



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# LINUX-TERMINAALIPALVELUT

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Tietoliikennetekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Erno Paju

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

PAJU, ERNO:

Linux-terminaalipalvelut

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 41 sivua

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä virtualisointiin ja Linux-käyttöjärjestelmään. Käytännössä toteutettiin palvelimen virtualisointi, jota hyödynnetään LTSP-järjestelmän rakentamisessa. Työ tehdään lahtelaiselle yritykselle Ictum Oy:lle, joka ylläpitää suurimman osan Lahden ala- ja yläasteiden sekä lukioiden ATK-laitteistoa ja opetusverkkoa.

Virtualisoinnilla tarkoitetaan hypervisorin käyttämistä tietokoneiden asentamiseen virtuaalisesti fyysisten asennusten sijaan. Palvelinten virtualisoinnilla saavutetaan monia hyötyjä verrattuna fyysisiin palvelimiin, laitteistoa voidaan hyödyntää paremmin, säästetään kustannuksia ja vapautetaan fyysistä tilaa palvelinsaleissa.

Linux-käyttöjärjestelmä on Linux-ytimen ympärille rakennettu Unix-kaltainen käyttöjärjestelmä. Linux perustuu avoimeen lähdekoodiin, ja sen kehittäminen on lisensoitu GNU GPL -lisenssin alaiseksi. GNU-projektin ohjelmistot ja kirjastot muodostavat suuren osan Linux-käyttöjärjestelmästä.

Työssä oli vertailtavana kaksi virtualisointiratkaisua: VMware ESXi ja Citrix XenServer. Vertailun perusteella valittiin työhän sopivammaksi vaihtoehdoksi VMwaren tuote. Linux-jakeluista vertailtiin Ubuntu ja Fedoraa, joista valittiin sopivimmaksi Ubuntu. Ubuntu-käyttöjärjestelmään asennettiin LTSP-järjestelmä. LTSP-järjestelmällä toteutettiin kouluverkon ATK-luokka.

Asiasanat: virtualisointi, ESXi, XenServer, Linux, Ubuntu, Fedora, LTSP

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology

PAJU, ERNO:

Linux Terminal Services

Bachelor's Thesis in Telecommunications, 41 pages

Spring 2013

ABSTRACT

---

The objective of the thesis was to study virtualization and the Linux operating systems. The aim of the practical section was to build a Linux LTSP system on a virtualized server. The work was done for Ictum Oy, a Lahti-based company, which maintains most of the IT systems and educational network of elementary, secondary and high schools in Lahti.

Virtualization means installing virtualized computers by utilizing a hypervisor instead of physical installations. Server virtualization provides many benefits compared to physical servers: the hardware can be better utilized, saving electricity and space in server rooms.

The Linux operating system is a Unix-like operating system built around the Linux kernel. Linux is based on open source development and is licensed under the GNU GPL license. The GNU project software and libraries make up a large part of the Linux operating system.

Two virtualization solutions, VMware ESXi and Citrix XenServer, were compared. VMware ESXi was selected as a more suitable option. Two popular Linux distributions, Ubuntu and Fedora, were also compared. Ubuntu was chosen as a better alternative for IT classrooms. LTSP was installed on the Ubuntu operating system to complete Linux IT classrooms.

Key words: virtualization, ESXi, XenServer, Linux, Ubuntu, Fedora, LTSP

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VIRTUALISOINTI	2
2.1	Virtualisointi yleisesti	2
2.2	Virtualisoinnin hyödyt	2
2.3	Vmware	3
2.4	Citrix XenServer	4
2.5	Virtualisointiratkaisujen vertailu	5
3	LINUX	6
3.1	Linux-käyttöjärjestelmä	6
3.2	Linux-käyttöjärjestelmän historia	7
3.3	Linux-käyttöjärjestelmän edut	8
3.4	Ubuntu	8
3.5	Ubuntun paketinhallinta	9
3.6	Fedora	10
3.7	Fedoran paketinhallinta	11
3.8	Linux jakelujen vertailu	11
4	LINUX-TERMINAALIPALVELUT	13
4.1	Linux-terminaalipalveluiden toimintaperiaate	13
4.2	LTSP eri Linux-jakeluissa	13
4.3	LTSP:n toimintaperiaate	14
4.4	LTSP chroot-ympäristö	15
4.5	LTSP-järjestelmän palvelut	16
4.5.1	DHCP	16
4.5.2	ISC-DHCP	16
4.5.3	PXE	18
4.5.4	TFTP	21
4.5.5	SAMBA	21
4.6	LTSP-järjestelmä yhdellä verkkokortilla	22
5	KOULUVERKON ATK-LUOKAN TEKNINEN TOTEUTUS	25
5.1	Ympäristön kuvaus	25
5.2	Virtualisointi	26
5.2.1	Palvelimen valmistelu ja virtualisointi	26

5.2.2	Virtuaalikoneiden luonti	27
5.3	Käyttöjärjestelmän asennus	30
5.3.1	Ubuntu Server-käyttöjärjestelmän asennus	30
5.3.2	LTSP-järjestelmän asennus ja konfigurointi	32
5.3.3	Käyttäjätilien ja -ryhmien luonti	35
5.3.4	Samba-tiedostonjako	37
5.4	Asennuksen ongelmakohdat ja ratkaisut	39
6	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	42

## LYHENNELUETTELO

APT eli Advanced Package Tool, Debian-pohjaisten Linux-jakelujen käyttämä työkalu paketinhallinnan helpottamiseen.

BOOTP Bootstrap Protocol, DHCP:aa edeltävä verkkoprotokolla, jonka avulla asiakaskoneet hakevat IP-osoitteen palvelimelta.

CIFS Common Internet File System, sovellustason verkkoprotokolla, jota käytetään pääasiassa tiedostojen jakamiseen verkossa.

DHCP Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla, jolla voidaan jakaa IP-osoitteita automaattisesti asiakaskoneille verkossa.

GNU GNU's Not Unix, projekti, jossa kehitetään vapaata Unix-kaltaista GNU-käyttöjärjestelmää.

GNU GPL GNU General Public License, yleisin avoimen lähdekoodin ohjelmistoissa käytetty lisenssi.

Initrd initial ramdisk, tapa, jolla ladataan väliaikainen tiedostojärjestelmä muistiin Linux-ytimen käynnistysvaiheessa.

IP Internet Protocol, verkkokerroksen protokolla, joka vastaa pakettien toimittamisesta verkossa.

LTSP Linux Terminal Server Project, avoimen lähdekoodin projekti, joka mahdollistaa useamman käyttäjän käyttävän samaa tietokonetta samanaikaisesti.

NAT Network address translation, mahdollistaa reitittimen sisäverkon kaikkien osoitteiden näkymisen ulospäin reitittimen osoitteella.

PXE PreBoot eXecution Enviroment, ympäristö, jolla verkkolaitteet voivat käynnistää käyttöjärjestelmän verkkoliittynän kautta.

RPM RPM Package Manager, useissa Linux-jakeluissa käytetty pakettinhallintajärjestelmä.

SMB Server Block Message, Samba-projektin vanhojen versioiden nimitys CIFS:lle.

SSH Secure Shell, etäkäyttöohjelmisto, jolla voidaan muodostaa salattuja yhteyksiä järjestelmien välille.

TFTP Trivial File Transfer Protocol, yksinkertainen tiedonsiirtoprotokolla, jota yleensä käytetään käynnistystiedostojen siirtämiseen verkkokäynnistyksessä.

UDP User Datagram Protocol, yhteydetön kuljetuskerroksen verkkoprotokolla, joka ei sisällä pakettien perille saapumisen tarkistusta.

YUM Yellow Dog Updater, Modified, pakettinhallintatyökalu, jota käytetään lähinnä Red Hat Linuxiin pohjautuvissa Linux-jakeluissa.

## 1 JOHDANTO

Uusilla Windows-työasemilla toteutettu ATK-luokka on kallis investointi kouluympäristössä. Joillakin kouluilla ei ole mahdollisuutta päivittää ATK-luokkia ja koneet sekä käyttöjärjestelmät vanhenevat. Opinnäytetyössä tutkitaan vaihtoehtoisia ratkaisua ongelmaan uusien Windows-työasemien sijaan. Tutkittava vaihtoehtoinen ATK-luokka on Linux-käyttöjärjestelmällä toteutettu LTSP-järjestelmään pohjautuva ratkaisu.

LTSP-järjestelmällä voidaan toteuttaa ATK-luokka seuraavasti: tarvitaan yksi tehokkaampi palvelin, jossa ajetaan Linux-palvelin käyttöjärjestelmä ja asiakaskoneina käytetään joko halpoja thin clienttejä tai vanhoja tietokoneita budjetista riippuen. Asiakaskoneiksi soveltuvat suoritusnoheukseltaan heikotkin koneet, sillä LTSP-järjestelmä perustuu siihen, että asiakaskoneiden käyttäjien sessio ajetaan palvelimella ja sitä etäkäytetään asiakaskoneen kautta.

Työ koostuu teoriaosuudesta, jossa käsitellään virtualisointia, Linux-käyttöjärjestelmää ja sen jakeluversioita sekä Linux LTSP-järjestelmää. Työn tavoitteena on valita peruskoulujen ATK-luokkahuonekäyttöön sopivin Linux-jakeluvaihtoehto ja toteuttaa virtualisoitu terminaalipalvelin. Palvelimen virtualisointia varten työssä vertaillaan myös kahta virtualisointiratkaisua ja valitaan niistä työhön parhaiten soveltuva vaihtoehto.



## 2 VIRTUALISOINTI

### 2.1 Virtualisointi yleisesti

Virtualisoinilla tarkoitetaan tekniikkaa, jolla piilotetaan järjestelmän fyysiset resurssit virtualisoidun järjestelmän käyttäjiltä. Yksi fyysinen resurssi, eli virtuaalipalvelin voi palvella useampaa loogista resurssia, virtuaalikoneita. Virtuaalikoneita palvelevaa ohjelmistoa tai firmwarea kutsutaan nimellä hypervisor. Hypervisor on isäntäkone, joka palvelee vieraskoneiksi kutsuttuja virtuaalikoneita. (Wikipedia 2013m.)

Hypervisorit voidaan jakaa kahteen luokkaan: tyyppi-1 ja tyyppi-2. Tyyppi-1-hypervisor on riippumaton käyttöjärjestelmästä ja on suoraan yhteydessä laitteistotasoon. Tyyppi-2-hypervisor on riippuvainen sen alla olevasta käyttöjärjestelmästä, eikä sitä voida käynnistää ennen kuin alla oleva käyttöjärjestelmä on käynnissä. Tämä on tyyppi-2-hypervisorin heikkous verrattuna tyyppi-1-hypervisorin, joka ei tarvitse erillistä käyttöjärjestelmää. (Virtual Computer 2013.)

### 2.2 Virtualisoinnin hyödyt

Palvelinten virtualisoinnilla saavutaan useita hyötyjä verrattuna pelkkien fyysisten palvelinten käyttämiseen. Yksi virtuaalipalvelin voi palvella useita virtuaalikoneita samanaikaisesti, ja näin säästetään useita resursseja. Virtuaalipalvelin käyttää vähemmän sähköä verrattuna useampaan fyysiseen palvelimeen, palvelimen laitteistoresurssit saadaan optimoitua paremmin useamman virtuaalikoneen kesken sekä konesaleissa säästetään fyysistä tilaa. (Burger 2012.)

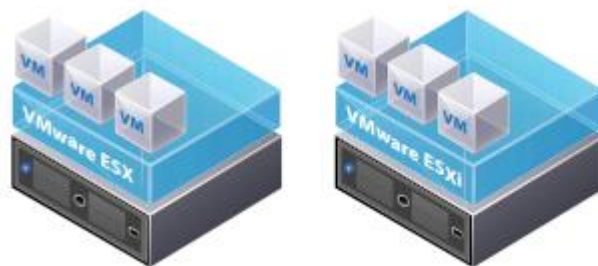
Virtualisointi nopeuttaa myös uusien järjestelmien käyttöönottoa. Virtuaalikoneita voidaan helposti kloonata tai luoda uusi virtuaalikone ennalta luodun mallin pohjalta; näin säästetään uusia koneita luotaessa hitailta käyttöjärjestelmien käyttöönottoprosesseilta. (Marshall 2011.)

Opetuskäytössä virtualisoinnin hyödyntäminen on myös järkevää. Esimerkiksi käyttöjärjestelmän toimintaa voidaan tutkia ja oppilaat voivat tehdä muutoksia käyttöjärjestelmän toimintaan vaarantamatta testiympäristöä, koska kaikki muutokset tehdään virtuaalikoneeseen eikä isäntäkoneeseen. (Nieh & Leonard 2000.)

### 2.3 VMware

VMwarella on maksullinen ja maksuton versio tyypin 1 hypervisorista. Maksullinen versio on VMware ESX ja maksuton VMware ESXi. Työssä keskitytään tutkimaan lähinnä maksuttoman VMware ESXi:n ominaisuuksia, koska tarkoituksena on käyttää maksutonta hypervisoria. VMwaren ESX ja ESXi ovat eniten markkinoilla käytössä olevat hypervisor-tuotteet. ESXi-arkkitehtuuri on kevyt, eikä se ole riippuvainen erillisestä käyttöjärjestelmästä sekä se on suunniteltu suoraan suurien valmistajien, kuten Dellin, IBM:n, HP:n ja Fujitsu-Siemensin palvelimia varten. (VMware 2013.)

VMware ESX ja ESXi asennetaan palvelimelle ja näin luodaan virtualisointitaso laitteiston ja käyttöjärjestelmän välille. Yhdellä palvelimella voidaan näin ajaa samanaikaisesti useampia virtuaalikoneita, jotka ovat riippumattomia toisistaan, jolloin yhden virtuaalikoneen kaatuessa muut virtuaalikoneet jatkavat toimintaansa normaalisti. VMware-arkkitehtuuria selventää kuvio 1, jossa näkyy fyysinen palvelin, virtualisointitaso sekä virtuaalikoneet. (VMware 2013.)



KUVIO 1. VMware ESX ja ESXi arkkitehtuuri (VMware 2013)

VMware ESX- ja ESXi-palvelinten hallinta tapahtuu ilmaisella VMware vSphere Client -ohjelmistolla. Ohjelmistolla kirjaututaan etänä ESX/ESXi-palvelimelle ja näin päästään hallinnoimaan palvelinta graafisen käyttöliittymän avulla. VMware

vCenter Server -tuotteella on mahdollista yhdistää useamman ESX/ESXi-palvelimen hallinta yhdelle hallintapalvelimelle. (VMware 2013.)

