

Veli-Matti Mäkelä

**Palvelinvirtualisointi Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä  
VMware vSphere -ratkaisulla**

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Tietojärjestelmäosaamisen koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietojärjestelmäosaamisen koulutusohjelma

Tekijä: Veli-Matti Mäkelä

Työn nimi: Palvelinvirtualisointi Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä VMware vSphere -ratkaisulla

Ohjaaja: Alpo Anttonen

Vuosi: 2011

Sivumäärä: 105

Liitteiden lukumäärä: 5

---

Tämän työn aiheena on toteuttaa palvelinvirtualisointiympäristö Seinäjoen koulutuskuntayhtymän käyttöön. Palvelinvirtualisoinnista on viime vuosina tullut alan standardi haettaessa kustannussäästöjä, joustavuutta ja vikasietoisuutta verkkopalvelujen toteutuksissa. Palvelinvirtualisointiympäristön toteutus vaatii kuitenkin erikoisosaamista, joten tässä työssä on tutkittu kuinka palvelinvirtualisointiympäristö tulisi toteuttaa rajoitetuilla resursseilla. Alkuperäistä ympäristöä laajennettiin siten uusien tarpeiden myötä lisäämällä ympäristöön uusia resursseja.

Opinnäytetyöprosessiin kuului itse palvelinvirtualisointiympäristön rakentamisen lisäksi tarvittava esityö, kuten keskitetyn levyjärjestelmän määrittely. Valmiissa ympäristössä otettiin käyttöön virtuaalipalvelimia kokonaan uusia verkkopalveluja varten, muuntamalla vanhat fyysiset palvelimet virtuaalisiksi ja siirtämällä vanhojen fyysisten palvelinten palvelut uusille virtuaalipalvelimille.

Kokemukset palvelinvirtualisoinnista ovat pääosin positiivisia. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tietohallinto on voinut vastata nopeasti ilmeneviin tarpeisiin paljon nopeammin uuden virtuaaliympäristön avulla. Työn kokemusten perusteella voidaan palvelinvirtualisointia suositella organisaatioille, joissa se vielä ei ole käytössä.

Asiasanat: Virtualisointi, hypervisor, VMware, vSphere, ESX

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Systems Competence

Author: Veli-Matti Mäkelä

Title of the thesis: Server virtualization in Seinäjoki Joint Municipal Authority for Education with VMware vSphere

Supervisor: Alpo Anttonen

Year: 2011

Number of pages: 105 Number of appendices: 5

---

The purpose of this thesis was to implement a server virtualization environment for Seinäjoki Joint Municipal Authority for Education. Server virtualization has risen as a standard when organisations seek cost-savings, flexibility and fault tolerance in their implementations of network services. However the implementation of server virtualization environment requires specialized knowledge, so this study seeks answers on how best to implement a server virtualization environment using limited resources. The original environment was then expanded with new resources as new requirements arose.

The thesis process included building the server virtualization environment itself as well as required preliminary work including configuring the centralized storage array. The completed environment saw new virtual servers used as platforms for new network services, by transforming old physical servers as virtual servers and by migrating network services to new virtual servers from old physical servers.

Experiences from server virtualization are generally positive. IT-services of Seinäjoki Joint Municipal Authority for Education have been able to respond to developing requirements much quicker with the new virtualization environment. With experiences gathered during the study, server virtualization can be recommended to organisations that have yet to implement it.

Keywords: virtualization, hypervisor, VMware, vSphere, ESX

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo .....	12
1 JOHDANTO .....	14
1.1 Aiheen esittely.....	14
1.2 Tutkimusongelman esittely.....	15
1.3 Tutkimusmenetelmän esittely.....	16
1.4 Tutkimusraportin rakenne .....	16
2 VIRTUALISOINTI.....	18
2.1 Virtuaalikoneen esittely .....	18
2.2 Virtualisoinnin hyödyt .....	21
2.3 Historia.....	22
2.4 Isäntäpohjainen virtualisointi .....	24
2.5 Hypervisor-virtualisointi .....	25
2.6 Rinnakkaisvirtualisointi.....	27
2.7 Tallennuksen virtualisointi .....	28
2.8 Verkon virtualisointi .....	29
3 VSPHERE-TUOTEPAKETIN ESITTELY .....	30
3.1 Infrastruktuuripalvelut.....	31
3.1.1 vCompute-ratkaisut.....	31
3.1.2 vStorage-ratkaisut.....	34
3.1.3 vNetwork-ratkaisut .....	37
3.2 Sovelluspalvelut .....	38
3.2.1 Käytettävyys.....	38
3.2.2 Tietoturva .....	43
3.2.3 Skaalautuvuus .....	43
3.3 Hallintapalvelut.....	44
3.3.1 VMware vCenter Server.....	45
3.3.2 Muut hallintatuotteet.....	49
3.4 Lisensointi .....	51
4 PALVELINVIRTUALISOINNIN FYYSISETEN LAITTEIDEN HAKINTA JA	

MÄÄRITTELY .....	53
4.1 Fyysiset palvelimet.....	54
4.1.1 Blade-palvelimet .....	56
4.1.2 Räkkipalvelimet.....	57
4.2 Verkkolaitteet .....	58
4.2.1 Valokuitukytkimet .....	58
4.2.2 Lähiverkon kytkimet .....	60
4.3 Tallennusratkaisut.....	62
<b>5 PALVELINVIRTUALISOINNIN TOTEUTUS SEINÄJOEN</b>	
<b>KOULUTUSKUNTAYHTYMÄSSÄ .....</b>	<b>66</b>
5.1 Organisaation esittely.....	66
5.1.1 Tietojärjestelmäympäristön esittely .....	68
5.1.2 Palvelinympäristön esittely.....	68
5.2 Fyysisten palvelinten analysointia .....	69
5.3 Tavoitteet toteutukselle .....	71
5.4 Toteutuksen eteneminen.....	73
5.5 Asennuksen toteutus.....	77
5.5.1 VmWare ESXi:n asennus- ja määrittely .....	77
5.5.2 VMware vCenterin asennus- ja määrittely.....	79
5.6 Verkkomäärittelyjen toteutus.....	81
5.7 Tallennuslaitteiden määrittelyt.....	82
5.8 Alustapalvelinten määrittely klustereiksi.....	83
5.9 Hallinnan- ja monitoroinnin toteutus .....	84
5.10 Tietoturvan toteutus.....	86
5.10.1 Käyttöoikeusmäärittelyt .....	86
5.10.2 Varmistus .....	86
5.10.3 VMware vSphere -tuotteiden päivitykset .....	88
5.11 Tarvittava esityö virtuaalipalvelinten käyttämistä varten.....	88
5.12 Virtuaalipalvelimien käyttöskenaarioita.....	90
5.12.1 Uusien palveluiden käyttöönotto virtuaalipalvelimilla .....	90
5.12.2 Fyysisten palvelinten muuntaminen virtuaalipalvelimiksi.....	92
5.12.3 Fyysisillä palvelimilla olevien verkkopalvelujen migraatio virtuaalipalvelimille .....	93

5.12.4	Testiympäristöjen toteutukset virtuaalikoneilla .....	94
5.12.5	Virtual appliacien hyödyntäminen .....	95
6	POHDINTAA .....	97
6.1	Palvelinvirtualisoinnin soveltuminen Seinäjoen koulutuskuntayhtymälle ...	97
6.2	Vertailua vanhaan ympäristöön.....	98
6.2.1	Resurssien hyödyntäminen.....	98
6.2.2	Vikasietoisuus .....	99
6.2.3	Joustavuus.....	99
6.2.4	Kustannukset .....	100
6.2.5	Virtualisoinnin ongelmia .....	101
6.3	Käyttö tulevaisuudessa .....	101
	LÄHTEET .....	104
	LIITTEET .....	1

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Active Directory</b>	Microsoftin aktiivihakemistopalvelu, jossa on mm. käyttäjätunnukset ja tietoa ympäristön verkkoresursseista.
<b>ARP</b>	Address Resolution Protocol. Protokolla, jolla pidetään yllä atk-laitteiden fyysisiä osoitteita.
<b>BIOS</b>	Basic Input Output System. Tietokoneen perusasetusten muokkaukseen käytettävä järjestelmä.
<b>CRM</b>	Customer Relationship management, asiakkuudenhallinta.
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Control Protocol. Verkkopalvelu, jolla lainataan IP-osoitteita.
<b>DNS</b>	Domain Name System, eli nimipalvelu.
<b>Domain Controller</b>	Palvelin, jossa Microsoftin Active Directoryn tietokanta sijaitsee.
<b>DSN</b>	Database Source Name. Rakenne, jolla kuvataan yhteys tietokantaan.
<b>EULA</b>	End User License Agreement. Lisenssisopimus, joka täytyy hyväksyä sovellusta asennettaessa.
<b>Fibre Channel</b>	Tallennusverkoissa käytetty, valokuitua hyödyntävä tekniikka. Lyhennetään FC.
<b>Hypervisor</b>	Ohut ohjelmakerros, joka hallitsee virtuaalikoneiden pääsyä alustapalvelinten fyysiseen rautaan.
<b>I/O</b>	Input/Output eli kommunikaatiosignaaleja laitteiden välillä.
<b>IOPS</b>	Input/Output per seconds. I/O:n määrä sekunnissa.

<b>iSCSI</b>	Internet Small Computer System Interface. Tallennusverkkotekniikka, jossa palvelimet ovat yhteydessä levyjärjestelmiin normaalin IP Ethernet-verkon kautta.
<b>KMS</b>	Key Management Server, Microsoftin tuotteiden aktivointeja hoitava palvelu.
<b>LUN</b>	Logical Unit Number. Numero, jolla loogiset levyt identifioidaan.
<b>MAC osoite</b>	Media Access Control. Osoite, jolla verkkokortit identifioidaan.
<b>MSCS</b>	Microsoft Cluster Service. Palvelu, jolla klusteroidaan palvelinten verkkopalveluja.
<b>MSI-paketti</b>	Microsoft Installer. Paketti, jossa on tiedot kuinka soveluksen tulisi asentua tietokoneelle.
<b>NFS</b>	Network File System. Protokolla, jolla koneet pääsevät käsiksi verkossa oleviin tiedostoihin.
<b>NTP</b>	Network Time Protocol. Protokolla, jolla eri laitteiden kellonajat synkronoidaan.
<b>OCS</b>	Office Communications Server, Microsoftin viestintäteknologiapalvelin.
<b>PXE</b>	Preboot Execution Environment. Tekniikka, jolla tietokoneen käynnistetään suoraan verkosta ladattavalla käyttöjärjestelmällä.
<b>P2V</b>	Physical to Virtual. Fyysisen palvelimen muuntaminen virtuaalipalvelimeksi.
<b>RAID</b>	Redundant Array or Independent Disks. Ryhmä kiintolevyjä, jotka yhdistetään tehoa ja vikaistoisuutta tarjoaviksi ryhmiksi.



<b>SAN</b>	Storage Area Network, tallennusverkko.
<b>SAS</b>	Serial Attached SCSI. SCSI-väylän liitântäteknikka.
<b>SATA</b>	Serial Advanced Technology Attachment, hitaampi ja halvempi väyläteknikka.
<b>SCCM</b>	System Center Configuration Manager, Microsoftin järjestelmänhallintatuote.
<b>SCSI</b>	Small Computer System Interface, tehokas väyläteknikka.
<b>SID</b>	Security Identifier, uniikki tietue, jolla objekti erotellaan muista objekteista.
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol. Protokolla, jolla hallitaan ja valvotaan atk-laitteita.
<b>SQL</b>	Simple Query Language. Kyselykieli, jota käytetään tietokantapalvelimissa.
<b>Tilannekuva</b>	Virtuaalikoneesta otettava tilannekuva (snapshot), johon voidaan palata. Luo virtuaalilevystä toisen tiedoston, johon muutokset tallentuvat.
<b>UPS</b>	Uninterruptible Power Supply, varavirtajärjestelmä
<b>V2V</b>	Virtual to Virtual. Virtuaalikoneen muuntaminen toiseen muotoon esimerkiksi Microsoftin Hyper-V-virtuaaliokoneesta VmWaren vSphere -virtuaalikoneeksi.
<b>Virtual appliance</b>	Valmiiksi määritelty virtuaalikone, joka tekee jotain rajoitettua tehtävää.
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network. Verkkotekniikka, jonka avulla voidaan segmentoida useampi aliverkko kulkemaan saman median läpi.

<b>VMFS</b>	Virtual Machine File System. VMwaren käyttämä klusteritiedostojärjestelmä.
<b>VMware DPM</b>	VMware Distributed Power Management. Palvelu, joka automaattisesti käynnistää ja sammuttaa alustapalvelimia tarpeiden mukaan.
<b>VMware DRS</b>	VMware Distributed Resource Scheduler. Palvelu, joka jakaa alustapalvelinten kuormaa resurssipoolin sisällä.
<b>VMware FT</b>	VMware Fault Tolerance. Vikasietoisuuspalvelu, joka pitää yllä kopioita virtuaalikoneesta toisella alustapalvelimella, joka tulee käyttöön jos alkuperäinen alustapalvelin vikaantuu.
<b>VMware HA</b>	VMware High Availability. Vikasietoisuuspalvelu, joka käynnistää vikaantuneen alustapalvelimen virtuaalikoneet toimivilla alustapalvelimilla.
<b>VMware ESX ja ESXi</b>	VMwaren ratkaisu hypervisor-alustapalvelintuotteeksi.
<b>VMware Storage Vmotion</b>	Livemigraatiotekniikka, jolla voidaan siirtää virtuaalipalvelin levyjärjestelmän sisällä tai kokonaan toiseen levyjärjestelmään ilman käyttökatoa.
<b>VMware EVC</b>	VMware Enhanced Vmotion Compatibility. Määrittely, jolla varmistetaan että Vmotion onnistuu eri prosessorisukupolvia edustavien alustapalvelinten välillä.
<b>VMware vCenter</b>	Useamman ESX-palvelimen hallintaan tarkoitettu tuote. Mahdollistaa edistyneet ominaisuudet.
<b>VMware Vmotion</b>	Livemigraatiotekniikka, jolla voidaan siirtää virtuaalipalvelin alustapalvelimelta toiselle ilman käyttökatoa.
<b>VMware vSphere</b>	VMwaren tuotekokonaisuus, joka sisältää tarvittavat osat virtualisointiympäristön käyttöön

**VMware vSphere client** Sovellus, jolla hallitaan vCenterin kautta koko vSphere-ympäristöä tai yksittäistä ESX-alustapalvelinta

**WWN-osoite** World Wide Name. Nimi, jolla valokuitulaitteet erotellaan toisistaan.

(Helicon Publishing 2005, Lowe 2009, Marshall, Reynolds.& McCrory, 2006)

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Virtualisointi suomalaisissa organisaatioissa 2009. ....	15
Kuvio 2. Perinteinen fyysinen palvelininfrastruktuuri. ....	19
Kuvio 3. Virtualisoitu palvelininfrastruktuuri. ....	19
Kuvio 4. Isäntäpohjaisen virtualisoinnin kuvaus. ....	25
Kuvio 5. Hypervisor-virtualisoinnin kuvaus. ....	26
Kuvio 6. Monoliittisen ja mikroydinhypervisorin erot. ....	27
Kuvio 7. Rinnakaisvirtualisoinnin kuvaus. ....	28
Kuvio 8. vSphere-paketin osat. ....	30
Kuvio 9. VMware DRS toiminta. ....	33
Kuvio 10. VMware DPM:in toiminta. ....	34
Kuvio 11. VMware Thin Provisioning:in toiminta. ....	36
Kuvio 12. VMware Vmotionin toiminta. ....	39
Kuvio 13. VMware Storage vMotionin toiminta. ....	40
Kuvio 14. VMware HA:n toiminta. ....	41
Kuvio 15. VMware Fault Tolerancen toiminta. ....	42
Kuvio 16. VMware Data Recoveryn toiminta. ....	43
Kuvio 17. VMware vCenterin hallinta. ....	45
Kuvio 18. VMware vCenter Serverin osat. ....	46
Kuvio 19. VMware Update Managerin toiminta. ....	50
Kuvio 20. Fujitsu BX900 -kehikko ja BX924 S2 -palvelin. ....	57
Kuvio 21. Fujitsu RX300 S5 -palvelin. ....	58
Kuvio 22. Brocade 200e -valokuitukytkin. ....	59
Kuvio 23. Redundant Fabric -topologia. ....	60
Kuvio 24. Cisco 2960 -kytkin. ....	61
Kuvio 25. EMC CX4-120 -tallennusjärjestelmä. ....	62
Kuvio 26. Fujitsu Eternus DX80 iSCSI -tallennusjärjestelmä. ....	63
Kuvio 27. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän organisaatiokaavio. ....	67
Kuvio 28. VMware ESXi:n määrittely. ....	79
Taulukko 1. Virtuaalikoneen ja fyysisen koneen erot. ....	20

Taulukko 2. VMware-virtuaalikoneen tiedostotyytit. ....	35
Taulukko 3. VMware vSphere -versioiden vertailu. ....	52

# 1 JOHDANTO

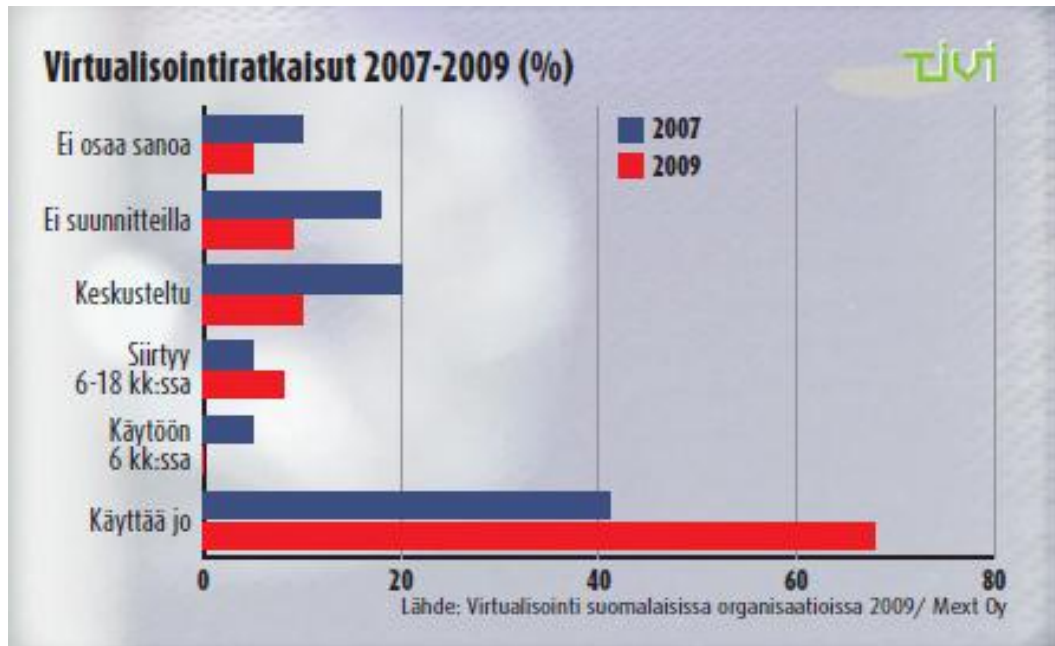
Virtualisointi on ollut viime vuosina yksi puhutuimmista teknologioista atk-ammattilaisten keskuudessa. Virtualisoinnin tarkoituksena on piilottaa tietojenkäsittelyresurssien fyysinen olemus sitä hyödyntäviltä järjestelmiltä, sovelluksilta ja käyttäjiltä esittämällä yksittäinen fyysinen resurssi useana virtuaalisena resurssina tai useampi fyysinen resurssi yhtenä virtuaalisena resurssina (Mann 2010). Palvelinvirtualisointi on yksi virtualisoinnin muoto, jossa yhdellä fyysisellä alustapalvelimella toimii useampi looginen virtuaalipalvelin. Palvelinvirtualisointi lupaa kustannussäästöjä, joustavuutta ja vikasietoisuutta. Sen vuoksi sen suosio onkin kasvanut viime vuosina huomattavasti ja siitä on tullut tärkeä työkalu organisaatioiden verkkopalvelujen toteutuksissa.

## 1.1 Aiheen esittely

Tämän opinnäytetyön aiheena on toteuttaa Seinäjoen koulutuskuntayhtymään palvelinvirtualisointiympäristö. Tavoitteena on pienentää palvelimiin liittyviä infrastruktuurikustannuksia, nopeuttaa palveluiden käyttöönottoja ja parantaa palveluiden vikasietoisuutta.

Toteutuksen voidaan katsoa alkaneen jo vuonna 2007 ja se jatkuu opinnäytetyön valmistumisen jälkeenkin. Työssä kuvataan toteutuksen etenemistä kevääseen 2011 asti. Palvelinvirtualisointiympäristön toteuttaminen on ollut työn tekijän yksi pääasiallisista työtehtävistä.

Toteutuksen alkaessa palvelinvirtualisointi oli vielä suhteellisen vähäisellä käytöllä Suomessa. Kuvion 1 mukaisesti vain 41 prosenttia isoista suomalaisesta organisaatioista hyödynsi virtualisointia. Vuonna 2009 luku oli jo 68 prosenttia organisaatioista. Toteutuksessa on siis seurattu yleistä virtualisointiin siirtymistrendiä.



Kuvio 1. Virtualisointi suomalaisissa organisaatioissa 2009. (Mext 2009.)

Palvelinvirtualisointi päätettiin toteuttaa VMwaren vSphere -tuotteilla. VMwarella on Suomessa markkinajohtajuus ja sen tuotteet tunnetaan parhaiten. (Mext 2009.)

## 1.2 Tutkimusongelman esittely

Fyysisten palvelinten käytöllä voidaan katsoa olevan useita haittoja ja haasteita. Palvelinten käyttöasteiden katsotaan olevan tyypillisesti vain noin 5–15 prosentin luokkaa (VMWare 2011a, 4). Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tyylisessä organisaatiossa palvelinten hankinta on pitkä ja työläs prosessi. Koska verkkopalvelut on usein sidottuja fyysisiin palvelimiin, on niiden elinkaarenhallinta hankalaa. Fyysisille palvelimille on myös usein kallista ja teknisesti haastavaa rakentaa vikasietoisuutta takaavia klustereita. Lisäksi fyysisten palvelinten kanssa on työlästä ja kallista rakentaa testiympäristöjä

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tietohallintostrategiaan on kirjattu seuraava lause:

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tietohallinnon tavoitetila on olla vuonna 2014 ennakoiva, nopeasti muutoksiin sopeutuva

koulutustoiminnan tietojärjestelmien soveltamisen johtava asiantuntija ja Etelä-Pohjanmaan keskeisten koulutuksen ja tutkimuksen ja kehittämistoiminnan toteuttajien tietohallintopalvelut tuottava taho. (Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2009.)

Palvelinvirtualisoinnin avulla saavutetaan tietojärjestelmäpalveluiden kanssa joustavuutta ja täten helpotetaan muutoksiin sopeutumista. Tässä työssä tutkitaan kuinka palvelinvirtualisointiympäristö voidaan toteuttaa rajoitetuilla resursseilla rakentamalla ensin perusympäristö, jota sitten laajennetaan tarpeiden kasvaessa vuosittaisilla hankinnoilla.

### 1.3 Tutkimusmenetelmän esittely

Tämän tutkimuksen menetelmä on suunnittelutieteellinen, konstrukttiivinen tutkimus. ”Suunnittelutieteen tarkoitus on joko luoda tietämystä suunnittelua ja toteutusta varten, siis konstruktio-ongelmien parantamista varten, tai parantaa nykyisten systeemien suorituskykyä, siis ratkaista *parantamis*-ongelmia.” (Järvinen & Järvinen 2004, 103). Konstruktivisessa tutkimuksen toteuttamisprosessiin kuuluu lähtötilan kuvaus, itse toteutus ja tavoitetilan analysointi. Tässä tutkimuksessa on tarkoitus nimenomaan parantaa suorituskykyä. Fyysisten palvelinten käyttöasteet ovat alhaisia, käyttöönotot kestävät, palvelinten vikasietoisuus on heikolla tasolla ja palvelinten elinkaarenhallinta on hankalaa, sillä usein palvelut on sidottu suoraan fyysiseen palvelimeen. Lisäksi kaikenlainen testaaminen ja testiympäristöjen pystyttäminen on fyysisillä palvelimilla hankalaa ja kallista. Tutkimuksessa luodaan palvelinvirtualisointiympäristö, jonka tarkoituksena on vastata edellä mainittuihin haasteisiin.

### 1.4 Tutkimusraportin rakenne

Ensimmäisessä luvussa esitellään opinnäytetyön aihe. Luvussa kuvataan myös tutkimusongelmaa ja esitellään tutkimusmenetelmä. Lopuksi esitellään työn rakenne.



Toisessa luvussa kuvataan virtualisointia yleensä. Luvussa kerrotaan virtuaalikooneesta, virtualisoinnin historiasta ja kuvataan eri virtualisoinnin muodot.

Kolmannessa luvussa esitellään tässä tutkimuksessa käyttöön otettu VMware vSphere -tuoteperhe. Esittely tapahtuu VMwaren oman erottelun mukaan ja luvussa keskitytään työn kannalta oleellisiin tuotteisiin ja teknologioihin.

Neljännessä luvussa kerrotaan palvelinvirtualisoinnissa tarvittavien fyysisten laitteiden hankinnasta ja määrittelystä. Näiden asioiden tulee olla kunnossa, ennen kuin varsinaista toteutusta voidaan ruveta tekemään.

Viidennessä luvussa kuvataan työn toteutus. Luvussa kuvataan ensin organisaatiota ja nykyistä ympäristöä. Luvussa kuvataan myös toteutuksen tavoitteet ja eritellään toteutuksen eri vaiheet.

Kuudennessa luvussa kerätään yhteen tutkimuksen johtopäätökset. Luvussa verrataan uutta ympäristöä edelliseen ympäristöön ja pohditaan miten toteutus jatkuu tulevaisuudessa.

## 2 VIRTUALISOINTI

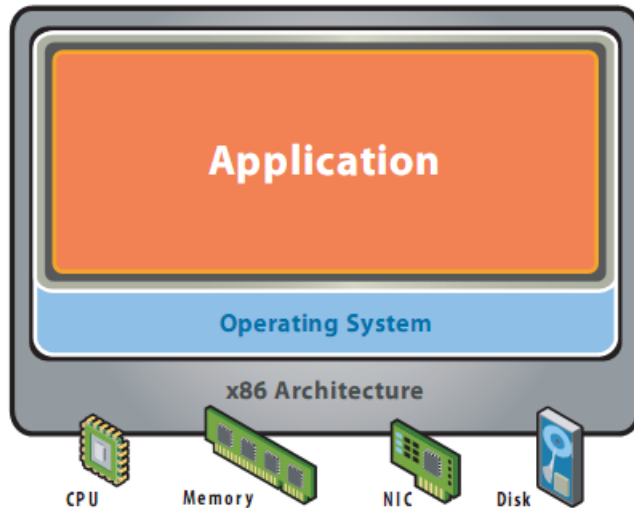
Virtualisoinnista on tullut viime vuosina melkoinen muoti-ilmiö. Mutta mitä virtualisoinnilla oikein tarkoitetaan? Andi Mann (2010) CA:sta kuvaa virtualisointia näin:

Virtualisointi on teknologia, joka piilottaa IT:n fyysisen olemuksen (palvelimet, kytkimet, tallennustilan jne.) järjestelmiltä, sovelluksilta ja käyttäjiltä, jotka niitä käyttävät. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että useampi käyttöjärjestelmä toimii yhdessä fyysisessä palvelimessa (konsolidointi), että IT-järjestelmä toimii useammalla fyysisellä palvelimella (grid-palvelu tai klusteri) tai jopa sitä että IT-palvelua viedään palveluntarjoajan tarjoamaan pilveen. Fyysisen laitteiston sijainti muodostuu epäolennaiseksi, koska virtualisointi piilottaa tämän tiedon käyttöjärjestelmiltä, sovelluksilta ja loppukäyttäjiltä. (Mann 2010.)

Karkealla tasolla virtualisointi jaetaan alustan virtualisointiin ja resurssien virtualisointiin. Alustan virtualisoinnissa kokonaista tietokonetta tai tietokoneen osa esitetään virtualisoituna. Tästä esimerkkinä palvelinvirtualisoinnin virtuaalikone. Resurssien virtualisoinnissa taas yhdistetyt, hajautetut tai yksinkertaistetut resurssit esitetään virtualisoituna. Tästä on esimerkkeinä palvelinklusteri ja grid-palvelu (esimerkiksi SETI-hanke). (Mann 2010.)

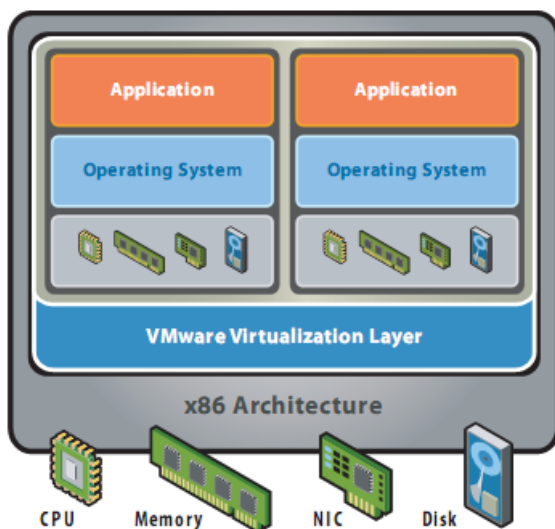
### 2.1 Virtuaalikoneen esittely

Tässä työssä keskitytään palvelinvirtualisointiin, joten virtuaalikoneen toiminnan ymmärtäminen on oleellista. Kuviossa 2 on kuvattu perinteistä palvelinta ennen virtualisointia. Palvelimella on vain yksi käyttöjärjestelmä ja sovellukset ja palvelinlaitteisto ovat tiukasti sidottu toisiinsa. Käyttöjärjestelmä hyödyntää kaikkia fyysisen palvelimen resursseja (suoritin, keskusmuisti, verkko-ohjaimet ja kiintolevyt) yksivaltaisesti. Koska useimmat sovellukset eivät tarvitse kaikkia resursseja, palvelinresursseista hyödynnetään vain murto-osa. Kaiken kaikkiaan perinteinen rakenne on jäykkä ja kallis. (VMware 2011a, 3.)



Kuvio 2. Perinteinen fyysinen palvelininfrastruktuuri. (VMware 2011a, 3.)

Jos taas katsotaan kuviossa 3 kuvattua virtualisoitua ratkaisua, nähdään että virtualisointikerroksen avulla käyttöjärjestelmät erotetaan fyysisestä laitteesta, jolloin yhdellä fyysisellä palvelimella voidaan ajaa useaa erillistä käyttöjärjestelmää. Käyttöjärjestelmien näkökulmasta palvelimet ovat täysin erillisiä. Jokaisella virtuaalisella palvelimella on omat suoritin-, keskusmuisti-, verkko-ohjain- ja kiintolevyresurssinsa. (VMware 2011a, 3.)



Kuvio 3. Virtualisoitu palvelininfrastruktuuri. (VMware 2011a, 3.)

Asian hahmottamiseksi on taulukossa 1 verrattu virtuaalikoneen ja fyysiseen koneen eroja. Yksinkertaistettuna fyysinen kone omii kaikki laitteistoresurssit itselleen kun taas virtuaalikoneelle resurssit jaetaan loogisesti muiden fyysisellä koneella olevien virtuaalikoneiden kesken.

Taulukko 1. Virtuaalikoneen ja fyysisen koneen erot

Ominaisuus	Fyysinen kone	Virtuaalikone
<b>Proessori</b>	Fyysinen prosessori, joka on täysin fyysisen koneen käytössä	Fyysiseen koneen suori- tin, joka jaetaan loogisesti usealle virtuaalikoneelle. Virtuaaliproessorien määrä määritellään virtu- aalikoneen asetuksiin
<b>Keskusmuisti</b>	Fyysinen keskusmuisti, joka on täysin fyysisen koneen käytössä	Fyysisen koneen kes- kusmuisti jaetaan loogi- sesti usean virtuaaliko- neen kesken. Keskus- muistin määrä määritel- lään virtuaalikoneen ase- tuksiin.
<b>Tallennustila</b>	Fyysisen koneen tai levy- järjestelmän kiintolevy, joka on täysin koneen käytössä.	Fyysiseltä koneelta tai levyjärjestelmästä loogi- sesti jaettu levytila. Kiin- tolevyjen koot määritel- lään virtuaalikoneen ase- tuksissa. Virtuaalikoneen kiintolevyt ovat pelkkiä tiedostoja.
<b>Verkkoyhteys</b>	Fyysinen verkkokortti, joka on täysin koneen käytössä	Fyysisen koneen verkko- kortit jaettuna loogiseksi virtuaaliverkkokorteiksi.

Virtuaalikoneisiin liittyy myös virtualisointiin optimoituja ajureita, hallintaskriptejä ja verkkopalvelun sisältävä asennuspaketti, joka asennetaan virtuaalikoneelle. Esimerkiksi VMwaren tuotteissa tätä pakettia kutsutaan VMware Toolsiksi. (Haletky 2011, 465.)

## 2.2 Virtualisoinnin hyödyt

Virtualisoinnilla saavutetaan useita etuja fyysisiin koneisiin verrattuna. Virtuaalipalvelimien avulla alustapalvelimilla on parempi käyttöaste, virtualisointiratkaisuille on helppo toteuttaa vikasietoisuutta tarjoavat klusterit ja virtuaalipalvelinten käyttöönotto on valmiiden mallipohjien avulla nopeaa. (VMWare 2011a, 4.)

