content/download-109.html
```

Puretaan pakattu tiedosto komennolla:

```
tar xzf VMware-mui-<versionumero>.tar.gz
```

Pakattu tiedosto sisältää kansion vmware-mui-distib. Siirrytään kansioon ja suoritetaan asennustiedosto tiedosto komennolla:

```
sudo ./vmware-install.pl
```

Asennus pyytää käyttäjää vastaamaan asennusta koskeviin kysymyksiin ja tarjoaa oletusvaihtoehtoja. Asennus suoritettiin oletusvaihtoehtoilla seuraavasti hyväksymällä aluksi ohjelman lisenssisopimus:

```
Do you accept? (yes/no) yes
```

Thank you.

Installing the content of the package.

In which directory do you want to install the binary files?

[/usr/bin]

What is the directory that contains the init directories (rc0.d/ to rc6.d/)?

[/etc]

What is the directory that contains the init scripts?

[/etc/init.d]

In which directory do you want to install the VMware Management Interface files? [/usr/lib/vmware-mui]

The path "/usr/lib/vmware-mui" does not exist currently. This program is going to create it, including needed parent directories. Is this what you want?

[yes]

In which directory would you like to install the documentation files?

[/usr/lib/vmware-mui/doc]

The path "/usr/lib/vmware-mui/doc" does not exist currently. This program is going to create it, including needed parent directories. Is this what you want?

[yes]

The installation of VMware Management Interface 1.0.9 build-156507 for Linux completed successfully. You can decide to remove this software from your system at any time by invoking the following command:

"/usr/bin/vmware-uninstall-mui.pl".

Before running VMware Management Interface for the first time, you need to configure it by invoking the following command:

"/usr/bin/vmware-config-mui.pl". Do you want this program to invoke the command for you now? [yes]

Configuring httpd.conf to run Apache as:

User: www-data and Group: nogroup

Set the number of minutes before a http session times out. (This is the length of time before someone connecting to VMware Management Interface will be logged out) [60]

Generating SSL Server Certificate

Starting httpd.vmware:-ne

failed

The configuration of VMware Management Interface completed successfully.

Ohjelman asennus onnistuu, mutta Apache palvelimen konfiguroinnin yhteydessä httpd.vmware-taustaprosessin käynnistys epäonnistui. Asennuksen jälkeen tehtiin korjauspäivitys, koska VMware MUI käynnistyskriptissä on virhe, jonka vuoksi daemonin httpd.vmware uudelleenkäynnistys asennuksen yhteydessä epäonnistuu.

Korjauspäivitys *httpd.vmware.diff* asennettiin seuraavilla komennoilla:

```
cd /tmp
```

```
wget http://www.iki.fi/kuparine/comp/ubuntu/en/httpd.vmware.diff
```

```
cd /
```

```
sudo patch -b -p0 < /tmp/httpd.vmware.diff
```

```
cd /etc/init.d
```

```
sudo ./httpd.vmware start
```

Korjauksen jälkeen taustaprosessi voidaan käynnistää uudelleen seuraavasti:

```
cd /etc/init.d
```

```
sudo ./httpd.vmware start
```

Asennuksen jälkeen voidaan Management User Interface-ohjelmaan ottaa yhteys selaimella Linux-koneen hallinta IP-osoitteen kautta kirjoittamalla hallinta IP-osoite ja portti 8222 selaimen osoitekenttään, esimerkiksi: http://IP-osoite:8222. Pyyntö ohjataan SSL sivustoon, jossa pyydetään Linux-koneen käyttäjätunnus ja salasana, jolla VMware Serveriä voidaan käyttää. Koska yhteys käyttää SSL-sertifikaattia, jonka aitoutta ei voida varmistaa ulkopuolisen varmentajan kautta, antaa selain varoituksen sertifikaatista. Tämä johtuu siitä, että sertifikaatti on ohjelman itsensä luoma ja täytyy hyväksyä selaimessa. Sertifikaatti voidaan hyväksyä uusimmissa selaimissa pysyvästi, jolloin varoitusta ei tule seuraavalla kerralla. Sertifikaatin hyväksyminen vaihtelee selainkohtaisesti.

Virtuaalikoneiden etäkäytössä tulee käyttäjätunnuksella, jolla yhteys virtuaalikoneisiin muodostetaan olla suoritusoikeus (execute) virtuaalikoneiden tiedostoihin. VMware Server virtuaalikoneiden oletuskansio on Linuxissa

/var/lib/vmware/Virtual Machines. Kytkintä hallintaan kytkimen console-portin kautta. Yhdistetämällä rollover-kaapeli koneen sarjaportista kytkimen console-porttiin. Linux-koneelle asennettiin minicom-ohjelma, joka konfiguroidaan käyttämään sarjaporttia yhteyden muodostamiseen kytkimelle. Konfiguroinnin jälkeen yhteys kytkimelle saadaan suorittamalla minicom-ohjelma komentorivillä root-käyttöoikeuksilla komennolla: `sudo minicom` ja painamalla enter. Tarkemmin minicomien konfiguroinnista liitteessä 2.

4 HOST-KONEEN MÄÄRITTELY

Mahdollistaakseen harjoitusten tekemisen ja hyödyntääkseen Eagle Serverin palveluita, määritellään palveluja käyttävän tietokoneen vaatimuksia. Käyttöjärjestelmänä host-koneilla on Windows XP. Ohjelmat voidaan asentaa valmiiksi tai laittaa ne Eagle Serverille kansioon, josta opiskelijat voivat ladata tarvittavat ohjelmat FTP yhteydellä. Host-koneita varten oli käytettävissä jo aiemmin opetusympäristössä käytetty valmis VMware-virtuaalikone, joka otettiin käyttöön testiympäristössä. Virtuaalikoneen kovalevy muutettiin käyttämään persistent-vaihtoehtoa, jolloin muokatut asetukset saadaan pysymään myös uudelleenkäynnistyksen yhteydessä. Lisäksi muistin käyttöä laskettiin testiympäristökäytössä alkuperäisestä 1 GB asetuksesta.

Seuraavassa luettelossa on Host-koneella tarvittavia ohjelmia.

- **Solar winds TFTP server**, voidaan käyttää verkkolaitteiden IOS ja firmware päivitysten tekemisessä. Mahdollistaa varmuuskopiot konfiguraatitiedostoista ja konfiguraatioiden lataamisen laitteille.
- **Pidgin** (Aiemmin Gaim) Ilmainen pikaviestiohjelma.
- **Mozilla Thunderbird**, sähköpostiohjelma.
- **Apache web server**, web palvelin. Voidaan käyttää harjoituksissa yhdessä verkkoprotokollien analysaattorihjelman kanssa, jolloin nähdään host ja server koneen vuorovaikutus.
- **Wireshark** (Aiemmin Ethereal). Ohjelma protokollien analysointiin.
- **TeraTerm Pro Web**, terminaaliohjelma etäyhteyksille.
- **TWiki**, verkkosivun kautta helposti luotavat sivustot, esimerkiksi yhteistyöalustana toimivat verkkosivustot.

5 TESTAUS

Testausta suoritettiin osin jo toteutusvaiheessa, jolloin uusien konfiguraatioiden ja testiympäristöön tehtyjen muutosten toiminta varmistettiin samassa yhteydessä. Lopuksi testattiin erikseen tärkeimmät testiympäristön toiminnot.

Host-koneiden yhteys Eagle Serveriin

Yhteys testattiin virtuaalikoneen komentoriviltä ping-komennolla. Yhteys toimi host-koneelta Eagle Server koneelle ja toisinpäin. Varmistettiin että yhteys kulkee käyttäen host-koneille tarkoitettujen fyysisten porttien kautta. Jatkuvan ping-pakettien lähettämisen aikana irrotettiin kaapeli host-koneille varatuista kytkimen porteista 1 ja 2, jolloin ping-paketit eivät menneet perille. Väärin konfiguroituna ping voi kulkea kytkimen sisällä suoraan IP-osoitteilla varustettujen VLANien välillä ilman reittiä fyysisen portin kautta. Tapauksessa missä testiympäristön topologiaa halutaan laajentaa kytkimen lisäksi muilla verkkolaitteilla, esimerkiksi vastaamaan paremmin kuvion 4 topologiaa, tulee pakettien oikea reitti varmistaa.

Etähallinnan testaus

Muodostettiin erillisellä client-koneella VPN yhteys LabraNET-verkon ulkopuolelta LabraNETiin. Testattiin virtuaalikoneiden etähallinnan toiminta VMware Server Console- ja VMware Management User Interface-ohjelmalla. Testattiin SSH-yhteys Linux-koneelle ja yhteyden muodostamisen jälkeen myös kytkimen hallinta Minicom-ohjelmalla.

6 POHDINTA

Työssä tutkittiin virtualisoinnin käyttöä ja soveltuvuutta tietoverkko-opetuksen opetusympäristössä ja toteutettiin uusi virtualisointia hyödyntävä ratkaisu Cisco Network Academy -opetukseen. Toteutettu testiympäristö osoittaa, että ratkaisu toimii konseptina ja ratkaisusta voidaan tehdä kompakti ja siirreltävä. Testiympäristön topologiaa voi lisäksi laajentaa vastaamaan paremmin alkuperäistä Eagle Server topologiaa. Yhdellä kytkimellä toteutettu vaihtoehtoinen topologia vaikuttaa osaan Eagle Serverillä tehtävien Cisco Network Academyn harjoitusten tuloksiin, esimerkiksi ping ja traceroute-harjoituksissa. Etähallinnan mahdollisuus helpottaa opettajan työtä, koska tarvittavat muutokset voidaan tehdä sijainnista ja kellonajasta riippumatta.