## 2.4 Citrix XenServer

Citrixin Xenserver on tyypin 1 hypervisor, joka perustuu vuonna 2003 julkaistun Xen-projektiin. Xenin kehitys alkoi GNU GPL:n (GNU General Public License) lisenssin alla julkaistuna tutkimusprojektina Cambridgen yliopistossa, ja sen ylläpidosta vastasi aluksi XenSource Inc. Vuonna 2007 Citrix Systems hankki XenSource Inc:n ja tuotteisti projektista ilmaisen ja kaupallisia versioita. (Wikipedia 2013k.)

Vuonna 2010 Citrixin XenServer-tuotteita oli neljä kappaletta: Free-, Advanced-, Enterprise- ja Platinum Edition. Ensimmäinen tuotteista tarjotaan ilmaisena ja kolme muuta ovat kaupallisia versioita. Työ keskittyy XenServer Free Edition-versioon ja sen ominaisuuksiin. (Wikipedia 2013k.)

Virtualisoitujen järjestelmien hankinta vaatii yleensä suuriakin investointeja. Citrix XenServer -markkinoinnin tarkoituksena on tarjota asiakkaille tuotanto-ympäristöön soveltuva virtualisointiratkaisu ilmaiseksi. Ilmainen Citrix XenServer tarjoaa mahdollisuuden luoda rajattoman määrän palvelimia ja virtuaalikoneita, joita voidaan hallita yhden hallintakonsolin kautta. Asiakkaan tarvittaessa lisäominaisuuksia virtualisointiympäristöönsä, voidaan ilmainen Citrix XenServer päivittää maksulliseen versioon. Maksullinen versio mahdollistaa uusia ominaisuuksia, kuten vikasietoisen virtuaaliympäristön. (Citrix 2013a.)

XenCenter on ilmainen hallintakonsoli XenServerin ylläpitotehtäviin. Sillä pystytään luomaan, hallinnoimaan ja varmuuskopioimaan virtuaalikoneita helposti. XenServer Free -versiolla pystytään muuttamaan fyysisistä koneista virtuaalikoneita osaksi uutta virtualisointiympäristöä. Myös XenMotion-työkalun käyttäminen on mahdollista XenServerin ilmaisversiossa. XenMotionilla pystytään siirtämään virtuaalikoneita fyysisten palvelimen välillä ilman käyttökatkoksia, mikä helpottaa ylläpitotehtäviä joissakin tilanteissa. (Citrix 2013b.)

## 2.5 Virtualisointiratkaisujen vertailu

VMware ESXi ja Citrix XenServer eroavat suuresti arkkitehtuurillaan. XenServer vaatii toimiakseen käyttöjärjestelmän, jota kutsutaan dom0:ksi. Dom0 Linux-käyttöjärjestelmä käynnistyy XenServerin käynnistyessä ja kaikki virtuaalikoneiden I/O (Input Output) -tehtävät suoritetaan dom0:n kautta. Dom0 mahdollistaa laajemman laitteistotuen, sillä laitteiston hallintaan käytetään Linux-käyttöjärjestelmän ajureita. (J.Wiley & Sons, Inc. 2011, 16.)

VMware ESXi -arkkitehtuuriin ei kuulu dom0. ESXi:n hypervisor itse käsittelee kaikki I/O-toimenpiteet. Tämä mahdollistaa nopeamman suoritustehon ja vähemmän overheadia. ESXi:n hypervisorin laitteistotuki on kuitenkin hieman suppeampi verrattuna dom0:n tarjoamaan laitteistotukeen. (J.Wiley & Sons, Inc. 2011, 16.)

### TAULUKKO 1. ESXi:n ja XenServerin vertailu

	VMware ESXi	Citrix XenServer
Max RAM / VM	1000 GB	128 GB
Virtualista CPU:ta / VM	32 VCPU:ta	16 VCPU:ta
Virtuaalista levyä / VM	60 kpl	16 kpl
Virtualista NIC:ä / VM	10 kpl	7 kpl
VM määrä hostia kohden	512 kpl	75 kpl
RAM / host	2000 GB	1000 GB
Logiista CPU:ta hostia kohden	160 kpl	160 kpl

Taulukossa 1 on verrattu hypervisioreiden maksimiarvoja. Taulukosta voidaan päätellä, että ESXi:n maksimiarvot ovat suurempia joissakin tapauksissa.

Toteutettavassa ympäristössä ei kuitenkaan käytetä laitteistoa, jonka laitteisto lähestyisi maksimiarvoja, koska molempien tuotteiden maksimi arvot ovat niin suuret.

Molemmat verratuista virtualisointiratkaisuista ovat hyviä vaihtoehtoja ja järjestelmä olisi mahdollista toteuttaa kummallakin niistä. VMwaren arkkitehtuuri kuitenkin mahdollistaa paremman suorituskyvyn ja järjestelmän vakauden, joten työssä päädyttiin käyttämään VMware ESXi hypervisoria lähinnä näistä syistä.

## 3 LINUX

### 3.1 Linux-käyttäjärjestelmä

Linux-käyttäjärjestelmä koostuu Linux-ytimeistä eli kernelistä ja GNU (GNU's Not Unix) -järjestelmän ohjelmistoista. Usein Linux-sanalla viitataan käyttäjärjestelmään, mutta tarkemmin Linux on GNU-järjestelmän ydin, mistä syystä yleensä käytetään nimitystä GNU/Linux. GNU/Linux on Linux-ytimen ympärille rakennettu Unix-kaltainen käyttäjärjestelmä. (Stallman 2013.)

Linuxin kehitys perustuu vapaaseen ja avoimeen lähdekoodiin, ja se on lisensoitu GNU GPL (GNU General Public License) -lisenssin ehdoilla. Se on hyvä esimerkki avoimen lähdekoodin ohjelmistokehityksen tehokkuudesta. Linux kehitettiin aluksi Intelin x86-arkkitehtuuriin perustuviin pöytäkoneisiin, mutta sittemmin se on levinnyt useammalle laitteistoalustalle kuin mikään muu käyttäjärjestelmä. Palvelinkäytössä Linux-käyttäjärjestelmä on tällä hetkellä maailman suosituin käyttäjärjestelmä ja 10 nopeinta supertietokonetta käyttävät Linux-käyttäjärjestelmää. Linux-käyttäjärjestelmää käytetään laajalti sulautetuissa järjestelmissä, kuten matkapuhelimissa, reitittimissä ja tableteissa. (Wikipedia 2013f; Wikipedia 2013g.)

Yleensä Linuxin jakelu tapahtuu jakelupakettien avulla erikseen työpöytä- ja palvelinkäyttöön. Linux-jakelupaketteja on useita kaupallisia ja ilmaisia palvelin- ja työpöytäkäyttöön. Suosittuja Linux-jakeluita ovat Debian, johon pohjautuu useita muitakin jakeluita, Red Hat Enterprise Linux sekä openSUSE ja sen kaupallinen jakelu SUSE Linux Enterprise Server. Palvelin- ja työpöytäjakelut eroavat toisistaan niihin asennettujen pakettien perusteella. Työpöytäjakeluissa on yleensä mukana X Window System ja sen mukana graafinen käyttöliittymä, kuten GNOME tai KDE. Palvelinjakeluissa yleensä ei ole graafista käyttöliittymää ja tilalla on yleensä paketteja, jotka soveltuvat palvelinkäyttöön. (Wikipedia 2013f; Wikipedia 2013g.)

### 3.2 Linux-käyttöjärjestelmän historia

Vuonna 1983 Richard Stallman aloitti GNU-projektin, jonka tarkoituksena oli kehittää ilmainen Unixin kaltainen käyttöjärjestelmä. 90-luvun alussa GNU-järjestelmä oli kerneliä vaille valmis. GNU Hurd- ytimen kehitystyö oli tässä vaiheessa jo aloitettu, mutta sen työstäminen osoittautui odotettua haastavammaksi. (Stallman 2013.)

Vuonna 1991 suomalainen Helsingin yliopiston opiskelija Linus Torvalds aloitti projektin, josta myöhemmin muodostui Linux kernel. Torvalds kehitti aluksi terminaalimulaattoria käyttääkseen yliopiston UNIX-palvelimia omalla laitteistollaan. Kehitystyössä käytettiin GNU C-kääntäjää MINIX, Unixin kaltaisella käyttöjärjestelmällä. 25. elokuuta 1991 Torvalds julkaisi viestin Usenetin uutisryhmässä, jossa kertoi kehittävänsä ilmaista käyttöjärjestelmää. Hän julkaisi aluksi Linux-version 0.01 omalla lisenssillään. Vuonna 1992 Torvalds ehdotti lisensointia GNU GPL -lisenssillä ja myöhemmin samana vuonna Torvalds julkaisi version 0.99 GNU GPL -lisenssillä. (Wikipedia 2013e.)

GNU GPL -lisensointi mahdollisti toimivan käyttöjärjestelmän rakentamisen Linux kernelin ympärille. Tästä alkoi Linuxin suosio kehittäjien keskuudessa, sillä vuotta myöhemmin lisensoinnista vuonna 1993 Linux kernelin parissa työskenteli yli 100 kehittäjää. Samana vuonna julkaistiin ensimmäinen nykypäivänakin kehitetty Linux-jakelu: Slackware. Tänäkin päivänä suosittu Debian-jakelun kehittäminen alkoi myös vuonna 1993. Vuonna 1994 Torvalds arvioi Linuxin kehityksen saavuttaneen merkkipaalun ja versio 1.0 julkaistiin, myöhemmin samana vuonna ilmestyivät myös Red Hat- ja SUSE-jakeluiden ensimmäiset versiot. Vuonna 1996 julkaistu Linuxin versio 2.0 tuki useampaa prosessoria ja siitä tuli ensi kertaa todellinen vaihtoehto monille yrityksille. Vuonna 2007 nähtiin ensimmäisen kerran Linux-käyttöjärjestelmä esiasennettuna Dellin kannettavissa tietokoneissa. Työn kirjoittamisajankohtana vuonna 2013 Linux on edennyt versioon 3.8.10 ja on saavuttanut palvelinpuolella vankan aseman. (Wikipedia 2013e.)

### 3.3 Linux-käyttöjärjestelmän edut

Linux-käyttöjärjestelmän suurena etuna on lisensointi. Linuxin kehitys on avoimeen lähdekoodiin perustuvaa ja useat jakelut ovat epäkaupallisia, jolloin on mahdollista säästyä suurilta investoinneilta yrityskäytössä sekä kotikäyttäjien ei tarvitse maksaa käyttöjärjestelmästä. Windows-käyttöjärjestelmään verrattuna Linux vaatii vähemmän laitteistolta. Linuxin muistin optimointi on myös tehokkaampaa kuin Windows-järjestelmissä, jolloin samasta laitteistosta on mahdollisuus saada enemmän suorituskykyä Linux-käyttöjärjestelmällä. (Arch Linux Gallery 2013.)

Tietoturva on myös yksi Linuxin suurista vahvuuksista. Windowsin käyttäjäkunnan ollessa suuri kehitetään sille myös paljon haittaohjelmia, ja koska Windowsia ylläpitää yksi taho; Microsoft, saattaa haavoittuvuuksien korjaaminen joskus viedä pidemmän aikaa. Linuxissa tietoturva on tärkeässä asemassa eikä sille ole kovin paljon viruksia tai muita haittaohjelmia. Perustuminen avoimeen lähdekoodiin mahdollistaa myös paljastuneiden haavoittuvuuksien nopean korjaamisen. (Arch Linux Gallery 2013.)

Palvelinkäytössä Linuxin suurimpia etuja on järjestelmän vakaus. Yrityskäytössä palvelimien toimintavarmuus on tärkeää ja jonkin tarjottavan palvelun kaatumisella voi olla vaarallisia seurauksia yrityksille. Windows-palvelimet vaativat uusien ohjelmistojen asennuksen viimeistelyksi tai järjestelmään tehtävien muutoksien käyttöönottamiseksi järjestelmän uudelleen käynnistämistä. Monesti yrityksissä palvelimia ei voida käynnistää uudelleen milloin tahansa ja tämä hankaloittaa ylläpitotehtäviä. Linuxissa taas muutokset voidaan yleensä tehdä järjestelmän ollessa käynnissä vaikuttamatta muihin palveluihin eikä järjestelmän uudelleen käynnistämiseksi ole tarvetta lähes koskaan. (Noyes 2010.)

### 3.4 Ubuntu

Ubuntu on Debian Linux-jakeluun perustuva työpöytä- ja palvelin-käyttöön suunniteltu jakelu. Vuonna 2012 tehdyn online-kyselyn perusteella Ubuntu on suosituin Linux-jakelu työpöytä- ja kannettavien -tietokoneiden käytössä, mutta se on kasvattanut suosiotaan myös palvelin-puolella. Ubuntu-projekti perustuu

vapaan lähdekoodin periaatteisiin, ja sen kehittämistä huolehtii Canonical Ltd.-yritys, jonka liikevaihto perustuu sen tarjoamiin teknisiin tukipalveluihin jotka liittyvät Ubuntu-käyttöjärjestelmään. (Wikipedia 2013j.) Ubuntu-jakelusta on erikseen Ubuntu Desktop ja Ubuntu Server Edition. Ubuntu Server -versiossa ei ole X-ikkunointiympäristöä sekä asennusprosessit eroavat toisistaan. (Ubuntu 2013a.)

Työssä keskitytään työntekohetkellä uusimpaan Ubuntu 12.04 LTS -versioon. LTS (Long term support) -versio takaa päivityksiä aina vuoden 2017 huhtikuuhun asti. Versiota 11.04 ennen Ubuntu Desktop-version oletuskäyttöliittymä oli GNOME Panel, mutta nykyään oletus käyttöliittymä on Unity. Unity on raskaampi verrattuna vanhaan GNOME-käyttöliittymään, johon on kuitenkin mahdollista palata asentamalla paketti tätä varten. Ubuntusta on myös erillinen jakeloversio Edubuntu, joka on tarkoitettu oppilaitoskäyttöön. Edubuntu sisältää oletuksena opetusohjelmia sekä LTSP-verkon työkaluja. Ubuntu käyttöjärjestelmään on myös mahdollista asentaa erillinen Edubuntu-desktop-paketti, jolla saadaan opetuskäyttöön tarkoitetut ohjelmat ja Edubuntu-käyttöliittymä yhdessä paketissa. (Wikipedia 2013j; Wikipedia 2013c.)

### 3.5 Ubuntun paketinhallinta

Ubuntu-käyttöjärjestelmän pakettien määrä on suuri, siihen on saatavilla yhteensä yli 10 000 virallista Ubuntu-pakettia. Pakettienhallintaan Ubuntussa on käytössä Debianin käyttämä dpkg-työkalu , jolla voidaan asentaa, poistaa ja päivittää deb-muotoisia paketteja. Dpkg-työkalulla ei kuitenkaan voida ladata paketteja pakettivarastoista eikä se osaa huolehtia pakettien riippuvuuksista, mutta tätä varten Ubuntussa on käytössä dpkg:n edustaohjelma aptitude sekä apt. (Linux 2013c.)