Fyysisten palvelinten käyttöaste on normaalisti vain 5–15 %:n luokkaa. Suurin osa palvelimilla olevista verkkopalveluista ei osaa hyödyntää rautaa tehokkaasti tai niiden kuorma on muuten vain vähäistä. Palvelinvirtualisoinnin avulla samalla alustapalvelimella käytetään useaa loogista virtuaalipalvelinta, jolloin käyttöasteet kasvavat. Käyttöasteita saadaan nostettua jopa 60–80 %:iin, jolloin palvelinlaitteita tarvitaan vähemmän ja käyttökustannukset laskevat. (VMWare 2011a, 4.)

Palvelinvirtualisointiratkaisulla on yksinkertaisempaa ja halvempaa toteuttaa vikasietoisuusratkaisuja. Fyysisten palvelinten yhteydessä klusterit vaativat usein vähintään kaksinkertaisen määrän palvelinlaitteita. Virtualisointiratkaisujen yhteydessä kaikki klusterin alustapalvelimet voidaan määrittellä näkemään tarvittavat resurssit, jolloin virtuaalipalvelimet voivat yhden alustapalvelimen vikaantuessa käynnistyä toimivalla alustapalvelimella. (VMWare 2011a, 4.)

Palvelinvirtualisoinnin avulla palvelinten käyttöönottoon saadaan myös nopeutta. Toiminnallisesti virtuaalikoneet ovat tiedostoja, joten niitä voidaan kahdentaa, monistaa ja kopioida kuten mitä tahansa tiedostoja. Tämä mahdollistaa esimerkiksi sen, että virtuaalipalvelimista voidaan tehdä valmiita pohjia, joissa on valmiiksi asennettuna tarvittavat osat. Myös asetukset voidaan määrittellä valmiiksi. Näitä pohjia on nopeaa kloonata uusiksi virtuaalipalvelimiksi. Samalla palvelimista tulee yhdenmukaisia, koska samasta pohjasta palvelimille määrittyvät samat asetukset ja tarvittavat työkalut. (VMWare 2011a, 4.)

Palvelinvirtualisointiympäristö tarjoaa myös mahdollisuuden uuteen ajattelumalliin. Ympäristön alustapalvelimet kerätään resurssipoleiksi, joissa kaikkien alustapalvelinten laiteresurssit ovat resurssipoolissa käytettävien virtuaalipalvelinten käy-

tössä. Virtualisointiympäristö osaa automaattisesti siirrellä virtuaalipalvelimia vähiten kuormitetuille alustapalvelimille. Jos resurssipoolin resurssit käyvät vähiin, voidaan pooliin lisätä uusia resursseja, ja kuorma jakautuu välittömästi uusien resurssien kanssa. Näin uudet resurssit tulevat välittömästi käyttöön. Tämä mahdollistaa myös sen, että palveluille ei tarvitse fyysisten palvelinten tapaan ennustaa tarpeita useaa vuotta eteenpäin. Virtuaalipalvelimille voidaan määritellä yhteisestä resurssipoolista lisää resursseja tarpeiden kasvaessa. Uusia resursseja, kuten keskusmuistia, levytilaa ja suorittimia voidaan lisätä jopa palvelimen ollessa päällä, jolloin loppukäyttäjille ei johdu operaatioista käyttökatkoksia. (Haletky 2011, 474–475.)

Virtuaalipalvelimia käyttämällä on mahdollista saada myös huomattavia lisenssisäästöjä Microsoftin palvelinlisenssien kanssa. Windows Server Enterprise -lisenssi mahdollistaa neljän virtuaalipalvelimen käytön samalla lisenssillä ja Windows Server Datacenter -lisenssi mahdollistaa rajoittamattoman määrän virtuaalipalvelimia samalla lisenssillä. Yhdellä alustapalvelimella voidaan ajaa jopa kymmeniä Windows-virtuaalipalvelimia, joten lisenssisäästöt ovat huomattavat. Tämän lisäksi voidaan käyttää laajemmat ominaisuudet omaavaa Enterprise-versiota fyysisillä palvelimilla normaalisti käytetyn Standard-version sijaan. (Microsoft 2011.)

### **2.3 Historia**

Virtualisoinnilla on yllättävän pitkä historia, aluksi osana mainframe-tietokoneita. Virtualisoinnista ideana puhuttiin ensimmäisen kerran jo 1950-luvun loppupuolella. Tällöin käytetty termi oli ajan jakaminen (Time Sharing). Ensimmäinen tietokone, jolla oli rajoitettuja virtualisointiominaisuuksia, oli vuonna 1964 julkaistu IBM System/360. Myöhemmin samana vuonna samalle tuotteelle julkaistiin vielä käyttöjärjestelmä: CP-sarjan ensimmäinen tuote, CP-40. CP-40:n yhteydessä mainittiin ensimmäisen kerran termit virtuaalikone ja virtuaalimuisti. (Marshall, Stephen & Jason, 2008 3–4.)

Molempien tuotteiden kehitys jatkui 1970-luvulle asti, uusien versioiden tuodessa uusia ominaisuuksia ja tehoa. Näiden tuotteiden myöhemmillä versioilla (esim. CP-67) oli mahdollista ensimmäistä kertaa laitteen resurssien esittämisen pienempinä kokonaisuuksina, itsenäisinä virtuaalikoneina. Käyttäjille voitiin tarjota selkeää ja hallittavissa oleva kokonaisuus, esimerkiksi sovellusalusta. (Marshall ym. 2008, 4.)

Vuonna 1974 Gerald Popek ja Robert Goldberg julkaisivat teoksen "Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures". Tätä teosta käytetään edelleen lähdeoteoksena ja teoksessa mainitaan mm. termi virtual machine monitor, jonka yleisempi nimi on hypervisor (Popek & Goldberg, 1974.). Hypervisorin taas perustuu koko nykyaikainen palvelinvirtualisointi. (Marshall ym. 2008, 4.)

Tämän julkaisun jälkeen alkoi virtuaalisoinnissa kuitenkin pitkä hiljainen aikakausi, joka loppui oikeastaan vasta 1990-luvun loppupuolella. Syynä tähän oli mm. se että organisaatiot alkoivat 1980- ja 1990-luvuilla ottamaan käyttöön halpoja ja hajautettuja henkilökohtaisia työasemia keskitetyn mainframe-mallin sijaan. Hajautettu ympäristö toi kuitenkin tullessaan uuden joukon haasteita, joita vastaamaan alettiin kehittää virtualisointiratkaisuja standardiksi muodostuneen x86-laitteiden päälle. (Marshall ym. 2008, 5.)

Vuonna 1998 perustettiin VMware-niminen yritys, ja seuraavana vuonna yritys julkaisi ensimmäisen tuotteensa nimeltä VMware Virtual Platform. Tämä oli ensimmäinen kaupallinen x86-virtualisointialusta. Tuote tunnetaan nykyään nimellä VMware Workstation ja se on tarkoitettu lähinnä työasemien päällä toteutettavaan virtualisointiin. (Marshall ym. 2008, 5.)

Vuonna 2000 VMware julkaisi ensimmäisen palvelimille tarkoitetun tuotteensa VMware GSX Serverin. GSX:n toteutustapa on edelleen isäntäpohjainen, mutta seuraavana vuonna julkaistiin VMware ESX Server, joka toimii oman hypervisorin avulla. Molemmat tuotteet ovat edelleen kehityksessä. VMware GSX Server tunnetaan nimellä VMware Server ja se on nykyään ilmainen tuote. VMware ESX Server on nykyään osa VMware Virtual Infrastructure -tuotekokonaisuutta ja sen uusi nimi on vSphere. (Marshall ym. 2008, 5.)

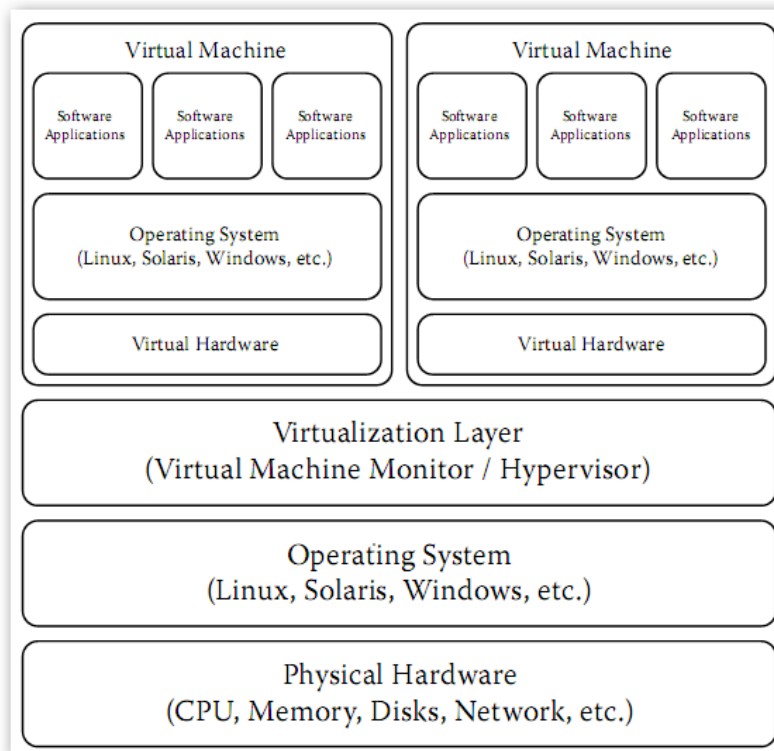
VMware sai 2000-luvulla kilpailijoita, kun Microsoft julkaisi VMwaren kanssa samassa järjestyksessä omat tuotteensa. Ensin työasemapohjaiseen virtualisointiin julkaistiin vuonna 2004 Microsoft Virtual PC, palvelinpohjaiseen virtualisointiin vuonna 2005 Microsoft Virtual Server 2005 ja hypervisor virtualisointiin vuonna 2008 Hyper-V. Toinen VMwaren merkittävä kilpailija on XEN, mutta VMwaren etumatka on säilynyt näihin päiviin asti monipuolisempien tuotteiden muodossa. (Marshall ym. 2008, 5–6.)

Virtualisoinnilla on siis yllättävän pitkä historia. Teknologia on täysin käyttökelpoista vaativiakin palvelintarpeita mietittäessä. Lisäksi tässä työssä käytettävä VMware ESX -hypervisor on ollut saatavilla eri versioina jo kymmenen vuotta.

#### **2.4 Isäntäpohjainen virtualisointi**

Isäntäpohjaisella virtualisoinnilla tarkoitetaan ratkaisua, jossa perinteisen käyttöjärjestelmän (esimerkiksi Windows tai Linux) päällä toimii sovellus, joka tarjoaa virtualisointikerroksen virtuaalikoneille. Kuvion 4 mukaisesti virtualisovelluksen päällä voi toimia useampi virtuaalikone eri käyttöjärjestelmin ja sovelluksin. Jokaisella virtuaalikoneella on oma virtuaalilaitteistonsa. (Marshall ym. 2008, 8.)





Kuvio 4. Isäntäpohjaisen virtualisoinnin kuvaus.  
(Marshall ym. 2008, 9.)

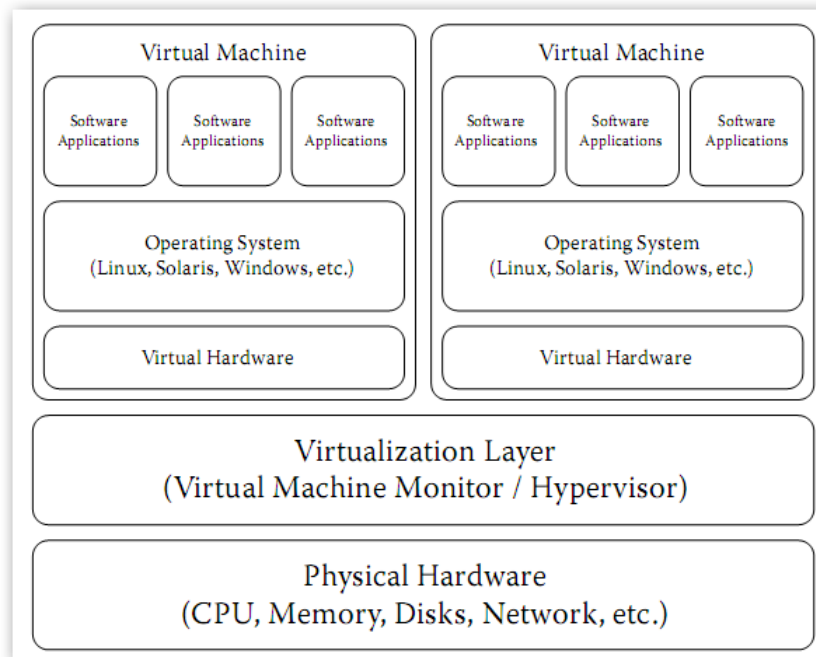
Isäntäpohjaisesta virtualisoinnista puhutaan myös tyypin 2 hypervisorratkaisuna. Isäntäpohjaisen virtualisoinnin heikkouksena on se, että kaikki virtuaalikoneiden I/O-liikenne liikkuu isäntäkäyttäjärjestelmän läpi. Tässä prosessissa menetetään osa tehosta. (Tulloch 2009, 26.)

Esimerkkejä isäntäpohjaisen virtualisoinnin ratkaisuista ovat työasemapuolella VMware Workstation ja Microsoft Virtual PC. Palvelinpuolella ratkaisut ovat jäämässä vähemmälle käytölle hypervisor-virtualisoinnin tieltä, mutta ratkaisuja on mm. VMware Server ja Microsoft Virtual Server 2005 R2. (Marshall ym. 2008, 8.)

## 2.5 Hypervisor-virtualisointi

Hypervisor-virtualisoinnilla (voidaan kutsua myös bare metal hypervisoriksi tai täydeksi virtualisoinniksi) tarkoitetaan ratkaisua, jossa virtualisointikerros on suoraan laitteiston päällä. Kuvion 5 mukaisesti virtualisointikerroksen päällä voivat toimia

itsenäiset virtuaalikoneet, joilla on oma virtuaalilaitteistonsa, käyttöjärjestelmänsä ja sovelluksensa. (Marshall ym. 2008, 8–9.)

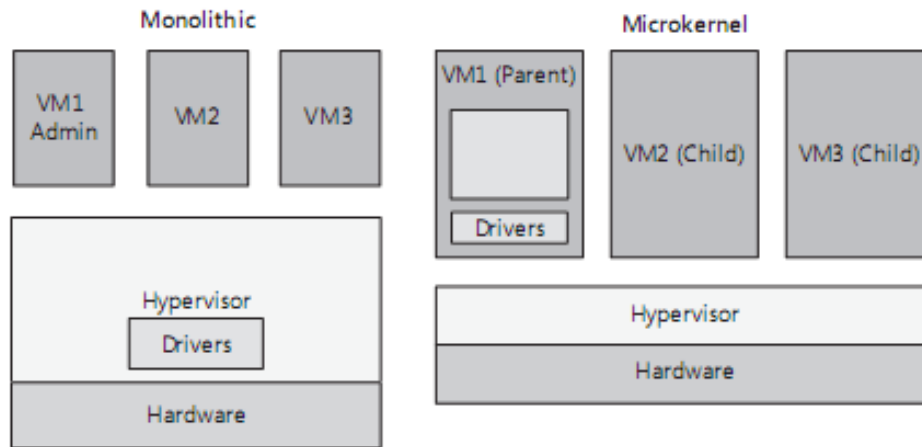


Kuvio 5. Hypervisor-virtualisoinnin kuvaus.  
(Marshall ym. 2008, 10.)

Hypervisor-virtualisoinnista puhutaan myös tyypin 1 hypervisorratkaisuna. Koska virtualisointikerros voi toimia suoraan laitteiston päällä, ilman isäntäkäyttöjärjestelmää, tarjoaa hypervisor-virtualisointi yleisesti ottaen parhaan suorituskyvyn ja tietoturvan. (Tulloch 2009, 25.)

Hypervisor-virtualisoinnista on vielä kaksi eri toteutustapaa. Monoliittinen hypervisor tarkoittaa kuvion 6 mukaisesti ratkaisua, jossa hypervisortietoiset ajurit ovat mukana suoraan hypervisorin sisällä. Koska ajurit ovat hypervisorin sisällä, ne on voitu kehittää toimimaan optimoidusti virtualisoinnin kanssa. Toisaalta tämä taas rajaa rautakokoonpanoja, joiden kanssa hypervisor toimii. Esimerkki monoliittisestä hypervisorratkaisusta on VMware ESX. Toinen hypervisor-virtualisoinnin ratkaisu on mikroydinpohjainen ratkaisu, jossa kuvion 6 mukaisesti laiteajurit tulevat virtualisointikerroksen päällä olevan isäntäosion kautta. Virtuaalikoneet ovat yhteydessä fyysiseen laitteistoon tämän isäntäosion läpi, joten monoliittiseen hypervisor-virtualisointiin verrattuna menetetään hieman tehosta. Etuna taas on laajem-

pi ajurituki esimerkiksi Windows 2008 Serverin myötä. Esimerkki monoliittisestä hypervisorratkaisusta on Microsoftin Hyper-V. (Tulloch 2009, 26–29.)

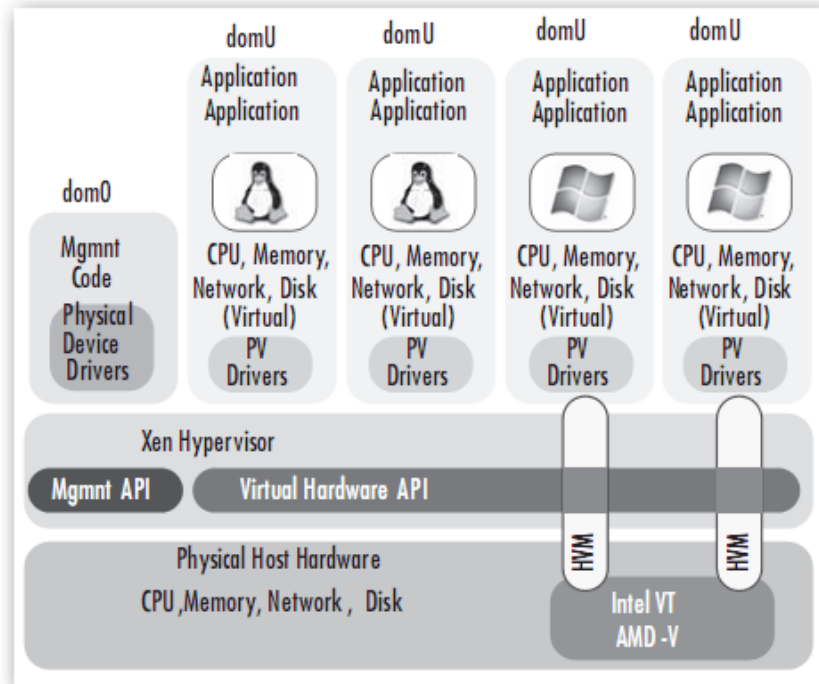


Kuvio 6. Monoliittisen ja mikroydinhypervisorin erot. (Tulloch 2009, 27–28.)

Mikroydinhypervisorin ajurit on suunniteltu erityisesti virtualisointia varten. Tällä saavutetaan tehoeroja ja vakautta. Ajurituki on kyllä rajoitetumpi, mutta toisaalta ajurit ovat valmiina eikä niitä tarvitse erikseen asentaa. Nämä asiat huomioiden VMware ESX:llä on etu kun ratkaisua verrataan esimerkiksi Microsoftin Hyper-V:hen.

## 2.6 Rinnakkaisvirtualisointi

Kolmas virtualisoinnin muoto on rinnakkaisvirtualisointi. Sen sijaan että muutettaisiin virtualisointialustaa, rinnakkaisvirtualisoinnissa muutetaan käyttöjärjestelmiä tukemaan virtualisointia. Tällöin virtuaalikoneet tietävät olevansa virtuaaliympäristössä ja näin virtuaalikoneilla päästään lähemmäksi fyysisen laitteiston tehokkyä. Ongelmana taas on se, että tukea ei löydy kuin tietyiltä Linux-käyttöjärjestelmiltä. Tätä ratkaisua käyttää mm. Citrixin XenServer. Kuviossa on 7 on kuvattu paravirtualisointia Xenin kanssa. Kuviossa näkyy kuinka isäntäkäyttöjärjestelmässä (dom0) on käytössä fyysisen alustan ajurit. (Marshall ym. 2006, 680.)



Kuvio 7. Rinnakkaisvirtualisoinnin kuvaus.  
(Rule & Dittner 2007, 431.)

Rinnakkaisvirtualisointia voidaan käyttää myös tietyillä laitteilla, esimerkiksi "VMware Accelerated Ethernet Adapter" on rinnakkaisvirtualisoitu laite ja näin tietoinen siitä että se on virtuaaliympäristössä. Tämän avulla laite toimii nopeammin ja tehokkaammin. (Marshall ym. 2008, 40.)

## 2.7 Tallennuksen virtualisointi

Tallennuksen virtualisoinnilla tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan sitä että useampi fyysinen kiintolevy näytetään alustalle yhtenä loogisena osiona esimerkiksi RAID-ryhmän kautta. Tekniikan avulla saavutetaan vikasietoisuutta ja tehoa. Asia voidaan myös kääntää, jolloin yksi fyysinen kiintolevy näkyy useampana loogisena osiona. Edistyneimpiä tallennusvirtualisoinnin tekniikoita on esimerkiksi deduplikointi, joka tarkoittaa sitä, että tieto on kirjoitettu vain yhteen kertaan, mutta siihen viitataan kahvoilla useammasta eri kohteesta. Tämän avulla saavutetaan suuria säästöjä levytilan käytön suhteen. (Rule & Dittner 2007, 24.)

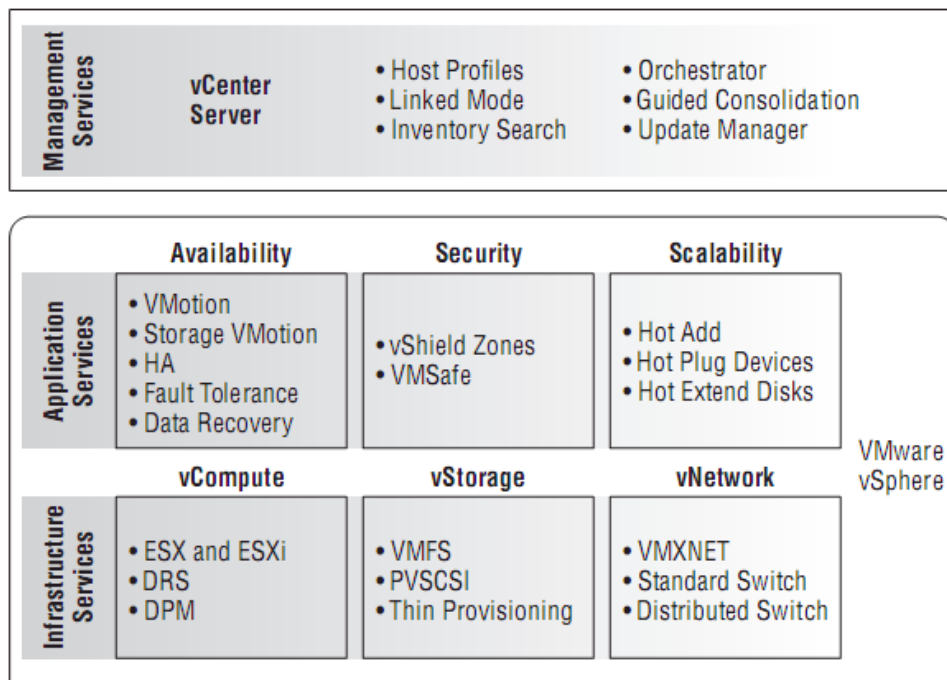
## 2.8 Verkon virtualisointi

Palvelinvirtualisoinnin kannalta tärkein verkonvirtualisointitekniikka on Virtual LAN (VLAN). VLAN on IEEE 802.1Q -standardissa ratifioitu tapa luoda itsenäisiä loogisia verkkoja jaetun fyysisen verkon sisällä. Koska palvelinvirtualisoinnissa käytettävän fyysisen alustapalvelimen sisällä voi olla useita virtuaalisia palvelimia, jotka ovat kiinni useammassa eri loogisessa verkossa, säästetään VLAN:en avulla fyysisten kaapelien määrässä. (Rule & Dittner 2007, 25.)

### 3 VSPHERE-TUOTEPAKETIN ESITTELY

VMware kutsuu virtualisointituoteperhettään VMware vSphere 4:ksi. Tuoteperhe on kokoelma teknologioita ja tuotteita, joiden avulla voidaan suorittaa täydellistä virtualisointia x86-arkkitehtuurin laitteilla. Tässä luvussa esitellään tuoteperheen osat VMwaren oman jaon mukaan. Koska tuoteperhe on niin suuri, keskitytään tässä työn kannalta oleellisten tuotteiden- ja teknologioiden esittelyyn. (Windom, Gaidhani & Fontana 2011, 2.)

Kuviossa 8 kuvataan vSphere-tuoteperhe jaettuna infrastruktuuri-, sovellus- ja hallintapalveluihin. Näiden jaotteluiden sisällä on vielä tarkemmat jaottelut ja itse tuotteet ja teknologiat. Kaksi tärkeintä tuotetta ovat itse hypervisor VMware ESX tai ESXi sekä hallinnan- ja lisäpalvelut mahdollistava VMware vCenter Server. Muut esitellyt ratkaisut ovat teknologioita, jotka toimivat näiden tuotteiden osina. (Windom ym. 2011, 2.)



Kuvio 8. vSphere-paketin osat.  
(Windom ym. 2011, 2.)

### 3.1 Infrastruktuuripalvelut

Infrastruktuuripalvelut muodostavat vSphere-tuotteiden perustan. Niiden tarkoituksena on mahdollista x86-arkkitehtuurin palvelimien resurssien virtualisointi virtuaalikonetta varten. Infrastruktuuripalvelut jaetaan laskentatehoon liittyviin vCompute-ratkaisuihin, tallennustilaan liittyviin vStorage-ratkaisuihin ja verkkoliikenteen vNetwork-ratkaisuihin. (Windom ym. 2011, 1.)

#### 3.1.1 vCompute-ratkaisut

VMwaren vCompute-ratkaisuilla virtualisoidaan fyysisten palvelinten suoritin- ja keskusmuistiresurssit. VMware vComputen tärkein osa on itse hypervisor, eli VMware ESX. VMware ESX on tyypin 1 hypervisor, eli se toimii suoraan fyysisen laitteiston päällä ja sillä on suora pääsy palvelinten resursseihin. VMware ESX:n kaksi komponenttia ovat VMkernel ja Service Console. VMkernel hallitsee virtuaalikonien pääsyä fyysisen palvelimen resursseihin vuorottelemalla niiden käyttöä. Service Consolella tehdään ESX:n hallinta. Service Console on muokattu Linux-jakelu, joka tarjoaa perinteisten käyttöjärjestelmien palveluja, kuten palomuurin, SNMP-agentit ja web-palvelun. (Lowe 2009, 2.)

VMware ESX:ää on kolmena erilaisena versiona. VMware ESX on perinteinen ratkaisu, jossa on mukana Service Console. Uudempi ratkaisu on VMware ESXi, jota löytyy installable, eli palvelimelle asennettavana versiona ja embedded, eli jollekin erilliselle medialle, kuten muistitikulle tai muulle flash-muistille valmiiksi asennettuna versiona. ESXi:ssä on sama VMkernel, mutta se asentuu ilman Service Consolea. ESXi on täten kevyempi koska siitä on riisuttu pois kaikki tarpeeton, jolloin hyökkäysrajapintaa on saatu pienennettyä ja tuotteesta on täten saatu turvallisempi. Perinteinen ESX mahdollistaa jonkin verran enemmän hallittavuutta ja ominaisuuksia, mutta se on poisjäämässä oleva versio. ESXi on muutenkin yksinkertaisempi ratkaisu, koska sen ylläpitoon ei tarvitse osata Linuxin käyttöä. Lisäksi ESXi:n pystyy asentamaan ilman palvelimen sisäisiä kiintolevyjä, jolloin virtuaalipalvelimet käyttävät keskitettyä levyjärjestelmää. Tämä laskee fyysisten palvelin-

ten ostokustannuksia, koska sisäisiä levyohjaimia ei tarvita. Kokonaiskustannusten ja yksinkertaisuuden vuoksi Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä päädyttiin käyttämään ainoastaan VMware ESXi:tä. (Lowe 2009, 2–3.)

VMware ESX ja ESXi tarjoavat virtualisointia kolmella eri teknologialla: binäärikäännöksellä (binary translation), laitteisto-avustetulla virtualisoinnilla (hardware assisted virtualization) ja paravirtualisoinnilla (paravirtualization). Binäärikäännös mahdollistaa prosessorien, joita ei ole suunniteltu virtualisointimielessä, toimimaan virtualisointialustoina kääntämällä suorittimien rajoitetut (privileged) käskyt turvallisiksi (safe) käskyiksi. Laitteisto-avustettu virtualisointi tarjoaa uudempien prosessorien kanssa edistyneitä suorittimien ja muistin hallintaominaisuuksia. Uusien prosessorien myötä laitteisto-avustettu virtualisointi on tehokkaampaa kuin binäärikäännös, joten se on VMware ESX:n ja ESXi:n oletusteknologia. Paravirtualisointi-kin on tuettu, mutta sen käyttö rajoittuu sitä hyödyntävien käyttöjärjestelmien käyttöön. (Windom ym. 2011, 3–4.)

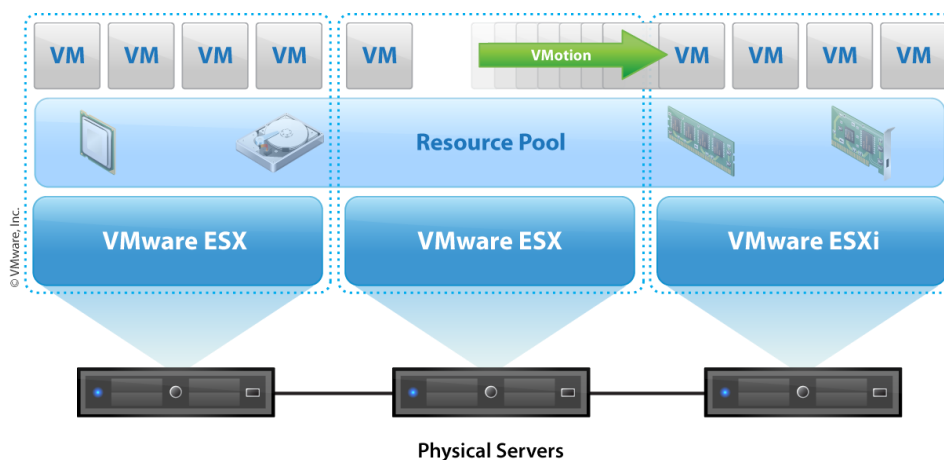
Suorittimenvuorottelija (scheduler) mahdollistaa VMware ESX:n tehokkaasti käyttää useampaa virtuaalikonetta kerralla. Vuorottelija mahdollistaa myös virtuaalisuorittimien yllälokkoinnin, mikä tarkoittaa sitä, että virtuaalisuorittimia voi olla enemmän kuin fyysisiä ytimiä itse alustapalvelimella. Oletuksena kaikilla suorittimilla on tasa-arvoinen asema, mutta suoritinresursseja voidaan varata, rajoittaa ja priorisoida. Työn pohjalta kertyneiden kokemusten perusteella voidaan sanoa, että suorinteho ei yleensä lopu fyysisiltä palvelimilta ensimmäisenä. Tämän vuoksi se ei ole ensimmäinen tehon pullonkaula. Yksittäisillä virtuaalipalvelimilla voi kuitenkin hetkittäin olla suuria tehotarpeita, joten suorittimenvuorottelijan täytyy toimia tehokkaasti (Windom ym. 2011, 5–6.)

Muistihallintaan VMware vSphere tarjoaa useita eri teknologioita. Kuten suorittimiakin, voidaan virtuaalipalvelimille määritellyä keskusmuistia yllälokkoida (memory over-commitment). Läpinäkyvällä muistijakamisella (transparent page sharing) voidaan jakaa yhtenäisiä muistisivuja usealle virtuaalipalvelimelle. Esimerkiksi samaa versiota olevat Windows-palvelimet sisältävät useita yhtenäisiä muistisivuja, jolloin muistin jakamisella nämä voidaan jakaa ja keskusmuistissa säilytetään vain



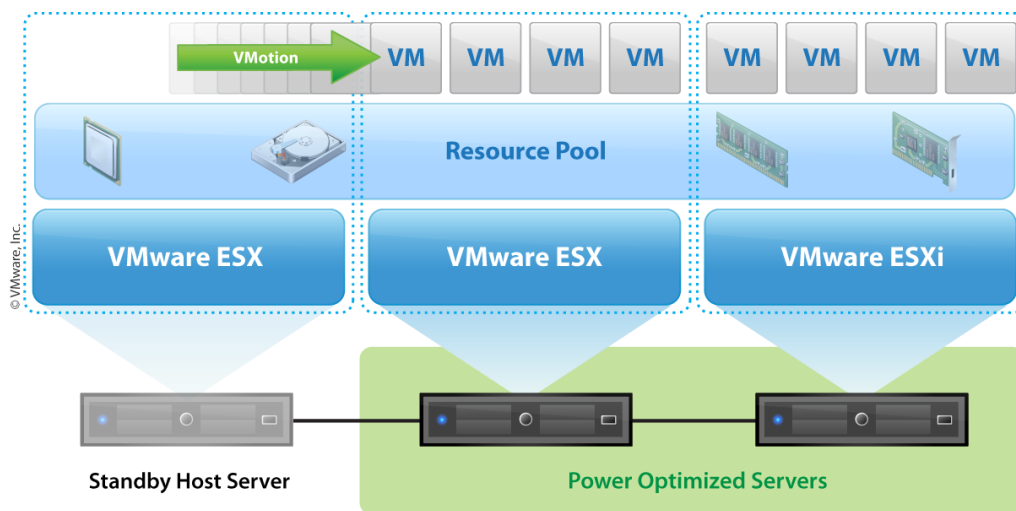
yksi kopio samasta tiedosta. Muistin pullistelulla (memory ballooning) taas pyritään ilmapallon tyhjäyksen lailla palauttamaan virtuaalipalvelimen käyttämätöntä muistia muille sitä enemmän tarvitseville palvelimille. Uusimpien prosessorien kanssa vSpheren voi hyödyntää suurempia muistisivuja. Tästä on hyötyä erityissovelluksissa, kuten tietokantapalvelimissa. Työssä kertyneiden kokemusten perusteella voidaan sanoa että virtualisoinnissa keskusmuisti tulee nopeasti pullonkaulaksi mietittäessä kuinka montaa palvelinta voidaan yhdellä alustalla käyttää. VMwaren teknologioiden avulla voidaan yhdellä alustalla käyttää useampaa virtuaalipalvelinta, täten säästään kustannuksissa. (Windom ym. 2011, 6.)