Jyväskylän ammattikorkeakoulussa virtualisointia oli hyödynnetty jo laajasti virtuaalikoneiden käytön osalta. Virtuaalikoneiden käyttö tuo selkeitä etuja opetusympäristössä. Virtuaalikoneille voidaan opetustilanteessa tehdä haluttuja muutoksia oppilaiden toimesta, mitä luokkien yhteiskäytössä oleville koneille ei ole sallittu. Tämä mahdollistaa käytännön harjoitusten suorittamisen joustavasti ja ilman riskiä yhteiskäytössä olevien tietokoneiden toiminnalle.

Minimitopologian suunnittelussa Cisco CCNA ja CCNP-harjoituksiin virtualisoinnin käyttö virtuaalikoneiden käytön lisäksi on ongelmallista. Eagle Server topologia voidaan toteuttaa vaihtoehtoisella tavalla, koska siinä oppilaat eivät puutu verkkolaitteiden konfigurointiin. Muiden harjoitusten osalta laitteita konfiguroidaan oppilaiden toimesta, joten esimerkiksi valmiit VLAN asetukset verkkolaitteilla muuttaisivat harjoitusten suorittamista ja toimintaa vaikka joitain fyysisiä kytkentöjä voitaisiinkin korvata virtuaalisilla. Kuitenkin on mahdollista suunnitella topologia, josta löytyy kaikissa harjoituksissa tarvittavat kytkennät, jolloin vain laitteiden konfiguraatioita tarvitsee muuttaa. Nämä topologiat voidaan suunnitella valmiiksi CCNA ja CCNP-moduuleille opintojaksokohtaisesti, jolloin esimerkiksi CCNA1-opintojakso käyttää yhtä topologiaa ja CCNA2 toista. Näin vähennetään tarvetta muuttaa kytkentöjä jatkuvasti.

Toteutetun järjestelmän jatkokehityksessä voidaan tutkia muiden virtualisointiohjelmien soveltuvuutta kyseiseen käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi tyypin 1 -

hypervisorin käyttö ja eri valmistajien tuotteiden vertailu. Lisäksi järjestelmää voidaan parantaa käyttämällä fyysisenä alustakoneena palvelinta, jossa on riittävästi muistia ja suorituskykyä, jolloin voidaan käyttää entistä enemmän virtuaalikoneita yhtäaikaaisesti. Tyypin 2 -hypervisorin käytettäessä voidaan alustakäyttöjärjestelmäksi valita palvelinversio Linuxista, jolloin saavutetaan parempi suorituskyky työpöytä versioon nähden.

Testiympäristössä voidaan myös alustakäyttöjärjestelmästä karsia kaikki turhat ominaisuudet, jotka varaavat koneen resursseja. Koska testaamiseen käytetty alustakäyttöjärjestelmä ei ollut VMware Serverin suoraan tukema, jouduttiin käyttämään kahta eri korjausta. Järjestelmä toimi vakaasti, mutta yleisesti kolmannen osapuolen korjauspäivitysten käyttö ei ole suositeltavaa esimerkiksi mahdollisten tietoturvariskien vuoksi. Lopullisessa ratkaisussa voidaan myös kehittää tietoturvaa, kuten käyttöoikeuksien hallintaa, jolloin voidaan määritellä tarkemmin mikä on sallittua järjestelmässä millekin käyttäjälle. Toimeksiantajan myöhemmin suorittamissa käyttöttestauksissa selvisi, että virtuaalikoneen käyttöoikeuksiin vaikuttaa Linuxissa se millä käyttäjätunnuksella kyseinen virtuaalikone on luotu.

Virtuaalikoneiden käyttö yhdistettynä valmiiksi suunniteltuun harjoitustyötopologiaan ja etähallintamahdollisuuteen mahdollistaa joustavan oppimisympäristön. Helpotettu muutosten hallinta virtuaalikoneiden nopean käyttöönoton ja opintojaksokohtaisten topologioiden myötä säästää aikaa ympäristössä, jossa harjoitustöiden skenaariot vaihtelevat jatkuvasti. Opinnäytetyössä kuvattu järjestelmä vastaa työlle asetettuja tavoitteita. Jatkokehityksen myötä järjestelmää voidaan hyödyntää käyttötarkoituksessaan osana tietoverkko-opintojen oppimisympäristöä.

LÄHTEET

Eagle Server Orientation and Setup Lab. E1_Lab_orientation-instructor.doc. Microsoft Word dokumentti. Viitattu: 1.12.2009. <http://cisco.netacad.net>.

CCNA Exploration: Eagle Server. 2009. Eagle Server v2.0- FAQ.doc. Microsoft Word dokumentti, dokumentin päiväys 2.5.2009. Viitattu: 26.10.2009. <http://cisco.netacad.net>.

Hammersley, E. 2007. Professional VMware Server. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Jaakonhuhta, H. 2005. Lähiverkot – Ethernet. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Sun Microsystems. n.d. Company info. Viitattu 5.10.2009. <http://fi.sun.com/aboutsun/company/index.jsp>.

VirtualBox. n.d. Viitattu: 5.10.2009. <http://www.virtualbox.org>.

Virtualization basics. n.d. Transform your Business with Virtualization. Viitattu 1.10.2009. <http://www.vmware.com/technology/why.html>.

VMware ESXi. n.d. Virtualization Made Free and Easy. Viitattu 4.10.2009. <http://www.vmware.com/products/esxi/>.

VMware Server Administration Guide. 2006. Viitattu: 9.10.2009. http://www.vmware.com/pdf/server_admin_manual.pdf.

VMware Server. n.d. Get Started with Virtualization Risk-Free. Viitattu 5.10.2009. <http://www.vmware.com/products/server/>.

Xen Hypervisor. n.d. Server Virtualization with the Xen Hypervisor. Viitattu 5.10.2009. <http://www.xen.org/products/xenhyp.html>.

LIITTEET

Liite 1. Kytkimen S1 konfiguraatio