Apt (Advanced Package Tool) on Debian-pohjaisten Linux-jakelujen käyttämä komentorivi-työkalu paketinhallinnan helpottamiseen. Erona dpkg:hen apt:lla on mahdollista ladata paketteja pakettivarastoista, ja se huolehtii pakettien riippuvuuksista sekä niiden päivittämisestä. Alun perin apt kehitettiin dpkg:n edustaohjelmaksi Debianin .deb-paketteja varten, mutta myöhemmin siitä on



kehitetty apt-rpm-versio, joka pystyy työskentelemään rpm-paketinhallintaan pohjautuvien jakelujen kanssa. (Linux 2013a; Wikipedia 2013a.)

Aptitude on apt-paketinhallintajärjestelmän edustaohjelma. Kuten apt, se on käytössä lähinnä Debian-pohjaisissa Linux-jakeluissa, mutta se on ollut käytössä myös rpm-paketinhallintaa käyttävissä Linux-jakeluissa. Apt-paketinhallintajärjestelmän tapaan aptitudea voidaan käyttää komentorivi-komennoilla, jolloin sen toiminta ja useimmat komennot ovat samoja kuin apt:ssa. Aptitude perustuu ncurses-kirjastoon, jolloin sitä on mahdollista käyttää interaktiivisena ohjelmana käyttöliittymän avulla. (Linux 2013b; Wikipedia 2013b.)

### 3.6 Fedora

Fedora-käyttöjärjestelmä on Red Hat -ohjelmistoyrityksen omistaman Fedora Project -yhteisön kehittämä vapaaseen lähdekoodiin perustuva käyttöjärjestelmä. Fedora-projekti syntyi vuonna 2003, kun Red Hat Linuxin kehitys lakkautettiin. Red Hat Enterprise Linuxista tuli Red Hat -ohjelmistoyrityksen ainut virallisesti tuettu Linux-jakelu. Aiemmin Red Hat jakeli Red Hat Linuxia sekä ilmaisena että kaupallisena, mutta yritys halusi selkeämmin eriyttää kaupallisen ja ilmaisen käyttöjärjestelmän. Fedorasta tuli yhteisön kehittämä ilmaisjakelu, jolle ei tarjota tukea, ja Red Hat Enterprise Linux eli kaupallinen versio pohjautuu Fedoran julkaisuihin. (Wikipedia 2013d.)

Fedorassa on oletuksena laaja ohjelmistovalikoima. Ohjelmistot sisältävät ohjelmia, kuten Firefox, LibreOffice-paketin ja Empathyn. Lisäpaketteja voidaan ladata helposti Fedoran pakettivarastoista. Fedoran oletustyöpöytäympäristö on GNOME Shell Fedora 15 julkaisusta lähtien. Fedoran pakettivarastoissa on myös saatavilla vaihtoehtoisia työpöytäympäristöjä, kuten KDE Plasma, Xfce ja LXDE. (Wikipedia 2013d.)

Fedora-julkaisujen elinkaari on suhteellisen lyhyt, sillä ylläpitoaikajakso on vain 13 kuukautta ja uusia julkaisuja tulee aina kuuden kuukauden välein. Tämä mahdollistaa kehittäjien julkaisevan aina uusimpia versioita ohjelmistoista, mutta hankaloittaa tuotantokäyttöä päivitystuen päättyessä nopeasti. Kuitenkin Fedora

on suosittu Linux-jakelu ja DistroWatch -sivuston mukaan se on kolmanneksi eniten katseltu sivu Linux Mintin ja Ubuntu'n jälkeen. (Wikipedia 2013d.)

### 3.7 Fedoran paketinhallinta

Fedoran paketinhallinta pohjautuu RPM-paketinhallintajärjestelmään (RPM Package Manager). RPM-paketinhallinta kehitettiin alun perin Red Hat Linuxia varten, mutta on nykyään käytössä useissa Linux-jakeluissa. RPM tarkoittaa RPM-tiedostoformaatissa olevia RPM-paketteja sekä RPM-ohjelmaa, jolla näitä paketteja hallinnoidaan. RPM osaa käsitellä pakettien riippuvuuksia, muttei osaa ratkoa niitä eli käytännössä RPM-ohjelma antaa virheilmoituksen puuttuvista paketeista. RPM ei myöskään pysty käyttämään verkossa olevia pakettivarastoja. (Linux 2013b.)

Kuten Debianissa käytössä olevaan dpkg-paketinhallintajärjestelmään on myös RPM-paketinhallintajärjestelmää varten kehitetty korkeamman tason paketinhallintatyökaluja. Fedora käyttää korkeamman tason paketinhallinnassa Yum-paketinhallintatyökalua (Yellowdog Updater, Modified). Yum on täysin uudistettu versio sitä edeltäneestä YUP:sta (Yellowdog Updater). Yum kehitettiin alun perin Duke Universityn Red Hat Linux-palvelimien päivittämistä varten, mutta on sittemmin tullut osaksi muita Linux-jakeluita, kuten Red Hat Enterprise Linuxia, Fedoraa ja CentOS:a. Yum on komentorivipohjainen paketinhallintatyökalu, mutta sitä varten on kehitetty myös useampia graafisella käyttöliittymällä hallittavia ohjelmia. Yum osaa käyttää verkossa olevia pakettivarastoja sekä ratkoa riippuvuuksia. (Wikipedia 2013l.)

### 3.8 Linux jakelujen vertailu

Sekä Ubuntu että Fedora ovat molemmat suosittuja Linux-jakeluita. Molemmat jakelut soveltuvat työpöytä- ja palvelinkäyttöön. Fedorassa tämä vaatii hieman lisätyötä, mutta käyttöjärjestelmän on tarkoitus palvella kumpaakin käyttötarkoitusta. Kumpikin vaihtoehtoista pohjautuu vakaaseen laajalti käytettyyn jakeluun, ja tämä takaa kummallekin hyvän käyttäjäkunnan tuen, tosin Ubuntu'n suosio on kasvanut viime vuosina ja sen käyttäjäkunta on suurimpia Linux-käyttöjärjestelmistä. (Polishlinux 2013.)

	Ubuntu	Fedora
Base Distribution	Debian Linux	Red Hat Linux
Default File System	EXT 4	EXT 4
Desktop Environment	Unity	Gnome 3
Supported Platforms	i386, AMD64,ARM	i686, x86-64
Packet Management	APT	Yum Package Kit
Package Format	Deb	RPM
USB Installation	Yes	Yes
Live CD	Yes	Yes

KUVIO 2. Ubuntu- ja Fedora-käyttöjärjestelmien ominaisuuksien vertailu (Karey 2013)

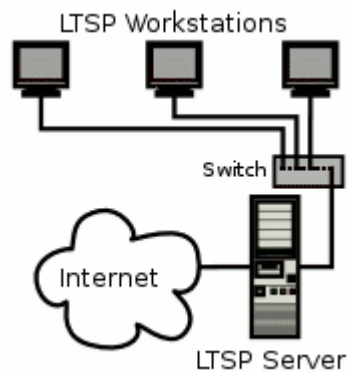
Kuviosta 2 nähdään, että suurimmat erot vertailtujen Linux-jakelujen kesken ovat niiden pakettinhallintajärjestelmät sekä työpöytäympäristöt. Kumpikin oletustyöpöytäympäristöistä tosin on suhteellisen raskaita. Jakelujen elinkaarikin on huomattavasti toisistaan eroava, sillä Ubuntu LTS-versioon on saatavilla päivityksiä 5 vuotta julkaisusta ja Fedoraan päivityksiä tarjotaan vain 13 kuukautta. (Wikipedia 2013j; Wikipedia 2013d.)

Vertailun perusteella paremmaksi vaihtoehdoksi toteutettavaan järjestelmään valittiin Ubuntu Server 12.04 LTS -jakelu. Perusteina valinnalle oli Ubuntu pidempi elinkaari ja siten parempi soveltuvuus toteutettavaan järjestelmään. Ubuntu pakettinhallintajärjestelmä todettiin myös loogisemmaksi käyttää kuin Fedoran vaihtoehto. Ubuntu Server-jakelu valittiin, koska tarkoituksena on asentaa palvelimeen lisäpalveluita sekä Unity-työpöytäympäristö todettiin liian raskaaksi LTSP-käyttöön. (Wikipedia 2013j.) Ubuntu Server -käyttöjärjestelmään asiakaskonekäyttöä varten asennettiin edubuntu-desktop-paketti, jossa on oletuksena kevyempi GNOME sekä laaja valikoima opetusohjelmia valmiiksi asennettuna. (Wikipedia 2013c.)

## 4 LINUX-TERMINAALIPALVELUT

### 4.1 Linux-terminaalipalveluiden toimintaperiaate

Linux-terminaalipalvelut perustuvat vapaan lähdekoodin LTSP (Linux Terminal Server Project) -projektiin. LTSP mahdollistaa useamman käyttäjän käyttävän yhtä tietokonetta samanaikaisesti. Käyttäjien ohjelmistot suoritetaan palvelin-tietokoneella, ja käyttäjä ohjaa ja seuraa istuntoa thin client -tyyppisen päätteen kautta. Kuvio 3 selventää, kuinka useampi asiakaskone on yhdistetty kytkimellä käyttämään yhtä LTSP-palvelinta. (Wikipedia 2013h.)



KUVIO 3. LTSP:n toimintaa kuvaava diagrammi (LTSP 2013a)

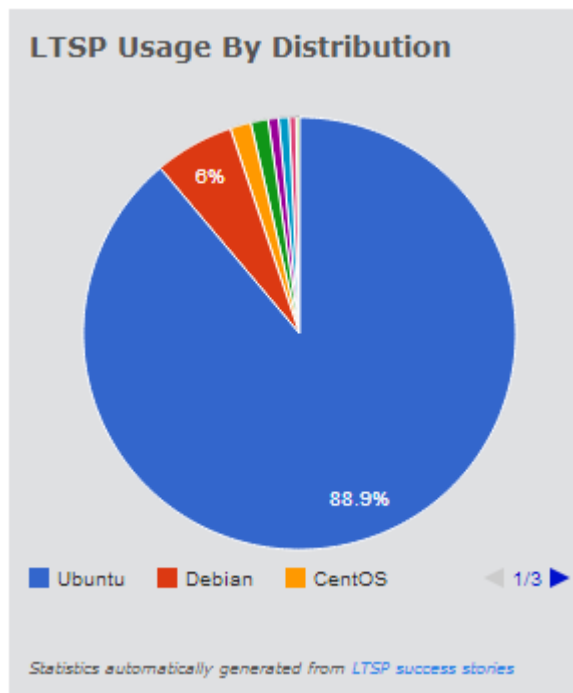
Thin client -tietokoneet ovat yksinkertaisempia verrattuna pöytäkoneisiin. Thin client -koneilta ei vaadita suurta suoritustehoa, ja niissä suoritustehoa tärkeimpiä ominaisuuksia ovat luotettavuus sekä alhainen virrankulutus. Taloudellisesti thin client -koneet ovat myös halvempia kuin pöytäkoneet, sillä niissä ei ole yleisesti yhtä kalliita komponentteja ja monesti niissä ei tarvita edes kovalevyä. Vanhoja pöytäkoneita, jotka eivät enää sovellu työpöytäkäyttöön, voidaan käyttää thin client -ratkaisuna budjettisyydestä, sillä käyttöjärjestelmä voidaan käynnistää verkosta. Erityisesti kouluympäristöissä tämä teknologia on alkanut yleistyä. (Wikipedia 2013h.)

### 4.2 LTSP eri Linux-jakeluissa

Nykyinen LTSP versio 5 on tarkoituksena sisällyttää kaikkiin suuriin jakeluihin. Tämä on onnistuttu toteuttaa Debian-, Fedora- ja Ubuntu-jakeluissa. Vanhempi

LTSP-versio on mahdollista asentaa mihin tahansa jakeluun tar-arkistosta. Joissakin erikoistuneissa Linux-jakeluissa LTSP on myös suoraan asennusvaihtoehtona. (Linux 2013d.)

Kuten kuvioista 4 nähdään, Ubuntu on ylivoimaisesti suosituin Linux-jakelu LTSP-käytössä. Ubuntun jälkeen seuraavaksi suosituimmat jakelut ovat Debian ja CentOS, mutta nekin ovat silti suhteellisen vähän käytettyjä verrattuna Ubuntuun. (LTSP 2013b.) Ubuntun LTSP-toteutus on paranneltu versio verrattuna muihin jakeluihin. Ubuntun LTSP-toteutuksessa esimerkiksi verkkoliikenne on salattu käyttäen SSH-protokollaa. Uusin LTSP versio 5 pyrkii tuomaan samoja parannuksia myös muihin jakeluihin, kuitenkin Ubuntun suosio on edelleen kiistaton. (Linux 2013d.)



KUVIO 4. Linux-jakelujen suosio LTSP-toteutuksessa (LTSP 2013a)

### 4.3 LTSP:n toimintaperiaate

LTSP:n avulla normaalista Linux-asennuksesta saadaan helposti ylläpidettävä terminaalipalvelin. Muut thin client -pohjaiset järjestelmät vaativat, että client koneisiin on asennettu ohjelmisto, jolla otetaan yhteys terminaalipalvelimeen. Nämä järjestelmät vaativat enemmän ylläpitoa verrattuna LTSP:hen, sillä terminaalipalvelimeen yhdistäminen vaatii jonkinlaisen käyttöjärjestelmän, joka

lisää ylläpitokuormaa näissä järjestelmissä mahdollisten ongelmien ilmaantuessa. LTSP vaatii toimiakseen asiakaskoneilta ainoastaan PXE (Pre-eXecution Enviroment) -käynnistystä tukevan verkkoliittynnän eikä minkäänlaista ohjelmistoa, joka vähentää ylläpitokuormaa. (LTSP 2013b.)

Thin clientin käynnistyminen ja LTSP-session lataaminen tapahtuvat seuraavasti:

1. Asiakaskone käynnistetään valitsemalla PXE-käynnistys.
2. PXE protokolla pyytää IP-osoitteen DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) -palvelimelta.
3. DHCP-palvelin lähettää lisäparametreja asiakaskoneelle. Asiakaskone lataa Linux initramfs -tiedostojärjestelmälevykuvakkeen välimuistiin käyttämällä TFTP-protokollaa (Trivial File Transfer Protocol).
4. Ladattuaan Linux initramfs-levykuvakkeen asiakaskone käynnistää sen, tunnistaa laitteiston ja yhdistää LTSP-palvelimen X-sessioon, eli graafiseen käyttöliittymään. (LTSP 2013b.)

Tämän jälkeen kaikki toiminnot suoritetaan LTSP-palvelimella, joka siirtää graafisen informaation asiakaskoneelle ja graafista sessiota ainoastaan katsellaan asiakaskoneella. Tämä konsepti mahdollistaa halpojen ja suorituskyvyltään heikompien asiakaskoneiden käyttävän tehokkaamman palvelimen resursseja. Palvelin myös lataa kirjastot ohjelmistoille vain kerran ja viittaa niihin jokaista käyttäjä sessiotakohti, jolloin kirjastoja ei tarvitse ladata erikseen jokaiselle käyttäjälle. (LTSP 2013b.)