Kuviossa 9 kuvattu VMware DRS (Distributed Resource Scheduler) mahdollistaa vSpheren resurssien vuorottelun. Useasta ESX-alustasta tehdään klustereita, joiden resursseista luodaan pooleja. Pooleille määritellään sopivat varaus, minimi, maksimi ja prioriteettiarvot. VMware DRS jakaa ESX-palvelimen sisällä näitä resursseja dynaamisesti. Lisäksi VMware DRS käynnistää virtuaalipalvelimen automaattisesti sopivimmalla alustalla, eli sillä jolla on vähiten kuormitusta. Myöhemmin esiteltävän VMware Vmotion avulla voidaan myös ajon aikana siirrellä virtuaalipalvelimia raskaasti kuormitetuilta alustoilta vähemmän kuormitetuille alustoille joko manuaalisesti hyväksymällä ehdotukset tai täysin automaattisesti. VMware DRS on Seinäjoen koulutuskuntayhtymän ympäristössä aktiivikäytössä, joten virtuaalipalvelimet siirtyilevät täysin automaattisesti alustalta toiselle alustapalvelimen kuormitusten mukaan. (Windom ym. 2011, 8–9.)



Kuvio 9. VMware DRS toiminta.  
(VMware 2011d.)

Kuviossa 10 kuvattu VMware DPM (Distributed Power Management) mahdollistaa virtualisointialustojen automaattista virranhallintaa. Käytännössä järjestelmä siirtlee virtuaalipalvelimet tietyille alustoille ja sammuttaa alustat, jos niillä ei ole käytössä aktiivisia virtuaalipalvelimia. Kuormituksen lisääntyessä järjestelmä tarpeen mukaan käynnistelee alustapalvelimet takaisin päälle, jolloin virtuaalikoneiden kuorma voidaan jakaa tasaisemmin. VMware DPM ei ainakaan toistaiseksi ole käytössä Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä. (Windom ym. 2011, 10.)



Kuvio 10. VMware DPM:in toiminta.  
(VMware 2011d.)

### 3.1.2 vStorage-ratkaisut

VMware vStorage -ratkaisulla hallitaan virtuaalikoneiden levykäyttöä. Oleellisin teknologia on VMFS-tiedostojärjestelmä (Virtual Machine File System). VMFS on VMwaren erityisesti virtualisointiin suunnittelema klusterointia tukeva tiedostojärjestelmä. Sen avulla useat alustapalvelimet voivat yhtäaikaaisesti käyttää yhteistä levy pintaa, joka on jaettu keskitetystä levyjärjestelmästä. VMFS:n toimintaan perustuu moni muukin yhtäaikaaisuutta vaativa teknologia, kuten aiemmin esitelty DRS ja myöhemmin esiteltävä Vmotion. Virtuaalikoneet ovat itse asiassa tiedostojärjestelmässä olevia tiedostoja. Eri virtuaalikoneiden tiedostoja ovat mm. virtuaalikoneen näkemät kiintolevyt ja asetustiedostot. Virtuaalikoneen tiedostotyyppit on esitelty tarkemmin taulukossa 2. VMFS tarjoaa käyttöliittymän sen tukemille levyjärjestelmille, kuten valokuitua käyttävälle Fibre Channelille ja normaalia verkkoa

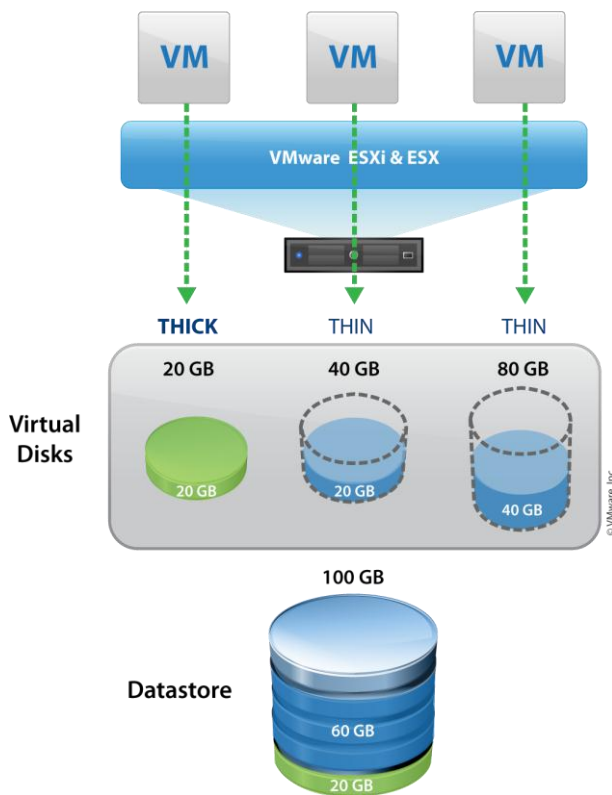
käyttävälle iSCSI:lle. Levyjärjestelmän tyyppi on piilotettu, jolloin hallinta helpottuu. (Windom ym. 2011, 11.)

Taulukko 2. VMware-virtuaalikoneen tiedostotyypit. (Lowe 2009, 272–273.)

Tiedostotyyppi	Tiedoston tarkoitus
<b>.vmx</b>	Virtuaalikoneen asetustiedosto.
<b>.vmx.lck</b>	Virtuaalikoneen asetustiedosto, joka on lukittu koneen käynnistymisen jälkeen, joten siihen ei voi tehdä muutoksia.
<b>.nvram</b>	Virtuaalikoneen BIOS:in asetukset.
<b>.vmdk</b>	Virtuaalikoneen kiintolevy.
<b>-000#.vmdk</b>	Virtuaalilevystä otettu tilannekuva.
<b>.vmsd</b>	Hakemisto virtuaalikoneen tilannekuvaan.
<b>.vmem</b>	Virtuaalikoneen muisti joka on yhdistetty tiedostoon koneen ollessa päällä.
<b>.vmss</b>	Virtuaalikoneen lepotilan liittyvät tiedostot.
<b>-Snapshot#.vmsn</b>	Tilannekuvaan keskusmuistitiedostot.
<b>.vswp</b>	Virtuaalikoneen swap-tiedostot.

VMware vSpherstä löytyy aiempiin versioihin verrattuna uutena ominaisuutena virtuaalilevyjen ohutprovisointi (virtual disk thin provisioning). Tämä tarkoittaa sitä, että virtuaalilevyjen tiedostot vievät tallennusjärjestelmästä vain niin paljon tilaa kuin virtuaalikone oikeasti tarvitsee. Virtuaalilevyn koon kasvaessa sille varataan uutta tilaa yhden megatavun osissa. Huomioitavaa on, että koko ei automaattisesti pienene, jos palvelimen tilatarve vähenee. Myöhemmin esiteltävällä Storage Vmotionilla voidaan kuitenkin tämäkin asia kiertää. Virtuaalilevyjen ohutprovisoinnilla on huomattava merkitys Seinäjoen koulutuskuntayhtymän vSphere-ympäristöön. Koska tilaa kuluu levyjärjestelmästä oikeasti vain niin paljon kuin sitä tarvitaan, voidaan virtuaalipalvelimia ottaa käyttöön paljon enemmän. Kuviossa 11 on kuvattu esimerkki, jossa on kolme virtuaalikonetta, joiden levykoot ovat 20, 40 ja 80 gigatavua. Kaksi viimeistä kiintolevyä on ohutprovisoitu, joten tilaa tarvitaan vain oikeasti viety tila (20 ja 40 gigatavua). Täten kaikki kolme virtuaalikonetta mahtuvat 100 gigatavun kiintolevylle, vaikka virtuaalikoneille oikeasti on luvattu tilaa 160 gigatavua. Virtuaalilevyjen ohutprovisoinnista ei myöskään ole huomattavissa ole-

vaa teho vaikutusta, joten se on Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä käytössä lähes kaikissa virtuaalilevyissä. (Windom ym. 2011, 12.)



Kuvio 11. VMware Thin Provisioning:in toiminta. (VMware 2011d.)

VMware vStorage -ratkaisuihin kuuluu myös VMware PVSCSI (Paravirtualized SCSI) -levyohjain, kolmansille osapuolille tarjottavat API-rajapinnat ja VMDirect-path I/O for Storage -ominaisuus. PVSCSI-levyohjain tarjoaa paljon I/O:ta tarvitseville virtuaalipalvelimille optimoidun levyohjaimen. Koska ohjainta suositellaan vain sellaisille virtuaalipalvelimille, joilla I/O-tarpeet ovat suuret, ei sitä Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä käytetä. API-rajapinnat tarjotaan levyjärjestelmävalmistajille, jotta he voisivat tehdä omat versionsa vikasietoisuutta ja kuormantasausta tukeville levyjärjestelmille. Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä EMC:n levyjärjestelmä tukisi näitä ominaisuuksia, mutta tämän lisäosan hankintakustannukset ovat niin suuret, että sen hankintaa ei ole katsottu tarpeelliseksi. VMDirectpath I/O for Storage -ominaisuus mahdollistaa yhdelle virtuaalikoneelle suoran pääsyn levyjärjestelmän kiintolevyille. Samalla kuitenkin menetetään virtualisoinniin tuomat hyödyt vikasietoisuudessa ja joustavuudessa. Lisäksi ominaisuus on tarkoitettu ainoas-

taan erittäin paljon I/O:ta tarvitseville palvelimille, joten sitä ei Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä ainakaan toistaiseksi käytetä. (Windom ym. 2011, 13–15.)

### 3.1.3 vNetwork-ratkaisut

VMware vNetwork -ratkaisuihin kuuluu virtuaalikoneiden virtuaaliset verkkokortit sekä virtuaaliset kytkimet. Virtuaalisia verkkokortteja on kolmea erilaista; AMD Lance PCNet32, Intel E1000 ja paravirtualisoitu VMXNET3. Virtuaaliset verkkokortit tarjoavat täyden tuen virtualisointia varten, virtuaalikoneet näkevät verkkokortit kuten minkä tahansa verkkokortin. Käytettävä verkkokortti riippuu käyttöjärjestelmästä. AMD Lance PCNet32 tukee vanhempiakin käyttöjärjestelmiä, Intel E1000 on tehokkaampi ja yleisemmin käytössä oleva verkkokortti, kun taas VMXNET3 on erikoistarpeisiin. Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä käytetään melkein poikkeuksetta Intel E1000 -ohjainta, koska se toimii hyvin Windows-käyttöjärjestelmien kanssa. (Windom ym. 2011, 16.)

Virtuaaliset verkkokortit liitetään ESX-isäntäkoneissa oleviin virtuaalikytkimiin. Tällöin virtuaalikoneet voivat liikennöidä yhden ESX-isäntäkoneen sisällä. Jotta liikenne maailmalle onnistuisi, samoihin virtuaalikytkimiin liitetään myös alustapalvelimien fyysiset verkkokortit. Virtuaalikytkimet ovat perustoiminnoiltaan identtisiä fyysisten layer 2 -tason kytkinten kanssa. Niissä on tuki samoille protokollille, kuten virtuaalisille verkoille, eli VLAN:lle. Virtuaalikytkimiin voidaan liittää useampi fyysinen verkkokortti kuormantasausta ja vikasietoisuutta varten. (Windom ym. 2011, 16–17.)

Verkkoliikennettä on kahta erilaista: itse virtuaalipalvelimille tarkoitettu verkkoliikenne ja erikseen VMkernel-palveluille tarkoitettu verkkoliikenne. VMkernel-palveluihin kuuluu mm. iSCSI-yhteydet levyjärjestelmiin ja myöhemmin esiteltävien VMwaren teknologioiden, kuten Vmotionin ja Fault Tolerancen liikenne. VLAN-tuen avulla saman fyysisen verkkokortin kautta voi kulkea useamman aliverkon liikenne. Täten samaan virtuaaliseen kytkimeen voidaan liittää kaikki tarvittavat aliverkot. Toiminnallisesti tämä toteutetaan virtuaalikytkimin luotavilla verkkopor-

teilla ja verkkoporttiryhmillä. Yhdestä verkkoporttiryhmästä on yhteys esimerkiksi yhteisen julkisen verkon C-luokkaan. (Windom ym. 2011, 16–17.)

Virtuaalikytkimiä on kolme erilaista: perinteinen Standard Switch, edistyneempi Distributed Switch ja täysin ominaisuuksiltaan fyysistä kytkintä vastaava Cisco Nexus V1000. Standard Switch on ESX-alustakohtainen kytkin. Edistyneempi Distributed Switch tukee useamman ESX-alustan liittämistä samaan virtuaaliseen kytkimeen. Etuina ovat keskitetty hallittavuus ja jotkin edistyneemmät ominaisuudet. Täysin fyysistä kytkintä vastaava Ciscon Nexus V1000 on erikseen hankittava virtuaalikytkin. Siinä on mm. Ciscon verkkolaitteista tuttu komentokehote. Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä käytetään toistaiseksi vain perinteisiä Standard Switchejä. (Windom ym. 2011, 16–19.)

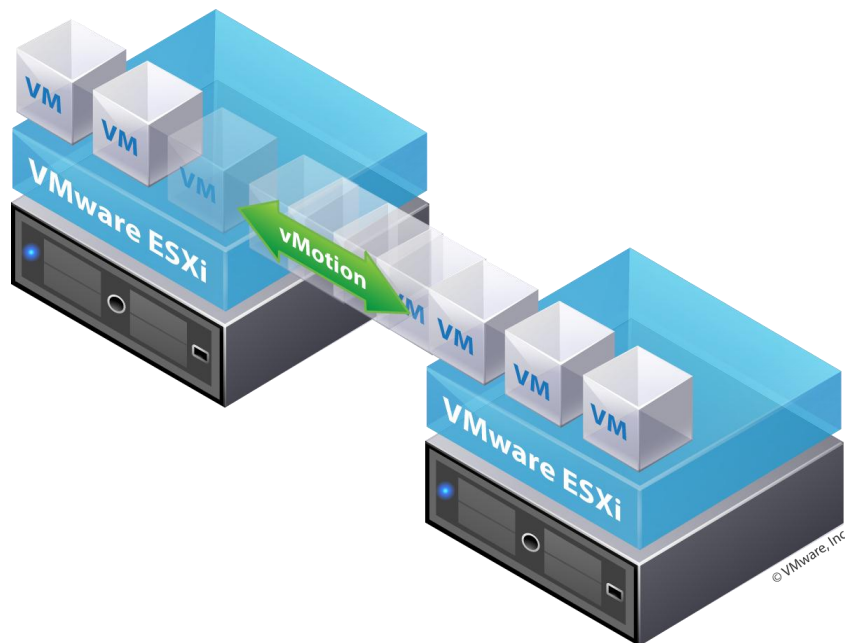
## **3.2 Sovelluspalvelut**

VMware vSphere -tuoteperheen sovelluspalvelut jaetaan käytettävyyteen, tietoturvaan ja skaalautuvuuteen. Sovelluspalvelut koostuvat kokoelmasta VMwaren teknologioita, joiden avulla virtualisoinnin avulla voidaan palvelinten käyttöasteita ja tietoturvaa parantaa sekä käyttöönottoja ja hallintaa helpottaa. (Windom ym. 2011, 19.)

### **3.2.1 Käytettävyys**

VMwaren käytettävyysratkaisujen kannalta tärkein teknologia on VMware Vmotion. Kuviossa 12 kuvattu Vmotion on livemigraatiotekniikka, joka tarkoittaa sitä että virtuaalipalvelin voidaan siirtää ajonaikaisesti, ilman loppukäyttäjille näkyvää käyttökatoa, ESX-alustapalvelimelta toiselle. Teknologia perustuu siihen että ESX-alustapalvelimet näkevät saman VMFS-levyjärjestelmän levypinnan. Alustapalvelimilla tulee myös olla yhteydet samoihin verkkoihin, ja fyysisten palvelinten laitekokoonpano ei saa olla liian erilainen. Tässä täytyy huomioida erityisesti alustapalvelinten prosessorit. VMware Vmotion tapahtuu kopioimalla virtuaalipalvelimen

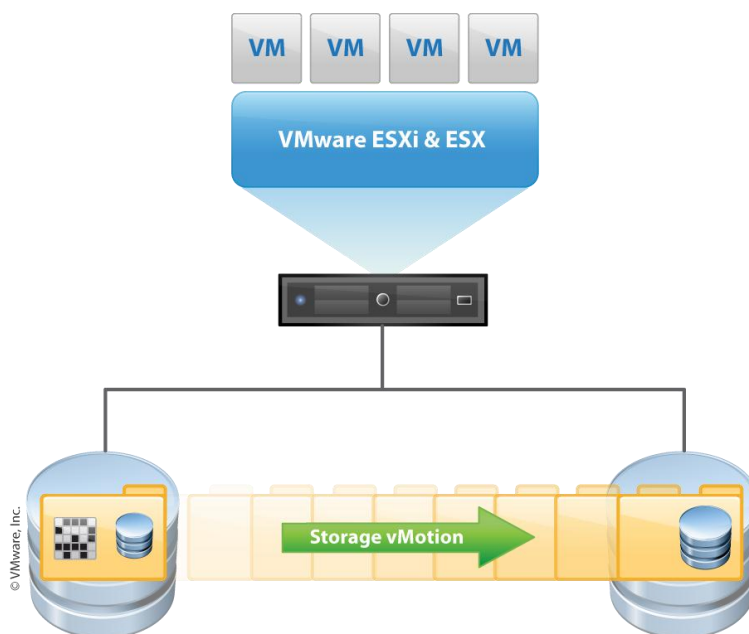
keskusmuistin tilanne omaa verkkolinkkiä pitkin. Virtuaalipalvelimen keskusmuisti ja muu tilanne kopioidaan aluksi kertaalleen, jonka jälkeen ensimmäisen kopioinnin jälkeen tapahtuneet muutokset kopioidaan uudelleen. Kopiointeja jatketaan ja jokaisella kierroksella kopioitavan muistin määrä pienenee, kunnes virtuaalipalvelin voidaan siirtää kokonaan uuden alustapalvelimen alaisuuteen. Virtuaalipalvelin pysyy lähdepalvelimen hallussa kunnes operaatio on valmis. Jos operaatio jostain syystä epäonnistuu, jää virtuaalikone lähdepalvelimen alaisuuteen. Prosessiin kuuluu myös kytkimille tapahtuva päivitysilmoitus, jolloin niiden ARP-taulut päivittyvät. VMware Vmotion on erittäin tärkeä teknologia, sillä moni muu VMwaren teknologia nojautuu siihen täysin. VMware Vmotion on Seinäjoen koulutus kuntayhtymässä päivittäisessä käytössä esimerkiksi DRS:n avulla tapahtuvan automaattisen alustapalvelimien kuormantasauksen kanssa. (Lowe 2009, 6–7.)



Kuvio 12. VMware Vmotionin toiminta (VMware 2011d.)

Kuviossa 13 kuvattu VMware Storage Vmotion tekee tallennusjärjestelmille saman kuin perus-Vmotion alustapalvelimille. Sillä voidaan siirtää ajonaikaisesti, ilman käyttökatkoa, virtuaalikoneen kiintolevyt toiselle LUN:lle, joko samassa levyjärjestelmässä tai kokonaan eri levyjärjestelmässä. Vmotion toimii Fibre Channel-, iSCSI- ja NFS-levyjärjestelmien kanssa ja operaation pystyy tekemään myös näiden välillä. Kiintolevytyypillä ei myöskään ole väliä, joten tarpeen mukaan virtuaaliko-

neen voi siirtää halvemmalle, mutta ei yhtä tehokkaalle kiintolevyille tai toisinpäin. Storage Vmotion mahdollistaa myös virtuaalilevyjen ohutprovisioinnin käyttöönoton ajonaikaisesti. Täten aiemmin täyden määritellyn koon vienyt virtuaalilevy voidaan muuttaa viemään tilaa vain niin paljon kuin se oikeasti tarvitsee. Storage Vmotion on ollut Seinäjoen koulutuskuntayhtymällä erittäin tärkeä työkalu. Sen avulla on esimerkiksi siirretty ajonaikaisesti virtuaalikoneet vanhasta ja poistuvasta levyjärjestelmästä uuteen levyjärjestelmään. Sen avulla on voitu myös siirtyä käyttämään ohutprovisoituja kiintolevyjä, täten nostattaen virtuaalikoneiden määrää. (Lowe 2009, 6–7.)

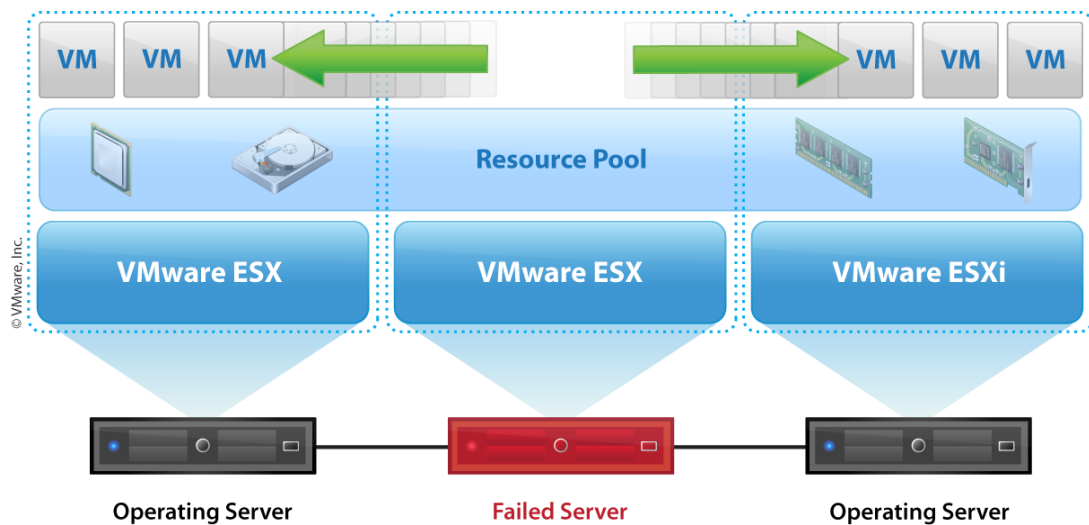


Kuvio 13. VMware Storage vMotionin toiminta. (VMware 2011d.)

Kuviossa 14 kuvattu VMware HA (High Availability) on korkean käytettävyyden mahdollistava teknologia. Ratkaisu toimii niin, että ESX-alustapalvelinten tilaa seurataan jatkuvasti. Jos alustapalvelimille tapahtuu jotain, siirretään sen käyttämät virtuaalikoneet toiselle alustapalvelimelle ja käynnistetään ne siellä. Tämän avulla usean palvelimen sisältävä klusteri on vikasietoinen alustapalvelinten rikkoutumisia vastaan. Ongelmatapauksessa käyttökatkokseksi tulee ainoastaan virtuaalikoneen käynnistymisaika. VMware HA on yksinkertainen klusterointiratkaisu ja se onkin käytössä kaikilla klusteroiduilla Seinäjoen koulutuskuntayhtymän ESX-

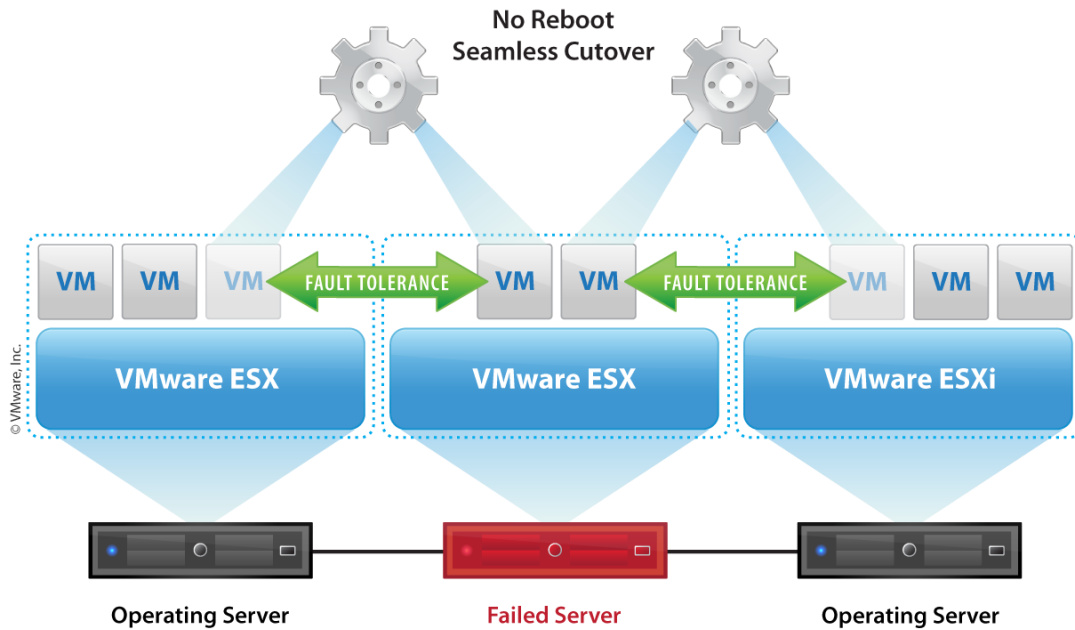


alustapalvelimilla. Varsinaista rikkoutumista ei ole koskaan tapahtunut, mutta teknologia toimivuus on testattu testiympäristössä. (Lowe 2009, 6–7.)



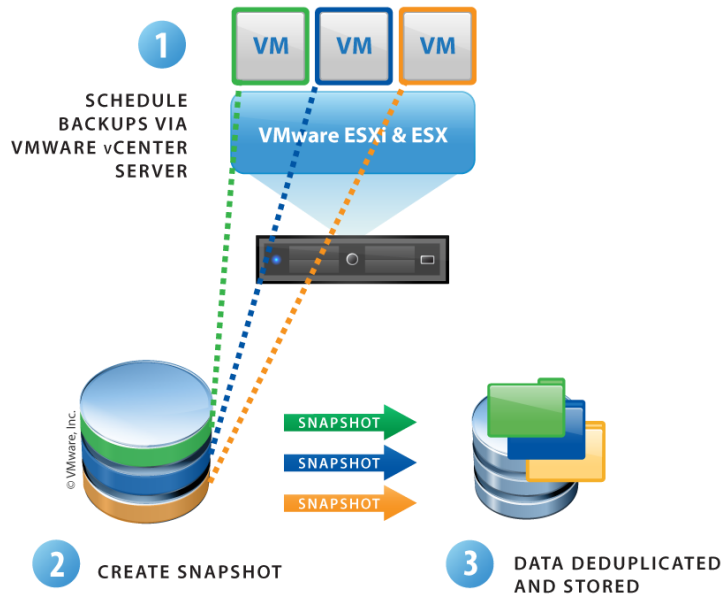
Kuvio 14. VMware HA:n toiminta.  
(VMware 2011d.)

Kuviossa 15 kuvattu VMware FT (Fault Tolerance) on täyden vikasetoisuuden tarjoava palvelu. Erona HA:an on se että vikatilanteessa ei tule käyttökatkosta. Teknologia perustuu siihen, että virtuaalipalvelimista pidetään yllä kahta kopiota, joista aktiivisen palvelimen tiedot synkronoidaan varapalvelimen kanssa. Vikatilanteessa aktiiviseksi virtuaalipalvelimeksi tulee varapalvelin ja loppukäyttäjille ei tule käyttökatkosta. VMware FT vaatii oman verkkolinkkinsä, ja se estää joidenkin edistyneiden ominaisuuksien käytön. Koska Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä ei ole toistaiseksi tarvetta näin korkeaan käytettävyyteen, ei VMware FT:ä olla toistaiseksi otettu käyttöön. (Windom ym. 2011, 23.)



Kuvio 15. VMware Fault Tolerancen toiminta.  
(VMware 2011d.)

Kuviossa 16 kuvattu VMware Data Recovery on yksinkertainen varmistusjärjestelmä, joka rajoittuu lähinnä virtuaalikoneen täystuhosta toipumistilanteisiin. Teknologia perustuu virtual appliance -tyyppiseen virtuaalikoneeseen, joka integroituu suoraan vCenter-hallintatuotteeseen. Tuotteen toiminta perustuu virtuaalikoneista otettaviin tilannekuviin ja dedupliointiin. Täten virtuaalikoneiden yksittäiset datat kopioidaan vain kertailleen, jolloin varmistukseen tarvittava datamäärä on huomattavasti pienempi kuin datan todellinen koko. Data Recoveryn etuja on sen yksinkertaisuus ja se että se ei tarvitse virtuaalikoneilla mitään agenttia. Sen haittapuolena on se että sille ei voi määrittellä kovin tarkasti kuinka varmistukset tapahtuvat. Tuote oli Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä käytössä ennen kuin käyttöön tuli levy pohjainen levyjärjestelmä, joka myös perustuu dedupliointiin. Data Recoverystä ei jäänyt kovin positiivinen kuva. Ongelmia tulee, jos virtuaalilevyjen koot ovat liian suuria. Tämä aiheutti jopa virtuaalipalvelinten käyttökatoja, sillä tuotteen varmistusongelmiin reagoiminen on täysin ylläpitäjän varassa. (Windom ym. 2011, 23.)



Kuvio 16. VMware Data Recoveryn toiminta. (VMware 2011d.)

### 3.2.2 Tietoturva

VMware vSphere -tuotepaketista löytyy tietoturvaan kaksi ratkaisua: VMware vShield Zones ja VMware VMsafe. VMware vShield Zones on sovellustason palomuuuri, joka valvoo virtuaalikoneiden verkkoliikennettä. Jokaiselle ESX-alustapalvelimelle asennetaan virtual appliance -tyylinen virtuaalikone ja niitä hallitaan erillisellä hallintatyökalulla. VMware VMsafe taas on rajapinta kolmansien osapuolien tietoturvayhtiöille luoda omia ratkaisuja virtuaalikoneiden tietoturvaa varten. Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä ei toistaiseksi käytetä kumpaakaan ratkaisua. Palomuuriratkaisuissa on toistaiseksi pysytty perinteisissä ratkaisuisissa. VMsafe-teknologia on potentiaalisesti hyödyllinen, mutta Symantec, joka on meidän tärkein tietoturvasovellusten toimittaja, ei vielä ole julkaissut VMsafea tukevia tuotteita. (Windom ym. 2011, 24–25.)

### 3.2.3 Skaalautuvuus

VMware vSphere -tuoteperheen skaalautuvuus eri tarpeisiin on erittäin korkea. Tätä kirjoitettaessa vSpheren uusin versio on 4.1 Update 1. Tämän version kanssa

alustapalvelimilla voi olla maksimissaan 160 loogista prosessoria ja yksi teratavu keskusmuistia. Tällaista laitteistoa ei kovin usein tule nykyisen x86-arkkitehtuurin kanssa vastaan. Virtuaalikoneet voivat vastaavasti käyttää kahdeksaa virtuaalisuoritinta ja 255 gigatavua keskusmuistia. (VMware 2011b, 1–2.)

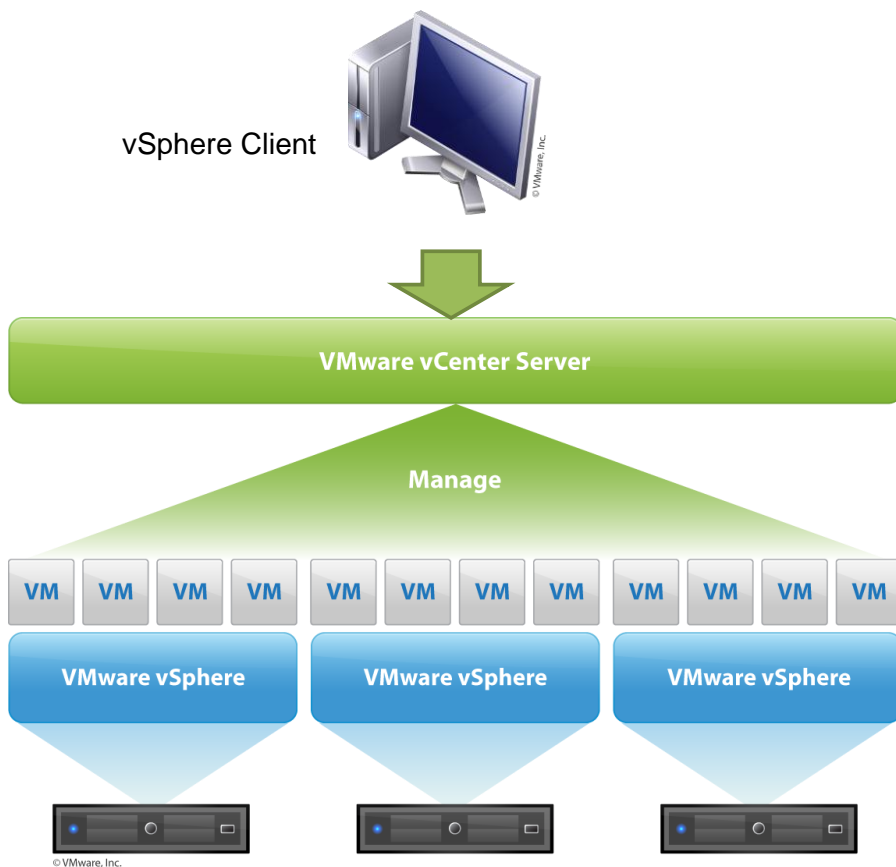
Suuren laskentatehon lisäksi vSphere helpottaa päivittäistä hallintaa mahdollistamalla virtuaalikoneiden ajonaikaisen laitteistomäärittelyjen muuttamisen. Tämä tarkoittaa sitä että virtuaalikoneille voidaan osoittaa ajon aikana, ilman tarvetta uudelleenkäynnistykselle, lisää suorittimia, lisää keskusmuistia, uusia kiintolevyjä ja verkkokortteja. Tämän lisäksi virtuaalilevyjen kokoa voidaan kasvattaa ajon aikana. Tämä ominaisuus on erittäin hyödyllinen, koska virtuaalikoneille voidaan määrittellä sille käynnistysvaiheessa odotetut resurssitarpeet. Jos resurssitarpeet kasvavat, voidaan resursseja lisätä, ilman että loppukäyttäjille tulee käyttökatkosta. Toistaiseksi kaikkia annettuja resursseja, kuten suorittimia ja keskusmuistia ei voida ottaa pois ajonaikaisesti. Lisäksi ominaisuuden käyttäminen vaatii tukea virtuaalikoneella toimivalta käyttöjärjestelmältä. Nykyiset Windows-palvelinkäyttöjärjestelmät tukevat ominaisuuksia täysin. Ominaisuudesta on siis Seinäjoen koulutuskuntayhtymän palvelinympäristössä ollut jatkuvaa hyötyä. (Windom ym. 2011, 25–27.)