```
Current configuration : 1793 bytes
!
version 12.2
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname S1
!
!
no aaa new-model
system mtu routing 1500
ip subnet-zero
ip routing
!
!
!
!
no file verify auto
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
!
vlan internal allocation policy ascending
!
!
interface FastEthernet0/1
 switchport access vlan 11
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/2
 switchport access vlan 12
 switchport mode access
!
interface FastEthernet0/3
!
interface FastEthernet0/4
!
interface FastEthernet0/5
!
interface FastEthernet0/6
!
```

```
interface FastEthernet0/7
!
interface FastEthernet0/8
!
interface FastEthernet0/9
!
interface FastEthernet0/10
!
interface FastEthernet0/11
!
interface FastEthernet0/12
!
interface FastEthernet0/13
  switchport access vlan 9
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/14
  switchport access vlan 9
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/15
!
interface FastEthernet0/16
!
interface FastEthernet0/17
!
interface FastEthernet0/18
!
interface FastEthernet0/19
!
interface FastEthernet0/20
!
interface FastEthernet0/21
!
interface FastEthernet0/22
  switchport access vlan 30
  switchport mode access
!
interface FastEthernet0/23
!
interface FastEthernet0/24
  switchport trunk encapsulation dot1q
  switchport mode trunk
!
interface GigabitEthernet0/1
!
interface GigabitEthernet0/2
!
interface Vlan1
  no ip address
!
interface Vlan9
```