#### 4.4 LTSP chroot-ympäristö

Jotta tietokoneesta saadaan thin client -asiakaskone, se tarvitsee minimaalisen Linux-version. Tämä Linux-versio täytyy käynnistää verkon yli, sillä monissa thin client -asiakaskoneissa ei ole kovalevyä. Koska tätä Linux-versiota ei voi säilyttää asiakaskoneissa, se sijaitsee LTSP-palvelimella. Minimaalinen Linux-versio on nimeltään chroot-ympäristö, ja se on optimoitu toimimaan tehokkaasti verkon yli. (LTSP 2013b.)

Chroot-ympäristöjä voi olla useampi eri prosessoriarkkitehtuureja varten. Chroot-levykuvake sijaitsee palvelimella yleensä /opt/ltsp -hakemistossa, jossa on

alihakemisto eri prosessoriarkkitehtuureille. Chroot-ympäristön asentamiseen ja ylläpitoon käytetään Linux-komentoa chroot, jolla asetetaan asennus root-hakemistoksi /opt/ltsp/<arch>. (LTSP 2013b.)

## 4.5 LTSP-järjestelmän palvelut

### 4.5.1 DHCP

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) on protokolla, joka jakaa automaattisesti IP-osoitteita ja muita verkkoliikenteen kannalta olennaisia parametreja asiakaskoneille. DHCP-protokolla on määritelty RFC 2131- ja 2132-dokumenteissa. DHCP pohjautuu BOOTP (Bootstrap Protocol) -protokollaan, jonka kanssa se jakaa monia piirteitä. (Technet 2013.)

Jokaisella verkossa liikennöivällä laitteella tarvitsee olla uniikki IP-osoite. Ilman DHCP:tä jokaiselle laitteelle pitäisi määritellä manuaalisesti oma IP-osoite. Tämä on erittäin työlästä ja käytännössä mahdotonta suuremmissa verkoissa. Manuaalisesti osoitteita määriteltäessä on myös mahdollista vahingossa asettaa sama IP-osoite useammalle laitteelle, mikä aiheuttaisi ongelmia verkon toiminnassa. (Technet 2013.)

DHCP-protokollan avulla IP-osoitteiden jakaminen voidaan keskittää ja automatisoida. DHCP-palvelin ylläpitää IP-osoitteiden poolia ja jakaa osoitteita parametreissa määritellyn ajan perusteella. Ajan umpeuduttua asiakaskone joko uusii IP-osoitteen lainan tai osoite palautetaan DHCP-pooliin vapaaksi osoitteeksi. Näin vältetään päällekkäisiltä osoitteilta, sillä DHCP-palvelin jakaa ainoastaan vapaita osoitteita eikä jo käytössä olevia osoitteita. (Technet 2013.)

### 4.5.2 ISC-DHCP

DHCP-palvelu on olennainen osa LTSP-järjestelmän toimintaa. Ubuntun LTSP-asennus asentuu oletuksena ISC-DHCP (Internet Systems Consortium DHCP Distribution) -ohjelman kanssa, joten tätä DHCP-ohjelmaa käytetään opinnäytetöissä. ISC-DHCP-ohjelma on laajimmin Internetissä käytössä oleva avoimen lähdekoodin DHCP-palvelutoteutus. (Nixcraft 2012.)

ISC-DHCP on kokoelma ohjelmistoja, joilla voidaan toteuttaa kaikki DHCP-protokollan aspektit. Kokoelma sisältää DHCP-palvelimen, asiakkaan ja relay-agentin. DHCP-palvelin vastaanottaa ja vastaa DHCP-pyyntöihin. DHCP-asiakkaat ovat päätelaitteita, jotka lähettävät pyyntöjä palvelimelle. DHCP relay-agentti mahdollistaa DHCP-pyyntöjen välittämisen eri aliverkkojen välillä, jolloin jokainen aliverkko ei tarvitse omaa DHCP-palvelinta. ISC-DHCP-ohjelmistossa on valmiiksi konfiguroitu toimiva referenssitoteutus jokaisesta komponentista. (isc 2013.) Alla on LTSP-asennuksen mukana tulevan ISC-DHCP:n oletus konfiguraatitiedoston sisältö (Mangalam 2010):

```
authoritative;

subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.0.20 192.168.0.250;
    option domain-name "example.com";
    option domain-name-servers 192.168.0.1;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
    option routers 192.168.0.1;
#   next-server 192.168.0.1;
#   get-lease-hostnames true;
    option subnet-mask 255.255.255.0;
#assumes that you want to load the 64bit client
    option root-path "/opt/ltsp/amd64";
    if substring( option vendor-class-identifier, 0, 9 ) = "PXEClient" {
        filename "/ltsp/amd64/pxelinux.0";
    } else {
        filename "/ltsp/amd64/nbi.img";
    }
}
```



Tiedostossa määritellään ensimmäiseksi DHCP-palvelimen olevan autoritaarinen. Seuraavaksi tiedostossa määritellään käytössä oleva aliverkko ja aliverkon peite. Seuraavaksi määritellään range-määreellä verkkoalue, jolta DHCP-palvelin jakaa IP-osoitteita. Domain-nimi, nimipalvelimen osoite ja broadcast-osoite ja oletusyhdyskäytävän osoite on määritelty tiedostossa seuraavana. Tiedostossa on kommentoituna parametri # next-server, joka määrittelee IP-osoitteen, josta filename-parametri lataa käynnistystiedostonsa. Parametrin ollessa kommentoitu käyttää se oletuksena omaa osoitettaan. Toinen kommentoitu kohta # get-lease-hostnames määrittelee arvon ollessa ”true” DHCP-palvelun selvittämään domain-nimen vastaavalle IP-osoitteelle osoitepoolissa ja käyttämään tätä osoitetta DHCP hostname-parametrissa. Parametri on kuitenkin kommentoituna ja selvitystä ei tehtäisi tässä tapauksessa. ”Option subnet-mask” määrittelee verkon aliverkon peitteen ja yliajaa subnet parametrin määritelmän. (Lemon 2013.)

Lopuksi tiedostossa määritellään asiakaskoneille asetuksia verkkokäynnistystä varten. Parametrissa ”option root-path” kerrotaan asiakaskoneille kotihakemisto, josta sen tulee ladata tiedosto käynnistyksen yhteydessä. Parametri filename täydentää tätä komentoa määrittelemällä käynnistystiedoston, jonka asiakaskone lataa palvelimelta. (Schneider 2011.)

#### 4.5.3 PXE

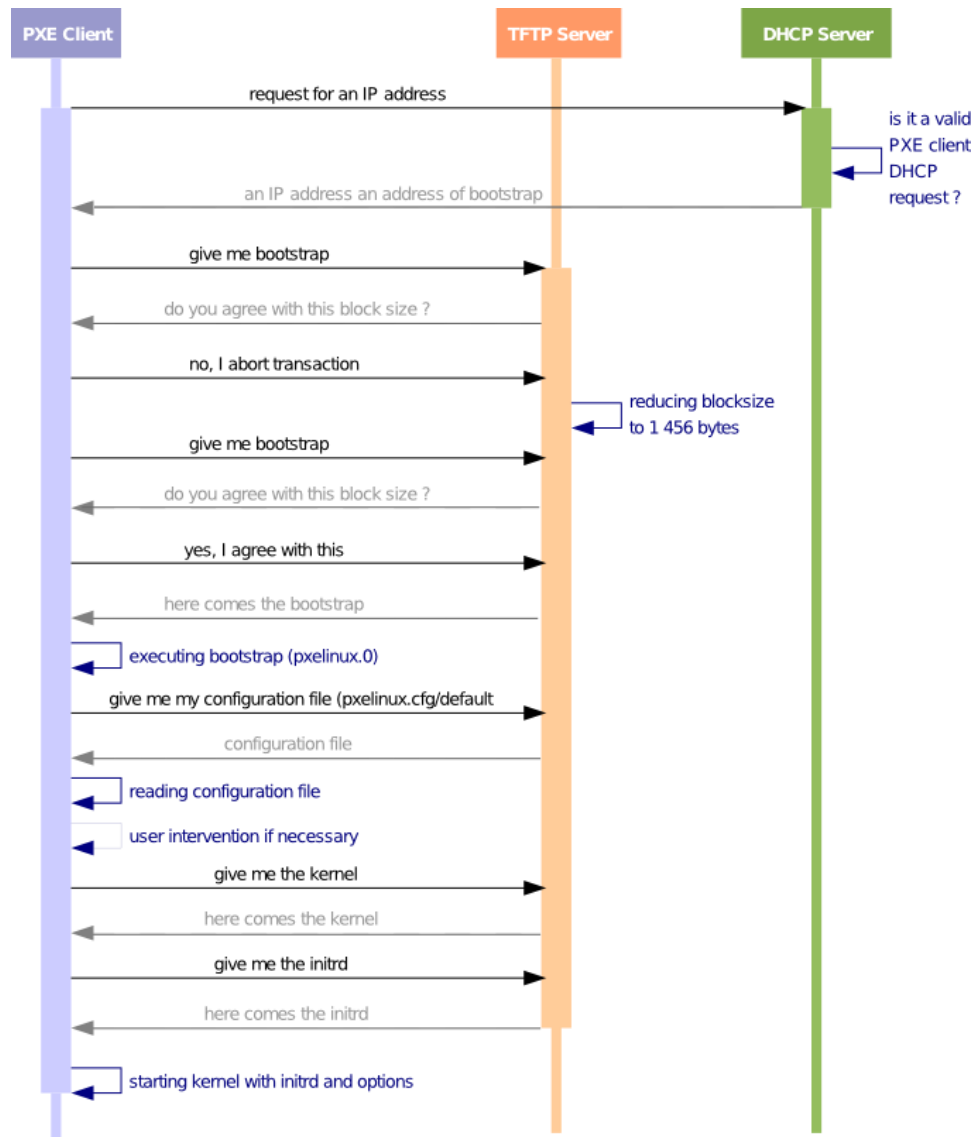
PXE on asiakas-palvelin-malliin perustuva standardi. PXE mahdollistaa ylläpitäjän konfiguroida ja käynnistää etänä tietokoneita, joissa ei ole käyttöjärjestelmää. PXE:n toiminta perustuu siihen, että asiakas ilmoittaa palvelimelle käyttävänsä PXE:tä. Palvelin vastaa tähän, mikäli se käyttää PXE:tä tarjoamalla asiakkaalle listan käynnistyspalvelimista, jotka sisältävät saatavilla olevat käyttöjärjestelmät. Asiakas etsii haluamansa käynnistyspalvelimen ja vastaanottaa tarvitsemansa tiedostonimen. Tämän jälkeen asiakas lataa tiedoston käyttämällä TFTP:tä ja suorittaa tiedoston, joka lataa käyttöjärjestelmän. PXE-protokolla tarjoaa mahdollisuuden asiakaskoneelle käynnistää käyttöjärjestelmän verkon yli eikä asiakas tarvitse tähän edes kiintolevyä. (Rouse 2005.)

PXE on suunniteltu lataamaan pienikokoisen, 32 kB tai pienemmän, levykuvakkeen nimeltä Network Bootstrap Program (NBP). Tämän jälkeen NBP

on vastuussa käyttöjärjestelmän levykuvakkeen lataamisesta. LTSP-järjestelmässä PXE on olennainen osa sen toimintaa, sillä käynnistyessään LTSP-asiakaskoneet lataavat käyttöjärjestelmänsä verkon yli hyödyntäen PXE:tä. LTSP-järjestelmää käyttäessä NBP:n käynnistymismahdollisuudet ovat PXELINUX ja Etherboot. (Sourceforge 2013a.)

Kun halutaan käyttää PXE-kerneliä, tulee DHCP-palvelimen ”filename”-parametrissa määritellä polku PXE alkulatausohjelmalle (bootloader). Aiemmassa LTSP:n ISC-DHCP-konfiguraatiossa näkyi esimerkki tästä määrittelystä. Kansiossa sijaitsee-Linux kernel, initrd (initial ramdisk) -levykuvake, pxelinux.0-alkulatausohjelma ja konfiguraatiotiedosto. (Sourceforge 2013a.)

Linux-kernelin käynnistäminen alkulatausohjelman avulla tapahtuu seuraavasti: Ensimmäiseksi asiakaskone käynnistetään PXE-käynnistyksellä jolloin se lähettää verkkoon DHCP-pyyntöä. DHCP-palvelin vastaa tähän pyyntöön lähettämällä asiakkaalle IP-asetukset ja alkulatausohjelman nimen sekä polun tähän tiedostoon. PXE-käynnistys käyttää tämän jälkeen TFTP-protokollaa lataamaan käynnistystiedoston. PXE:n rajoitusten takia ei ole mahdollista ladata suoraan Linux-kerneliä, joten ensimmäiseksi ladataan pxelinux0-alkulatausohjelma. Latauksen valmistuttua pxelinux0 suoritetaan ja se etsii konfiguraatiotiedoston DHCP-palvelimen asetuksissa määritellystä polusta. Tämän jälkeen pxelinux.0 käyttää TFTP-protokollaa lataamaan Linux kernel-levykuvakkeen ja initrd-levykuvakkeen. Lataamisen valmistuttua initrd-levykuvake liitetään (mount) ensimmäisenä kotihakemistona, minkä jälkeen kernel puretaan ja viimein käynnistetään. (Sourceforge 2013a.)



KUVIO 5. Linux-kernelin käynnistäminen verkon yli PXE:n avulla (Mandriva 2013)

Kuvio 5 selventää edellä kuvattua LTSP:n Linux-kernelin käynnistysprosessia. Kuviossa näkyy myös, kuinka TFTP-palvelin ehdottaa PXE-asiakkaalle liian suurta lohko kokoa, mutta TFTP-palvelin osaa pienentää lohko kokoa, jolloin PXE-asiakas hyväksyy sen. PXE on laajalti käytetty käyttöjärjestelmien verkkoasennuksissa ja käynnistyksessä eikä rajoitu LTSP-järjestelmän käyttöön. (Mandriva 2013.)

#### 4.5.4 TFTP

TFTP on yksinkertainen tiedonsiirto-protokolla. Se on yksinkertaistettu versio FTP:sta (File Transfer Protocol), eikä se tarjoa autentikointia eikä yleensä vaadi käyttäjältä toimenpiteitä sen käyttämiseen. Yksinkertaisen suunnittelun ansiosta se vaatii hyvin vähän muistia toimiakseen. Tästä syystä se on hyödyllinen tietokoneiden, joissa ei välttämättä ole tallennuskapasiteettia, käynnistysprosessissa. TFTP on yleisesti käytössä verkkoasennuksissa sekä verkkokäynnistyksissä lataamaan peruskernelin, joka suorittaa varsinaisen asennuksen. (Wikipedia 2013i.)