### **3.3 Hallintapalvelut**

VMware vSpheren hallintapalveluiden kannalta tärkein tuote on VMware vCenter Server. Oikeastaan kaikki muut VMwaren hallintatuotteet ja monet infrastruktuuri- ja sovelluspalvelut nojautuvat tavalla tai toisella vCenter Serveriin. VMware vCenter Serveriä laajennetaan erilaisilla lisätuotteilla, kuten päivityksiä tarjoavalla vCenter Update Managerilla ja fyysisten palvelinten muuntamista virtuaalisiksi tarjoavalla vCenter Guided Consolidationilla. (Windom ym. 2011, 27.)

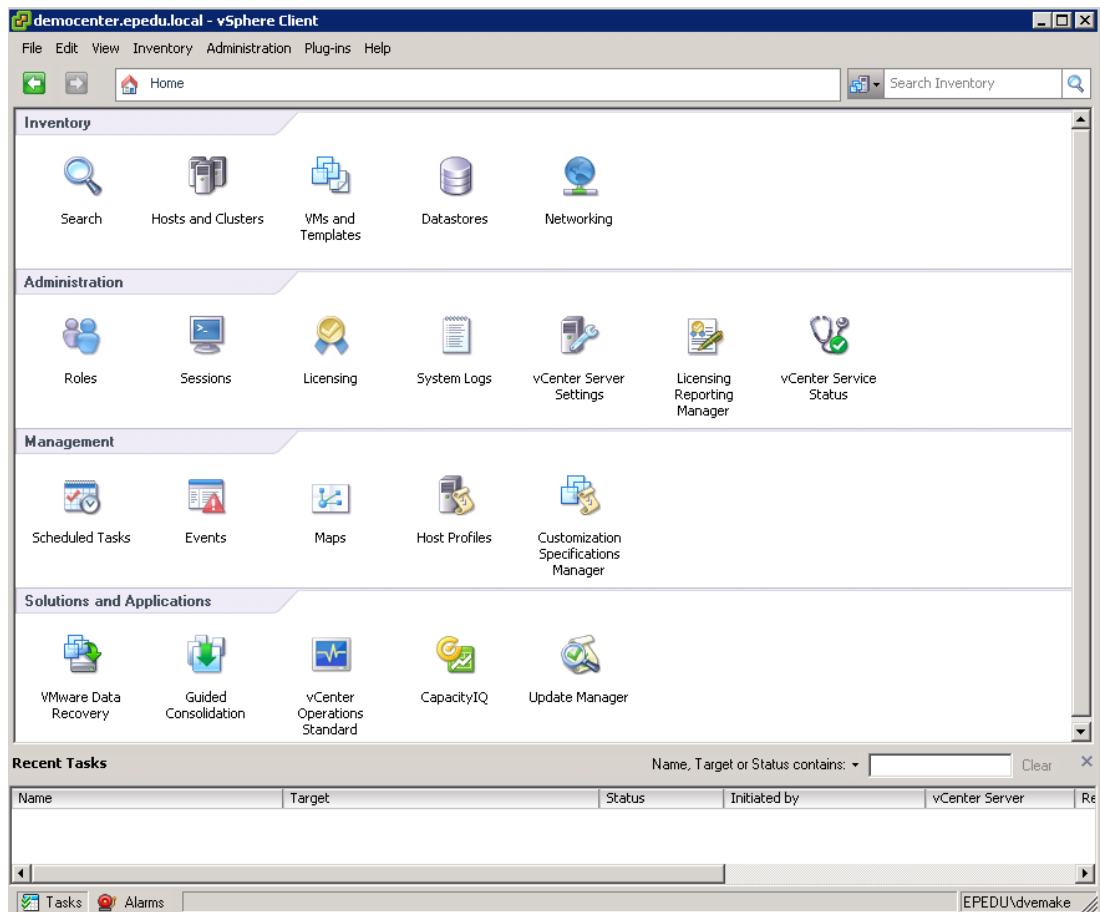
### 3.3.1 VMware vCenter Server

VMware vCenter Server on kaiken sisältävä hallinta- ja ylläpitotuote kaikille vSphere-tuotteille. Tuote on Windows-sovellus, jonka pohjalla toimii SQL-tietokanta. VMware vCenteriä hallitaan yleensä hallintatyöasemalle asennetulla graafisella työkalulla, jonka nimi on vSphere Client. Kuvion 17 mukaisesti vCenterin kautta vSphere Clientilla voidaan hallita kaikkia vCenteriin liitettyjä alustapalvelimia kerrallaan. Myös yksittäisen ESX-alustapalvelimen hallinta on mahdollista, mutta tällöin voidaan hallita vain kyseisen alustapalvelimen asetuksia ja virtuaalikoneita ja mitään edistyneitä ominaisuuksia ei voida käyttää. vCenter Serveriä varten alustapalvelimille asennetaan agentti, joka mahdollistaa vCenter Serverin edistyneet ominaisuudet ja useamman alustapalvelimen hallinnan kerrallaan. (Laverick, 60–61.)



Kuvio 17. VMware vCenterin hallinta.  
(VMware 2011d.)

Kuviossa 18 on kuvattu vCenter Serverin osia. Hallinnan käyttöliittymä koostuu breadcrumb-tyylisestä navigaatiopolusta, erilaisista näkymistä ja näkymiin liittyvistä välilehdistä. Välilehdet vaihtelevat sitä mukaan, mikä ympäristön objekti on valittuna, joten esimerkiksi alustapalvelin-näkymän ollessa valittuna näyttää sovellus alustapalvelimeen liittyvät asetukset ja informaation. Alustapalvelin-näkymästä nähdään myös alustapalvelimen fyysiset komponentit voivat. Työkalun alakulmassa näkyvät myös ympäristössä käynnissä olevat tehtävät, kuten virtuaalikoneen siirto Vmotionilla. Tämä näkymä voidaan myös vaihtaa näyttämään järjestelmässä olevat hälytykset, kuten levytilan loppuminen joltain LUN:lta. (Laverick 010, 60–61.)



Kuvio 18. VMware vCenter Serverin osat.

Inventaariota voi selata hauilla tai erilaisilla näkymillä. Host and Clusters -näkyä näyttää ESX-alustapalvelimet ja klusterit sekä näihin liittyvät virtuaalipalvelimet. VMs and Templates -näkyä on looginen näkyä virtuaalikoneisiin ja virtuaalikonepohjiin. Näkymään voidaan kerätä kansiorakenteen eri osiin esimerkiksi tuo-

tanto- ja testipalvelimet. Virtuaalipalvelimet näkyvät samassa kansiossa, riippumatta siitä millä fyysisellä alustalla ne ovat. Datastores-näkymä näyttää ympäristössä olevan tallennustilan ja Networking-näkymä ympäristöön liittyvät verkot. Molemmista viimeksi mainituista näkymistä voidaan selata myös virtuaalikoneita, joten esimerkiksi yhdeltä LUN:lta voidaan katsoa, mitkä virtuaalilevyt LUN:lta löytyvät ja tietystä verkosta voidaan katsoa, mitkä virtuaalikoneet ovat liitetty kyseiseen verkkoon. (Laverick 2010, 60–61.)

Hallintaan liittyy roolien määrittely. Järjestelmässä on mukana valmiit roolit, esimerkiksi yksittäisen virtuaalikoneen pääkäyttäjälle. Tarvittaessa voidaan myös luoda kokonaan uusia rooleja. Jos käyttöoikeudet annetaan vain vaikka yhdelle virtuaalikoneelle, näkee tämä käyttäjä vain oman virtuaalikoneensa ja pystyy hallitsemaan ainoastaan sitä. Käyttöoikeuksia voidaan antaa kaikille järjestelmän objekteille, joten oikeuksia voidaan määritellä vaikka esimerkiksi vain kaikille yhden alustapalvelimen resursseille. Käyttäjätunnuksina käytetään Microsoftin Active Directoryn käyttäjätunnuksia, joten kirjautuminen tapahtuu samoilla käyttäjätunnuksilla kuin työasemille. Roolipohjainen ja hierarkkinen käyttöoikeuksienmäärittely on Seinäjoen koulutuskuntayhtymän ympäristön kannalta erittäin hyödyllinen ominaisuus, koska käyttäjille on voitu antaa oikeudet vain tarvittaviin osiin ympäristöä. (Laverick 2010, 290–291.)

VMware vCenter Serverin hallinnasta nähdään järjestelmän tilasta mm. järjestelmään liittyneet istunnot, lokitiedot ja järjestelmään liittyvien palvelujen tila. Logitiedot voidaan viedä erilliseen tiedostoon ja niihin voidaan tehdä hakuja. Istuntonäkymästä voidaan lähettää käyttäjille viestejä ja katkaista istunnot. (Laverick 2010, 43, 69–70, 297.)

VMware vCenter Serveriin liittyy myös keskitetty vSphere-tuotteiden lisensointi. Lisenssiavaimet syötetään järjestelmään ja tarvittavat lisenssit määrätään niitä tarvitseville tuotteille, kuten ESX-alustapalvelimille. Järjestelmä laskee automaattisesti käytetyt ja vapaat lisenssit, joten kokonaistilanne hahmottuu helposti. (Laverick 2010, 70–71.)

VMware vCenter Serverin ajoitetuilla tehtävillä voidaan ajastaa usein tapahtuvia tehtäviä, kuten virtuaalikoneiden virtatilan muutokset (sammutus, käynnistys, lepo-tila) tai tilannekuvan otto virtuaalikoneesta. Tärkein ajoitettu tehtävä taitaa kuitenkin olla myöhemmin esitettävän päivityksenhallinnan ajastaminen. (Laverick 2010, 328.)

VMware vCenter Server tarjoaa vSphere-järjestelmän tilatietoa tapahtumat ja kartat -näkyillä. Tapahtumista nähdään valitun objektin historiatietoa, eli mitä tapahtumia esimerkiksi yksittäisellä virtuaalikoneella on ollut. Kartat-näkymästä voidaan katsella mitä riippuvuussuhteita järjestelmän eri objekteilla on. Näkymästä voi esimerkiksi tarkistaa, mitä kiintolevyjä yksittäinen virtuaalikone tai alustapalvelin käyttää tai mitä virtuaalikoneita yksittäisellä alustapalvelimella on. Lisäksi eri objekteista, kuten alustapalvelimista, virtuaalikoneista tai levyjärjestelmistä voidaan katsella tehotietoja. Tehotiedoista voidaan katsella esimerkiksi kuinka paljon verkkoliikennettä yksittäisellä virtuaalikoneella on ollut tai kuinka paljon alustapalvelimen keskusmuistista on käytössä. (Laverick 2010, 313–315, 328.)

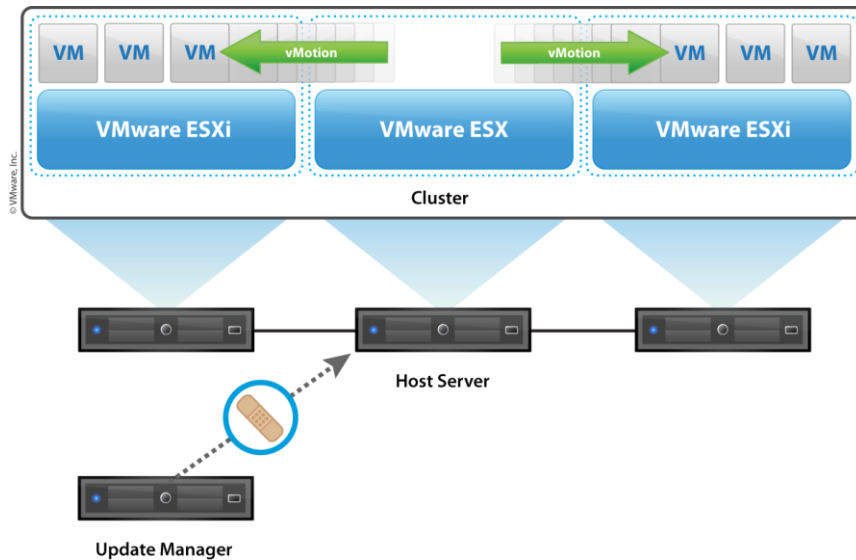
Host Profiles on VMware vCenter Serverin ominaisuus, jolla voidaan automatisoida alustapalvelinten asetusten määrittelyt. Ominaisuus toimii niin, että yhteen alustapalvelimeen määritellään valmiiksi kaikki asetukset, kuten verkkoasetukset, aikapalvelinmäärittelyt ja palveluasetukset. Valmiista asetuksista luodaan sitten profiilitiedosto, jota voi vielä erikseen muokata. Tämän jälkeen profiilitiedosto määritellään alustapalvelimille ja tehdään tarkastus. Tarkastuksen jälkeen voidaan eriävät asetukset ajaa vastaavalle alustapalvelimelle automaattisesti. Ominaisuuden avulla voidaan säästää paljon asetusten määrittelyyn kuluva ajassa. Profiilin tarkastus voidaan myös ajastaa ja täten tarkistaa että alustapalvelimien asetukset pysyvät yhdenmukaisina. Ominaisuus on helpottanut uusien alustapalvelinten käyttöönottoa, mutta valitettavasti kaikkia määriteltäviä asetuksia profiiliin ei tule. Esimerkiksi iSCSI-tallennusverkon asetukset joutuu edelleen määrittelemään manuaalisesti. (Laverick 2010, 30–31.)



### 3.3.2 Muut hallintatuotteet

VMware vCenter Serveriin liitettävistä lisäosista osa kuuluu samaan pakettiin, kun taas osa joudutaan lisensoimaan erikseen.

Kuviossa 19 kuvattu VMware vCenter Update Manager on alustapalvelimien ja virtuaalikoneiden päivitystenhallintaan tarkoitettu tuote. Tuote toimii lataamalla VMwaren kotisivulta ESX alustapalvelimiin ja tuettuihin käyttöjärjestelmiin päivitykset. Näistä päivityksistä tehdään profiili, joka määrittää alustapalvelimille tai virtuaalikoneille. Profiili voi sisältää esimerkiksi vain tietyt päivitykset tai vaikka kaikki julkaistut tietoturvapäivitykset. Päivitettäville kohteille tehdään tarkistusajoja, joissa verrataan onko päivitykset asennettu. Jos päivitettävää löytyy, tehdään asennus, joka välittömästi tai aikataulutettuna esimerkiksi keskellä yötä, asentaa tarvittavat päivitykset. VMware Vmotionin avulla voidaan alustapalvelinten päivitykset kuitenkin tehdä vaikka keskellä päivää. Prosessi voidaan automatisoida niin, että järjestelmä automaattisesti siirtää yhdeltä alustapalvelimelta kerrallaan kaikki virtuaalikoneet muille alustapalvelimille. Tämän jälkeen järjestelmä siirtää alustapalvelimen ylläpitotilaan ja tekee asentaa alustapalvelimen tarvitsevat päivitykset. Päivityksen jälkeen alustapalvelin yleensä vielä käynnistetään uudestaan ja palautetaan ylläpitotilasta. Tämän jälkeen järjestelmä jatkaa seuraavan alustapalvelimen päivittämisellä ja virtuaalikoneet voidaan siirtää jo päivitetylle alustapalvelimelle. Ominaisuus on Seinäjoen koulutuskuntayhtymän kannalta erittäin hyödyllinen, sillä alustapalvelinten päivitysten takia ei loppukäyttäjille tule käyttökatkoja. Ominaisuus tukisi myös virtuaalikoneiden tietoturvapäivitysten asentamista, mutta tätä ominaisuutta ei ole hyödynnetty, koska tähän tarkoitukseen on olemassa valmiit työkalut. (Laverick 2010, 34.)



Kuvio 19. VMware Update Managerin toiminta.  
(VMware 2011d.)

VMware vCenter Guided Consolidation on tuote, jolla helpotetaan fyysisten palvelinten muuntamista virtuaalisiksi. Tekniikkaa kutsutaan P2V:ksi (Physical to Virtual). Tuotteella asennetaan fyysisille palvelimille agentti, joka seuraa palvelimen toimintaa. Tämän perusteella annetaan yksinkertainen tieto siitä, kuinka hyvin fyysinen palvelin soveltuu virtuaalipalvelimeksi. Palvelin voidaan tämän jälkeen muuntaa virtuaaliseksi seuraavassa kappaleessa esiteltävän vCenter Converterin avulla. (Laverick 2010, 266–271.)

VMware vCenter Converter on tuote, jolla varsinainen muunnos virtuaaliseksi palvelimeksi tehdään. Muunnoksen voi tehdä kahdella eri tavalla: ajonaikaisesti lähdepalvelimen ollessa päällä tai käynnistämällä palvelin erilliseltä CD-levyltä. Ajonaikainen muunnos tehdään asentamalla palvelimelle agentti, joka tekee tarvittavat toimenpiteet muunnoksen yhteydessä. Agentin avulla saadaan tieto, minkälaista laitteistoa fyysisellä palvelimella on. Virtuaalipalvelimen muuntamisen yhteydessä voidaan palvelimen resursseja kasvattaa. Täten esimerkiksi fyysisellä palvelimella vähän vapaata kiintolevytilaa sisältävä osio voidaan kasvattaa sisältämään tarvittava määrä kiintolevytilaa. Jos taas fyysinen palvelin on ollut yli- tai alimitoitettu, voidaan keskusmuistin ja suorimien määrää kasvattaa tai laskea. CD-levyn avulla tehtävä muunnos on muuten samanlainen prosessi, mutta se edellyttää käyttökatoa palvelimelle. Sen etuna on kuitenkin se, että palvelimelle ei enää muunnosvaiheessa tule mitään muutoksia. Sitä suositellaankin palvelimille, joilla muutoksia

tapahtuu jatkuvasti, kuten tietokantapalvelimet. Fyysisten palvelinten muunnoksilla virtuaalipalvelimiksi on ollut suuri merkitys Seinäjoen koulutuskuntayhtymän palvelinympäristön joustavuuden lisäämisellä. Tekniikan avulla vanhentuvien palvelimien elinikää on voitu jatkaa ja vähäisellä käytöllä olevat palvelimet on voitu virtualisoida käyttöasteiden nostattamiseksi. (Laverick 2010, 256–266.)

Päivittäisessä ylläpidossa vSphere-ympäristöä hallitaan graafisella vSphere Clientilla. VMware vSpheren historiaan kuuluu kuitenkin myös komentojonokäyttöliittymä. Tätä kutsutaan VMware vSphere vCLI:ksi (Command-Line Interface). Komentojono mahdollistaa samat toimet kuin vSphere Client, mutta sen avulla voidaan myös tehdä joitain ylläpitoon liittyviä asioita, joita graafisesta käyttöliittymästä ei voida tehdä. Komentojonoon pääsee käsiksi alustapalvelimien konsolilta tai erikseen asennettavalla virtual applicella, vMA:lla (vSphere Management Assistant). VMA sisältää myös skriptejä, joilla joitain ylläpitotoimenpiteitä voidaan automatisoida. Vielä erillisenä tuotteena on vSphere PowerCLI, joka on Windowsin Powershell -komentojonotulkki. (Laverick 2010, 501–504.)

### **3.4 Lisensointi**

VMware vSpheren tuotteita myydään eritasoisina paketteina. Oletuksena asennuspaketteihin kuuluu kaikki ominaisuudet. Keskitetyssä lisensoinnissa pitää kuitenkin olla käytössä halutun ominaisuuden sisältäviä lisenssiavaimia. Taulukossa 3 on vertailtu yrityskäyttöön tarkoitettujen vSphere-lisenssien ominaisuuksia ja hintaa. Erikseen löytyy vielä ilmainen ESXi-lisenssi, joka mahdollistaa virtualisoinnin yhdellä alustapalvelimella ja pienyrityksille räätälöidyt versiot. Taulukossa on luoteltuna vain tärkeimmät ominaisuudet, joten todellisuudessa esimerkiksi Enterprise Plus -lisenssi sisältää monia hyödyllisiä ominaisuuksia. Hinnoittelu vSphere-lisensseille on suoritinkohtainen. Joten jos yhdessä alustapalvelimessa on esimerkiksi kaksi suoritinta, täytyy sitä varten hankkia kaksi lisenssiä. Taulukossa mainittujen tuotteiden lisäksi VMware vCenter -lisenssi pitää hankkia erikseen. Sen hinta on 4045 euroa (VMware 2011c). Hankittavien lisenssien lisäksi pitää erikseen hankkia tuki- ja tilaussopimus. Sopimus mahdollistaa tuen saannin VMwarel-

ta sekä uusien tuoteversioiden ilmaisen saannin niiden ilmestyessä. Lisenssihinnat ovat kieltämättä korkeita, mutta virtualisoinnin kautta säästyy lisenssikustannuksissa muilla keinoin. Esimerkiksi Microsoftin Windows-palvelimien lisensointikustannukset vähenevät huomattavasti kun yhdellä alustalla ajetaan useampaa virtuaalipalvelinta. Huomioitavaa Seinäjoen koulutus kuntayhtymän kohdalla on vielä se, että VMware tarjoaa oppilaitoksille academic-lisenssit puoleen hintaan. Koska alustapalvelimissa on yleensä kaksi suoritinta, taulukossa näkyvät hinnat vastaavat yhden alustapalvelimen hankintahintaa. (Lowe 2009, 13.)

Taulukko 3. VMware vSphere -versioiden vertailu.

(Lowe 2009, 13, VMware 2011c.)

<b>Versio</b>	<b>Standard</b>	<b>Advanced</b>	<b>Enterprise</b>	<b>Enterprise Plus</b>
<b>Coreja/CPU</b>	6	12	6	12
<b>Virtuaali CPU:t</b>	4	4	4	8
<b>Muistia/palvelin</b>	256 Gt	256 Gt	256 Gt	Rajoittamaton
<b>VMware HA</b>	X	X	X	X
<b>vCenter Data Recovery</b>		X	X	X
<b>VM Hot Add</b>		X	X	X
<b>VMware FT</b>		X	X	X
<b>Vmotion</b>		X	X	X
<b>VMware DRS</b>			X	X
<b>Distributed Switch</b>				X
<b>Host Profiles</b>				X
<b>3:n osapuolen Multipathing</b>				X
<b>Hinta per CPU</b>	807,26€	1820€	2330€	2835€

## 4 PALVELINVIRTUALISOINNIN FYYSISTEN LAITTEIDEN HAKINTA JA MÄÄRITTELY

Virtualisointiympäristön toteuttaminen lähtee ympäristöön hankittavien fyysisten laitteiden hankkimisesta. VMware vSpheren yhteydessä tärkein huomioitava asia on laitteiden yhteensopivuus. VMware vSphere sisältää erityisesti virtualisointiin optimoidut laiteajurit. Tämän myötä laitetuki ei ole yhtä laaja, kuin esimerkiksi perinteisissä Windows palvelimissa, mutta toisaalta optimoidut laiteajurit parantavat luotettavuutta ja lisäävät suorituskykyä. Laitteistoyhteensopivuus on erikseen alustapalvelimille, tallennusratkaisuille ja I/O-laitteille, kuten verkkokorteille, SCSI-ohjaimille ja valokuitukorteille. Jatkuvasti päivittyvä yhteensopivuuslista on saatavissa VMwaren kotisivulla osoitteessa <http://www.vmware.com/resources/compatibility>. (Haletky 2011, 2–3.)

Palvelinlaitteet on aina tehty mahdollisimman vikasietoisiksi esimerkiksi kahdentamalla kriittisiä komponentteja. Palvelinvirtualisoinnin myötä tämä tarve korostuu entisestään, koska samassa laitteessa toimii paljon enemmän palvelimia. Vaikka VMware vSphere tarjoaa sisäänrakennettua vikasietoisuutta, täytyy vikasietoisuus ottaa huomioon kaikessa virtualisointiin liittyvässä laitteistossa.

Palvelinvirtualisoinnin tarkoituksenaan on mahdollistaa mahdollisimman monen loogisen palvelimen ajo samalla fyysisellä laitteella. Tämän myötä kyseisessä laitteistossa täytyy olla huomattavasti paljon enemmän suorituskykyä kuin perinteisissä ratkaisuissa. Tämä näkyy esimerkiksi siinä että keskusmuistia täytyy olla mahdollisimman paljon ja I/O-laitteita tarvitaan enemmän.

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän kannalta huomioitavaa on, että palvelinvirtualisointiympäristön rakentamiseen on ollut käytössä suhteellisen rajoittuneet raharesurssit. Virtualisointiympäristö rakennettiin osittain myös olemassa olleiden laitteiden avulla. Tämä osaltaan rajoitti valittavissa olevien laitteiden listaa. Näiden syiden vuoksi fyysisiä laitteita hankittaessa parhaita käytänteitä ei ole aina voitu

noudattaa. Esimerkiksi I/O-laitteita ei ole ollut mahdollista hankkia suositeltua määrää. Lisäksi tehon suhteen on jouduttu tekemään joitain kompromisseja esimerkiksi alustapalvelinten keskusmuistin määrää mietittäessä tai levyjärjestelmän tyyppiä valittaessa.

Tässä luvussa esitellään Seinäjoen koulutuskuntayhtymän palvelinvirtualisointiympäristöön hankitut laitteet sekä kerrotaan mitä esityötä niiden kanssa täytyi tehdä, ennen kuin itse ympäristöä pystyttiin rakentamaan.

#### **4.1 Fyysiset palvelimet**

Fyysisten palvelinten kohdalla pitää huomioida prosessorityyppi, keskusmuistin määrä ja I/O-laitteiden määrä ja laajennettavuus. Ympäristöä rakennettaessa päädyttiin melko varhaisessa vaiheessa sellaiseen ratkaisuun, että virtuaalikoneet tulisivat pääasiallisesti olemaan keskitetyssä levyjärjestelmässä. Koska virtuaalipalvelimet ovat keskitetyssä levyjärjestelmässä ja kevyempi ESXi on mahdollista asentaa esimerkiksi integroidulle muistitikulle, voitiin fyysisten palvelinten sisäisistä kiintolevyistä luopua. Tämän myötä tuli huomattavia kustannussäästöjä, koska alustapalvelimiin ei pitänyt ostaa erillistä RAID-ohjainta ja sisäisiä kiintolevyjä.

Virtualisointi on hyötynyt suuresti prosessorien muuttuessa moniytimisiksi. Lähdettäessä rakentamaan ympäristöä kahden ytimen prosessorit olivat vielä valtavirtaa. Nykyään ympäristön tärkeimmissä alustapalvelimissa on kuusi ydintä per prosessori. Tämä mahdollistaa suuremman virtuaalipalvelin määrän käytön ja suurempien resurssien osoittamisen yksittäisille virtuaalipalvelimille. Prosessoria valittaessa parhaat käytännöt on ostaa mahdollisimman moniytimisiä prosessoreja, joissa on paljon nopeaa L2- ja L3-muistia. Suositus on myös ostaa mahdollisimman identtisiä prosessoreja, jotta Vmotionin kanssa ei tulisi ongelmia. Tätäkin ongelmaa voidaan kiertää käyttämällä EVC (Enhanced Vmotion Compatibility)-tekniikkaa, jolla käytännössä eri sukupolvien prosessoreista käytetään vanhimpien käytettyjen prosessorien ominaisuuksia. Tällöin Vmotion onnistuu myös eri sukupolvea olevien prosessorien välillä. Prosessorien kellontaajuuden kanssa on pyritty saamaan

paras hinta-laatu-suhde, joten aivan nopeimpia prosessoreja ei ole hankittu. Prosessoriresurssien määrä ei muutenkaan ole muodostunut pullonkaulaksi, joten jatkossakin suositaan maltillisella kellontaajuudella toimivia kuusi tai enemmän ytimiä sisältäviä prosessoreja. (Haletky 2011, 4–11.)

Virtualisoinnin yleistyessä on alustapalvelimissa olevien keskusmuistipaikkojen määrä kasvanut. Samalla muistin hinnat ovat laskeneet. Tästä syystä keskusmuistia saa alustapalvelimiin paljon enemmän. Kun Seinäjoen koulutuskuntayhtymän laajempaa palvelinvirtualisointiympäristöä rakennettiin, alustapalvelimet hankittiin yleensä 16 gigatavun keskusmuistilla. Uusimmissa alustapalvelimissa voitiin keskusmuistia ottaa jo 72 gigatavua. Tämä moninkertaistaa yhdellä alustapalvelimella ajettavien virtuaalipalvelinten määrän. Paras käytäntö keskusmuistin suhteen on hankkia mahdollisimman paljon nopeaa muistia. Tämän suhteen on jouduttu tekemään pieniä kompromisseja, sillä mitä suurempia keskusmuistikammat ovat, sitä kalliimpia ne ovat. Viimeisimpien alustapalvelimien hankintojen yhteydessä hankittiin palvelimen muistipaikat täyteen hyvän hinta-hintalaatu-suhteen omaavilla neljän gigan muistikammoilla. Tässä menetettiin hieman nopeudessa, mutta saatiin tyydyttävä määrä keskusmuistia. (Haletky 2011, 11–13.)

I/O-korttien suhteen suositus on hankkia verkkokortteja ja valokuitukortteja vikasietoisuuden varmistamiseksi. Valokuitukortteja on hankituissa alustapalvelimissa valmiiksi kaksi, joten se ei ole ollut ongelma. Suositus on että hallintaliikennettä, vSpheren edistyneitä ominaisuuksia ja jokaista virtuaalikoneiden aliverkkoa varten olisi kaksi verkkokorttia. Se voisi tarkoittaa käytössämme jo yli kymmentä verkkokorttia per alustapalvelin. Tämä ei ole ollut käytössämme olevien alustojen osalta (erityisesti myöhemmin esiteltävät blade-palvelimet) mahdollista. Useamman verkkokortin hankkiminen vikasietoisuutta varten lisää myös muita kustannuksia, koska niitä varten täytyy olla myös lähiverkkokytkinportteja. Kompromissina alustapalvelimet on hankittu neljällä verkkokortilla, jotka tarjoavat vikasietoisuuden, mutta eivät vastaavaa suorituskykyä. Verkon suorituskykyä ei toisaalta ole huomattu pullonkaulaksi. (Haletky 2011, 13–16.)

#### 4.1.1 Blade-palvelimet

Blade-palvelimien tarkoitus on vähentää energiankulutusta ja tilantarvetta. Blade-palvelimet sijoitetaan blade-kehikkoon, jossa on yhteiset, yleensä kahdennetut, komponentit kaikille blade-palvelimille. Näihin komponentteihin kuuluu lähiverkko- ja valokuitukytkimet. Myös virtalähteitä löytyy useita ja hallintakortit on kahdennettu. Blade-palvelimet tulevat perinteisiä räkkipalvelimia halvemmaksi, jos niitä hankitaan useampi kerrallaan. Blade-palvelimien heikkoutena on laajennettavuuden puute. Tämän vuoksi on jouduttu tekemään kompromisseja esimerkiksi lähiverkkoratkaisuissa. (Haletky 2011, 19–20.)

Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä on ollut käytössä Fujitsun blade-palvelimia jo vuodesta 2004 lähtien. Ensimmäiset mallit eivät soveltuneet hyvin virtualisointiin, sillä palvelimiin sai vain kaksi verkkokorttia ja suhteellisen vähän keskusmuistia. Viimeksi hankitut blade-palvelimet ovat kuitenkin jo suunniteltu virtualisointia varten, joten niissä on mahdollisuus 10 gigabitin Ethernet-liitántään ja riittävään määrään keskusmuistia. Myöskään sisäisiä kiintolevyjä ei enää käytetä vaan ESXi embedded -versio on asennettu flash-muistiin.

Blade-palvelimien suhteen parhaana käytäntönä pidetään sitä, että ne tarjoavat täyden vikasietoisuuden lähiverkko- ja valokuitukorttien suhteen. Kuviossa 20 on kuvattu Seinäjoen koulutuskuntayhtymään viimeksi hankitut Fujitsu BX924 S2 -blade-palvelimet, jotka noudattavat tätä suositusta. Ne on muutenkin suunniteltu virtualisointia varten ja, ovat virtualisointiympäristön tärkeimmät alustapalvelimet. Niillä toimivat kuntayhtymän yhteiset palvelimet. (Haletky 2011, 19–20.)

Jatkossa hankittavat alustapalvelimet hankitaan todennäköisesti samaan BX900-kehikkoon sijoittuvilla blade-palvelimilla. Blade-kehikkoa voidaan vielä laajentaa 10 gigabitin Ethernet-kytkimillä. Näitä ei vielä hankittu, koska Koulukadun muu lähiverkko toimii vielä gigabitin nopeudella.