```
ip address 172.16.255.254 255.255.0.0
!  
interface Vlan10  
ip address 192.168.254.253 255.255.255.0  
!  
ip classless  
ip http server  
!  
!  
!  
control-plane  
!  
!  
line con 0  
password cisco  
logging synchronous  
login  
line vty 0 4  
password cisco  
login  
line vty 5 15  
login  
!  
end
```

Liite 2. Minicom-ohjelman konfigurointi

Konfiguroidaan minicom-ohjelmalla hallintayhteys kytkimeen S1. Käynnistään ohjelma konfiguraatiotilassa komennolla root-käyttöoikeuksilla komennolla `sudo minicom -s` jolloin päästään kuvan mukaiseen näkymään.

```
+-----[configuration]-----+
| Filenames and paths          |
| File transfer protocols      |
| Serial port setup           |
| Modem and dialing           |
| Screen and keyboard         |
| Save setup as dfl           |
| Save setup as..             |
| Exit                         |
| Exit from Minicom           |
+-----+-----+

```

Valitaan valikosta **Serial port setup** -vaihtoehto, jolloin päästään seuraavaan näkymään asettaman seuraavan kuvan mukaiset asetukset. Linux-koneen ensimmäinen sarjaportti on `/dev/ttyS0`. Nopeudeksi valitaan 9600 Bps.

```
+-----+-----+
| A - Serial Device           : /dev/ttyS0
| B - Lockfile Location       : /var/lock
| C - Callin Program          :
| D - Callout Program         :
| E - Bps/Par/Bits            : 9600 8N1
| F - Hardware Flow Control   : No
| G - Software Flow Control   : No
|
| Change which setting? █
+-----+-----+
| Screen and keyboard         |
| Save setup as dfl           |
| Save setup as..             |
| Exit                         |
| Exit from Minicom           |
+-----+-----+

```

Asetusten muuttamisen jälkeen ne voidaan tallentaa valitsemalla **Save setup as dfl**. Tämän jälkeen valitaan **Exit from Minicom**. Käynnistys tapahtuu komentorivillä komennolla `sudo minicom` ja ohjelman käynnistyttyä painetaan enter, jolloin saadaan yhteys kytkimeen.

Liite 3. S1-Central konfiguraatiot

```
!  
service timestamps debug uptime  
service timestamps log uptime  
no service password-encryption  
!  
hostname S1-Central  
!  
enable secret cisco  
!  
username instructor privilege 15 password cisco  
username ccna1 privilege 7 password cisco  
username ccna2 privilege 7 password cisco  
username ccna3 privilege 7 password cisco  
username ccna4 privilege 7 password cisco  
username ccna5 privilege 7 password cisco  
username ccna6 privilege 7 password cisco  
username ccna7 privilege 7 password cisco  
username ccna8 privilege 7 password cisco  
username ccna9 privilege 7 password cisco  
username ccna10 privilege 7 password cisco  
username ccna11 privilege 7 password cisco  
!  
ip subnet-zero  
!  
ip name-server 192.168.254.254  
!  
spanning-tree mode pvst  
no spanning-tree optimize bpdu transmission  
spanning-tree extend system-id  
!  
interface FastEthernet0/1  
description connection to host1A  
!  
interface FastEthernet0/2  
description connection to host1B  
!  
interface FastEthernet0/3  
description connection to host2A  
!  
interface FastEthernet0/4  
description connection to host2B  
!  
interface FastEthernet0/5  
description connection to host3A  
!  
interface FastEthernet0/6  
description connection to host3B
```