TFTP käyttää asiakas- ja palvelinohjelmistoa luodakseen yhteyden kahden laitteen välille. TFTP-asiakkaan on mahdollista ladata tai lähettää tiedostoja palvelimelle. Tiedonsiirtoon TFTP käyttää UDP:ta (User Datagram Protocol) portissa 69. TFTP:ssä tiedonsiirto alkaa pyynnöllä lukea tai kirjoittaa tiedosto, tämä toimii myös pyyntönä aloittaa yhteys asiakkaalta palvelimelle. Palvelimen hyväksytyä yhteyden se alkaa lähettää tiedostoja 512 tavun lohkokokoilla. Jokainen paketti sisältää yhden lohkon tietoa ja jokainen paketti tulee tiedostaa (acknowledge) tiedostuspaketilla, jotta seuraava paketti voidaan lähettää. Jos paketti katoaa siirrossa ja toinen osapuoli ei vastaa tiedostuspaketilla, voidaan näin kadonnut tieto uudelleen lähettää. Kun tiedostonsiirto on valmis, yhteys katkaistaan lähettämällä paketti, jonka lohkokoko on pienempi kuin 512 tavua. (Wikipedia 2013i.)

LTSP-järjestelmän asiakaskoneet käyttävät TFTP-protokollaa lataamaan Linux-kernelin ja initrdin käynnistysvaiheessa sekä myöhemmin lts.conf-asetustiedoston. Tftpd-hpa on Ubuntussa LTSP käytössä oleva oletus TFTP-palvelu. (Ubuntu 2011.) Tftpd-hpa on H. Peter Anvinin toteutus TFTP-palvelusta, ja se on yleisesti käytössä Debianiin pohjautuvissa käyttöjärjestelmissä. (Sourceforge 2013b.)

#### 4.5.5 SAMBA

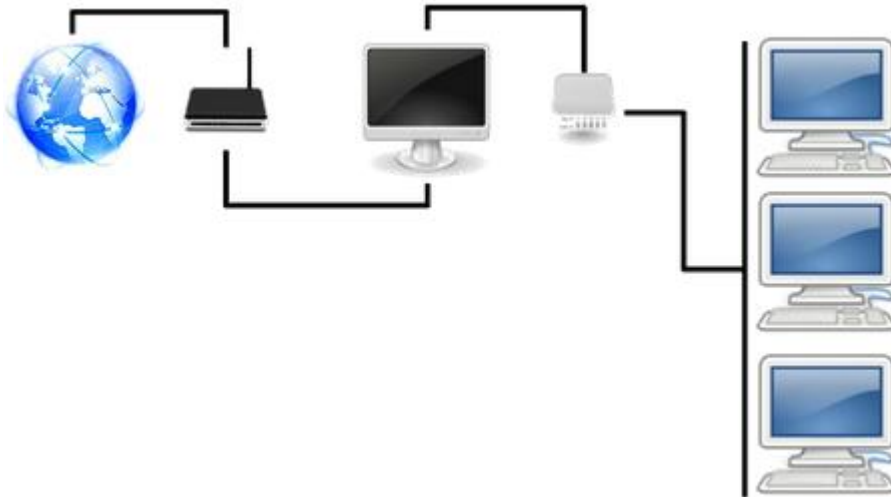
Samba on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, joka tukee SMB- (Server Message Block) ja CIFS (Common Internet File System) -protokollia, joita Microsoftin käyttöjärjestelmät käyttävät. Samba on Unix-kaltaisille käyttöjärjestelmille

kehitetty järjestelmä, joka mahdollistaa tiedostojen ja tulostimien jakamisen Linux- ja Windows-käyttöjärjestelmien välillä. Windows-käyttäjät pystyvät käyttämään tiedostonjako- ja tulostinpalveluita tietämättä, että palvelut tarjotaan Linux-palvelimelta. (Samba 2001.)

Samba ei kuulu LTSP-järjestelmään oletuksena, mutta työn teettäjä halusi järjestelmään palveluita, jotka olivat luonnollisin toteuttaa hyödyntämällä Samba. Linux-käyttäjien kotihakemistoihin haluttiin mahdollistaa pääsy verkosta sekä tarkoituksena oli toteuttaa verkkokansio, johon Linux-järjestelmän opettaja-käyttäjillä on luku- ja kirjoitusoikeus ja josta oppilas-käyttäjät pystyvät lukemaan tiedostoja. Tarkoituksena oli myös, että kansioon on mahdollisuus päästä muualta verkosta käyttämällä Windows-työasemia, mistä syystä tämä oli luonnollisin toteuttaa Samba-kansiojakona.

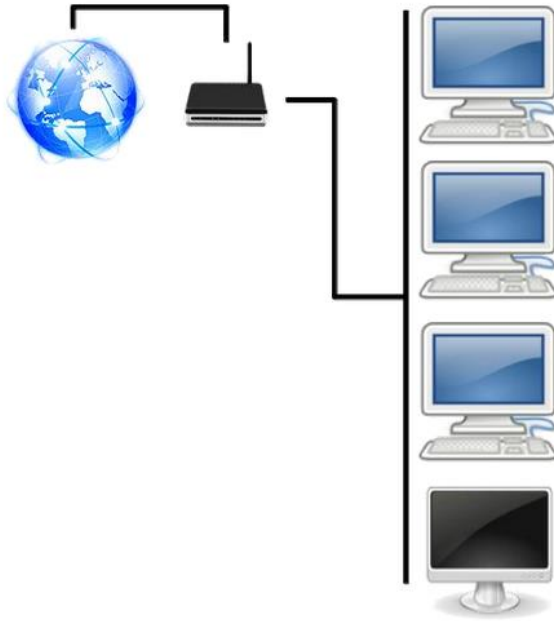
#### 4.6 LTSP-järjestelmä yhdellä verkkokortilla

Oletuksena LTSP on konfiguroitu toimimaan kahdella verkkokortilla. Toinen verkkokortti toimii DHCP / TFTP -palvelimena thin client -asiakaskoneille ja toinen verkkokortti luo yhteyden ulkoverkkoon. Kuvio 6 esittää LTSP:n oletus-asennusvaihtoehtoa kahdella verkkokortilla. Kuviossa keskellä LTSP-palvelin, josta vasemmalle viivalla kuvatusti verkkokortti muodostaa yhteyden ulkoverkkoon ja oikealla verkkokortti toimii DHCP- ja TFTP -palvelimena. (LTSP 2013c.)



KUVIO 6. Perinteinen LTSP toteutus kahdella verkkokortilla (LTSP 2013c)

LTSP-asennus kahdella verkkokortilla on kuitenkin ylläpidollisesti raskas ja soveltuu lähinnä ympäristöihin, joissa se toimii koko verkon DHCP-palvelimena. Opinnäytetyön toteutus kohdeympäristössä on ennalta toimiva verkko ja käytössä DHCP-palvelin, joten LTSP-palvelimeen ei haluttu DHCP-palvelua. LTSP-järjestelmä on mahdollista toteuttaa palvelimella ilman kahta verkkokorttia ja hyödyntämällä ulkoista muokkaamatonta DHCP-palvelinta, joten näistä syistä opinnäytössä perehdytään muokattuun yhden verkkokortin LTSP-asennukseen. Kuvio 7 esittää muokattua yhden verkkokortin LTSP-asennusta. Kuviossa palvelimen ainut verkkokortti on yhteydessä samaan sisäverkkoon, kuten thin client -koneetkin ja yhteys ulkoverkkoon ei kulje LTSP-palvelimen kautta. (LTSP 2013c.)



KUVIO 7. LTSP palvelin yhdellä verkkokortilla ja ulkoisella DHCP-palvelimella (LTSP 2013c)

Normaalisti LTSP-palvelin toimii verkon DHCP-palvelimena. Yhden verkkokortin LTSP-palvelimen toiminta perustuu siihen, että ulkoinen DHCP-palvelin huolehtii IP-osoitteiden jakamisesta ja LTSP-palvelin jakaa PXE-tiedot thin client -asiakaskoneille. Tämän toiminta on määritelty PXE-spesifikaatiossa nimellä Proxy DHCP. (Ubuntu 2013b.)

PXE Proxy DHCP toimii pitkälti kuten normaali DHCP-palvelin, mutta se ei jaa IP-osoitteita ja vastaa ainoastaan PXE-asiakkaille. Proxy DHCP-palvelua on mahdollista ajaa samalla erillisenä prosessina DHCP-palvelimella, jos palvelut halutaan eriyttää, tai sitten kokonaan erillisellä palvelimella, kuten opinnäytetyössä on tarkoituksena. (Intel Corporation 1999.) Linux-ympäristössä Proxy DHCP-konfigurointi voidaan toteuttaa useilla eri DHCP-ohjelmilla. Työssä käytetään ISC-DHCP-ohjelmistoa.

## 5 KOULUVERKON ATK-LUOKAN TEKNINEN TOTEUTUS

### 5.1 Ympäristön kuvaus

Työn toteutukseen käytettiin HP Proliant ML350 G5 -palvelinta. Palvelimelle asennettiin hypervisoriksi VMWare ESXi. Virtuaalipalvelimelle luotiin virtuaalikytkin kehitystyötä ja ympäristön toiminnan testausta varten. ESXi-palvelimen virtuaalikytkin konfiguroitiin yhdessä pfSense-virtuaalikoneen kanssa muodostamaan virtuaalisen NAT-sisäverkon, jossa kaikki kehitys- ja testaamistyö toteutettiin. ESXi-palvelimelle asennettiin virtuaalikoneena Ubuntu Server-käyttöjärjestelmä, 12.04 64-bit LTS-julkaisu. Ubuntu-palvelin toimii LTSP-palvelimena thin client -koneille, jotka lataavat käyttöjärjestelmänsä Ubuntu-palvelimelta ja käyttävät sitä graafisen etätyöpöytäyhteyden avulla.

HP Proliant ML350 G5 -palvelimessa on tuki HP ILO:lle (Integrated Lights Out). Palvelimen sijoituksen vuoksi työskentely olisi ollut epäergonomista ja haastavaa, joten HP ILO mahdollisti kaikkien palvelimen hallintatoimenpiteiden tekemisen etänä mukaan lukien virranhallintaominaisuudet, yhteys konsoliin ja levykuvien käyttämisen etänä ilman fyysistä pääsyä palvelimen DVD-asemaan. HP ILO:a käytettiin kaikkiin toimenpiteisiin heti kun palvelimeen oli saatu konfiguroitua HP ILO verkkoliitäntään oikeat IP-asetukset.

Palvelimen prosessori on tyypiltään Intel Xeon E5310 neliydin prosessori, joita palvelimessa oli 2 kappaletta. Muistia palvelimessa oli 4 GB ja kovalevyinä 2 kappaletta 64 GB SAS-kovalevyjä. Palvelimeen konfiguroitiin RAID1 kahdelle kovalevylle, mikä esti tietojen menettämisen, mikäli toinen levyistä olisi rikkoutunut opinnäytetyön työstämisen aikana.

Työssä käytettiin VMWare ESXi hypervisoria. Palvelimelle asennettiin VMWare ESXi 5.1.0 -versio. Asennus suoritettiin etänä hyödyntäen HP ILO:a. Asennusmedian levykuva liitettiin ja konsolinnäkymään saatiin yhteys HP ILO:n avulla, joten koko asennus onnistui etätyönä.

ESXi-palvelimeen asennettiin useita virtuaalikoneita: palvelimia sekä virtuaalisia thin clienttien toimintaa demoavia virtuaalikoneita. Koska LTSP-server käyttää toiminnassaan oleellisesti DHCP- ja PXE -protokollia, ei näitä viestejä haluttu



varsinaiseen verkkoon, joten tätä varten kehitystyö suoritettiin virtuaaliverkossa NAT:n takana eristettynä muusta liikenteestä. Virtuaaliverkko toteutettiin käyttämällä ESXi:n virtuaalikytkimiä ja kahta eri virtuaaliverkkoa.

LTSP-palvelimena toimiva virtuaalikone ja sen toimintaa testaavat thin client-koneet liitettiin omaan virtuaaliverkkoonsa nimeltä ”NAT Network”. Tästä virtuaaliverkosta ei ollut yhteyttä fyysiseen verkkokorttiin. Yhteys ulkoverkkoon tästä virtuaaliverkosta hoidettiin käyttämällä pfSense-virtuaalikonetta. pfSense-virtuaalikoneessa oli 2 verkkoliitännää, joista toinen oli liitetty ”NAT network”-virtuaaliverkkoon ja toinen fyysiseen verkkokorttiin liitettyyn ”WAN”-virtuaaliverkkoon. pfSense-virtuaalikone konfiguroitiin toteuttamaan NAT ja näin mahdollistamaan liikennöinti ulkoverkkoon eristetystä virtuaaliverkosta. Näin ”NAT Network” virtuaaliverkossa pystyttiin vapaasti lähettämään DHCP- ja PXE- viestejä, ilman että ne häiritsivät varsinaisen verkon liikennettä.

## 5.2 Virtualisointi

### 5.2.1 Palvelimen valmistelu ja virtualisointi

Palvelimen kahdesta SAS-levystä luotiin RAID1-pakka siltä varalta, jos toinen kovalevyistä olisi rikkoutunut. Palvelimessa oli yksi verkkoliitännä, joka liitettiin yrityksen verkkoon, sekä HP:n iLO2-portti, joka mahdollisti palvelimen konfiguroinnin etätyönä. ILO2-väylään asetettiin tässä vaiheessa IP-osoite palvelimella, minkä jälkeen työskentely suoritettiin iLO2-webhallintasivun välityksellä. Ennen VMware ESXi:n asennusta palvelimen BIOS:sta tuli laittaa päälle No-Execute Memory Protection, koska muuten ESXi:n asennus ei olisi mahdollista.

VMware ESXi:n asennus suoritettiin HP iLO2:n kautta, jossa VMware ESXi 5.1.0 -levykuvake liitettiin palvelimelle paikalliselta koneelta. Levykuvan liitettyä asennus saatiin aloitettua. Tämän jälkeen asennus skannasi laitteiston ja tämän valmistuttua valittiin haluttu kovalevy, joka oli tässä tapauksessa kahdesta levystä muodostettu RAID1.

Tämän jälkeen hyväksyttiin asennuksen aloittaminen ja asennuksen valmistuttua palvelin käynnistyi uudelleen. Palvelimen uudelleen käynnistyttyä asennus oli valmis ja palvelimelle kirjaututtiin asennuksessa annetulla pääkäyttäjän tunnukseksi ja salasanalla. Palvelimeen ei tehty muita muutoksia kuin asetettiin verkkoliitännän staattinen IP, minkä jälkeen ESXi-palvelimeen pystyttiin kirjautumaan VMware vSphere Clientillä.