Kuvio 20. Fujitsu BX900 -kehikko ja BX924 S2 -palvelin.

#### 4.1.2 Räkkipalvelimet

Räkkipalvelimet vievät blade-palvelimiin verrattuna enemmän tilaa, mutta toisaalta niiden laajennettavuus on parempi. Ne tulevat myös edullisemmaksi jos palvelimia hankitaan vähemmän kerralla. Räkkipalvelimet soveltuivat lähinnä hintansa puolesta paremmin Koulukadun toimipisteen virtuaalipalvelinten alustaksi.

Räkkipalvelinten kanssa suositus on hankkia palvelimet kahdella sisäisellä verkkokortilla sekä neljä porttia sisältävällä verkkokortilla. Suosituksena on myös käyttää kahdennettuja valokuitukortteja sekä hankkia mahdollisimman paljon keskusmuistia. Näiden suositusten suhteen Koulukadun yksikköjen virtuaalipalvelimia ajavat alustapalvelimet jouduttiin rahasyistä hankkimaan ilman valokuitukortteja. Tallennusratkaisuna käytetään myöhemmin esiteltävää iSCSI-protokollaa. Verkkokortteja hankittiin myös vain neljän portin verran, jolloin niistä voitiin rakentaa identtinen kokoonpano blade-palvelinten kanssa. Koulukadun virtuaalipalvelimet toimivat kuviossa 21 kuvatulla Fujitsun RX300 S5 -räkkipalvelimilla, joissa on keskusmuistia 48 gigatavua. (Haletky 2011, 21–22.)



Kuvio 21. Fujitsu RX300 S5 -palvelin.

## 4.2 Verkkolaitteet

Verkkolaitteiden hankkiminen ei suoranaisesti kuulunut virtualisointiympäristön rakentamiseen. Sekä lähiverkkokytkimet että valokuitukytkimet hankittiin muita tarkoituksia varten. Niiden asetusten määrittelyyn tarvittiin lisäksi ainakin alkuvaiheessa ulkopuolista apua. Virtuaaliympäristön kannalta verkkolaitteiden tulee olla tarpeeksi tehokkaita ja niiden tulee tarjota vikasietoisuutta, joka tässä tapauksessa tehtiin hankkimalla laitteita kahdennettuna.

### 4.2.1 Valokuitukytkimet

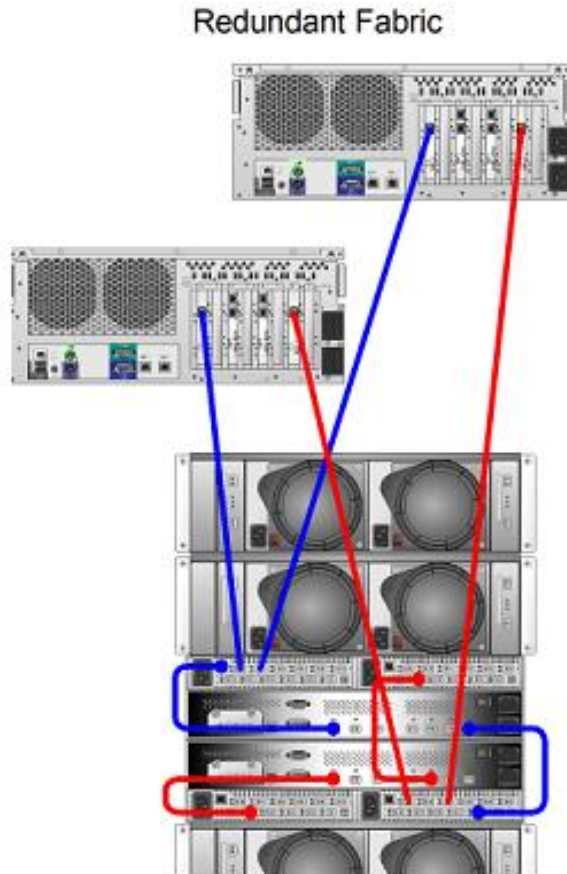
Valokuitukytkimiä käytetään SAN-verkkojen yhteydessä nopeaan Fibre Channel -yhteyteen alustapalvelinten ja levyjärjestelmän välillä. Seinäjoen koulutuskuntayhtymään tuli ensimmäinen valokuitukytkin vuonna 2004 ensimmäisen bladekehikon hankinnan yhteydessä. Sittemmin valokuitukytkimiä on hankittu kolme lisää. Valokuitukytkinten määrittely (kutsutaan nimellä zonus) vaatii erikoisosamista. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän yhteydessä alkuperäiset zone-määrittelyt tehtiin asennusten yhteydessä. Zonus tehtiin alias-nimiä käyttämällä, joka tarkoittaa sitä että jokainen valokuitukortti liitetään tallennusjärjestelmään sen WWN-tiedolla (World Wide Name). Tämä vastaa lähinnä verkkokorteista tuttuja MAC-osoitteita. Aliaksien etuna on se, että ei ole väliä mihin valokuitukytkimen porttiin alustapalvelimen valokuitukortti liitetään. Sittemmin työn tekijä on oppinut tuntemaan tekniikan siinä määrin että hän pystyn tekemään muutoksia asetuksiin. Tällä

hetkellä palvelinvirtualisoinnissa käytetään kuviossa 22 kuvattuja Brocade 200e -valokuitukytkimiä. Valokuitukytkimiin kuuluu myös blade-palvelimien valokuitukytkimet, mutta niiden ainoa määrittely on toimia läpinäkyvänä linkkinä levyjärjestelmään liitetyille Brocade-valokuitukytkimille. (Haletky 2011, 149–150, 157.)



Kuvio 22. Brocade 200e -valokuitukytkin

Valokuitukytkintopologioita on useita, mutta suosituin on kuviossa 23 kuvattu Redundant Fabric -topologia. Tämä tarkoittaa sitä että jokaisesta alustapalvelimen toisesta valokuituportista on yhteys yhteen valokuitukytkimeen ja toisesta valokuituportista on yhteys toiseen valokuitukytkimeen. Molemmista valokuitukytkimistä taas on yhteys tallennusjärjestelmän molempiin tallennusprosessoreihin. Täten kaikilla alustapalvelimilla on polku tallennusjärjestelmän molempiin tallennusprosessoriin. Tämän topologian avulla järjestelmä voi jatkaa toimintansa vaikka toinen valokuitukytkin tai toinen tallennusprosessori vikaantuu. Alustapalvelimet ottavat automaattisesti käyttöön toimivan polun ja virtuaalipalvelimet jatkavat toimintaansa normaalisti. Kyseinen topologia on käytössä myös Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä, joten virtualisoinnin käytössä oleva SAN-verkko on täysin vikasietoinen. Topologia mahdollistaa myös tallennusjärjestelmän ja valokuitukytkinten päivittämisen ilman, että järjestelmään tulee käyttökatkoksia. Valokuitua hyödyntävä koulutuskuntayhtymän FC SAN -verkko on kuvattu liitteessä 1.



Kuvio 23. Redundant Fabric -topologia.  
(Haletky 2011, 156.)

#### 4.2.2 Lähiverkon kytkimet

Lähiverkon kytkimiä tarvitaan Seinäjoen koulutuskuntayhtymän palvelinvirtualisointiympäristön yhteydessä kahteen tarkoitukseen. Ensimmäinen näistä on perinteinen verkkoliikenne virtuaalikoneille, hallintaverkolle ja vSpheren edistyneille ominaisuuksille, kuten Vmotionille. Toinen käyttötarkoitus on iSCSI:lla toteutetun tallennusverkon mahdollistaminen.

Ympäristöä varten käyttöön tulleet kytkimet hankittiin Koulukadun toimipisteen lähiverkon laitteiden uudistuksen yhteydessä. Kytkimet ovat koulutuskuntayhtymässä laajasti käytössä olevia Ciscon 2960 -mallisia gigabitin nopeuteen yltäviä L2-kytkimiä. Tämä kytkinmalli on kuvattu kuviossa 24. Viimeisimmän blade-

palvelinhankinnan yhteydessä vapautui näiden palvelimien käyttöön vielä tehokkaampi Cisco 3556 L3 -kytkin, jossa on suurempi läpäisykyky.



Kuvio 24. Cisco 2960 -kytkin

Normaali verkkoliikenne toteutettiin räkkipalvelinten kanssa yhdellä Cisco 2960 -kytkimellä, joka on suoraan yhteydessä talojakamossa olevaan L3-kytkimeen. Blade-palvelinten normaali verkkoliikenne kulkee Cisco 3560 -kytkimen kautta, joka on myös suoraan yhteydessä talojakamossa olevaan L3-kytkimeen. Jokaisesta alustapalvelimesta on kaksi yhden gigabitin verkkokorttia yhteydessä Ciscon kytkimiin. Kahden verkkokortin ratkaisu tarjoaa kuormantasausta ja vikasietoisuutta, siinä tapauksessa jos toinen verkkokortti vikaantuu. Yhteydet talojakamossa olevaan L3-kytkimeen tehtiin useasta portista muodostuvilla Ciscon Port-Channel -yhteydellä. Tämä tiimi-yhteys tarjoaa kuormantasausta ja vikasietoisuutta. Koulutuskuntayhtymän valmis fyysinen lähiverkkoratkaisu on kuvattu liitteessä 3.

iSCSI:lla toimiva tallennusverkko toteutettiin kahdella Cisco 2960 -kytkimellä. Kahden kytkintä käytetään, jotta saataisiin edellisessä luvussa esiteltyä Redundant Fabric -topologiaa muistuttava ratkaisu. Ratkaisun avulla saadaan samat edut iSCSI-tallennusverkon kanssa: jos toinen kytkin tai tallennusjärjestelmän toinen tallennusprosessori vikaantuvat, jatkaa järjestelmä toimintaa normaalisti. Koulutuskuntayhtymän valmis iSCSI SAN -verkko on kuvattu liitteessä 2.

Määrittelytyötä lähiverkkoa varten tarvittiin uusien aliverkkojen luomisen muodossa. vSpheren edistyneiden ominaisuudet, kuten Vmotion, tarvitsevat oman aliverkon. Aliverkkoja lisättiin myös testiympäristöä varten ja iSCSI-tallennusverkkoa varten. Tallennusverkkoa varten luotiin kaksi erillistä aliverkkoa ja molemmat iSCSI:n käytössä olevat kytkimet ovat yhteydessä vain toiseen aliverkkoon. Eri aliverkot näytetään alustapalvelimille VLAN-tekniikan trunkkeina, eli alustapalvelimella määritellään mitä käytössä olevista aliverkoista se kussakin tapauksessa tarvitsee. Ratkaisusta on nähtävissä loogisen verkon esimerkki liitteessä 3.

### 4.3 Tallennusratkaisut

Palvelinvirtualisointiratkaisut vähänkin suuremmissa ympäristöissä pohjautuvat aina keskitettyihin tallennusjärjestelmiin. Kaikki vSpheren edistyneet ominaisuudet, kuten Vmotion, vaativat että alustapalvelimet näkevät saman levyalueen. Tämän vuoksi keskitetty tallennusjärjestelmä on käytännön vaatimus. Se lisää muutenkin joustavuutta jos ratkaisua verrataan alustapalvelimien paikallisilla kiintolevyillä toimiviin ratkaisuihin.

Seinäjoen koulutuskuntayhtymään tuli ensimmäinen keskitetty tallennusjärjestelmä ensimmäisen blade-palvelinhankinnan yhteydessä vuonna 2004. Tällöin hankittu EMC:n CX-300 toimi lähinnä sähköpostin, SQL-tietokantojen ja www-palveluiden tallennustilana, mutta sitä käytettiin jossain määrin myös palvelinvirtualisointiin alusta asti. Myöhemmin järjestelmää laajennettiin ja sitä alettiin käyttää laajenevissa määrin palvelinvirtualisointiin. Tämä tallennusjärjestelmä oli vielä käytössä kun palvelinvirtualisoinnin vuonna 2007 alettiin ottaa laajemmin käyttöön. Tämän, pelkällä valokuidulla toimivan, järjestelmän käyttöikä tuli kuitenkin täyteen, jolloin järjestelmä vaihdettiin uudempaan, kuviossa 25 kuvattuun, EMC CX4-120 -järjestelmään, joka tukee myös iSCSI-yhteyksiä. Tämä järjestelmä toimii nykyään koulutuskuntayhtymän yhteisten virtuaalipalvelinten tallennusjärjestelmänä.



Kuvio 25. EMC CX4-120 -tallennusjärjestelmä.

EMC CX4-120 on enterprise-tason tuote. Tämä näkyy sekä ominaisuuksissa että hinnassa. Koulukadun toimipisteen virtuaalipalvelimille hankittiin ominaisuuksiltaan hieman vaatimattomampi, mutta samalla myös hinnaltaan huomattavasti edullisempi iSCSI-tallennusratkaisu. Näitä hankittiin eri aikoina itse asiassa kaksi, sillä uuden järjestelmän hankkiminen tuli melkein yhtä halvaksi kuin vanhan järjestelmän laajentaminen. Ensiksi hankittu järjestelmä on Fujitsu FibreCat SX80 iSCSI ja toinen on kuviossa 26 kuvattu Fujitsu Eternus DX80 iSCSI.



Kuvio 26. Fujitsu Eternus DX80 iSCSI -tallennusjärjestelmä.

EMC:n CX-4 120 tukee siis sekä valokuidulla toimivaa Fibre Channelia että normaalilla Ethernet-kaapelilla toimivaa iSCSI:a. Fujitsun levyjärjestelmät taas tukevat vain iSCSI:a. Koulutuskuntayhtymän ympäristössä näiden järjestelmien tehoerot ovat niin, että Fibre Channel toimii 4 Gbit/s -nopeudella ja iSCSI 1 Gbit/s -nopeudella. Lisäksi toteutuksen myöhemmässä vaiheessa EMC:n levyjärjestelmän kanssa voitiin ottaa käyttöön kuormantasaus kahden valokuituyhteyden välillä. Fibre Channelin käyttö on per kytkinportti kuitenkin huomattavasti kalliimpaa, valokuitukytkinten hinnan takia, kuin perinteistä verkkoa käyttävän iSCSI:n. Alustapalvelimille tarvittavat valokuitukortit ovat myös kalliita, erityisesti rakkipalvelimille lisäkortteina hankittaessa. Koulutuskuntayhtymän tapauksessa on päädytty käyttämään valokuitua blade-palvelinten ja EMC:n levyjärjestelmän välillä, iSCSI:a rakkipalvelinten ja EMC:n levyjärjestelmän välillä ja iSCSI:a kaikkien palvelinten ja Fujitsun levyjärjestelmien välillä. Nämä erottelut on kuvattu liitteissä 1 ja 2.

Kaikissa kolmessa tallennusjärjestelmässä on kaksi tallennusprosessoria. Kaksi tallennusprosessoria tuo lisää tehoa ja vikasietoisuutta. Vikatilanteessa jos toinen prosessori vikaantuu, luvussa 4.2.1 esitellyn Redundant Fabric -topologialla avulla alustapalvelimet voivat ottaa käyttöön kiintolevyn toimivan tallennusprosessorin kautta. Tämä ei ainakaan teoriassa aiheuta käyttökatkosta virtuaalipalvelimille.

Tallennusjärjestelmien tehoon liittyy itse tallennusjärjestelmän prosessorien ja muistin lisäksi tallennusjärjestelmässä olevien kiintolevyjen nopeus ja määrä. Jokainen tallennusjärjestelmässä oleva kiintolevy tuottaa tietyn määrän I/O:ta, jotka lasketaan IOPS:na (Input/Output Operations Per Second). Nopeammat kiintolevyt tuottavat enemmän IOPS:eja, mutta toisaalta maksavat enemmän ja ovat pienempiä kuin hitaammat kiintolevyt. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän ympäristön yhteydessä on pyritty pääsääntöisesti käyttämään nopeampia FC- ja SAS-levyjä. Hitaampia SATA- ja Nearline SATA -levyjä on käytetty lähinnä varmistukseen ja vähäisellä käytöllä olevan datan tallentamiseen.

Alkuperäisen EMC CX-300 -levyjärjestelmän määrittelyt tehtiin alun perin asennuksen yhteydessä asentajan toimesta. Sittemmin työn tekijä on oppinut tekemään määrittelyt itse ja periaatteen ymmärtämisen jälkeen Koulukadun toimipisteiden käyttöön tulleiden iSCSI-levyjärjestelmien käyttöönotot on tehty työn tekijän toimesta. Prosessiin kuuluu yleisten asetusten- ja verkko-asetusten määrittely. Yleisiin asetuksiin kuuluu tärkeimpänä valvonnan- ja hälytysten määrittely. Verkkoasetuksissa määritellään tallennusjärjestelmän kullekin verkkoliitännälle osoitteet. Tämä tehdään niin että molemmille tallennusprosessorille on pääsy molemmista iSCSI-aliverkoista.

Seuraava vaihe levyjärjestelmien määrittelyssä on virtuaalipalvelimille osoitettavien loogisten kiintolevyjen eli LUN:en luonti ja jako. Levyjärjestelmän sisällä kiintolevyistä luodaan ensin perinteisistä palvelimista tutut RAID-ryhmät. RAID-ryhmät tuovat vikasietoisuutta ja lisätehoa. RAID-ryhmään luodaan valitsemalla levyjärjestelmästä sopiva määrä vapaana olevia kiintolevyjä ja määritellään näille RAID-taso. Paras käytäntö on käyttää paljon I/O:ta tarvitsevien virtuaalikoneille kanssa peilattua RAID tasoa 1 ja keskiverto -virtuaalikoneiden kanssa RAID tasoa 5 (Ha-



letky 2011, 18). RAID 1 -tason hyötysuhde on yhden suhde kahteen, joten meidän tapauksessa olemme käyttäneet ainoastaan vähemmän I/O:ta tuottavaa, mutta paremman hyötysuhteen antavaa RAID 5-tasoa. Levytilan tarve on kuitenkin ollut yksi meidän ympäristön pullonkauloista kun taas paljon I/O:ta tarvitsevia virtuaalipalvelimia ei ole kovin montaa.

RAID-ryhmien luonnin jälkeen luodaan virtuaalipalvelimille jaettavat LUN:it. Lähdemateriaali ei anna yksiselitteistä parasta käytäntöä LUN:ien koolle. VMware vShperen aiemmassa versiossa oli suositus pitää LUN:i koot pienempinä. Tästä periytyen ympäristön LUN:it ovat kooltaan 400–800 gigatavua. Nopeammista FC- ja SAS-kiintolevyistä on tehty pienempiä LUN:eja ja hitaammista SATA- ja Nearline SATA -kiintolevyistä on tehty isompia LUN:eja. Tällä hetkellä levyjärjestelmisämme ei ole käytössä edistyneitä ominaisuuksia, kuten deduplikointia, joten toteutuksessa ei nähty syitä siirtyä isompien LUN:ien käyttöön. Tärkeintä LUN:ien osalta on kuitenkin varmistaa että ne eivät täyty. Storage Vmotionin avulla virtuaalilevyjä voidaan siirrellä joustavasti LUN:lta toiselle ilman loppukäyttäjille näkyviä käyttökatkoksia. LUN:ien luomisen jälkeen LUN:it vielä määrätään tietyille alustapalvelimille. Tässä ympäristössä päädyttiin yksinkertaiseen ratkaisuun ja kaikki LUN:it näkyvät kaikille alustapalvelimille. Tämä prosessi on kuvattu tarkemmin luvussa 5.7.

## 5 PALVELINVIRTUALISOINNIN TOTEUTUS SEINÄJOEN KOULUTUSKUNTAYHTYMÄSSÄ

### 5.1 Organisaation esittely

Tämän työn toimeksiantajana toimii Seinäjoen koulutuskuntayhtymä. Seuraavassa on lainaus koulutuskuntayhtymän kotisivulta, joka kuvaa organisaatiota:

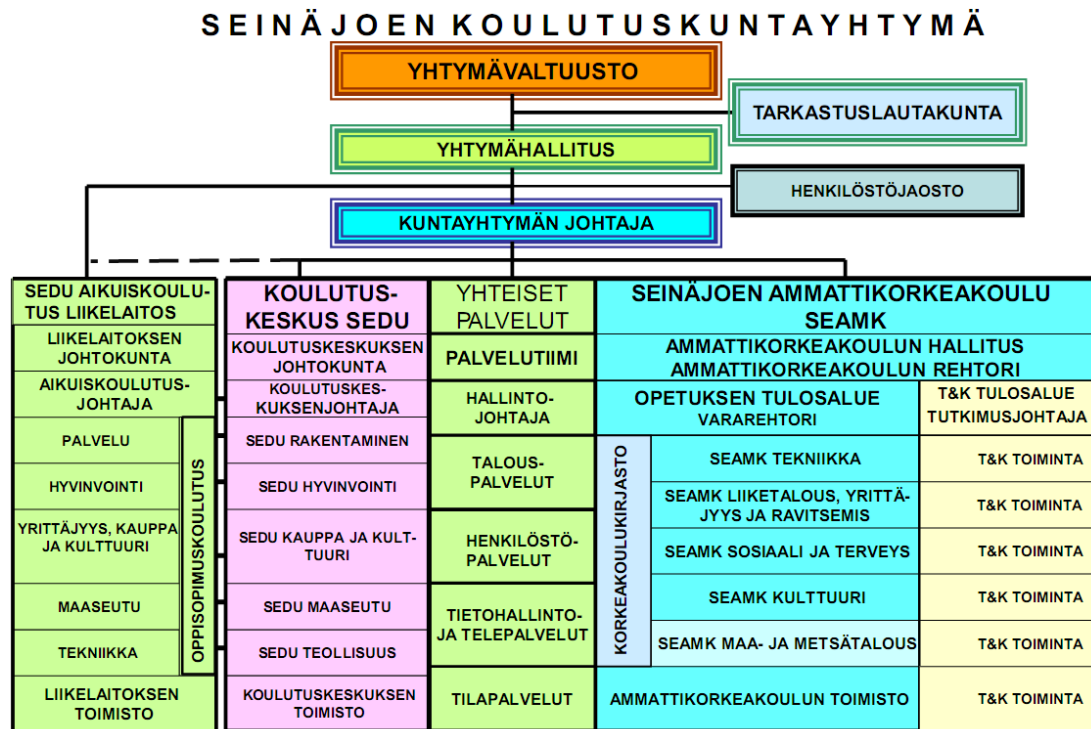
Kuntayhtymä ylläpitää Seinäjoen ammattikorkeakoulua, Koulutuskeskus Sedua sekä Sedu Aikuiskoulutus-liikelaitosta. Näitä tulosalueita palvelee yhteisten palvelujen tulosalue, jonka muodostaa talouspalvelut, henkilöstöpalvelut, tietohallinto- ja telepalvelut, tilapalvelut, työsuojaus sekä asiakirjahallinto ja arkistotoimi.

Päätoimista henkilöstöä oli vuoden 2010 alussa yhteensä 1152. Opiskelijoita oli Seinäjoen ammattikorkeakoulussa 4590, Koulutuskeskus Sedussa 4201 ja Sedu Aikuiskoulutuksessa 2091.

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän omistaa 20 kuntaa: Alajärvi, Alavus, Ilmajoki, Isokyrö, Jalasjärvi, Karijoki, Kauhajoki, Kauhava, Kristiinankaupunki, Kuortane, Kurikka, Lapua, Multia, Saarijärvi, Seinäjoki, Soini, Teuva, Töysä, Virrat ja Ähtäri. (Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2011a.)

Tämän työn kannalta on oleellista tietää että organisaatiolla on toimintaa ympäri Etelä-Pohjanmaata. Lisäksi on huomioitava että loppukäyttäjää organisaatiossa on yli kymmenentuhatta, joten kyseessä on suuri ja maantieteellisesti laajalle levinnyt organisaatio.

Kuviossa 27 on kuvattu Seinäjoen koulutuskuntayhtymän organisaatiokaavio. Tämän työn kannalta on oleellista tietää, että työtä on pääasiassa tehty yhteisiin palveluihin kuuluvalla tietohallinto- ja telepalveluille.



Kuvio 27. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän organisaatiokaavio. (Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2011b.)

Yhteisten palveluiden tehtävänä on tarjota palveluita kaikille tulosityksiköille. Täten tietohallinto tarjoaa tietojärjestelmäpalveluista tasapuolisesti kaikille tulosityksiköille. Monia ympäristöön siirrettyjä tai pystytettyjä virtuaalipalvelimia käyttää kaikki koulutuskuntayhtymän loppukäyttäjät. Paineet palveluiden toimimiseen ovat siis korkeat.

Tietohallinto perustettiin vuonna 2005. Varsinainen tietohallinto koostuu tietohallintopäälliköstä ja atk-pääsuunnittelijoista. Atk-pääsuunnittelijoilla on omat vastuualueensa, esimerkiksi verkot, ja tietohallintopäällikkö vastaa kokonaisuudesta. Eri toimipisteissä on lisäksi atk-suunnittelijat ja -tukihenkilöt, jotka vastaavat lähinnä lähituesta ja toimipisteiden tarpeista. Tietohallintoa on ollut pari viime vuotta jatkuvan uudelleenorganisoinnin kohteena, mutta pyrkimyksenä on kuitenkin yhtenäistää ja keskittää palveluja.

### 5.1.1 Tietojärjestelmäympäristön esittely

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tietojärjestelmäympäristö koostuu noin 5800 työasemasta ja 185:sta palvelimesta. Ympäristö pohjautuu hyvin pitkälle Microsoftin tuotteisiin. Suurin osa työasemista ja palvelimista on Microsoft Windows - pohjaisia. Käyttäjätietokantana toimii Microsoftin Active Directory, jossa on myös tiedot muista verkon resursseista, kuten konetileistä ja jakeluluetteloista. Muita esimerkkejä Microsoftin tuotteista ovat sähköpostijärjestelmä Microsoft Exchange, työryhmyöskentelyyn, www-julkaisuun ja dokumentinhallintaan keskittyvä Microsoft Sharepoint, identiteetinhallintatuote Microsoft Identity Intrgration Server ja viestintäpalveluja tuottava Microsoft Communications Server. Lisäksi on huomattava että Microsoft Exchangea lukuun ottamatta kaikki edellä mainitut järjestelmät pohjautuvat Microsoft SQL-tietokantamoottoriin. Microsoftin tuotteiden laajasta käytöstä on hyötyä kahdesta syystä. Ensinnäkin ne ovat niin laajasti käytössä, että niiden virtualisoinnista on jo paljon kokemusta maailmalla. Toiseksi Microsoft tukee tuotteidensa virtualisointia vahvasti. Oikeastaan kaikki sen uudet tuoteversiot ovat tuettuja virtuaalipalvelimella käytettynä. Microsoft tukee lisäksi oman Hyper-V-tuotteensa lisäksi muita virtualisointiratkaisuja, joten vSphere-virtualisointi on hyvin tuettu.

Seinäjoen koulutuskuntayhtymän verkkopuoli on Seinäjoen alueella hyvällä mallilla. Runkoverkko on Seinäjoen alueella gigabittinen ja organisaatio on liittynyt korkeakouluverkkoon, Funetiin. Yhteysnopeudet Seinäjoen ulkopuolelle vaihtelevat sadasta megabitistä kymmenen megabitin -liittymiin. Tämän vuoksi ainakin toistaiseksi kaikkien palveluiden virtualisointi tai oikeastaan minkäänlainen keskittäminen Seinäjoelle ei ole mahdollista. Toisaalta gigabitin yhteydet Seinäjoen alueella tukevat hyvin keskittämisyarkimyksiä Seinäjoen toimipisteiden osalta.

### 5.1.2 Palvelinympäristön esittely

Seinäjoen koulutuskuntayhtymällä on kolme palvelinhuonetta, joissa sijaitsevat tietohallinnon yhteiset palvelimet. Kirkkokadulla sijaitsevassa palvelinhuoneessa

on talous- ja henkilöstöhallinnon palvelimet, Kampusrannassa on oppilashallinnon palvelimet ja Koulukadulla on muut palvelimet, kuten sähköposti ja www-palvelut. Jako on hieman yksinkertaistettu, mutta näissä kolmessa palvelinhuoneessa on koko koulutuskuntayhtymän tärkeimmät palvelimet. Kaikissa kolmessa palvelinhuoneessa on myös kyseisen toimipisteen omia palvelimia. Näiden lisäksi oikeastaan kaikissa toimipisteissä on joitain omia palvelimia, kuten tiedosto- ja tulostuspalvelimet ja mahdollisesti opetuksen erityistarpeisiin omat palvelimensa.

Koulukadun toimipisteessä sijaitseva palvelinhuone on atk-tuen tilojen yhteydessä oleva 18 neliöinen tila. Tilassa on oma ilmastointi, tulipalojen varalta argonitejärjestelmä ja UPS-varavirtajärjestelmä. Verkkoyhteydet toimivat gigabitin Ethernet-yhteydellä. Tässä työssä ei muuten puututa näihin asioihin, mutta todettakoon että edellytykset palvelujen keskittämiseen tähän tilaan ovat kohtalaiset. Tämä korostuu varsinkin jos Koulukadun palvelinhuonetta verrataan tiloihin joita muissa toimipisteissä on käytössä.

## **5.2 Fyysisten palvelinten analysointia**

Työtä lähdetessä toteuttamaan suurin osa Seinäjoen koulutuskuntayhtymän ns. tuotannossa olevista palvelimista oli fyysisiä palvelimia. Kuvaavaa kaikille koulutuskuntayhtymän fyysisille palvelimille on käyttöasteiden alhaisuus, käyttöönottojen hitaus ja palveluiden sitoutuminen fyysisiin palvelimiin, joka vaikeuttaa palvelinten elinkaarenhallintaa. Lisäksi fyysisillä palvelimilla ei ole minkäänlaista vikasetoisuutta, jolloin yhden palvelimen vikaantuminen voi aiheuttaa käyttökatkon useaan tärkeään verkkopalveluun.

Koulutuskuntayhtymän palvelimet eivät ole suuria tietokantoja käyttäviä palvelimia lukuun ottamatta kovin suurella käytöllä. Palvelimia hankittaessa on resurssitarpeet yleensä arvioitu palvelimen yleisen viiden vuoden käyttöiän mukaan. Yleensä tarpeet ovat ylimitoitettu, mutta olemassa on myös sellaisia tapauksia, että verkkopalvelun käyttöaste on alimitoitettu ja palvelimella ei ole tarpeeksi resursseja. Fyysisiin palvelimiin voidaan kyllä ostaa lisää resursseja, mutta tämä on usein

hankalaa. Esimerkiksi palvelimen keskusmuistia lisättäessä, voi joutua ostamaan keskusmuistit kokonaan uusiksi, sillä palvelinta hankittaessa on keskusmuistipaikat täytetty pienemmillä ja halvemmilla keskusmuistikammoilla.

Koulutuskuntayhtymän loppukäyttäjien tarpeita on vaikea ennustaa. Toisaalta voi olla tarpeita testata joitain palveluja ennen käyttöönottopäätöstä. Fyysisten palvelinten hankinta- ja käyttöönotto on usein työläs- ja pitkä prosessi, johon kuuluu palvelun vaatimusten selvittelyä, hankinnan kilpailutus, itse hankinta ja lopulta palvelinten asennus- ja määrittely. Pikaisia ja mahdollisesti väliaikaisia tarpeita silmäläpityä tämä malli ei ole tehokas. Monesti päädytäänkin palvelun pystyttämiseen olemassa oleviin palvelimiin, jolloin tietoturva saattaa vaarantua ja palvelimen resurssit voivat olla riittämättömät.

Fyysisillä palvelimilla toimiville verkkopalveluille on myös ominaista että ne on sidottu fyysiseen laitteistoon, jolle ne on asennettu. Monille erityispalveluille ei ole helppoa migraatiopolkua uusille palvelimille. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että verkkopalvelua ei ole toimittajan puolesta päivitetty, joten sitä ei voi asentaa uudemmalle käyttöjärjestelmäversiolle. Fyysisen palvelimen käyttöiän tullessa täyteen, on verkkopalvelun toimivuus uhattuna, sillä palvelimen vikaantuessa voi vaihto-osien saanti olla vaikeaa. Toisaalta jos fyysinen palvelin hajoaa käyttökelvottomaksi, kestää korvaavan laitteen hankinta ja varmuuskopiosta palautus kauan ja voi olla hankalaa fyysisesti eroavalle palvelimelle.

Koulutuskuntayhtymän fyysisillä palvelimilla ei oikeastaan ole minkäänlaista vikasetoisuutta. Toki palvelinlaitteisto on suunniteltu vikasetoiseksi esimerkiksi komponentteja kahdentamalla, mutta jos fyysiseen palvelimeen tästä huolimatta tulee vika, tulee palvelimella toimiville verkkopalveluille loppukäyttäjille asti näkyvä käyttökatko. Fyysisten palvelinten vikasetoisuuden nosto klusteroimalla on kallista, sillä yleensä fyysisiä palvelimia joudutaan ostamaan vähintään kaksinkertainen määrä ja klusterointi vaatii myös erityisosaamista. Vaikka klusterointi muuten olisi-kin mahdollista, kaikki verkkopalvelut eivät sitä tue. Tämän vuoksi koulutuskuntayhtymän fyysisiä palvelimia ei ole ainakaan toistaiseksi klusteroitu.

### 5.3 Tavoitteet toteutukselle

Palvelinvirtualisoinnilla voidaan tarttua edellisessä luvussa mainittuihin haasteisiin. Toteutukselle asetettiin tavoitteeksi vastata kaikkiin edellä mainittuihin ongelmiin. Tärkeimpänä asiana tämän toteuttamiselle on resurssipooliajattelu. Palvelinvirtualisoinnin alustapalvelimet ja muut niihin liittyvät resurssit mielletään yhteiseksi resurssipooliksi. Tähän resurssipooliin voidaan sitten hankkia tarpeiden mukaan lisää resursseja, jolloin kasvaneet resurssit ovat välittömästi virtuaalipalvelinten käytössä. Koska yksittäisille virtuaalipalvelimille määrättyjä resursseja voidaan hallita joustavasti, voidaan kullekin palvelimelle määrätä sen oikeasti tarvitsemat resurssit.