```
!  
interface FastEthernet0/7  
description connection to host4A  
!  
interface FastEthernet0/8  
description connection to host4B  
!  
interface FastEthernet0/9  
description connection to host5A  
!  
interface FastEthernet0/10  
description connection to host5B  
!  
interface FastEthernet0/11  
description connection to host6A  
!  
interface FastEthernet0/12  
description connection to host6B  
!  
interface FastEthernet0/13  
description connection to host7A  
!  
interface FastEthernet0/14  
description connection to host7B  
!  
interface FastEthernet0/15  
description connection to host8A  
!  
interface FastEthernet0/16  
description connection to host8B  
!  
interface FastEthernet0/17  
description connection to host9A  
!  
interface FastEthernet0/18  
description connection to host9B  
!  
interface FastEthernet0/19  
description connection to host10A  
!  
interface FastEthernet0/20  
description connection to host10B  
!  
interface FastEthernet0/21  
description connection to host11A  
!  
interface FastEthernet0/22  
description connection to host11B  
!  
interface FastEthernet0/23  
!  
interface FastEthernet0/24
```

```

description connection to R2-Central
!
interface GigabitEthernet0/1
!
interface GigabitEthernet0/2
!
interface Vlan1
 ip address 172.16.254.1 255.255.0.0
 no ip route-cache
 no shutdown
!
 ip default-gateway 172.16.255.254
 ip http server
 ip http authentication local
 privilege exec level 7 show mac-address-table
 privilege exec level 7 clear mac-address-table dynamic

!
 banner motd %
 *****

                This is Lab switch S1-Central.
                Authorized access only.

*****

%
!
line con 0
 login local
line vty 0 4
 login local
line vty 5 15
 login local
!

end

```

(Eagle Server Orientation and Setup Lab 2009, 13–15.)

Liite 4. R2-Central konfiguraatiot

```
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname R2-Central
!
enable secret cisco
!
ip name-server 192.168.254.254
ip dhcp excluded-address 172.16.0.0 172.16.253.255
ip dhcp excluded-address 172.16.255.0 172.16.255.254
!
ip dhcp pool ccnapods
    network 172.16.0.0 255.255.0.0
    default-router 172.16.255.254
    dns-server 192.168.254.254
    domain-name example.com
    lease 3
!
username instructor privilege 15 password cisco
username ccna1 privilege 7 password cisco
username ccna2 privilege 7 password cisco
username ccna3 privilege 7 password cisco
username ccna4 privilege 7 password cisco
username ccna5 privilege 7 password cisco
username ccna6 privilege 7 password cisco
username ccna7 privilege 7 password cisco
username ccna8 privilege 7 password cisco
username ccna9 privilege 7 password cisco
username ccna10 privilege 7 password cisco
username ccna11 privilege 7 password cisco
!
interface FastEthernet0/0
    description connection to S1-Central
    ip address 172.16.255.254 255.255.0.0
    no shutdown
!
interface Serial0/0/0
    description DTE connection to R1-ISP
    ip address 10.10.10.5 255.255.255.252
    no shutdown
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.10.10.6
!
ip classless
ip http server
ip http authentication local
privilege exec level 7 show ip route
```

```
!  
banner motd %  
*****  
  
                This is Lab router R2-Central.  
                Authorized access only.  
  
*****  
  
%  
line con 0  
  login local  
!  
line aux 0  
line vty 0 4  
  login local  
!  
end
```

(Eagle Server Orientation and Setup Lab 2009, 16–17.)

Liite 5. R1-ISP konfiguraatiot

```

!
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname R1-ISP
!
enable secret cisco
!
ip name-server 192.168.254.254
!
interface FastEthernet0/0
description connection to Eagle Server
ip address 192.168.254.253 255.255.255.0
no shutdown
!
interface Serial0/0/0
description DCE connection to R2-Central
clock rate 2000000
!clock rate should be set to the highest allowable rate for your lab equipment.
128000 or 4000000 can also be used.
ip address 10.10.10.6 255.255.255.252
no shutdown
!
ip route 172.16.0.0 255.255.0.0 10.10.10.5
ip route 172.31.24.0 255.255.255.0 192.168.254.254
!
ip classless
ip http server
ip http authentication enable
!
banner motd %
*****

                This is Lab router R1-ISP.
                Authorized access only.

*****

%
!
line con 0
password cisco
!
line con 0
password cisco
login
line aux 0
line vty 0 4

```



```
password cisco  
login  
!  
end
```

(Eagle Server Orientation and Setup Lab 2009, 18.)