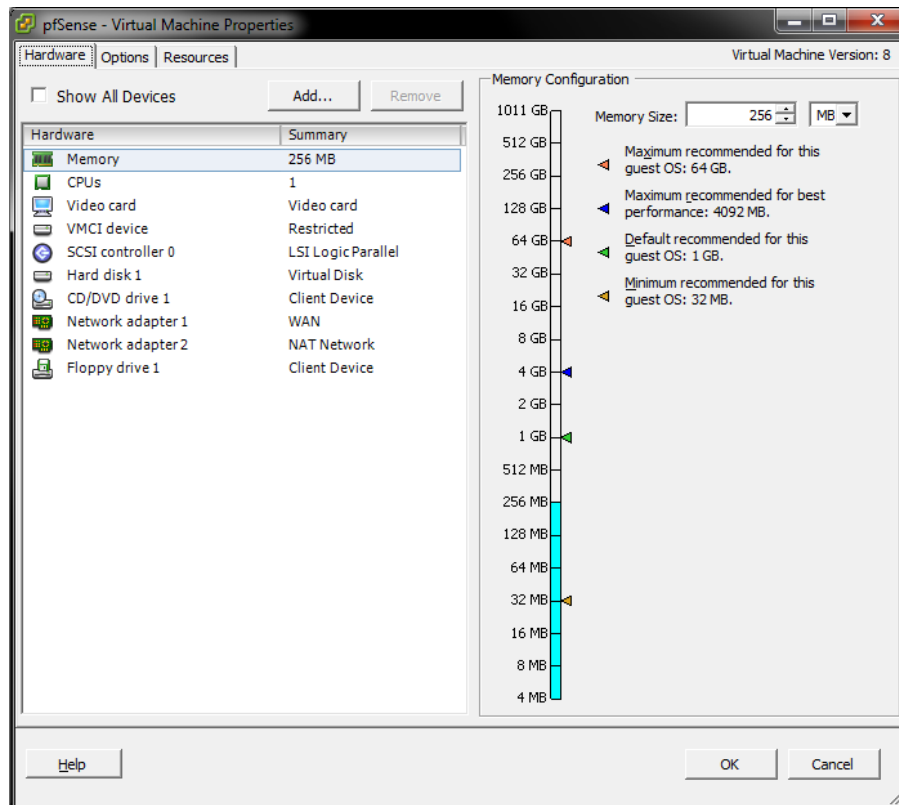
Configuration-välilehdellä luotiin palvelimelle virtuaalikytkin. Valitaan Networking ja Add Networking. Connection Type-välilehdellä yhteyden tyyppiä valitaan Virtual Machine. Network Access-välilehdellä ei kuitenkaan valita fyysistä verkkokorttia yhdistämään tähän virtuaalikytkimeen, koska myöhemmin luodaan virtuaalikone, jonka kautta tähän kytkimeen liitetyt virtuaalikoneet liikennöivät ulkoverkkoon. Nimetään virtuaalikytkin nimellä NAT Network. Seuraavaksi alkuperäinen vSwitch0 virtuaalikytkin nimetään uudelleen nimellä WAN, joka selkeyttää, että sen kautta liikennöidään ulkoverkkoon.

### 5.2.2 Virtuaalikoneiden luonti

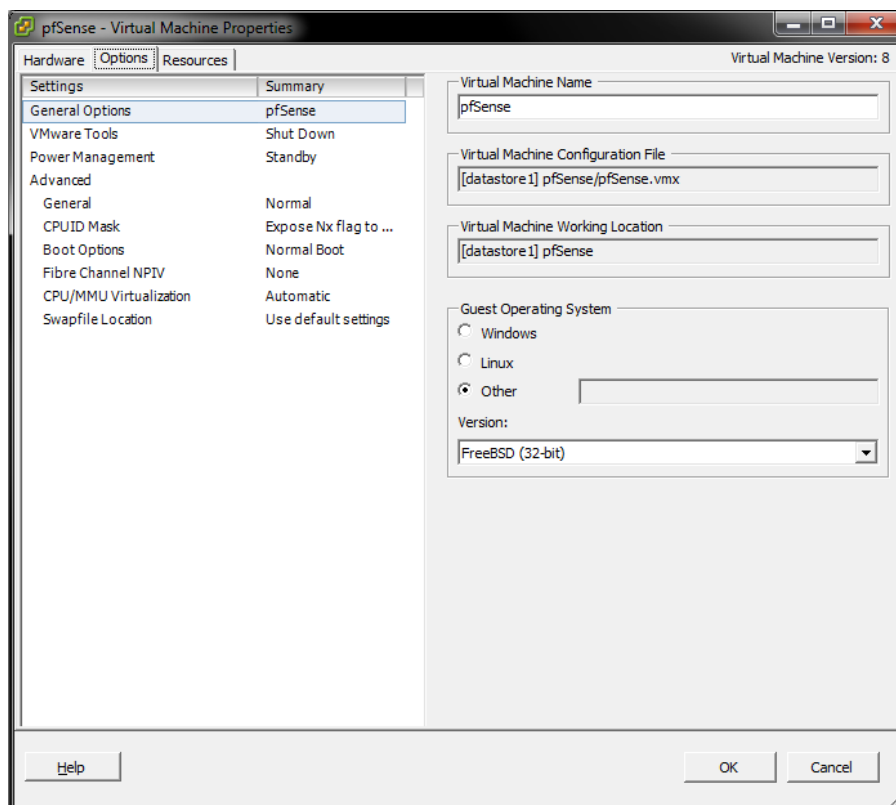
Asennuksen jälkeen luotiin tarvittavat virtuaalikoneet VMware ESXi palvelimelle. Virtuaalikoneita luotiin kaikkiaan viisi kappaletta: LTSP-palvelimena toimiva Ubuntu Server, virtuaalinen gateway pfSense sekä ympäristön kehitystyötä varten kolme virtuaalista thin client -konetta. Uuden virtuaalikoneen luonti tapahtuu valitsemalla valikosta ”New Virtual Machine”, jolloin avautuu ikkuna virtuaalikoneen luomiseksi.

pfSense-virtuaalikoneen luonti tapahtuu seuraavasti: Configuration-välilehdellä valitaan ”Custom”, jolloin voidaan muokata enemmän asetuksia virtuaalikoneen luontivaiheessa. Nimetään virtuaalikone nimellä pfSense ”Name and Location”-kohdassa. Storage välilehdellä valitaan datastore1, joka on palvelimen levyistä muodostettu RAID1. Virtual Machine Version -kohdassa valitaan uusin Version 8. PfSense-koneen vieraskäyttäjärjestelmäksi (Guest Operating System) valitaan ”Other” ja listasta FreeBSD (32-bit). CPUs-välilehdellä valitaan yksi CPU ja Memory-välilehdellä asetetaan muistin kooksi tälle virtuaalikoneelle 256 MB, joka on riittävä pfSense 2:lle. Network-välilehdellä virtuaalikoneeseen liitetään kaksi verkkokorttia. Toinen verkkokortista liitetään fyysiseen WAN-verkkoon ja

toinen verkkokortti NAT Network-virtuaaliverkkoon. Molempien adapterityyppi pidetään oletuksena E1000. Select Disk-kohdassa luodaan uusi levy valitsemalla ”Create a new virtual disk”. Valitaan levyn kooksi 8 GB ja Disk Provision tyypiksi ”Thin Provision”. Loput asetuksista pidetään oletuksina ja virtuaalikoneen luonti on valmis. Kuvioissa 8 ja 9 näkyvissä kuvakaappaukset pfSense virtuaalikoneen luontiasetuksista.



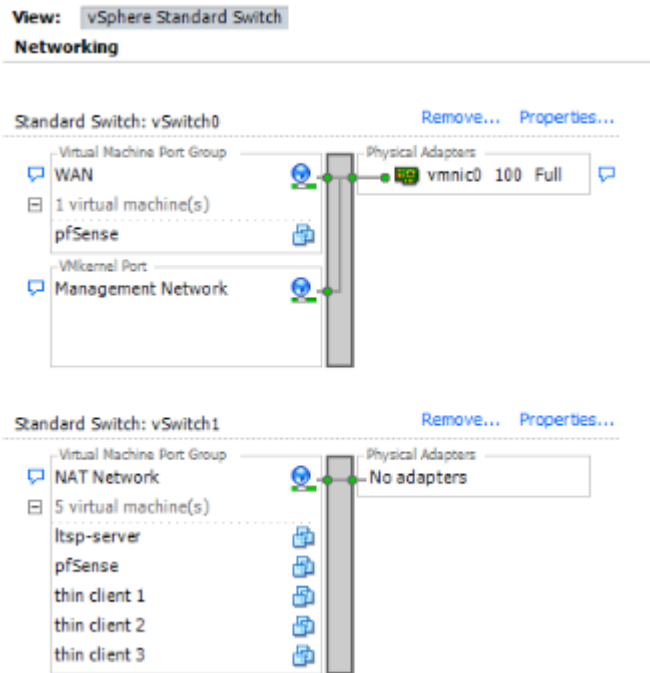
KUVIO 8. pfSense-virtuaalikoneen asetukset Hardware-välilehdellä



KUVIO 9. pfSense-virtuaalikoneen asetukset Options-välilehdellä

Seuraavaksi luodaan Ubuntu Server-virtuaalikone, joka toimii LTSP-palvelimena. Virtuaalikoneen luontiprosessi on sama kuin edellä kuvattu pfSense-virtuaalikoneen luontiprosessi. Virtuaalikone nimetään nimellä ltsp-server ja vieraskäyttöjärjestelmäksi valitaan Linux: Ubuntu (64-bit). CPU-välilehdellä annetaan virtuaalikoneen käyttöön 4 prosessoriydintä ja Memory-välilehdellä asetetaan muistia 3 GB. Network-välilehdellä valitaan yksi E1000-tyypin verkkokortti ja liitetään se virtuaaliverkkoon ”NAT Network”. Virtuaalilevyn levykooksi valitaan 54 GB Thin Provision -valinnalla.

Viimeisenä luotiin kolme virtuaalista thin client -konetta kehitystyötä varten. Näiden koneiden vieraskäyttöjärjestelmäksi valittiin Linux: Ubuntu (32-bit). Koneille sallittiin yhden prosessoriytimen käyttö ja muistia 128MB. Koneiden verkkokortti liitettiin NAT Network -virtuaalikytkimeen ja niille ei luotu virtuaalilevyä ollenkaan, koska thin client -koneet eivät tarvitse kiintolevyä toimiakseen.



KUVIO 10. VMware ESXi -palvelimen virtuaalikytkin

Kuviossa 10 on Itsp-server -virtuaalikone sekä virtuaaliset thin client -koneet liitettynä NAT Network -virtuaalikytkimeen, josta ei ole pääsyä suoraan ulkoverkkoon. PfSense-virtuaalikone toimii virtuaalisena gatewayna kehitysympäristössä, ja se on liitetty kahdella verkkokortilla sekä fyysiseen että virtuaaliseen verkkoon. Kaikki liikenne siis vSwitch1:n kautta ulkoverkkoon kulkee pfSense virtuaalikoneen kautta.

### 5.3 Käyttöjärjestelmän asennus

#### 5.3.1 Ubuntu Server-käyttöjärjestelmän asennus

Ubuntu Server asennettiin sille luotuun Itsp-server-virtuaalikoneeseen. Asennuksessa käytettiin Ubuntu Server 12.04 LTS 64-bit -versiota. Asennuksessa valittiin asennettavaksi kieleksi suomen kieli, joka helpottaa järjestelmän käyttämistä oppilaitoskäytössä. Asennuksen aikana oli mahdollista asentaa lisäpalveluita käyttöjärjestelmään, mutta käyttöjärjestelmä asennettiin ilman mitään lisäpaketteja ja kaikki tarvittavat paketit ladattiin myöhemmin.

Levy jaoteltiin kolmeen osioon: root-osioon, käyttäjien kotikansioihin ja swap-osioon. Eritetty root-osio ja kotikansiot helpottavat järjestelmän mahdollista päivittämistä myöhemmin menettämättä käyttäjien tiedostoja. Swap-osio auttaa vapauttamaan lisää muistia sitä tarvittaessa. Ubuntussa root-käyttäjätunnus on lukittu, joten asennuksen yhteydessä luottiin pääkäyttäjä, jolla hoidetaan kaikki järjestelmän ylläpitotehtävät antamalla sudo-etuliite root-oikeuksia vaativien operaatioiden yhteydessä.

Ensimmäisenä asennuksen jälkeen asetettiin palvelimelle staattinen IP-osoite muokkaamalla `/etc/network/interfaces`-tiedostoa. Sisäverkossa oli käytössä 10.0.0.0/24 osoiteavaruus ja tiedosto konfiguroitiin sen mukaisesti.

Oletusyhdyskäytävän osoite oli 10.0.0.1 ja palvelimelle valittiin tästä seuraava osoite 10.0.0.2. Alla on `/etc/network/interfaces` tiedoston sisältö:

```
auto eth0

iface eth0 inet static
    address 10.0.0.2
    netmask 255.255.255.0
    network 10.0.0.0
    broadcast 10.0.0.255
    gateway 10.0.0.1
    dns-nameservers 10.0.0.1
```

Muutoksen jälkeen `networking`-palvelu käynnistettiin uudelleen, jotta saatiin asetettua staattinen IP-osoite käyttöön:

```
sudo /etc/init.d/networking restart
```

Verkkoliikenteen konfiguroinnin jälkeen ensimmäisenä päivitettiin järjestelmä antamalla seuraavat komennot terminaalissa:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

Komennot päivittävät pakettivaraston välimuistin ja etsivät uusia asennettavia paketteja. Järjestelmän päivittämisen jälkeen asennettiin opetuskäyttöön haluttu Edubuntu-desktop -opetusohjelmapaketti ja samalla graafinen käyttöliittymä. Asennus tapahtui lataamalla paketti pakettivarastosta antamalla seuraava komento:

```
sudo apt-get install edubuntu-desktop
```

Tämän jälkeen palvelimessa oli asennettuna opetusohjelmat sekä graafinen käyttöliittymä asiakaskoneiden käyttöön.

Käyttöliittymän asennuksen jälkeen asennettiin VMware Tools -ohjelmisto virtuaalikoneelle. Asennus tapahtui valitsemalla ESXi-palvelimen valikosta ”Install VMware Tools”, minkä jälkeen asennuspaketti liittyi virtuaalikoneeseen levykuvana. Tämän jälkeen virtuaalikoneessa päästiin kopioimaan tiedostot paikalliseen hakemistoon, minkä jälkeen paketti purettiin ja suoritettiin asennus. VMware Tools paransi virtuaalikoneen toimintaa lukuisilla tavoilla. Asennus nopeutti virtuaaliverkon toimintaa, hiiren toiminta nopeutui isäntä- ja vieraskoneen välillä sekä mahdollisti virtuaalikoneen virranhallinnan ESXi-palvelimen kautta.