Kuten todettua, fyysisten palvelinten käyttökuormat ovat suuremmalla osalla kouluskuntayhtymän palvelimista melko alhaisella tasolla. Virtualisoinnin avulla fyysisten palvelinten käyttöasteita voidaan nostaa, sillä samalla palvelimella voi toimia useampi looginen palvelin, jolloin käyttöastetta saadaan nostettua. Toisaalta jos jollain palvelimella käyttökuormat nousevat, voidaan sille joustavasti lisätä resursseja yhteisestä resurssipoolista. Näin palvelinten resurssitarpeita ei tarvitse ennustaa viiden vuoden päähän, vaan resursseja voidaan lisätä ja poistaa oikeiden tarpeiden mukaan.

Tämän työn myötä toteutetussa palvelinvirtualisoinnin resurssipoolissa on tarkoituksella jonkin verran ylimääräisiä resursseja. Tämä mahdollistaa sen, että pikaisia ja väliaikaisia -verkkopalvelutarpeita varten voidaan perustaa uusia virtuaalipalvelimia. Tällöin palvelujen käyttöönotot nopeutuvat kun hankintaprosessia ei tarvitse käydä läpi. Virtualisoinnin avulla myös varsinaisten palvelinten käyttöönotto on huomattavasti nopeampaa. Virtuaalipalvelimista voidaan tehdä valmiita mallipohjia, jotka voidaan sitten nopeasti kloonata ja ottaa käyttöön uusia palvelimia perustettaessa. Tämä prosessi on käyty läpi tarkemmin luvussa 5.11, mutta yleensä prosessi nopeutuu viikoista tai jopa kuukausista tunteihin tai jopa minuutteihin.

Fyysiset palvelimet ovat siis usein sidottuja fyysiseen laitteistoon, johon ne on asennettu. Virtuaaliset palvelimet ovat lähes täysin laitteistoriippumattomia. Tämän

avulla yhteiseen resurssipooliin voidaan hankkia uusia fyysisiä alustapalvelimia vanhojen palvelinten eliniän tullessa täyteen. Tämän jälkeen virtuaalipalvelin voidaan siirtää uusille fyysisille alustapalvelimille ilman loppukäyttäjille näkyvää käyttökatoa. Tämän myötä loogista palvelinta ei ole pakko uusida viiden vuoden välein. Toki se muista syistä on järkevää, mutta esimerkiksi juuri sellaisten verkkopalvelujen kanssa, joita ei voida asentaa uudemmalle käyttöjärjestelmäversiolle, on tällaisesta joustosta suurta hyötyä.

Fyysisiä palvelimia ei siis rahallisista syistä ja teknisten vaikeuksien vuoksi ole koulutuskuntayhtymässä ainakaan toistaiseksi klusteroitu. Palvelinvirtualisoinnin avulla kaikki virtuaalipalvelimet on helppo klusteroida, sillä VMware HA:n avulla klusterointi on sisäänrakennettu. Resurssipoolissa on tarkoituksella tarpeeksi resursseja, tilanteita varten, joissa yksi alustapalvelin vikaantuu. Vikatilanteessa virtuaalipalvelimet siirretään automaattisesti toimiville alustapalvelimille ja verkkopalveluiden toiminta jatkuu pienen käyttökaton jälkeen. Toki on huomioitava, että tämän avulla klusteroidaan palvelimia, ei palveluja. Eli palveluja klusteroitaessa esimerkiksi MSCS:n avulla (Microsoft Cluster Service) jatkuu palvelujen toiminta melkein katkotta fyysisen palvelimen vikaantuessa. VMwarella olisi tähän ratkaisuna VMware FT, mutta mitään virtuaalipalvelimilta käytettävää verkkopalvelua ei katsottu niin kriittiseksi, että tähän ratkaisuun olisi lähdetty.

Kokonaisuutena toteutukselle asetettiin siis tavoitteeksi rakentaa joustavuutta lisäävä resurssipooli virtuaalipalvelimille. Tämä resurssipooli piti olla tarpeeksi suuri uusien palvelujen käyttöönottoa varten ja toisaalta siihen piti voida joustavasti lisätä uusia resursseja tarpeiden kasvaessa. Lisäksi resurssipoolista tuli tehdä vikasetoinen, jolloin yksittäisen fyysisen alustapalvelimen vikaantuminen ei aiheuta pitkää käyttökatoa. Jotta resurssipoolista saataisiin mahdollisimman joustava, asetettiin tavoitteeksi esittää kaikki ympäristön resurssit, kuten levyjärjestelmien levypinta ja kaikki ympäristön aliverkot kaikille alustapalvelimille. Tavoitteeksi asetettiin myös että kaikkien alustapalvelinten asetukset olisivat mahdollisimman yhdenmukaiset, jolloin ympäristön monimutkaisuus vähenisi. Lisäksi virtuaalipalvelinten tietoturva- ja käytettävyyden piti säilyttää fyysisten palvelinten tasolla ja mahdollisuuksien mukaan myös kasvattaa niitä.



#### 5.4 Toteutuksen eteneminen

Vaikka tämän työn otsikkona onkin ”Palvelinvirtualisointi Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä VMware vSphere -ratkaisulla”, on toteutuksia todellisuudessa ollut kaksi. Koulukadun ja siellä sijaitsevien SeAMK Liiketoiminnan ja Sedu Koulukadun palvelimet ovat pääasiassa sijoitettuna näiden yksiköiden rahoista hankituille alustapalvelimille ja levyjärjestelmille. Koulutuskuntayhtymän yhteiset palvelimet ovat taas sijoitettu pääosin tietohallinnon rahoista hankituille alustapalvelimille ja levyjärjestelmään. Aivan näin yksinkertainen jako ei ole, koska palvelimia voidaan siirrellä alustapalvelimien ja levyjärjestelmien välillä täysin vapaasti. Tällaisen jouston vuoksi virtuaalipalvelimet voivat tarpeiden mukaan sijaita myös keskenänsä ristiin. Kahden toteutuksen olennaisin ero on se, että tietohallinnon puolelta on ollut enemmän määrärahoja, joten alustapalvelimet ja levyjärjestelmä on voitu toteuttaa tehokkaammalla Fibre Channel -tekniikalla kun taas Koulukadun omat palvelimet on toteutettu iSCSI-tekniikalla. Muuten toteutukset ovat edenneet pääosin samalla tavalla.

Palvelinvirtualisoinnin voidaan katsoa Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä alkaneen vuonna 2005, jolloin tietohallinto perustettiin. Tällöin hankittiin palvelujen keskittämistä varten Koulukadulle ensimmäiset blade-palvelimet ja EMC:n levyjärjestelmä. Palvelimille keskitettiin tällöin mm. sähköposti, joka oli aiemmin ollut hajautettuna eri toimipisteisiin. Tällöin hankittiin myös ensimmäinen, tuolloin versiossa 2.5 ollut, VMware ESX -alustapalvelin. Palvelimen hankintaan liittyi myös kickstart-tyylinen koulutus- ja perehdytys-tilaisuus. Tämä oli varsin hyödyllinen, sillä tuolloin kukaan organisaatiossa ei ollut kokemusta VMware ESX:n hallinnasta. Itse palvelin oli käytössä vuoteen 2009 asti ja sitä käytettiin lähinnä tietohallinnon identiteettihallinnan testaamiseen. Palvelimella oli myös yksittäisiä tuotantopalvelimia, kuten Koulukadulla toimivan markkinatutkimusyksikön tilastopalvelin. Palvelimen laajempaa käyttöä haittasi se, että se ei ollut mitenkään vikasietoinen. Lisäksi tuohon aikaan ei ollut vielä käytössä keskitettyä hallintaa, joten asetukset tehtiin rajoitetun webbihallinnan kautta.

Seuraava vaihe oli vuonna 2007 Koulukadun palvelinhankinnan yhteydessä tehty VMware ESX 3.0 Starter -version hankinta. Tämä yksittäisen alustapalvelimen virtualisointiin tarkoitettu lisenssi oli tuolloin rajoitettu mm. 8 gigatavun keskusmuistiin ja siinä sai käyttää vain paikallisia kiintolevyjä, mutta hinnaltaan se oli sopivan edullinen Koulukadun palvelinten virtualisointiin. Tälle alustapalvelimelle tuli mm. yksikön oppilaiden harjoitusyrittötoiminnan kotisivut ja yksikön tulostuspalvelin siirrettiin virtuaalipalvelimeksi. Palvelimelle tuli myös yksikön oma Moodle-oppimisympäristön palvelin. Tuolloin tietohallinnolla ei ollut vielä yhteistä ja keskitettyä Moodle-ympäristöä. Tällöin VMwaren hankinnan perusteena oli se, yksittäiselle fyysiselle palvelimelle voitiin sijoittaa useampi virtuaalipalvelin. Tällöin yksittäisestä fyysisestä palvelimesta saatiin edullisen VMware-lisenssin avulla enemmän tehoja irti.

Vuoden 2007 lopulla hankittiin myös tietohallinnon puolelle lisää blade-palvelimia ja samassa yhteydessä hankittiin VMware Virtual Center Management Server -lisenssi, joka on nykyisen vCenter Serverin edellinen versio ja kolme kappaletta VMware Infrastructure 3 Enterprise Edition -lisenssejä, jotka ovat nykyisen VMware ESX 4.1:n edellisiä versioita. Tietohallinnolle oli tuolloin tulossa käyttöön uusia palveluja ja tällöin päätettiin rakentaa todellinen palvelinvirtualisointiympäristö, joihin osa palvelusta voitaisiin perustaa. Taustalla oli myös tarve korvata joitain vanhempia palvelinlaitteita, jotka tuottivat verkkopalveluita, joiden käyttöaste oli melko pieni. Näitä palvelimia muunnettiin P2V:llä suoraan virtuaalipalvelimiksi. Hankituissa blade-palvelimissa oli keskusmuistia vain 16 gigatavua. Kovin suurta ympäristöä näillä kolmella palvelimella ei siis vielä voitu luoda, mutta kuvaavaa sen ajan keskusmuistien hinnoille oli se, että jos keskusmuisti olisi tuplattu palvelinten 32 gigatavun maksimiin, olisi palvelimen hinta melkein kaksinkertaistunut. Tämä sama ympäristö on siis edelleen käytössä, vaikkakin kaikki alustapalvelimet ovat muuttuneet uudempiin ja VMware-versiot on päivitetty moneen kertaan.

Vuonna 2008 Koulukadun omiin palvelintarpeisiin hankittiin lisää kaksi alustapalvelinta ja iSCSI:lla toimiva keskitetty levyjärjestelmä. Tarkoituksena oli virtualisoida suurin osa Koulukadun omista palvelimista, sillä palvelinlaitteisto oli tulossa elinikänsä loppuun. Kahdella alustapalvelimella ja keskitetyllä levyjärjestelmällä saa-

tiin lisäksi tehtyä vikasietoinen ympäristö, joka oli tarpeen, sillä paria poikkeusta lukuun ottamatta kaikki koulukadun palvelimet toimisivat jatkossa virtuaalipalvelimina. Molemmissa palvelimissa on 24 gigatavua muistia ja tehokkaat neljän ytimen prosessorit, joten yhdelläkin palvelimella voitiin hätätapauksessa käyttää kaikkia Koulukadun omia palvelimia. Tällaiset resurssit olivat tarpeen, sillä jos toinen palvelin vikaantuisi, voisi ympäristö toimia ilman suurempaa käyttökatkoa toimivalla palvelimella. Loppuvuodesta lisenssit vielä päivitettiin, jotta alustapalvelimet voitiin liittää tietohallinnon kautta hankittuun keskitettyyn järjestelmään.

Vuonna 2008 tietohallinnon yhteisiä palvelimia varten hankittiin lisäksi kaksi VMware-lisenssiä lisää, jolloin tietohallinnon alustapalvelimia tuli käyttöön yhteensä viisi. Palvelinlaitteisto näille alustapalvelimille oli hankittu jo vuonna 2007. Näiden palvelinten käytössä olleet palvelut olivat niin vähällä kuormalla, että ne voitiin siirtää virtuaaliympäristöön. Vuonna 2008 hankittiin myös vielä nykyäänkin käytössä oleva EMC:n CX4-120 -levyjärjestelmä. Kuvaavaa uuden levyjärjestelmän käyttöönoton suhteen oli se, että palvelinvirtualisointiympäristön palvelimet pystyttiin siirtämään uuteen levyjärjestelmään keskellä työpäivää, ilman että loppukäyttäjille tuli käyttökatkoksia. Vastaavasti levyjärjestelmää vielä käyttävien fyysisten palvelinten palvelut piti ajaa alas, jolloin koko organisaation sähköposti oli pois käytöstä. Migraatio tehtiin tästä syystä viikonloppuna. Vuonna 2008 työn tekijä pääsi myös osallistumaan ensimmäisen kerran oikeaan VMware-koulutukseen. Tämä koulutus tuli sopivaan saumaan, sillä vuonna 2008 virtuaalipalvelinten määrä alkoi kasvaa räjähdysmäisesti.

Vuonna 2009 Koulukadulle hankittiin kaksi uutta alustapalvelinta ja toinen iSCSI:lla toimiva levyjärjestelmä. Tarkoituksena oli ruveta testaamaan työasemavirtualisointia. Uusille alustapalvelimille, joissa muistia on 48 gigatavua, siirrettiin edellisenä vuonna hankittujen alustapalvelinten virtuaalipalvelimet ja vanhemmat alustapalvelimet tulivat testimielessä työasemavirtualisoinnin käyttöön. Uudessa levyjärjestelmässä ja uusissa alustapalvelimissa on lisäksi tarpeeksi kapasiteettia, jotta viimeisetkin Koulukadun omat palvelimet voitiin virtualisoida.

Vuonna 2009 tietohallinnon puolelle hankittiin uudet blade-palvelimet. Näissä palvelimissa oli keskusmuistia jo 32 gigatavua ja prosessoritkin olivat tehokkaammat kuin edellisissä alustapalvelimissa. Vanhat alustapalvelimet otettiin uusiokäyttöön palveluiden kanssa, joita ei voitu virtualisoida. Vuoden 2009 aikana siirryttiin myös nykyisin käytössä olevaan VMware vSphere 4.0 -tuoteperheeseen. Tätä silmällä pitäen työn tekijä pääsi osallistumaan koulutukseen, jossa painotuttiin vSphere 4.0:n uusiin ominaisuuksiin.

Vuonna 2010 tietohallinnon puolelle hankittiin yhteensä kuusi nyt käytössä olevaa Fujitsu BX924 blade -palvelinta, joissa on kuuden ytimen prosessorit ja 72 gigatavua keskusmuistia. Näiden palvelinten avulla yli kaksinkertaistettiin virtualisointiympäristön resurssit. Edellisenä vuonna hankitut palvelimet tulevat jatkossa käyttöön palveluiden kanssa, jotka vaativat niin paljon tehoa, että ne on järkevämpi pitää fyysisinä palvelimina. Tarkoituksena on että sähköpostijärjestelmän uusi versio tulisi näille palvelimille. Vuonna 2010 hankittiin myös virtualisoinnin kannalta oleellinen levy pohjainen varmistusjärjestelmä. Vuonna 2004 hankittu nauhapohjainen varmistusjärjestelmä oli jäänyt jo tässä vaiheessa kapasiteetiltaan liian pieneksi, joten tämäkin osaltaan hidasti virtualisoinnin yleistymistä.

Palvelinvirtualisointi ei siis tullut Seinäjoen koulutuskuntayhtymän käyttöön projektimaisesti esimerkiksi yhden vuoden aikana ja edellisessä luvussa kuvattuja yleisiä tavoitteita tarkemmin. Tämä ei olisi ollut mahdollista, sillä ympäristön hankintakustannukset olisivat olleet liian suuret. Ympäristö onkin kasvanut vuodesta 2007 lähtien vuosittaisilla hankinnoilla. Resursseja on voitu hankkia lisää tarpeiden mukaan olemassa olevien resurssien kasvattamiseksi. Näin ollen voidaan puhua resurssi-pooli-ajattelusta. Alustapalvelimiksi on voitu joustavasti määritellä aina tehokkaimmat fyysiset palvelimet ja vanhemmat palvelimet on voitu siirtää muihin tehtäviin. Tällaisen joustavuuden vuoksi palvelinvirtualisointi on voitu ottaa käyttöön asteittain. Pitää myös huomioida että vuonna 2007 virtualisointi ei vielä ollut arkipäivää Seinäjoen koulutuskuntayhtymän kokoisissa organisaatioissa. Lähdimme siis varovasti liikkeelle ja kasvatimme virtualisoinnin käyttöä asteittain kokemusten kertyessä. Varmasti jos käyttöönotto olisi tehty heti kättelyssä suuremmassa mitataavassa, olisi siitä ollut omat hyötynsä. Olimme kuitenkin tehneet isot hankinnat

loppuvuonna 2004, joten vanhoissa palvelimissa oli vielä käyttöikä jäljellä. Virtualisoinnilla onkin voitu vastata uusien palvelujen käyttöönoton esittämiin haasteisiin ja vanhenevilla palvelimilla olevien palvelujen siirtoon uusille virtuaalipalvelimille. Liitteessä 4 on kuvattu ympäristön yleisiä tietoja tämä työn päättyessä.

VMwaren valinta palvelinvirtualisoinnin ratkaisuksi oli meille luonnollinen valinta. Meillä oli kokemusta järjestelmästä jo vuodesta 2005 lähtien. Lisäksi teimme käyttöönoton vuoden 2007 lopulla jolloin kunnan kilpailevaa tuotetta ei vielä ollut. Microsoftin Hyper-V tuli käyttökelpoisena versiona käyttöön 2008 puolivälissä. Vasta vuonna 2011 Hyper-V alkaa ominaisuuksien puolesta olla kilpailukykyinen VMwaren vSpheren kanssa. Jos ympäristöä alettaisiin rakentaa nyt, olisi Microsoftin Hyper-V kilpailukykyisempi vaihtoehto. Teimme kuitenkin ratkaisumme vuonna 2007, jolloin VMware oli ainut järkevä vaihtoehto. Se on edelleen ominaisuuksiltaan paras ja meillä on tuotteesta nyt monen vuoden kokemukset, joten tuote tulee jatkosakin olemaan meidän jos ei ainut, niin ainakin pääasiallinen palvelinvirtualisointituote.

## **5.5 Asennuksen toteutus**

Nykyisen VMware-ympäristön alkuperäinen asennus tehtiin vuonna 2007. Tämän jälkeen alustapalvelimia on asennettu- ja päivitetty useaan kertaan. Myös hallintaan käytettävä VMware vCenter on asennettu uusiksi ja päivitetty useaan kertaan. Tässä luvussa esitetäänkin esimerkillinen asennus ESXi-alustapalvelimelle ja VMware vCenterille. Asennus on prosessina päivityksen kanssa lähes identtinen, joten tämän luvun avulla saa kuvan myös miten päivitys molemmille kohteille tehdään.

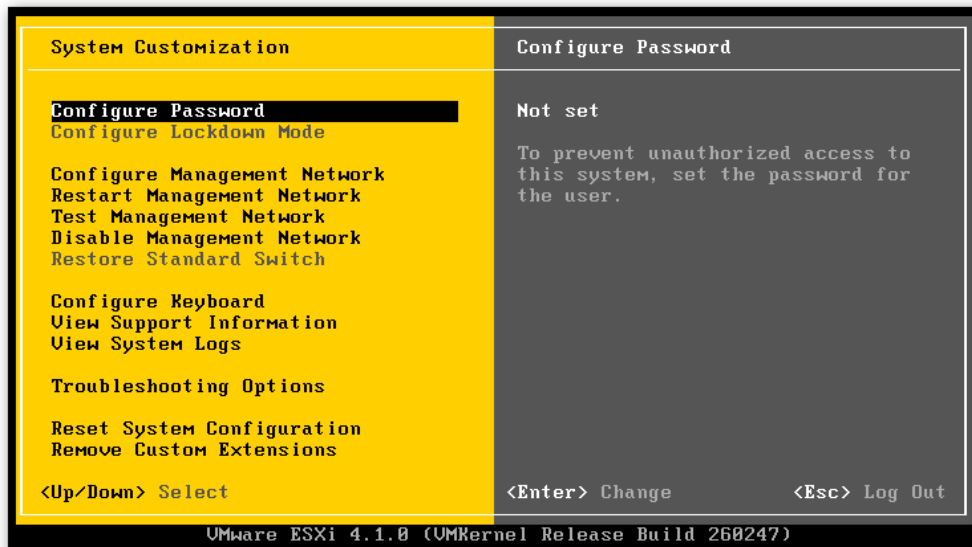
### **5.5.1 VmWare ESXi:n asennus- ja määrittely**

VMware ESXi on mahdollista saada kahtena versiona: yleensä palvelimentoimittajan valmiiksi flash-muistiin tai muuhun vastaavaan mediaan asennettuna embed-

ded-versiona ja myöhemmin paikalliselle kiintolevyille asennettavana installable-versiona. Todellisuudessa versiot ovat identtiset ja asennus tapahtuu samalla lailla, versioiden ero on lähinnä siinä, minne ne on asennettu. Seinäjoen koulutuskuntayhtymään viimeisimmät alustapalvelimet on hankittu ilman paikallisia kiintolevyjä, joten suuntauksena on siirtyä käyttämään ainoastaan embedded-versiota.

VMware ESXi -asennusmedia on ladattavissa VMwaren kotisivulta. Asennusmedia poltetaan aluksi CD-levylle tai esivalmistelujen jälkeen kopioidaan USB-tikulle. Tämän jälkeen asennus aloitetaan käynnistämällä palvelin luodulta medialta. Asennus on melko yksinkertainen, asennuksessa hyväksytään EULA (End Licence Agreement) ja kerrotaan asennuskohde, eli paikallinen kiintolevy tai jokin soveltuva flash-muisti. Asennuksen jälkeen palvelin käynnistetään ESXi:llä ja määrittely voidaan aloittaa.

ESXi:n käynnistymisen jälkeen kuvion 28 -mukaisella valikkopohjaisella käyttöliittymällä määritellään palvelimen pääkäyttäjän, eli root:in salasana sekä hallintaverkon asetukset. Root-käyttäjä on usein palvelimen ainut paikallinen käyttäjä, kaikki muut käyttäjätiedot haetaan Active Directorystä. Root-käyttäjällä myös myöhemmin liitetään ESXi vCenterin keskitettyyn hallintaan. Hallintaverkkoa varten valitaan ensin oikeat verkkokortit, joihin on etukäteen määriteltä valmiiksi verkkoasetukset. Kuten todettua, tässä toteutuksessa käytetään kahta verkkokorttia iSCSI-liikenteeseen ja kahta verkkokorttia kaikkeen muuhun liikenteeseen. Hallintaverkkoa varten valitaan siis näistä jälkimmäiset verkkokortit. Koska näiden fyysisten verkkokorttien kautta käytetään useampaa loogista aliverkkoa, määritellään hallintaverkolle myös oikea VLAN-numero. Tämän jälkeen määritellään palvelimelle IP-osoite, aliverkon maski, oletusyhdyskäytävä, DNS-palvelimet ja palvelimen DNS-nimi. Tämä DNS-nimi pitää määrittellä myös organisaation DNS-palvelimelle. VMware ESXi:n asennus on siis nopea toimenpide ja paikalliselta palvelimelta ei määritellä montaa asetusta.



Kuvio 28. VMware ESXi:n määrittely

### 5.5.2 VMware vCenterin asennus- ja määrittely

VMware vCenter vaatii toimiakseen 64-bittisen Windows-palvelimen ja soveltuvan tietokantapalvelun. Tietokanta voi olla ilmaisena saatavissa oleva Microsoft SQL Server 2005 Express, Microsoftin omat SQL-palvelinversiot, Oracle tai IBM DB. Tässä toteutuksessa alustaksi valittiin erillinen fyysisellä palvelimella toimiva SQL-palvelin. Täysi SQL-versio tarjoaa paremman hallinnan ja enemmän suorituskykyä. SQL-palvelimeksi valittiin tehokas fyysinen SQL-palvelin, johon on keskitetty SQL-lisenssien säästämiseksi muidenkin vastaavien verkkopalvelujen tietokantoja.

Toteutuksen alkuvaiheessa VMware vCenter:in edeltäväversio oli asennettuna fyysisellä palvelimella. VMwaren omat vikasietoisuusominaisuudet tarjoavat kuitenkin paremman suojan, joten toteutuksen myöhemmässä vaiheessa, kun resursseja tuli enemmän käyttöön, vCenter asennettiin Windows 2008 R2 -virtuaalikoneelle. Tässä ratkaisussa pitää kuitenkin huomioida tarvittavat resurssit vCenteriä käyttävälle virtuaalipalvelimelle. Vikatilanteita varten myös DRS otettiin pois käytöstä. Tällöin virtuaalipalvelin pysyy aina samalla alustapalvelimella ja siihen pääsee käsiiksi suoraan alustapalvelimen hallinnan kautta. Lisäksi virtuaalipalvelimelle määriteltiin korkea prioriteetti virtuaalipalvelinten käynnistysjärjestyksessä. Tällöin vCen-

ter käynnistyy esimerkiksi pitkän virtakatkoksen jälkeen ensimmäisten palvelinten joukossa.

Asennuksen esimäärittelyihin kuuluu SQL-kannan luominen vCenterille. Samalla luodaan erillinen kanta myöhemmin asennettavaa Update Manageria varten. Molemmille kannoille luodaan myös paikalliset SQL-tunnukset, joilla on oikeudet kantoihin. Tämän jälkeen palvelimelle luodaan yhteys kantoihin DSN-yhteydellä määrittelemällä palvelimen tiedot, tietokanta ja luodut käyttäjätunnukset.

Itse vCenterin asennuksessa määritellään palvelutunnukset, asennussijainti, käytetyt portit ja määritellään joitain asetuksia ympäristön koon mukaan. Tässä toteutuksessa vCenter asennettiin erikseen luodulle dataosiolle. Muuten käytettiin oletusasetuksia.

Asennuksen jälkeen vCenterin otetaan yhteys vSphere Clientilla ja määritellään tarvittavat asetukset. Näihin kuuluu VMware lisenssiavaimien syöttäminen, vCenterin omien lisenssiasetusten määrittely ja parin muun yleisen asetuksen, kuten sähköpostipalvelimen ja SNMP-asetusten määrittely.

Yleisten asetusten jälkeen liitetään vCenterin alaisuuteen tarvittavat alustapalvelimet. Alustapalvelimet liitetään vCenteriin ottamalla yhteys alustapalvelinten hallintaverkkoon alustapalvelinten root-tunnuksella. Tämän jälkeen alustapalvelimille asentuu vCenter-agentti ja alustapalvelin rekisteröidään vCenterin hallittavaksi. Tämän jälkeen alustapalvelimille määritellään yleiset asetukset, kuten käytettävä NTP-palvelin. Alustapalvelimilla tulee olla mahdollisimman yhtenäiset aika-asetukset, jotta VMwaren eri palvelut toimivat kunnolla.

Varsinaisen vCenterin asennuksen jälkeen asennetaan vielä tarvittavat lisäosat, eli VMware Update Manager ja VMware Converter. Update Managerille luodaan vielä ennen asennusta DSN-yhteys SQL-palvelimelle luotua kantaan. Molempien lisäosien asennukset tehdään vCenterin tapaan erilliselle dataosiolle. Asennusten yhteydessä määritellään palvelutunnus, jolla lisäosat keskustelevat vCenterin kanssa ja määritellään käytettävät portit. Palvelutunnuksena käytetään luotua tun-



nusta ja porttiasetuksissa käytetään oletuksia. Lisäosien asennusten jälkeen vSphere Clientille asennetaan vielä pluginit, joiden avulla lisäosia voidaan hallita. Ilman plugineja lisäosien hallinta ei näy vSphere Clientille ollenkaan.

## 5.6 Verkkomäärittelyjen toteutus

Alustapalvelinten verkkomäärittelyihin kuuluu virtuaalikytkinten asetusten määrittely. Tätä ennen on tehty luvussa 4.2.2 kuvattu esityö fyysisten kytkinten kanssa. VMwaren hallintaverkon, Vmotionin mahdollistavan verkon ja varsinaiset virtuaalipalvelinten käytössä olevat aliverkot määritellään käyttämään samaa virtuaalikytkintä. Näille virtuaalikytkimille määritellään kaksi fyysistä gigabitin verkkokorttia, joilla liikennöidään muun lähiverkon kanssa. Nämä kaksi verkkokorttia määritellään toimimaan toistensa varalaitteina ja virtuaalikoneiden verkkoliikenne tasataan näiden kahden verkkokortin välille. Lähiverkon toteutus on kuvattu liitteessä 3.

Virtuaalikytkimille lisätään käytettyjen Ciscon kytkinten VLAN-trunkilta näytetyt aliverkot virtuaalikoneiden verkkojen porttiryhminä ja muiden verkkojen yksittäisinä portteina. Verkkoporttiryhmille ja verkkoporteille määritellään kuvaava nimi, käytetty VLAN-numero ja Vmotionin yhteydessä vielä IP-asetukset, eli IP-osoite ja aliverkon maski. Kaikille alustapalvelimille tulee käyttöön Koulukadun toimipisteen käytössä olevat kuusi julkista C-luokkaa, testiympäristön aliverkot ja vain toimipisteen sisällä näkyvät sisäiset verkot, joissa on mm. verkkotulostimet. Nimien täytyy olla yhtenäiset kaikilla alustapalvelimilla, jotta järjestelmä osaa esimerkiksi Vmotion siirron yhteydessä liittää virtuaalipalvelimen samaan verkkoon.

Kaikille virtuaalikoneille tulee siis saataville kaikki Koulukadun toimipisteessä käytössä olevat aliverkot. Virtuaalikone voidaan vaihtaa käyttämään eri aliverkkoa muuttamalla virtuaalikoneen verkkokortti käyttämään eri porttiryhmää. Tämän voi tehdä lennosta, joten tämän vuoksi virtuaalikoneilla on helppoa esimerkiksi testata eri aliverkkojen toimintaa tekemättä muutoksia fyysisiin kytkimiin.

Lähiverkkoa hyödyntävää iSCSI-tallennusjärjestelmää varten tehtiin erilliset virtuaalikytkimet. Kaikille alustapalvelimille määriteltiin kaksi virtuaalikytkintä, joista ensimmäinen virtuaalikytkin on yhteydessä ensimmäiseen iSCSI-aliverkkoon ja toinen virtuaalikytkin toiseen iSCSI-aliverkkoon. Näille virtuaalikytkimille määriteltiin yksi fyysinen gigabitin verkkokortti. iSCSI:n toimintaa varten näihin kytkimiin luotiin portti, johon määriteltiin IP-asetukset, eli IP-osoite, aliverkon maski ja oletusyhdyskäytävä. Liitteessä 2 on kuvattu iSCSI-verkon rakenne.

## 5.7 Tallennuslaitteiden määrittelyt

Alustapalvelinten tallennuslaitteiden määrittelyyn kuuluu alustapalvelimille levyjärjestelmistä jaettavan levytilan käyttöönotto. Tätä ennen on tehty luvussa 4.3 kuvattu esityö tallennusjärjestelmien kanssa. Ennen kuin tallennusjärjestelmistä voidaan jakaa levytila alustapalvelimille, täytyy ne rekisteröidä tallennusjärjestelmiin. Valokuitua käyttävän Fibre Channelin kanssa riittää kun valokuitukytkinten zoonaus tehdään, jolloin alustapalvelimet näkevät EMC:n levyjärjestelmän. Tämän jälkeen ESXi-alustapalvelimet osaavat tehdä rekisteröinnin automaattisesti.

Käytettäviä iSCSI-tallennusjärjestelmiä varten täytyi ensin ottaa käyttöön alustapalvelinten iSCSI-laite, eli initiaattori (iSCSI initiator). Koska alustapalvelimiin ei hankittu erillisiä fyysisiä iSCSI-laitteita, käytetään tässä tapauksessa iSCSI software adapter -nimistä iSCSI-laitetta. Laitteen käyttöönoton yhteydessä sille luodaan alustapalvelimen nimen perusteella nimi, jolla tallennusjärjestelmät tunnustavat sen. Laitteelle luetellaan ympäristössä olevien tallennusjärjestelmien IP-osoitteet, eli kohteet (iSCSI target), jolloin iSCSI-laitteet tulevat rekisteröidyiksi.

Rekisteröintien jälkeen alustapalvelimelle voidaan määritellä levyjärjestelmissä yhteys eri LUN:eihin. Joustavuuden vuoksi koulutuskuntayhtymässä kaikilta alustapalvelimilta on yhteydet kaikkien levyjärjestelmien kaikkiin LUN:eihin. Vaikka aktiivista liikennettä yhteen LUN:iin on kerrallaan vain muutamalta alustapalvelimelta, mahdollistetaan tällaisella yhteysmäärittelyllä virtuaalikoneiden joustava siirtely alustapalvelimelta toiselle tai levyjärjestelmästä toiseen.

LUN:ien jakamisen jälkeen täytyy alustapalvelimilla vielä tehdä skannaus, jotta uudet LUN:it tulevat näkyviin. Tämän jälkeen LUN:it täytyy vielä alustaa VMFS-tiedostojärjestelmään ja määritellä niille nimi. Tässä toteutuksessa nimeämiskäytäntönä on ollut levyjärjestelmän nimi, levytyyppi, RAID-taso ja juokseva luku, esimerkiksi CX4\_FIBRE\_RAID5\_4. Nimettäessä LUN:it tällä tavalla, näkee LUN:in nimestä välittömästi levyjärjestelmän- ja kiintolevyn tason. Tällä tavoin virtuaalikoneiden levyjä voi sijoittaa tarpeen mukaan sopivammalle LUN:ille ilman erillistä selvittelyä.

## 5.8 Alustapalvelinten määrittely klustereiksi

Alustapalvelinten asetusten määrittelyjen jälkeen alustapalvelimille luodaan klusterit. Klustereille määritellään luomisen yhteydessä käyttöön VMware HA ja VMware DRS. Lisäksi klustereilla otetaan käyttöön VMware EVC, jonka avulla varmistetaan Vmotionin toimivuus eri prosessorisukupolvea edustavien alustapalvelinten välillä sekä Host Profiles -toiminto, jolla automatisoidaan klusterin alustapalvelimille yhdenmukaiset asetukset.

VMware HA:n yhteydessä määritellään valvontaan vain alustapalvelimet. Mahdollisuus olisi valvoa myös virtuaalipalvelinten toimivuutta, mutta tämän suhteen jatketaan toistaiseksi palvelintenmonitorointia perinteisin keinoin.

VMware DRS määritellään täysin automaattiseksi, joka tarkoittaa sitä että järjestelmä automaattisesti siirtelee virtuaalikoneita klusterin sisällä alustapalvelimille, joilla on vähiten kuormaa.

VMware EVC:ssä määritellään käyttöön prosessorisukupolvi, joka on käytössä vanhimmilla tuotantopalvelimia palvelevilla alustapalvelimilla. Tällä varmistetaan, että Vmotion on mahdollista myös eri klustereiden välillä.

Yhdestä klusterin alustapalvelimista tehdään profiili Host Profiles -toiminnallisuutta varten. Tämän toiminnallisuuden avulla alustapalvelinten asetukset pysyvät yh-

denmukaisina ja klusteriin myöhemmin liitettäville alustapalvelimille tulee automaattisesti yhdenmukaiset asetukset.

Klusterien luomisen jälkeen alustapalvelimet liitetään klustereihin. Liittämisen yhteydessä alustapalvelimille tulee käyttöön klusterissa määrätyt VMware HA- ja DRS-säännöt. Samalla alustapalvelimille määräytyy VMware HA -agentin asetukset.

Koulutuskuntayhtymän toteutuksessa klusterit on tehty fyysisesti identtisistä alustapalvelimista. Klusteriin voisi lisätä alustapalvelimia, joiden laitteisto ei ole täysin identtinen. Tämä kuitenkin monimutkaistaisi klusterin resurssipoolin toimintaa. Koska alustapalvelimia on joka tapauksessa hallinnollisesti erikseen Koulukadun toimipisteelle ja tietohallinnolle, saatiin tällaisella erottelulla selkeyttä ympäristöön. Erilliset klusterit tehtiin siis tietohallinnon blade-palvelimelle ja Koulukadun toimipisteen räkkipalvelimille.

## **5.9 Hallinnan- ja monitoroinnin toteutus**

Koulutuskuntayhtymän vSphere-ympäristöä hallitaan ja monitoroidaan pääasiassa vSphere Clientilla vCenterin kautta. Suurin osa päivittäisestä ylläpidosta tapahtuu vSphere Clientin kautta. Komentojonotyökaluja, eli vSphere Management Assistantia ja vSphere PowerCLI:tä käytetään vain poikkeustapauksissa. VMware vCenterin kautta tulee myös ylläpitäjille sähköpostihälytykset vSphere-ympäristössä havaituista ongelmista. Palvelimilla toimivien verkkopalvelujen seurantaan käytetään samoja työkaluja kuin fyysisten palvelinten kanssa. Alustapalvelinten toimivuutta seurataan laitetoimittajan, eli Fujitsun, omilla työkaluilla. Toteutuksen myöhemmässä vaiheessa otettiin käyttöön myös valvontaan lisäominaisuuksia tarjoavia vCenterin lisäosia, kuten, vCenter Mobile Access, vCenter Operations Standard ja testimielessä vCenter Capacity IQ. Nämä lisäosat toimivat virtual applianceina ja niiden asennus on kuvattu luvussa 5.12.5.

VSphere Clientilla tehdään siis päivittäinen ylläpito, kuten uusien virtuaalikoneiden luonti, virtuaalikoneiden asetusten muuttaminen jne. Se onkin järjestelmän ylläpitäjillä lähes aina taustalla käynnissä. VSphere Clientilla on myös seurattu mm. alusta- ja virtuaalipalvelinten resurssikuormituksia. Virtuaalipalvelinten resurssikuormituksia seuraamalla on virtuaalipalvelimille määriteltäviä resursseja voitu optimoida.

VSphere Management Assistantilla, joka myös toimii virtual applianceena, on tehty toimenpiteitä, joita ei ole voitu tehdä vSphere Clientin kautta. Näistä huomattavimpina on ESX-alustapalvelinten SNMP-asetusten määrittely, jotta alustapalvelimia voitaisiin seurata Fujitsun-valvontatyökaluilla. Lisäksi toista Fujitsun iSCSI-levyjärjestelmää varten täytyi lisätä sääntö, jotta se toimisi optimoidulla tavalla, tämäkin tehtiin Management Assistantilla. PowerCLI:tä on käytetty massamuutoksiin. Näistä esimerkkinä on EMC:n levyjärjestelmän kuormantasauksen käyttöönotto. VSphere Clientin kanssa tämä olisi täytynyt tehdä jokaisen alustapalvelimen jokaisen LUN:in kanssa erikseen. PowerCLI:n avulla tämä voitiin tehdä hakulauseita hyödyntämällä yhdellä kertaa.

Toteutuksen loppuvaiheessa otettiin käyttöön virtual applianceina -toimivia valvonta- ja hallintatuotteita. Näistä ilmainen tuote on mobiililaitteille valvontaliittymän tarjoava vCenter Mobile Access. Tämän avulla voidaan vSphereä hallita rajoitetusti mobiililaitteilla, kuten kännyköillä. Lisäksi Applen Ipad:lle löytyy sovellus, joka hyödyntää palvelua. Lisenssipäivityksen yhteydessä ympäristöön saatiin käyttöön vCenter Operations Standard -niminen maksullinen tuote. Tämä lisää perus vCenteriin verrattuna lisää analysointityökaluja. Lisäksi ympäristössä otettiin käyttöön kokeiluversio vCenter Capacity IQ:sta. Tällä tuotteella ympäristöstä saatiin kattavasti raportteja. Tuotteen avulla saatiin myös suositukset virtuaalikoneiden resurssi-asetuksiin, eli kuinka paljon keskusmuistia ja kuinka montaa prosessoria kullekin virtuaalikoneelle suositellaan. Tuotteesta saatiin siis jo kokeiluaikana hyödyllistä tietoa.

## 5.10 Tietoturvan toteutus

VMware vSphere ympäristön tietoturvassa noudatetaan koulutuskuntayhtymän yleisiä tietoturvaperiaatteita. Virtuaalipalvelinten verkkoturvallisuus, tietoturvapäivitykset, virustorjunta ja muu palvelimiin liittyvä tietoturva hoidetaan kuten fyysisilläkin palvelimilla. Tässä luvussa käydään kuitenkin läpi joitain virtuaaliympäristön kannalta huomattavia asioita.

### 5.10.1 Käyttöoikeusmäärittelyt

VMware vSpheren käyttöoikeusmäärittelyt voidaan delegoida varsin tehokkaasti. Jokaiselle ympäristön objektille, kuten alustapalvelimelle, virtuaalipalvelimelle tai LUN:lle voidaan määritellä käyttöoikeudet erikseen. Käyttäjien näkymä vSphere ympäristöön perustuukin heidän käyttöoikeuksiinsa. Täten esimerkiksi yhdelle virtuaalipalvelimelle oikeudet omaava käyttäjä näkee vSphere Clientin avulla ympäristöstä ainoastaan kyseisen virtuaalipalvelimen. Käyttöoikeudet määritellään koulutuskuntayhtymän Active Directory -käyttäjätietokantaan luotavilla turvaryhmillä.

Tässä toteutuksessa ympäristön pääkäyttöoikeudet tuli työn tekijän lisäksi parille muulle virtualisoinnista kokemusta omaavalle koulutuskuntayhtymän atk-ylläpitäjälle. Tämän lisäksi yksittäisille virtuaalipalvelimille annettiin oikeuksia niitä tarvitseville. Tämä tulee kyseeseen esimerkiksi kun palvelimella toimivan verkkopalvelun pääkäyttäjän on tarvetta päästä hallitsemaan virtuaalipalvelinta suoraan virtuaalikonehallinnan kautta.

### 5.10.2 Varmistus

Kuten aiemmin todettiin, koulutuskuntayhtymän palvelinvirtualisoinnin käyttöönotto eteni asteittain, resurssien sallimissa puitteissa. Yksi asia, johon toteutuksen alkuaikoina ei kunnolla ollut resursseja, oli varmistuksen hoito. Täten toteutuksen alkuaikoina virtuaalipalvelinten varmistus tehtiin Koulukadun toimipisteeseen vuon-

na 2004 hankitulla nauhapohjaisella varmistusjärjestelmällä. Tämän järjestelmän kapasiteetti ei pysynyt kasvussa mukana, joten joidenkin, ei niin kriittisten palvelinten varmistuksia, ei voitu hoitaa tyydyttävällä tavalla.

Hieman parannusta tilanteeseen tuli kun vSphere-ympäristöön tuli saataville VMware Data Recovery. Tämän virtual appliances -toimivan tuotteen avulla tehtiin varmistuksia vähemmän kriittisistä palvelimista. Tuote toimi ottamalla virtuaalipalvelimista tilannekuvan, joka kopioitiin virtuaalipalvelimelle varatulle kiintolevyille. Tuote deduplikoi varmistukset, joten siinä riitti kapasiteettia ottaa useita täysiä varmistuksia virtuaalipalvelimista. Tuote kuitenkin todettiin epävarmaksi ja hallintaan rajoittuneeksi. Tämän lisäksi tuote aiheutti jopa käyttökatkoksen yhdelle virtuaalipalvelimelle varmistusten epäonnistuessa.

Tyydyttävään ratkaisuun varmistusten suhteen koko ympäristön osalta päästiin vasta vuoden 2011 alussa, jolloin ympäristöön saatiin käyttöön Fujitsun levy-pohjainen Eternus CS800 -varmistusjärjestelmä. Hankitussa järjestelmässä on kiintolevytilaa 16 teratavua, mutta deduplikoinnin avulla järjestelmään menee moninkertainen määrä varmistettavaa dataa. Tämän järjestelmän avulla voidaan hoitaa koko ympäristön varmistukset, joten käyttöönoton jälkeen VMware Data Recovery jäi pois käytöstä. Eternuksen hankinnan yhteydessä käyttöön tuli myös virtuaaliympäristön kannalta tärkeä ominaisuus käyttämämme Symantec Backup Exec -varmistusohjelmistoon. Uuden ominaisuuden avulla voidaan virtuaalipalvelimista tehdä varmuuskopioita tilannekuvien avulla. Normaalisti tilannekuvasta täytyy palauttaa palvelin senhetkiseen tilanteeseen kokonaisuudessaan, mutta Backup Exec:in avulla voidaan tilannekuvasta palauttaa myös yksittäisiä tiedostoja.

Uuden varmistusjärjestelmän myötä ympäristössä on kasvuvaraa myös varmistusten osalta. Virtuaaliympäristön kannalta tilannekuvapohjaiset -varmistukset yksinkertaistavat varmistusten ottoa. Lisäksi tilannekuvapohjaiset -varmistukset ovat deduplikoivan varmistusjärjestelmän kannalta hyvä vaihtoehto. Tilannekuvat eroavat toisistaan niin vähän, että deduplikoitavaa dataa saadaan mahtumaan varmistusjärjestelmään entistä enemmän.

### 5.10.3 VMware vSphere -tuotteiden päivitykset

Virtuaaliympäristön tietoturvan kannalta tärkeä asia on alustapalvelinten tietoturvapäivitysten hoito. Tämä tehdään koulutuskunnan toteutuksessa VMware Update Managerilla. Tuotteella voitaisiin automatisoida päivitykset kokonaan, mutta niin toimivaksi järjestelmää ei ole todettu, että sen voisi kokonaan jättää valvomatta. Käytännössä ympäristön alustapalvelinten päivitykset tehdään valvotusti. Update Managerilla on tehty myös VMwaren täydet versiopäivitykset.

Käytännön työnä Update Manageriin luodaan hakujen perusteella pohja, joka sisältää tietyt päivitykset. Nämä voivat olla esimerkiksi kaikki alustapalvelinten tietoturvapäivitykset. Tämä pohja määrätään sitten alustapalvelimille ja alustapalvelimien käsketään tehdä pohjan perusteella tarkistus. Jos alustapalvelimelta puuttuu päivityksiä, määrätään niille päivitys. Koska Update Manager hyödyntää Vmotionia siirtäen virtuaalikoneet muille alustapalvelimille päivityksen ajaksi, voidaan päivitykset tehdä työaikana.

Update Manager määriteltiin tekemään vCenterin ajastetuilla tehtävillä viikoittaisen tarkastuksen uusista päivityksistä. Uudet päivitykset lisätään automaattisesti pohjaan jos hakuehdot täyttyvät. Uusista päivityksistä tulee lisäksi ympäristön ylläpitäjille sähköposti-ilmoitus.

Alustapalvelinten lisäksi täytyy vCenter päivittää tasaisin väliajoin. Tämä tapahtuu luvussa 5.5.2 kuvatun prosessin mukaisesti. Oikeastaan ainoana erona uuteen asennukseen on se, että päivityksen yhteydessä vCenterin tietokanta päivitetään uusimpaan versioon.

### 5.11 Tarvittava esityö virtuaalipalvelinten käyttämistä varten

Ennen virtuaalipalvelinten käyttöönottoa ympäristöön tehtiin tarvittava esityö, jotta virtuaalipalvelinten käyttöönotot olisivat mahdollisimman nopeita ja ympäristön hallinta olisi yksinkertaisempaa.



Esityönä virtuaaliympäristöön luotiin kansiorakenne, jonne on eroteltu esimerkiksi tuotantopalvelimet, testipalvelimet sekä virtual appliances erikseen. Tällaisella loogisella näkymällä on helppo hallita tiettyjä virtuaalipalvelimia riippumatta siitä millä alustapalvelimella virtuaalipalvelimet ovat. Virtuaalipalvelinten nimeämiskäytännöksi määriteltiin käyttöjärjestelmän nimi ja palvelimen verkkonimi, esimerkiksi Windows2008entR2x64\_Democenter. Tällä tavoin palvelimen nimestä näkee välittömästi käyttöjärjestelmän tyyppin, eikä sitä tarvitse erikseen selvittää. Palvelinten verkkonimet tulevat koulutuskuntayhtymän yhteisten nimeämiskäytänteiden mukaan.

Ympäristöön luotiin myös palvelinten käyttöönoton nopeuttamiseksi ja palvelinten asetusten yhdenmukaistamiseksi mallipohjia käytettävistä Windows-käyttöjärjestelmistä. Prosessiin kuuluu virtuaalipalvelimen luonti, asetusten määrittely, varsinainen käyttöjärjestelmän asennus, tietoturvapäivitysten asennus, VMware Toolsin asennus ja käyttöjärjestelmän valmistelu Sysprep-työkalulla.

Mallikoneille määriteltiin nimeämiskäytännön mukainen nimi, alkuperäinen alustapalvelin, käytettävä käyttöjärjestelmä sekä suoritin-, verkko-, keskusmuisti- ja kovalevyasetukset. Näissä asetuksissa huomioitavaa on se että ohutprovisiointi otettiin käyttöön heti. Virtuaalikoneen luonnin jälkeen virtuaalikoneen asetuksiin määriteltiin käyttöön keskusmuistin ja suorittimien lisääminen jos isäntäkäyttöjärjestelmä tukee näitä ominaisuuksia. Lisäksi käynnistyksen yhteyteen määriteltiin pieni viive, jotta virtuaalikoneen BIOS-asetuksia pääsee muokkaamaan käynnistyksen yhteydessä.

Virtuaalikoneen luonnin ja määrittelyn jälkeen asennetaan käyttöjärjestelmä. Tämä tehtiin yhdistämällä virtuaalipalvelimeen käyttöjärjestelmän asennusmedia. Käyttöjärjestelmän asennus tehtiin perinteisesti asentajan mukaan tarvittavat tietoturvapäivitykset ja asentamalla valmiiksi usein käytetyt työkalut ja lisäosat. Lisäksi virtuaalikoneelle asennettiin VMware Tools, joka lisää virtuaalikoneelle VMwaren ajurit, skriptejä sekä käyttöjärjestelmäpalvelun, jolla virtuaalikone raportoi tilanteestaan. VMware Toolsin avulla virtuaalikonetta voidaan hallita laajemmin ja sen käyttö tehostuu virtualisointiin tarkoitettujen ajurien avulla.

Viimeisenä vaiheena virtuaalikoneille ajettiin Sysprep-työkalu, joka palauttaa käyttöjärjestelmän asennuskuntoon poistaen esimerkiksi käyttöjärjestelmän identifiointiin käytetyt SID-tiedot. Tämän jälkeen virtuaalikone määriteltiin mallipohjaksi, jotta siihen ei tehtäisi muutoksia kuin tarvittaessa.

## **5.12 Virtuaalipalvelimien käyttöskenaarioita**

Tässä luvussa kerrotaan miten Seinäjoen koulutuskuntayhtymässä palvelinvirtualisointiympäristöä on hyödynnetty virtuaalipalvelinten kautta. Käyttöskenaarioita ovat olleet seuraavat kohteet: uusien palveluiden käyttöönotto virtuaalipalvelimilla, fyysisten palvelinten muuntaminen virtuaalipalvelimiksi, fyysisillä palvelimilla olevien palveluiden migraatio virtuaalipalvelimille, erilaisten testiympäristöjen toteutukset ja virtual appliacien hyödyntäminen.

### **5.12.1 Uusien palveluiden käyttöönotto virtuaalipalvelimilla**

Koulutuskuntayhtymän kannalta virtuaalipalvelinten tärkein käyttöskenaario on ollut uusien verkkopalveluiden käyttöönotot virtuaalipalvelimien avulla. Vuodesta 2007 lähtien, paria poikkeusta lukuun ottamatta, kaikkien uusien verkkopalveluiden alustana on ollut virtuaalipalvelin. Perusteluksi virtuaalipalvelimen käytölle on ollut jo mainitut syyt: järjestelmän vikasietoisuus, käyttöönoton nopeus, resurssien parempi hyödyntäminen ja palvelimen elinkaarenhallinnan helpottuminen.

Prosessina uuden verkkopalvelun käyttöönotto virtuaalipalvelimella lähtee verkkopalvelun resurssitarpeiden selvittämisellä. Tämä selvitetään toimittajan omista suosituksista, vaikkakin näihin suhtaudutaan varauksella. Kokemus on osoittanut, että verkkopalveluiden resurssisuositukset ovat usein ylimitoitettuja. Resurssisuositusten lisäksi selvitetään onko palvelulla virallista tukea virtualisoinnille. Toteutuksen alkuvaiheessa tätä tietoa ei usein ollut saatavilla. Käytännössä virtuaalipalvelimen toiminta ei kuitenkaan hirveästi eroa perinteisen fyysisen palvelimen

toiminnasta. Tuen tarjonta virtuaalialustoille on kuitenkin parantunut erityisesti Microsoftin tuotteiden suhteen.

Verkkopalvelun käyttöönotto ei virtuaalipalvelimen asennuksen jälkeen oikeastaan eroa fyysisen palvelimen vastaavasta prosessista. Jos verkkopalvelun asennuksen on täytynyt tehdä joku ulkopuolinen, on asentajalle voitu tarjota suora konsolilyhteys palvelimeen vSphere Clientin kautta delegoimalla asentajalle oikeudet ainoastaan tarvittavaan virtuaalipalvelimeen.

Koulutuskuntayhtymässä uusien virtuaalipalvelinten luomiseen on käytetty suoraan valmiita pohjia kloonamalla ne uusiksi virtuaalipalvelimiksi tai enenemissä määrin myös erillisellä SCCM-järjestelmänhallintatuotteella suorittamalla käyttöjärjestelmän täysi asennus. SCCM:n kanssakin on kuitenkin käytetty samoja pohjia kuin virtuaalikonepohjien kanssa. SCCM:n etuna on se, että virtuaalipalvelimelle on voitu asentaa välittömästi uusimmat versiot tarvittavista apuohjelmista. Samalla koulutuskuntayhtymän ympäristöön tarvittavat muutokset on voitu tehdä osaksi asennusprosessia. SCCM:llä prosessi tehdään valmiiksi työlistaksi. Ylläpitäjän ainoaksi tehtäväksi jää virtuaalikoneen luonti, jonka jälkeen SCCM:ään lisätään vain koneen tiedot. Tämän jälkeen asennus on täysin automaattinen ja se lähtee käyntiin suoraan verkosta käsin hyödyntäen PXE-käynnistystä.

Uusia verkkopalveluja on otettu virtuaalipalvelinten kanssa käyttöön niin monta, että kaikkia ei ole tässä järkevää luetella. Esimerkkeinä voidaan kuitenkin mainita mm. koulutuskuntayhtymän yhteinen videoneuvottelujärjestelmä Adobe Connect Pro, uusi versio koulutuskuntayhtymän verkko-oppimisympäristöstä, Moodlesta sekä uusi versio koulutuskuntayhtymän virustorjuntapalvelimesta Symantec Endpoint Protectionista. Virtuaalipalvelinten luomisen nopeus on ollut eduksi myös esimerkiksi tapauksissa, joissa sopivaa fyysistä palvelinta ei ole ollut ja uusi verkkopalvelu on täytynyt saada nopeasti käyttöön. Näistä voidaan mainita esimerkkeinä mm. Microsoftin tuotteiden aktivointeja hoitava KMS-palvelu ja uusi alusta kuntayhtymän CRM-palvelimeksi. Liitteessä 5 on luettelo kaikista virtuaalipalvelimistä hyödyntävistä verkkopalveluista.

### 5.12.2 Fyysisten palvelinten muuntaminen virtuaalipalvelimiksi

VMware vSphere -järjestelmän tarjoama mahdollisuus muuntaa fyysiset palvelimet virtuaalipalvelimiksi on ollut toteutuksen edetessä tärkeä työkalu. Perusteluina P2V:lle ovat olleet virtualisoinnin normaalit edut. Erityisen huomioitavaa on ollut se, että virtualisoitujen palvelimien avulla on verkkopalvelut oikeasti saatu vi-  
kasietoisiksi. Yhtenä tärkeänä syynä virtualisoinnille on myös ollut fyysisen palvelimen resurssien, lähinnä levytilan, loppuminen. Lisäksi P2V:n perusteluihin on katsottu se, että monien virtualisoitujen palvelinten elinikä oli joka tapauksessa tulossa loppuun. Toteutuksen edetessä on myös ollut jopa tapauksia, että fyysinen palvelin oli vikaantumassa, joten virtualisointi jäi ainoaksi vaihtoehdoksi palvelun toiminnan takaamiselle.

Prosessina fyysisen palvelimen muuntamisen voi tehdä kahdella eri keinolla: online-muunnoksena tai offline-muunnoksena. Suurin osa koulutuskuntayhtymän toteutuksen muunnoksista on tehty online-muunnoksella. Tämä on tehty asentamalla lähdepalvelimelle tarvittava agentti ja määrittelemällä uudelle virtuaalipalvelimelle resurssit ja muut uuden virtuaalipalvelimen asetukset. Offline-muunnosta CD-levyltä käynnistämällä on käytetty lähinnä SQL-palvelinten kanssa, sillä kyseisillä palvelimilla tapahtuu jatkuvasti muutoksia jonka vuoksi tietokantapalvelimet suosittelaa muuntaa offline-tilassa. Muuten prosessi on online-muutoksen kanssa identtinen.

Virtuaalipalvelimen luomisen jälkeen virtuaalipalvelimelta poistetaan vielä kaikki turhat laiteajurit, jotka jäävät virtualisoinnin jälkeen palvelimen tietoihin. Lisäksi palvelimelta poistetaan kaikki laitteistohallintaan liittyvät sovellukset, kuten fyysisellä palvelimella olleiden verkkokorttien hallintaan liittyvät sovellukset. Tämän lisäksi virtuaalipalvelimelle määritellään oikeat verkkoasetukset, sillä virtualisoinnin yhteydessä talteen jäävät vain fyysisten verkkokorttien asetukset ja virtuaalipalvelinten verkkokortithan ovat käyttöjärjestelmän näkökulmasta täysin uudet.

Esimerkkejä virtualisoiduista palveluista on mm. järjestelmänhallintatuote SCCM, Koulukadun toimipisteen DHCP- ja tulostuspalvelin, Koulukadun toimipisteen opis-

kelijoiden Linux-palvelin ja Koulukadun toimipisteen opetuskäytössä oleva taloushallintopalvelin, joka sisältää myös SQL-palvelun. Yhtenä hyödyllisenä skenaario-na voidaan pitää myös Microsoftin OCS-palvelimen väliaikaista virtualisointia OCS R2 -päivityksen ajaksi. OCS-palvelua ei suositeltu videonvälityksen takia virtualisoitavaksi. Uusi versio vaati kokonaan uuden palvelimen, johon vanhan palvelimen resurssit kuitenkin vielä riittivät. Virtualisointia hyödynnettiin virtualisoimalla vanha versio, jonka jälkeen uusi versio voitiin asentaa samalle fyysiselle palvelimelle.

P2V on helppo ja nopea tapa ottaa käyttöön virtuaalipalvelimia. Täysin toimivia muunnokset eivät kuitenkaan ole olleet. Muunnoksen jälkeen on huomattu, pahimmillaan loppukäyttäjien toimesta, erinäisiä ongelmia. Nämä on pystytty pääosin ratkaisemaan, mutta joitain puutteita tai käyttökatkoksia virtualisointien jälkeen on huomattu.

### **5.12.3 Fyysisillä palvelimilla olevien verkkopalvelujen migraatio virtuaalipalvelimille**

Koulutuskuntayhtymän palvelinvirtualisointi -toteutuksessa on enenemissä määrin siirrytty P2V:stä verkkopalvelujen migraatioon kokonaan uusille virtuaalipalvelimille. Tällöin palvelujen toimivuus on parempi ja samalla palvelimen käyttöjärjestelmä tulee päivitettyä uusimpaan versioon. Vanhoilla palvelimilla joka tapauksessa löytyy vuosien varrella kertynyttä turhaa dataa ja palveluja. Tämän lisäksi joitain aluksi virtualisoituja palvelimia on palvelujen uusien versioiden yhteydessä asennettu kokonaan uusiksi uusille virtuaalipalvelimille.

Tärkeimpiä verkkopalveluja migraatioiden suhteen ovat olleet tiedostopalvelimet. Näitä ovat olleet Koulukadun toimipisteen tiedostopalvelimet ja lisäksi toteutuksen loppuvaiheessa myös Seinäjoen ulkopuolisista toimipisteistä virtuaalipalvelimille siirretyt tiedostopalvelut. Tiedostopalvelut ovat olleet suhteellisen helppo siirtää uusille palvelimille kopioimalla palvelimen tiedostot uusille virtuaalipalvelimille ja luomalla verkkojaot identtiseksi. Siirron jälkeen virtuaalipalvelimet on vielä voitu

nimetä palvelimen vanhalla nimellä, jolloin muutoksia taustajärjestelmiin ei ole täytynyt tehdä. Toinen tärkeä palvelu joka otettiin käyttöön uudella virtuaalipalvelimella, on organisaation julkinen nimipalvelu.

Nähtävissä on, että joitain vielä virtualisoimattomia verkkopalveluja siirretään virtuaalipalvelimille uusien versioiden yhteydessä.

#### **5.12.4 Testiympäristöjen toteutukset virtuaalikoneilla**

Kuten on todettu, fyysisillä palvelimilla kaikenlaisten testiympäristöjen toteutus on työlästä ja kallista. Virtuaalipalvelimilla toteutetut testiympäristöt olivatkin koulutuskuntayhtymän ensimmäisiä virtualisoinnin käyttökohteita ja niiden käyttö on edelleen tärkeää.

Virtuaalipalvelimilla on helppo ja nopea toteuttaa kokonaisen testiympäristön luominen. Koulutuskuntayhtymän tapauksessa ympäristöön on yleensä luotu oma Active Directory -toimialue ja asennettu kaikki tarvittavat taustapalvelut testattavaa järjestelmää varten. Testiympäristöt on luotu tuotantoympäristöstä erillään oleviin aliverkkoihin. Joitain testipalvelimia on kuitenkin asennettu suoraan tuotantoympäristöön.

Tärkeimpiä tarkoituksia testiympäristöille ovat olleet uusien järjestelmien käyttöönoton testaukset. Testiympäristössä on voitu testata uuden järjestelmän käyttöönotto ennen kuin se on otettu käyttöön tuotannossa joko fyysisillä tai virtuaalisilla palvelimilla. Testiympäristössä tehdyistä testiasennuksista on tehty dokumentaatio, jotta asennuksissa ja määrittelyissä ei tulisi tuotantoon asennettaessa mitään virheitä. Virtuaalipalvelimet soveltuvat muutenkin hyvin testaamiseen, sillä virtuaalipalvelimista voidaan ottaa tilannekuvat ennen tärkeitä vaiheita ja palata tilannekuviin jos testauksen eri vaiheissa jokin menee pieleen. Esimerkkejä testiympäristöjen käyttötarkoituksista voidaan mainita mm. Active Directory -päivitys Windows 2008 R2 -toiminnallisuustasolle ja identiteetinhallintapalveluiden testaus.

Koska virtuaalipalvelimien käyttöönotto- ja poisto ovat nopeita operaatioita, yksi skenaario on ollut käyttää virtuaalipalvelimia eri tuotteiden kokeiluajan sallimissa puitteissa. Monista hyödyllisistä tuotteista saa jo kokeilujakson aikana paljon organisaation kannalta hyödyllistä tietoa. Esimerkkejä kokeilujakson ajan käytetyistä palveluista on eri VMware ympäristön hallintaan ja valvontaan tarkoitettujen tuotteiden testaus sekä Microsoft Exchange -sähköpostijärjestelmästä raporteja keräävän Quest Messagestats -sovelluksen kokeilu.

Yksi erittäin tärkeä käyttökohde on ollut Windows Vistan käyttöönotosta lähtien työasemakäyttöjärjestelmä-mallikuvien, eli imagien tekeminen. Windows käyttöjärjestelmät ovat Windows Vistasta lähtien olleet rautariippumattomia, joten käyttöjärjestelmäimagen on voinut tehdä täysin valmiiksi virtuaalikoneena. Tämän jälkeen samaa imagea on voitu jakaa moneen eri laitekoonpanon sisältäviin atk-luokkaan. Virtuaalikoneilla on myös voitu testata käyttöjärjestelmäjakelu-prosessin toimivuus testikoneilla ennen kuin usean sadan koneen käyttöjärjestelmäjakelua on alettu tekemään tuotannossa. Verrattuna vanhaan prosessiin, jossa kaikista laitekoonpanoista tehtiin oma image, on uusi prosessi paljon yksinkertaisempi ja nopeampi toteuttaa.

Käyttöjärjestelmäjakeluun kuuluu myös ohjelmien paketointi automaattisesti asennettavaan muotoon esimerkiksi MSI-paketeiksi. Koska prosessi vaatii, että paketoinnin jälkeen mallikone pitää palauttaa ohjelman asennusta edeltävään tilaan, on virtuaalikoneilla tehdyt paketoinnit olleet arkipäivää koko toteutuksen ajan.

#### **5.12.5 Virtual appliencien hyödyntäminen**

Yksi tärkeä virtuaalipalvelinten hyödyntämiskohde on ollut virtual appliencien hyödyntäminen. Virtual appliencet ovat kokonaisuuksia, joihin on valmiiksi asennettu jokin verkkopalvelu, kuten koulutuskuntayhtymässä käyttöönotettu Nagios-verkkopalvelujen -seurantasovellus. Tällaisia valmiita sovelluksia on ladattavissa esimerkiksi VMwaren omalta kotisivulta. Joissain tapauksissa näille koneille on

vielä joutunut tekemään VMware Converterin avulla V2V prosessin, eli muunnoksen virtuaalikoneen jostain versiosta VMware vSpheren ymmärtämään muotoon.

Näiden lisäksi tärkeitä virtual applianceja ovat olleet VMwaren omat vSphere ympäristön hallinta- ja valvontatuotteet kuten vCenter Operations ja vCenter Capacity IQ. Virtual applianceja luodaan myös ohjelmistotoimittajien itse tekeminä paketteina. Näistä ei koulutuskuntayhtymän ympäristössä ole vielä kokemusta, mutta näiden pakettien yleistymisen näyttää olevan tulevaisuuden suuntaus.



## 6 POHDINTAA

Tässä luvussa pohditaan virtualisointiympäristön soveltuvuutta koulutuskuntayhtymälle. Lisäksi verrataan uutta ympäristöä vanhaan ympäristöön ja pohditaan miten virtualisointiympäristön käyttö etenee tulevaisuudessa.

### 6.1 Palvelinvirtualisoinnin soveltuminen Seinäjoen koulutuskuntayhtymälle

Palvelinvirtualisointi sopii toteutuksen kautta kertyneiden kokemusten perusteella koulutuskuntayhtymälle hyvin. Suurin osa koulutuskuntayhtymän palvelimista toimii pienellä kuormalla, joten palvelinten muuntaminen, luominen ja siirto virtuaalipalvelimille ovat lisänneet resurssien käyttöasteita. Toisaalta koulutuskuntayhtymässä käytetään paljon Microsoftin tuottamia sovelluksia, jotka ovat virtualisoinnin kannalta hyviä kohteita, koska niiden virtualisoinnista on kokemusta maailmalla ja toisaalta useimpien sovellusten virtualisointi on virallisesti tuettua.

Koulutuskuntayhtymässä on paljon palvelimia, joiden elinkaari on loppupäässä. Näiden palvelujen siirto virtuaalipalvelimille on kustannustehokas tapa taata palvelujen toiminta jatkossa. Lisäksi virtuaalipalvelimet tuovat koulutuskuntayhtymän verkkopalveluille kaivattua vikasietoisuutta.