### 5.3.2 LTSP-järjestelmän asennus ja konfigurointi

Ubuntu-palvelimen asennuksen ja perusasetusten muuttamisen jälkeen päästiin aloittamaan LTSP-järjestelmän asennus. LTSP-pakettien asennus tapahtui hakemalla asennuspaketti pakettivarastosta antamalla seuraava komento:

```
sudo apt-get install ltsp-server-standalone
```

Komento lataa ja asentaa kaikki LTSP:n toiminnan kannalta olennaiset paketit ja palvelut. Ubuntu LTSP -asennus kuitenkin olettaa, että palvelimessa on kaksi verkkoliitännää ja palvelin on toteutettu yhdellä verkkoliitännällä, joten LTSP-asetustiedostoja jouduttiin muuttamaan. Ensimmäisenä muokattiin DHCP-palvelimen asetustiedostoa, siten että käytössä on 10.0.0.0/24 verkko sekä

määriteltiin käyttöön Proxy DHCP käyttämällä ulkoista DHCP-palvelinta rivillä  
option routers 10.0.0.1. Alla näkyy asetustiedoston muokattu osa:

```
subnet 10.0.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 10.0.0.230 10.0.0.250;
    option domain-name "example.com";
    option domain-name-servers 10.0.0.1;
    option broadcast-address 10.0.0.255;
    option routers 10.0.0.1;
```

ISC-DHCP -palvelin määrittelee käyttämänsä verkkoliitännän tiedostossa  
/etc/default/isc-dhcp-server. Oletuksena se oli toinen verkkoliitäntä, ja tämä piti  
muuttaa käyttämään ensimmäistä verkkoliitäntää. Kyseistä tiedostosta tuli  
muokata seuraavaa riviä käyttämään liitäntää eth0 oletuksen eth1 sijaan:

```
INTERFACES="eth0"
```

Tämän jälkeen DHCP-palvelin oli konfiguroitu ja muutokset otettiin käyttöön  
käynnistämällä ISC-DHCP -palvelu uudelleen antamalla seuraava komento:

```
sudo service isc-dhcp-server restart
```

Edubuntu-desktop -paketin mukana tuleva oletuskäyttöliittymä on Unity. Unity-  
käyttöliittymää ei kuitenkaan haluttu käyttää, koska se on aluksi hankala käyttää  
eikä sovellu siten koululuokkakäyttöön. Lisäksi Unity on suhteellisen raskas,  
joten LTSP:n asetustiedoista muokattiin asiakaskoneiden oletus-  
käyttöliittymäksi Gnome fallback. Gnome fallback -käyttöliittymä otettiin  
käyttöön muokkaamalla /var/lib/tftpboot/lts/i386/lts.conf-tiedostoa.

```
[default]
```

```
LDM_XSESSION="gnome-session --session=gnome-fallback"
```

Tämän rivin lisääminen [default] määreellä pakottaa kaikki thin clientit  
käynnistyksen yhteydessä aloittamaan Gnome fallback -käyttöliittymän Unityn  
sijaan.



Seuraavaksi asennetaan vielä muutamia tarpeellisia paketteja järjestelmään. Paketit sisältävät liitännäisiä selaimiin, kuten flashin, LTSP:n manuaalit sekä graafisen käyttäjien hallintatyökalun. Paketit haetaan normaalisti pakettivarastosta apt-get -komennolla:

```
sudo apt-get install ubuntu-restricted-extras
```

```
sudo apt-get install ltsp-docs
```

```
sudo apt-get install gnome-system-tools
```

LTSP-palvelimeen tuli antaa SSH-avainten päivityskomento, koska IP-asetuksia oli muutettu alkuperäisestä asennuksesta. Ilman komentoa kirjautuminen järjestelmään ei olisi toiminut. SSH-avainten päivittämisen jälkeen rakennettiin client-levykuvake, jonka asiakaskoneet lataavat käynnistyessään. Alla komennot:

```
sudo ltsp-update-sshkeys
```

```
sudo ltsp-build-client --arch i386
```

Ltsp-build-client -komento rakentaa 32-bittisen client-levykuvakkeen --arch i386-parametrilla. Tämä määritys tulee lisätä komenttoon, koska oletuksena 64-bittinen käyttöjärjestelmä rakentaa 64-bittisen client-levykuvakkeen, mutta asiakaskoneiden käyttöjärjestelmä haluttiin pitää 32-bittisenä. Kuviossa 11 todettiin levykuvakkeen, vmlinuz rakentuneen ja löytyvän kansioista muiden asiakaskoneiden käynnistymisen kannalta oleellisten tiedostojen kanssa. Näin ollen LTSP:n asennus todettiin onnistuneen.

```

administrator@ltsp-servu: ~
File Edit View Search Terminal Help
administrator@ltsp-servu:~$ ls /var/lib/tftpboot/ltsp/i386/
abi-3.2.0-34-generic          nbi.img-3.2.0-34-generic
config-3.2.0-34-generic     pxelinux.0
gpxelinux.0                 pxelinux.cfg
initrd.img                  System.map-3.2.0-34-generic
initrd.img-3.2.0-34-generic vmlinuz
lts.conf                    vmlinuz-3.2.0-34-generic
nbi.img
administrator@ltsp-servu:~$ █

```

KUVIO 11. LTSP-asiakaskoneiden käynnistystiedot hakemistossa

### 5.3.3 Käyttäjätilien ja -ryhmien luonti

Järjestelmän käyttäjät jaettiin kahteen ryhmään: opettajat ja oppilaat. Ryhmiä hyödynnettiin myöhemmin kansionjako-oikeuksia asetettaessa. Luotiin ryhmät antamalla seuraavat komennot terminaalissa:

```
sudo addgroup opettajat
```

```
sudo addgroup oppilaat
```

Käyttäjärühmien luonnin jälkeen luotiin käyttäjätilejä ja asetettiin niille salasanat seuraavilla komennoilla:

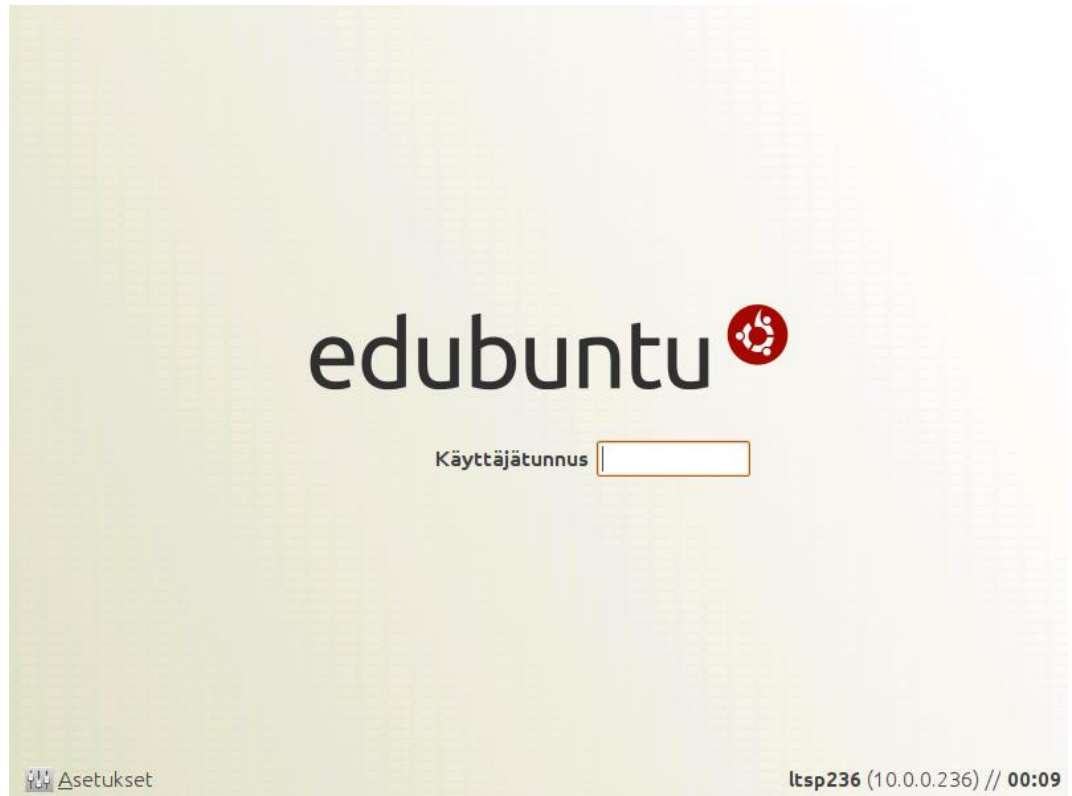
```
sudo useradd oppilas1 -m -s /bin/bash -g oppilaat
```

```
sudo useradd opettaja1 -m -s /bin/bash -g opettajat
```

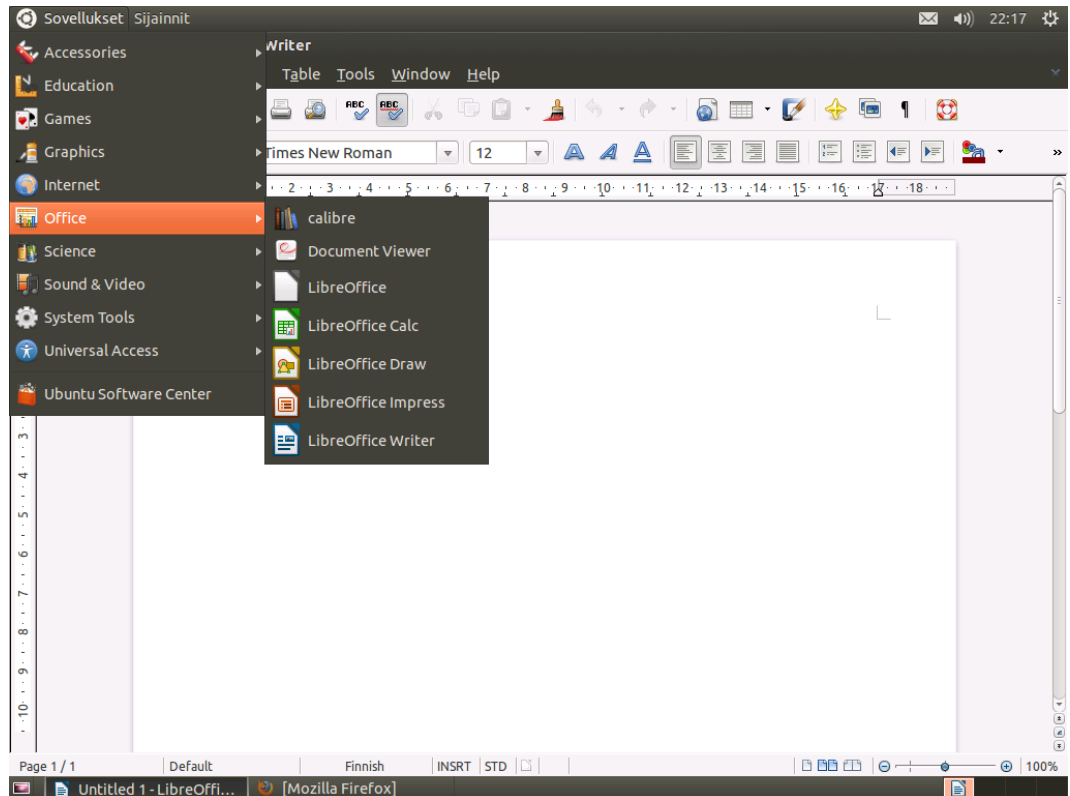
```
sudo passwd oppilas1
```

```
sudo passwd opettaja1
```

Käyttäjien luonnin jälkeen järjestelmään päästään kirjautumaan ja kuvio 12 näyttää järjestelmän kirjautumisruudun ja kuvio 13 näkyy asennettu Edubuntu käyttöliittymä ohjelmistoinen.



KUVIO 12. LTSP-järjestelmän kirjautumisruutu asiakaskoneelta



KUVIO 13. LTSP-järjestelmän käyttöliittymä

#### 5.3.4 Samba-tiedostonjako

Työn teettäjän pyynnöstä oli toteutettava hakemisto, jossa opettajat-ryhmän käyttäjillä oli luku- ja kirjoitusoikeudet, samaan hakemistoon oppilaat-ryhmän käyttäjille annettiin vain lukuoikeus. Tähän hakemistoon tuli päästä verkon kautta. Toinen toteutettava tehtävä oli mahdollistaa Linux-käyttäjien kotikansioihin pääsy verkosta. Näitä tehtäviä varten looginen ratkaisu oli lisätä palvelimeen Samba-tiedostonjakopalvelu.

Samban avulla haluttuihin hakemistoihin pystyttiin mahdollistamaan pääsy verkosta myös Windows-koneilta. Kansioihin pääsyä valvottiin hyödyntämällä käyttäjä autentikointia. Kaikki käyttäjät pystyvät lukemaan opettajien hakemiston tiedostoja, mutta ainoastaan opettajat-ryhmän käyttäjillä on kirjoitusoikeudet kansioon. Käyttäjien kotikansioihin vain kotikansion omistajalla on oikeus kirjautua verkon kautta.

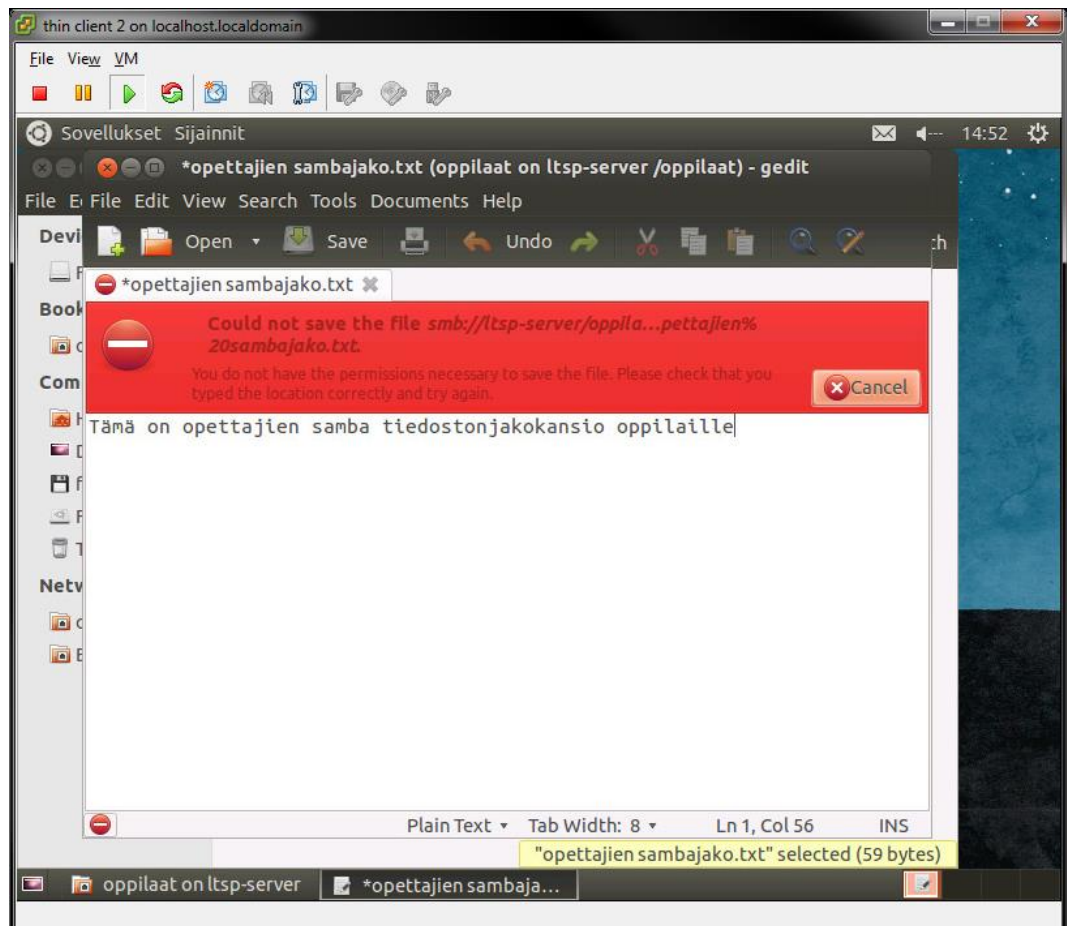
Tätä varten ladattiin samba- ja libpam-smbpass -paketit, jotka mahdollistivat Linux- ja sambatunnusten salasanojen synkronoinnin. Samba-asetustiedostoja konfiguroitiin siten, että verkkohakemistoihin pääsy perustuu käyttäjä-autentikointiin. Samban kautta jaettiin Linux-käyttäjien kotihakemistot sekä luotiin opettajien tiedostonjakokansio polkuun /home/samba/shares/opettajat. Hakemisto jaettiin verkkoon Samban kautta, opettajille annettiin Sambassa hakemistoon luku- ja kirjoitusoikeudet ja oppilaille vain lukuoikeudet.

Myös kansion Linux-käyttöjärjestelmän oikeuksia tarvitsi muokata. Hakemisto ja sen alihakemistot asetettiin rekursiivisesti opettajat-ryhmän omistamiksi:

```
sudo chown --recursive administrator:opettajat /home/samba/shares/opettajat/
```

Tämän jälkeen muutettiin hakemiston käyttöoikeuksia, jotta omistajalla ja ryhmällä on täydet oikeudet ja muilla eli tässä tapauksessa oppilaat-ryhmällä on vain lukuoikeus kansioon:

```
sudo chmod 775 /home/samba/shares/opettajat/
```



KUVIO 14. Opettajien Samba-hakemistojako

Kuviossa 14 oppilaat ryhmän käyttäjä yrittää kirjoittaa opettajien samba-hakemistojakoon. Kuten kuviossa 14 näkyy, oppilas-käyttäjä pystyy vain lukemaan tiedostoa ja oppilaan yrittäessä tehdä muutoksia tulee virheilmoitus. Samba-hakemistojakoon luku- ja kirjoitusoikeuksien todettiin näin toimivan kuten haluttiinkin.

#### 5.4 Asennuksen ongelmakohdat ja ratkaisut

Asennuksessa ongelmia ja lisätyötä aiheutti toteutuksen eroavaisuus LTSP:n oletus toteutuksesta. Oletuksena LTSP käyttää kahta verkkokorttia ja palvelin toimii DHCP-palvelimena, näistä ei kuitenkaan kumpaakaan toteutettu, koska se ei olisi soveltunut kohdeympäristöön. Palvelin toteutettiin yhdellä verkkokortilla ilman DHCP-palvelin toimintaa.

Ratkaisuna näihin ongelmiin oli ulkoisen DHCP-palvelin käyttäminen ja PXE-spesifikaatioissa määritellyn Proxy DHCP-toiminnan hyödyntäminen. Proxy DHCP-toiminta mahdollisti sen, että ulkoinen muokkaamaton DHCP-palvelin jakoi IP-osoitetiedot asiakaskoneille ja LTSP-palvelin vastaa ainoastaan PXE-pyyntöihin. Tämä toiminta saatiin toteutettua konfiguroimalla ISC-DHCP-ohjelman asetustiedostoja.

Ongelmana oli myös toteuttaa työn teettäjän haluamat ylimääräiset tiedostonjakopalvelut LTSP-järjestelmän yhteyteen. Tämä ongelma ratkaistiin asentamalla palvelimeen Samba-ohjelma. Samba-ohjelma konfiguroitiin jakamaan Linux-käyttäjien kotikansiot verkkoon sekä luomaan kansio, johon opettajilla oli kirjoitusoikeudet ja oppilailta vain lukuoikeus.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli toteuttaa vaihtoehtoinen ratkaisu Windows ATK-luokalle kouluympäristössä. Tarkoituksena oli etsiä budjetiltaan halvempi vaihtoehto ja tähän tarkoitukseen löydettiin ratkaisu Linux LTSP -projektin avulla. Tavoitteina oli myös valita sopivin Linux-jakelu sekä palvelimen virtualisointiratkaisu.

VMware ESXi:llä saatiin toteutettua haluttu virtualisointiympäristö järjestelmälle. Virtualisoinnin avulla ATK-luokkaratkaisua on jatkossa helpompi levittää useampaan kouluun verrattuna fyysiseen palvelimeen. Virtualisoinnin ansioita järjestelmän kehittämistyö oli myös paljon helpompaa ja nopeampaa sekä tulevaisuudessa järjestelmää on helpompi kehittää eteenpäin uusia ohjelmistoja varten.

Palvelimeen valittu Ubuntu Server -käyttöjärjestelmä ja Linux LTSP -projekti todettiin toimivaksi ratkaisuksi opetuskäyttöön. Linux-käyttöjärjestelmää hyödyntämällä säästytään käyttöjärjestelmien lisenssimaksuilta ja opetusohjelmat todettiin käyttötarkoitukseen riittäviksi. Linux-käyttöjärjestelmä ei myöskään vaadi yhtä paljon laitteistolta kuin Windows ja etenkin LTSP-käytössä voidaan hyödyntää hyvin halpaakin laitteistoa asiakaskoneissa.

Linux on laajalti käytössä jo mobiili-käyttöjärjestelmissä, palvelimissa ja erilaisissa sulautetuissa järjestelmissä. Luultavasti tulevaisuudessa Linux-jakelut vakauttavat asemaansa myös työpöytäkäytössä. Viime vuosina Linuxin suosio onkin kasvanut, ja esimerkiksi Canonical Ltd, Ubuntu kehittäjä on vahvistanut Linuxin asemaa työpöytäkäytössä.



## LÄHTEET

Arch Linux Gallery. 2013. Benefits of using Linux over Windows [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: <http://www.archlinuxgallery.com/the-benefits-of-using-linux-over-windows.php>

Burger, T. 2012. The Advantages of Using Virtualization Technology in the Enterprise [viitattu 14.3.2013]. Saatavissa: <http://software.intel.com/en-us/articles/the-advantages-of-using-virtualization-technology-in-the-enterprise>

Citrix. 2013a. Citrix XenServer [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en\\_us/documents/products/citrixxenserverproductoverview.pdf](http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products/citrixxenserverproductoverview.pdf)

Citrix. 2013b. Five reasons to choose Citrix XenServer [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en\\_us/documents/products/reasonschoosexswp.pdf](http://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/products/reasonschoosexswp.pdf)

Intel Corporation. 1999. Preboot Execution Environment (PXE) Specification [viitattu 25.4.2013]. Saatavissa: <http://download.intel.com/design/archives/wfm/downloads/pxespec.pdf>

ISC. 2013. ISC DHCP: Enterprise grade solution for configuration needs [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa: <https://www.isc.org/wordpress/software/dhcp/>

Mangalam, H. 2010. Setting up an LTSP Thin client system [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa: [http://moo.nac.uci.edu/~hjm/LTSP\\_HOWTO.html](http://moo.nac.uci.edu/~hjm/LTSP_HOWTO.html)

Karey, M. 2013. Linux Distros Comparison [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: <http://linuxdistroscomparison.blogspot.be/2013/02/5-best-linux-distros-comparison.html>

Lemon, T. 2013. dhcpd.conf.5 [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa: <http://lrp2.steinkuehler.net/Packages/man/dhcpd.conf.5.man.htm>

Linux. 2013a. Apt [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: <http://linux.fi/index.php?title=Apt&oldid=36452>

Linux. 2013b. Aptitude [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa:  
<http://linux.fi/index.php?title=Aptitude&oldid=35859>

Linux. 2013c. Dpkg [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa:  
<http://linux.fi/index.php?title=Dpkg&oldid=26688>

Linux. 2013d. LTSP [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:  
<http://linux.fi/index.php?title=LTSP&oldid=37364>

Linux. 2013e. RPM [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa:  
<http://linux.fi/index.php?title=RPM&oldid=36954>

LTSP. 2013a. Download LTSP [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:  
<http://www.ltsp.org/download/>

LTSP. 2013b. LTPS Concepts [viitattu 22.4.2013]. Saatavissa:  
<http://wiki.ltsp.org/wiki/Concepts>

LTSP. 2013c. Lue ensin [viitattu 25.4.2013]. Saatavissa: [http://ltsp.fi/?page\\_id=32](http://ltsp.fi/?page_id=32)

Mandriva. 2013. Installing PXE [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa:  
<http://doc.mandriva.com/en/mes5/Enterprise-Server-Manual-EN.html/CS-install-pxe.html>

Marshall, D. 2011. Top 10 benefits of server virtualization [viitattu 14.3.2013].  
Saatavissa: <http://www.infoworld.com/d/virtualization/top-10-benefits-server-virtualization-177828?page=0,1>

Nieh, J. & Leonard, O. 2000. Examining VMWare [viitattu 2.4.2013]. Saatavissa:  
<http://systems.cs.columbia.edu/files/wpid-drdoobbs2000.pdf>

Nixcraft. 2012. Ubuntu / Debian Linux: Setup An ISC DHCP Server For Your Network [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa: <http://www.cyberciti.biz/faq/howto-ubuntu-debian-squeeze-dhcp-server-setup-tutorial/>

Noyes, K. 2010. Five Reasons Linux Beats Windows for Servers [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa:

[http://www.pcworld.com/article/204423/why\\_linux\\_beats\\_windows\\_for\\_servers.html](http://www.pcworld.com/article/204423/why_linux_beats_windows_for_servers.html)

Polishlinux. 2013. Compare distros [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa:  
<http://polishlinux.org/choose/comparison/?distro1=Ubuntu&distro2=Fedora>

Rouse, M. 2005. Preboot Execution Environment (PXE). [viitattu 26.4.2013].  
Saatavissa: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Preboot-Execution-Environment>

Samba. 2001. Samba: An Introduction [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa:  
<http://www.samba.org/samba/docs/SambaIntro.html>

Schneider, C. 2011. HOWTO setup a small server [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa:  
<http://chschneider.eu/linux/server/dhcp3.shtml>

Sourceforge. 2013a. PXE [viitattu 26.4.2013]. Saatavissa:  
<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/ltsp/?title=PXE>

Sourceforge. 2013b. TFTP [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa:  
<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/ltsp/index.php?title=TFTP>

Stallman, R. 2013. Linux and the GNU System. [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa:  
<http://www.gnu.org/gnu/linux-and-gnu.html>

Technet. 2013. What is DHCP? [viitattu 25.4.2013]. Saatavissa:  
[http://technet.microsoft.com/library/dd145320\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/library/dd145320(v=ws.10).aspx)

Ubuntu. 2011. UbuntuLTSP/Troubleshooting/TFTP. [viitattu 27.4.2013].  
Saatavissa:  
<https://help.ubuntu.com/community/UbuntuLTSP/Troubleshooting/TFTP>

Ubuntu. 2013a. Preparing to install [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:  
<https://help.ubuntu.com/12.04/serverguide/preparing-to-install.html>

Ubuntu. 2013b. UbuntuLTSP/ProxyDHCP. [viitattu 25.4.2013]. Saatavissa:  
<https://help.ubuntu.com/community/UbuntuLTSP/ProxyDHCP>

Virtual Computer. 2013. Type-1 vs. Type-2 Client Hypervisor [viitattu 14.3.2013]. Saatavissa: <http://www.virtualcomputer.com/type-1-vs-type-2-hypervisor>

VMware. 2013. VMware ESX and VMware ESXi [viitattu 17.4.2013]. Saatavissa: <http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-ESX-and-VMware-ESXi-DS-EN.pdf>

Wikipedia. 2013a. Advanced Packaging Tool [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Advanced\\_Packaging\\_Tool&oldid=551848866](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Advanced_Packaging_Tool&oldid=551848866)

Wikipedia. 2013b. Aptitude (software) [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Aptitude\\_\(software\)&oldid=540306509](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Aptitude_(software)&oldid=540306509)

Wikipedia. 2013c. Edubuntu [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Edubuntu&oldid=548788579>

Wikipedia. 2013d. Fedora (operating system) [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Fedora\\_\(operating\\_system\)&oldid=551786751](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Fedora_(operating_system)&oldid=551786751)

Wikipedia. 2013e. History of Linux [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History\\_of\\_Linux&oldid=550640558](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_Linux&oldid=550640558)

Wikipedia. 2013k. Linux [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Linux&oldid=551990118>

Wikipedia. 2013f. Linux [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Linux&oldid=12892335>

Wikipedia. 2013h. Linux Terminal Server Project [viitattu 22.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Linux\\_Terminal\\_Server\\_Project&oldid=544940649](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Linux_Terminal_Server_Project&oldid=544940649)

Wikipedia. 2013i. Trivial File Transfer Protocol [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Trivial\\_File\\_Transfer\\_Protocol&oldid=551607797](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Trivial_File_Transfer_Protocol&oldid=551607797)

Wikipedia. 2013j. Ubuntu (operating system) [viitattu 23.4.2013]. Saatavissa:  
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ubuntu\\_\(operating\\_system\)&oldid=551312355](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ubuntu_(operating_system)&oldid=551312355)

Wikipedia. 2013k. Xen [viitattu 28.4.2013]. Saatavissa:  
<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Xen&oldid=551344999>

Wikipedia. 2013l. Yellowdog Updater, Modified [viitattu 24.4.2013]. Saatavissa:  
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Yellowdog\\_Updater,\\_Modified&oldid=540026980](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Yellowdog_Updater,_Modified&oldid=540026980)

Wikipedia. 2013m. Virtualisointi [viitattu 13.3.2013]. Saatavissa:  
<http://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtualisointi&oldid=12868116>

J. Wiley & Sons, Inc. 2011. Mastering VMware vSphere 5.