Yksi asia joka haittaa palvelinvirtualisoinnin käytön laajenemista on atk-henkilöstön tietotaitojen puute virtualisointiin tarvittavien taustajärjestelmien, kuten keskitettyjen levyjärjestelmien kanssa. Palvelinten ylläpito ja hallinta on virtuaalipalvelimilla samanlaista kuin fyysisilläkin palvelimilla, mutta jonkun pitää osata taustajärjestelmien hallinta- ja ylläpito. Lisäksi virtuaaliympäristön hallinta vaatii jonkin verran opiskelua. Näiden asioiden korjaaminen ei ole mahdoton tehtävä ja asian korjaamiseksi on jo suunnitelmia.

## 6.2 Vertailua vanhaan ympäristöön

Jos toteutuksen kautta luotua ympäristöä verrataan vuoden 2007 aikaiseen ympäristöön, jolloin virtuaalipalvelimia oli käytössä vain muutama, on virtuaalipalvelinten käyttöönotto mullistanut ympäristön kustannustehokkuuden, vikasietoisuuden ja joustavuuden.

### 6.2.1 Resurssien hyödyntäminen

Alustapalvelinten käyttöasteet ovat perinteisiin fyysisiin palvelimiin verrattuina korkealla tasolla. Vain harvat sovellukset osaavat hyödyntää fyysisten palvelinten resursseja tehokkaasti. Kerätessä useita virtuaalipalvelimia yhteen alustapalvelimeen, saavutetaan huomattavaa tehokkuutta resurssien hyödyntämisessä.

Varsinkin keskusmuistin hyödyntäminen on alustapalvelimilla korkealla tasolla. Keskusmuistin onkin usein ensimmäinen pullonkaula mietittäessä kuinka monta virtuaalipalvelinta yhdellä alustapalvelimella saadaan toimimaan.

Toinen resurssi, jota virtuaaliympäristö osaa hyödyntää fyysistä ympäristöä tehokkaammin, on keskitetyissä levyjärjestelmissä oleva kallis levytila. Fyysisillä palvelimilla varataan sovelluksia varten tarpeeksi keskitetyn levyjärjestelmän levytilaa koko sen elinkaaren ajaksi. Tällöin suurin osa levytilasta ei koskaan tule käyttöön. Virtuaalipalvelimille varataan levytilaa verkkopalvelun toiminnan aloittamiseen tarvittava levytila, jota voidaan vaatimusten kasvaessa joustavasti kasvattaa. Ohutprovisioidin avulla virtuaalipalvelimet eivät myöskään vie LUN:lta levytilaa yhtään enempää kuin ne oikeasti tarvitsevat. Tällainen resurssitehokkuus auttaa erityisesti kalliin ja tehokkaan levytilan hyödyntämisen kanssa.

## 6.2.2 Vikasietoisuus

Kuten todettua koulutuskuntayhtymän fyysisiä palvelimia ei toistaiseksi ole mitenkään klusteroitu. Joitain verkkopalveluja, kuten Active Directoryn käyttäjätietokantaa tarjoaa useampi palvelin, mutta valitettavan usein yhden palvelimen vikaantuminen aiheuttaa käyttökatkoksen useaan verkkopalveluun kerrallaan.

Virtuaaliympäristössä olevat virtuaalipalvelimet ovat VMware HA:n avulla vikasietoisia alustapalvelinten hajoamista vastaan. Tämä yleensä riittää koulutuskuntayhtymän verkkopalvelujen kannalta, sillä niin kriittisiä verkkopalveluja organisaatiolla ei ole, että virtuaalipalvelimen käynnistymiseen kestävä käyttökatkos olisi liian pitkä. Tässäkin pitää huomioida se asia, että virtuaalipalvelimet käynnistyvät usein fyysisiä palvelimia nopeammin, sillä virtuaalipalvelinten ei tarvitse tehdä fyysisille palvelimille ominaisia laitteiston tarkastuksia, kuten RAID-levypakan tarkistusta. Virtuaalipalvelimet ovatkin tällä hetkellä koulutuskuntayhtymän ainoita vikasietoisia palvelimia.

## 6.2.3 Joustavuus

Resurssipooli-ajattelu on tuonut verkkopalvelujen käyttöönottoon lisää joustavuutta. Resurssipoolissa on tietty määrä resursseja, joita voidaan kasvattaa tarpeiden kasvaessa. Tämä mahdollistaa esimerkiksi verkkopalvelujen käyttöönoton nykyisillä resursseilla. Uutta verkkopalvelua varten voidaan hankkia lisää resursseja normaalin hankintaprosessin kautta, mutta verkkopalvelu saadaan välittömästi käyttöön olemassa olevilla resursseilla.

Resurssipoolille on myös ominaista se, että uudet resurssit ovat välittömästi käytössä. Verrattuna fyysisiin palvelimiin, voi hankinnan jälkeen kestää vielä kauan aikaa ennen kuin palvelin on saatu asennettua ja sillä toimivat verkkopalvelu on saatu käyttöön. Tämän lisäksi poistuvat virtuaalipalvelimet vapauttavat niiden käyttämät resurssit resurssipoolin käyttöön välittömästi niiden poiston jälkeen. Jos fyysiselle palvelimelle sen elinaikana tulee uusi rooli, joudutaan palvelin usein asen-

tamaan kokonaan uusiksi. Tämä vie aikaa ja vaatii kohtuuttomasti atk-ylläpitäjien työpanoksia.

Virtuaalipalvelinten käyttöönotto- ja poistaminen on muutenkin paljon nopeampaa verrattuna fyysisiin palvelimiin. Valmiista pohjista tai imageista tehty käyttöönotto kestää käyttöjärjestelmän osalta vain murto-osan verrattuna vastaavaan fyysiseen palvelimeen. Prosessi on muutenkin paljon yksinkertaisempi ja sen pystyy esimerkiksi SCCM:n valmiin työlistan avulla automatisoimaan kokonaan. Palvelujen käyttöönotot ovat siis huomattavasti nopeampia ja tietohallinto pystyy virtuaaliympäristön avulla joustavasti vastaamaan loppukäyttäjiltä tulleisiin vaatimuksiin.

#### **6.2.4 Kustannukset**

Virtualisointiympäristön alkuinvestoinnit ovat kieltämättä korkeat. Tässäkään toteutuksessa ei voitu hankkia haluttua määrää alustapalvelimia, levyjärjestelmän kiintolevyjä ja virtualisoinnissa tarvittavia lisenssejä kerralla. Hankintoja on tehty vähän kerrallaan ja näin jatketaan tulevaisuudessakin.

Tiettyyn virtualisoinnin tason saavuttamisen jälkeen järjestelmästä saadaan kuitenkin kustannussäästöjä. Alustapalvelinten käyttöasteet ovat korkeammat kuin perinteisten fyysisten palvelinten, joten niitä ei tarvitse olla niin paljon. Samoin levyjärjestelmän levypinta tulee käytettyä tehokkaammin. Myös Microsoftin käyttöjärjestelmälisenssejä tarvitaan vähemmän ja vuotuiset lisenssikustannukset pienenevät.

Yksi huomioitava asia kustannusten suhteen on myös keskittämisestä saadut yleiset hyödyt. Keskittämällä palveluita säästetään työajassa, sillä palvelimien ylläpitoon ei tarvitse käyttää niin paljon aikaa etätoimipisteissä.

### 6.2.5 Virtualisoinnin ongelmia

Toki ongelmiakin on ollut. Vakaudestaan huolimatta VMware on edelleen sovellus ja siinä on väistämättä joitain ongelmia. Koska virtuaalipalvelimet lisäävät palvelinten hallintaan yhden kerroksen lisää monimutkaisuutta ja potentiaalisen tietoturvariskin, pitää virtuaaliympäristön hallinnan ja valvonnan pysyä osaavissa käsissä.

Käytännön ongelmia ovat olleet alustapalvelinten päivitysten yhteydessä tapahtuneet kaatuilut. Toteutuksena aikana on nähty VMwaren purple screen of death, joka vastaa Windowsin tunnettua blue screen of deathia. Alustapalvelimiin on myös jotain kertoja menetetty hallintayhteys. Joskus tämän on voinut korjata käynnistämällä hallintapalvelut alustapalvelimen konsolista uudestaan, muuta pari kertaa virtuaalipalvelimet on jouduttu ajamaan hallitusti tietyltä alustapalvelimelta alas, jotta alustapalvelimelle on voinut tehdä uudelleenkäynnistys. Kyseessä on siis ollut hallintapalveluiden ongelma. Vaikka hallintapalvelut eivät ole toimineet, ovat kaikki virtuaalipalvelimet jatkaneet toimintaansa.

Eräs haitta, joka virtualisoinnin myötä ilmenee, on virtuaalipalvelimilla olevien VMware Toolsin päivitykset. Päivitys vaatii aina virtuaalipalvelimen uudelleenkäynnistykseen. Nämä pitää ajoittaa esimerkiksi Windows-päivitysten yhteyteen. Joka tapauksessa ne lisäävät yhden ylläpitotoimenpiteen palvelintenhallintaan.

### 6.3 Käyttö tulevaisuudessa

Miten koulutuskuntayhtymän palvelinvirtualisointi sitten jatkuu jatkossa? Nähtävissä on että Koulukadun palvelinhuoneeseen hankitaan jatkossakin lisää alustapalvelimia ja levyjärjestelmiä kasvatetaan. Koulukadun viimeisetkin fyysiset palvelimet otetaan käyttöön virtuaalipalveliminä. Poikkeuksina ovat Microsoft Exchange - sähköpostipalvelimet ja Microsoft SQL -tietokantapalvelimet, jotka osaavat hyödyntää laitteiston resursseja tehokkaasti. Niiden vaatimat resurssit ovat muutenkin niin korkeat, että nykyisellään niitä ei kannata virtualisoida. Niitä varten on joka tapauksessa olemassa olevat palvelinresurssit, joten niitä ei ainakaan vielä virtu-

alisoida. Näille palveluille mietitään lisäksi vikasietoisuutta muilla keinoin ja voi olla että esimerkiksi SQL-palvelimet klustedoidaan.

Pari muuta poikkeusta ovat varmistuspalvelin, jota ei suositella virtualisoitavaksi ja Active Directory Domain Controller, jota ei suositella virtualisoitavaksi jos ympäristössä on muita fyysisiä Domain Controller -palvelimia. Näillekin palveluille on olemassa uudet laitteet, joten ainakin toistaiseksi nämä palvelimet pysyvät fyysisinä.

Mainittuja poikkeuksia lukuun ottamatta Koulukadulla jäljellä olevat fyysiset palvelimet tulevat virtualisoiduksi versiopäivitysten yhteydessä. Nämä palvelut ovat identiteetinhallinnan palvelin, osa www-palveluista ja kommunikaatiojärjestelmä OCS, joka päivittyy Lync-palvelimeen.

Koulukadun palvelinten virtualisoinnin jälkeen palvelinvirtualisoinnin kasvu tulee jatkumaan enenemässä määrin koulutuskuntayhtymän muiden toimipisteiden palvelinten virtualisoinnilla. Tämä prosessi on jo alkanut, sillä joitain muiden toimipisteiden palvelimia on jo siirretty toimimaan virtuaalipalvelimina. Tämä prosessi tulee jatkumaan ottaen kuitenkin huomioon nykyisen verkkotopologian esittämät haasteet. Muiden toimipisteiden palvelinten virtualisointi parantaa niiden palvelinten toimivuutta ja tietoturvaa, sillä usein nämä palvelimet ovat käyttöikänsä loppupäässä ja niiden varmistus ei ole ollut hyvällä mallilla. Kasvuvaraa joka tapauksessa riittää, sillä toteutuksen jälkeenkin suurin osa organisaation palvelimista on edelleen fyysisiä palvelimia.

Yksi tulevaisuuden mahdollisuus on työasemavirtualisoinnin kehittyminen. Tässä työssä ei keskitytty asiasta kertomaan tarkemmin, mutta toteutuksen yhteydessä on rakennettu toimiva työasemavirtualisoinnin infrastruktuuri. Laajempaa käyttöä ei kuitenkaan voida tehdä, sillä palvelun vaatimat lisenssikustannukset estävät käytön ohutpääteikäytössä, joka on työasemavirtualisoinnin järkevin käyttökeino. Valmista infrastruktuuria voidaan kuitenkin hyödyntää ottamalla nykyisiltä Windows työasemilta käyttöön virtuaalityöasemia esimerkiksi joitain koulutustilanteita varten. Tämä käyttö ei vaadi erillisiä Windows-lisenssejä. Tähän tarkoituk-

seen työasemavirtualisoinnin työasemia on hyödynnetty esimerkiksi atk-henkilöstön tekemässä sovelluspaketoinnissa.

Palvelinvirtualisoinnin kannalta seuraava vaihe on myös alustapalvelinten hankkiminen muihin kriittisiin palvelinsaleihin. Tästä on jo olemassa suunnitelmia, sillä Tekniikan yksikön palvelinsalissa olevia palvelimia suunnitellaan siirrettäväksi virtuaalipalvelimiksi. Tätä tarkoitusta varten jo vuoden 2011 aikana hankitaan Tekniikan yksikön palvelinsaliin näillä näkymin kaksi alustapalvelinta ja keskitetty levyjärjestelmä.

Useammassa palvelinsalissa olevat alustapalvelimet mahdollistaisivat myös muita mielenkiintoisia skenaarioita. VMwarella on olemassa valmiita ratkaisuja koko konesalin vikaantumisesta toipumiseen. Tämä tosin vaatisi melkoisia investointeja, sillä toimiakseen nämä ratkaisut vaatisivat, että vCentereitä olisi kaksi ja että levyjärjestelmässä olevat virtuaalipalvelimet replikoitaisiin eri konesalissa olevien levyjärjestelmien välillä. Lisäsihän pitää miettiä verkkoasiat, joten verkkoinfrastruktuuria (kytkimiä, palomuureja jne.) pitäisi periaatteessa olla kaksinkertaisesti. Täysin poissuljettuna tällaisiakaan tarpeita ei kuitenkaan voida pitää.

Yhtenä tulevaisuuden haasteena ja mahdollisuutena voidaan pitää SeAMK Liiketoiminnan siirtymistä, uuteen Frami F -rakennukseen vuonna 2013. Rakennukseen rakennetaan myös tietohallinnon uusi palvelinhuone. Palvelinhuoneessa tullaan hyödyntämään virtualisointia varmaan vielä laajemmin. Uuteen ja nykystandardit täyttävään palvelinhuoneeseen voidaan myös keskittää entistä enemmän koulutuskuntayhtymän yhteisiä ja toimipisteiden omia verkkopalveluita.

VMware vSphere -tuote kehittyy myös jatkuvasti ja uusia ominaisuuksia tulee koko ajan. Koulutuskuntayhtymän ympäristössä uudet versiot on voitu ottaa käyttöön nopealla aikataululla ja uusien ominaisuuksien hyödyntäminen on ollut tehokasta.

Yhtenä tulevaisuuden visiona voisi olla viime aikoina paljon huomiota herättänyt pilvipalveluiden hyödyntäminen. Tässä toteutuksessa on saatu suurin osa rakennuspalikoista, joita tarvitaan yksityisen pilvipalvelun mahdollistamiseen.

## LÄHTEET

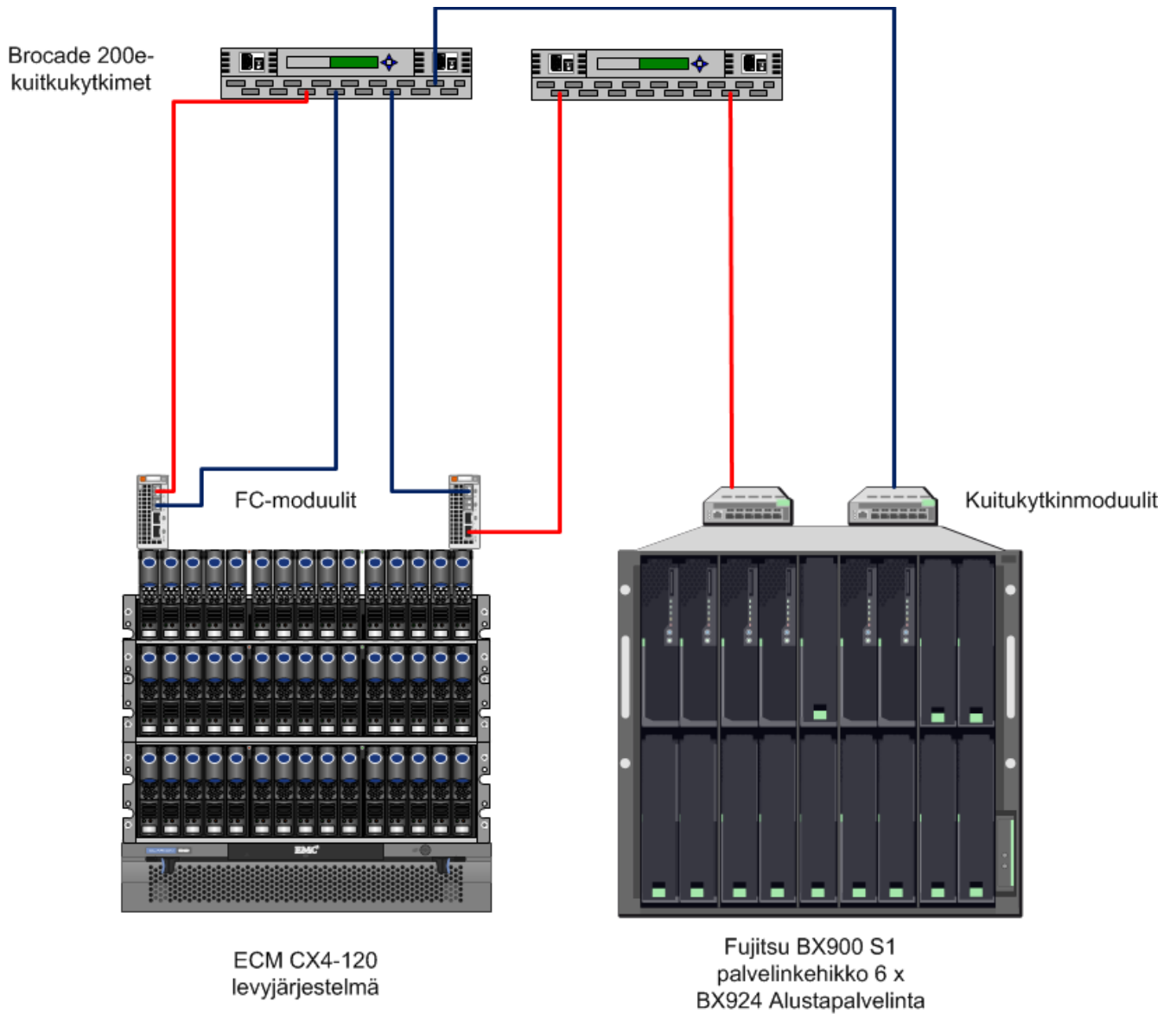
- Haletky, E. 2011 VMware ESX and ESXi in the Enterprise. Pearson Education, Inc.
- Helicon Publishing. 2005 Hutchinson Dictionary of Computing and the Internet. Helicon Publishing.
- Järvinen P & Järvinen A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Tampereen Yliopisto: Opinpaja
- Laverick, M. 2010. The McGraw-Hill Companies. VMware vSphere 4 Implementation
- Lowe, S. 2009. Mastering VMware vSphere 4 Wiley Publishing, Inc.
- MacKinnon C & Mann. A. 9.4.2010. Virtualization Rundown: What Execs Need To Know About The Technology That's Sweeping The Enterprise. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 11.11.2010]. Saatavissa: <http://www.processor.com/editorial/article.asp?article=articles%2Fp3208%2F28p08%2F28p08.asp&guid=>
- Marshall, D., Beaver, S. & McCarty, J. 2008. VMware ESX Essentials in the Virtual Data Center. Auerbach Publications
- Marshall, D & Reynolds W. ja McCrory D. 2006. Advanced Server Virtualization VMware and Microsoft Platforms in the Virtual Data Center
- Mext. 2009. Virtualisointi suomalaisissa organisaatioissa 2009. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2010]. Saatavissa pdf-muodossa: <http://feed.ne.cision.com/wpyfs/00/00/00/00/00/0E/D7/10/wkr0003.pdf>
- Microsoft 2011, About Licensing. Licensing for Virtual Environments. Microsoftin kotisivu. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 9.5.2011]. Saatavissa: <http://www.microsoft.com/licensing/about-licensing/virtualization.aspx>
- Popek, G & Goldberg R. 1974 Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures. Universities of California and Harvard
- Rule, D. & Dittner, R. 2007. The Bast Damn Server Virtualization Book Period. Syngress Publishing Inc.



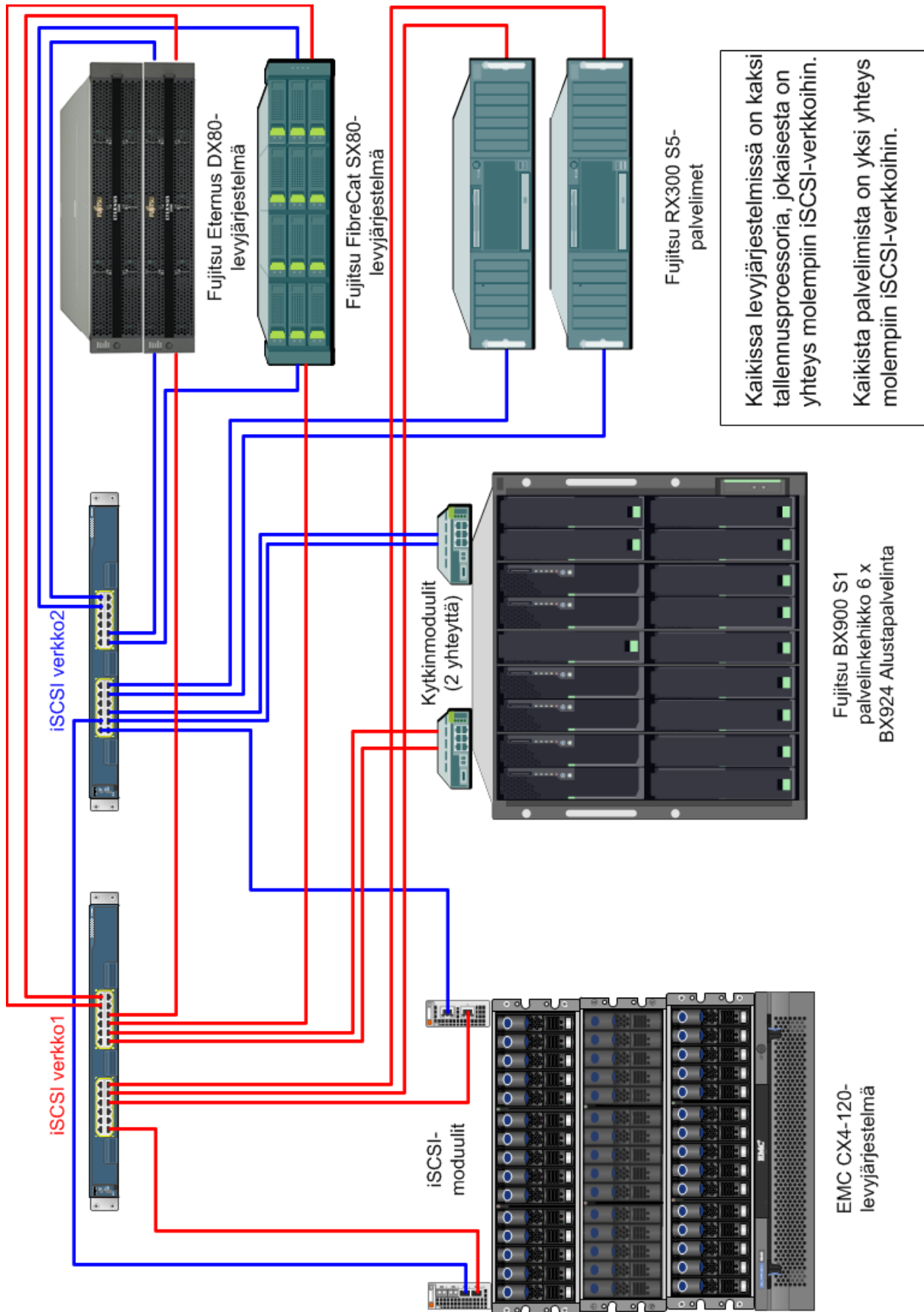
- Tulloch, M, 2009. Understanding Microsoft Virtualization Solutions From the Desktop to the Datacenter. Microsoft Press
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2009. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän tietohallintostrategia 2010-2013 ja 2014-2016
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2011a. Organisaatiokuvaus. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän kotisivu. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 23.4.2011]. Saatavissa: <http://www.epedu.fi/>
- Seinäjoen koulutuskuntayhtymä 2011b. Organisaatiokaavio. Seinäjoen koulutuskuntayhtymän kotisivu. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 23.4.2011]. Saatavissa: <http://www.epedu.fi/loader.aspx?id=5a89087b-ca48-4637-a234-5c81ebe4b51a>
- VMWare 2011a. Virtualization overview, VMWare kotisivu. [WWW-dokumentti] [Viitattu 22.3.2011]. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>
- VMWare 2011b. Configuration Maximums, VMware vSphere 4.1, VMWare kotisivu. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 6.4.2011]. Saatavissa pdf-muodossa: [http://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r41/vsp\\_41\\_config\\_max.pdf](http://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r41/vsp_41_config_max.pdf)
- VMWare 2011c. VMware vSphere Pricing, VMWare kotisivu. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 7.4.2011]. Saatavissa: <http://www.vmware.com/products/vsphere/pricing.html>
- VMware 2011d. VMware Diagram & Icon Library. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 7.4.2011]. Saatavissa Powerpoint-muodossa: <http://communities.vmware.com/docs/DOC-13702> ja <http://communities.vmware.com/docs/DOC-13703>
- Windom, C, Gaidhani, H. & Fontana, A. 2011. Virtualizin Microsoft Tier 1 Applications with VMware vSphere4. Wiley Publishing, Inc.

## LIITTEET

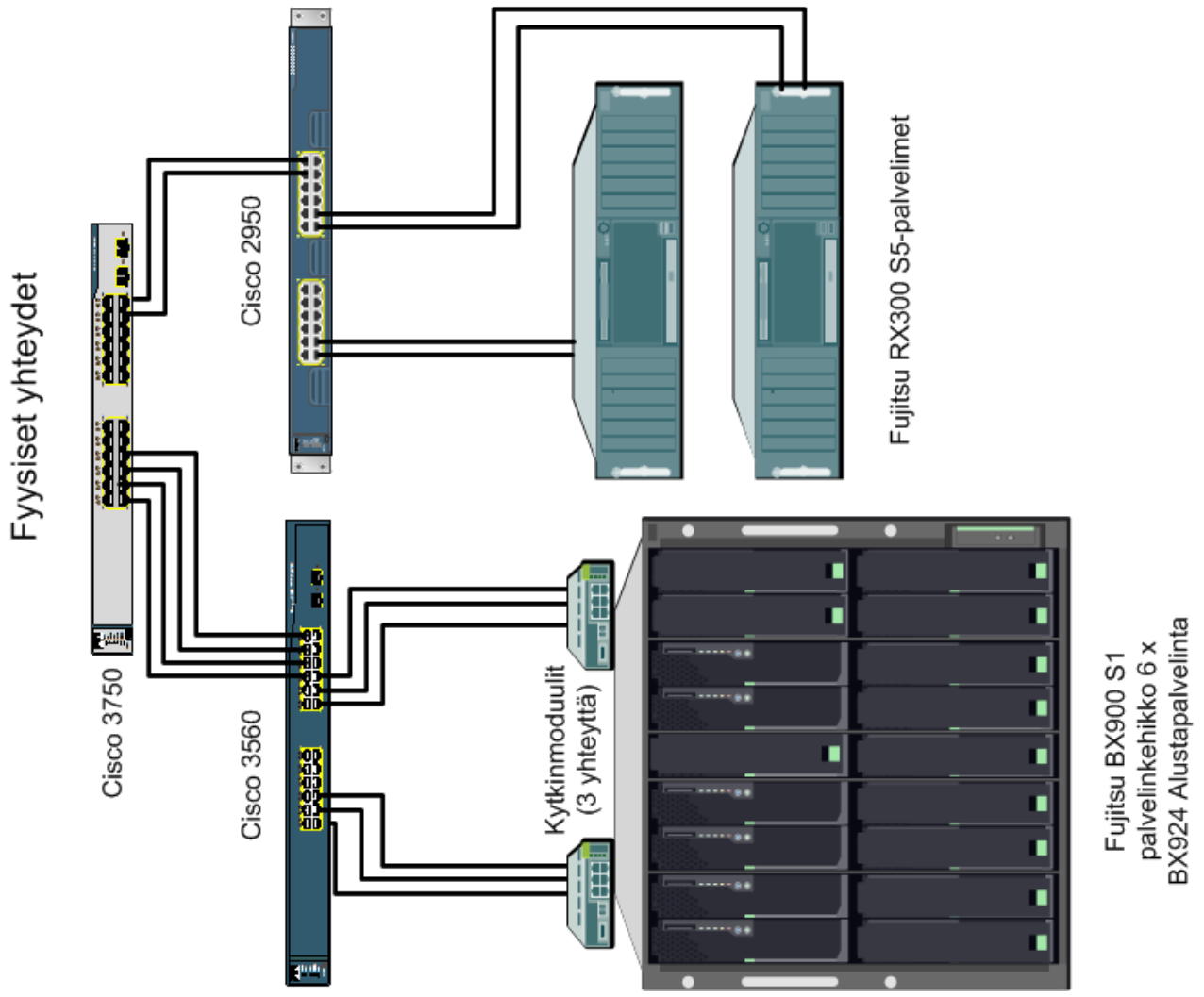
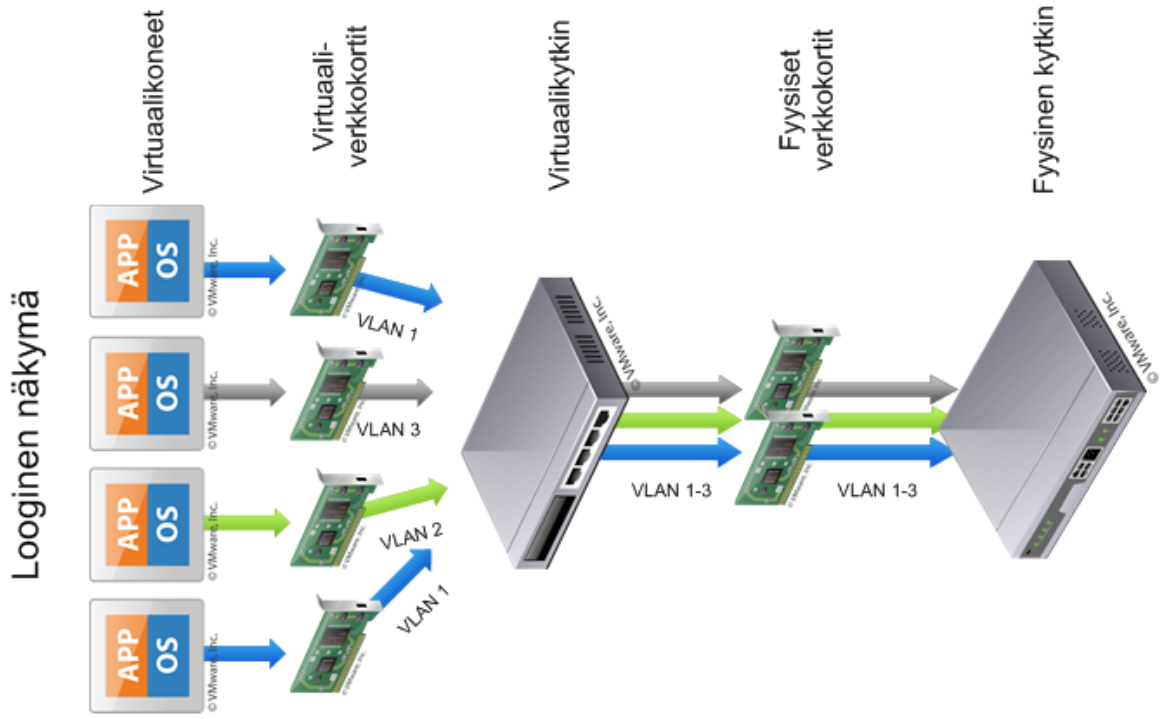
### LIITE 1 FC SAN -verkon kuvaus



## LIITE 2 iSCSI SAN -verkon kuvaus



LIITE 3 Lähiverkon kuvaus



**LIITE 4 Yleistä tietoa ympäristöstä (palvelinvirtualisoinnin osuus)**

- ESXi alustapalvelinten määrä = 8
- Fyysisten prosessorien määrä = 16
- Loogisten prosessorien määrä = 88
- Prosessoriresurssit = 229 gigahertsiä
- Keskusmuistiresurssit = 528 gigatavua
- Käytettävissä oleva jaettu levytila = 20 teratavua
- Virtuaalipalvelinten määrä = 66
- Käytössä olevat käyttöjärjestelmät:
  - Microsoft Windows 2003 x86 / x64
  - Microsoft Windows 2008 x86 / x64
  - Microsoft Windows 2008 R2 x64
  - CentOS
  - Debian
  - Suse Enterprise
  - Slax
  - Solaris 10

## LIITE 5 Palvelinvirtualisointia hyödyntävät verkkopalvelut

- Adobe Connect Pro
- Apache-webpalvelut (PHP+MySQL)
- BIND-nimipalvelu
- Cacti-verkonvalvonta
- DHCP-palvelut
- Fujitsu Serverview
- Jamix-keittiösovellus
- Kuntatoimisto-dokumentinhallinta
- Microsoft Adam
- Microsoft App-V
- Microsoft Direct Access
- Microsoft IAS
- Microsoft IIS
- Microsoft KMS
- Microsoft SCCM (WDS, PXE)
- Microsoft UAG
- Microsoft Sharepoint
- Microsoft SQL-tietokantapalvelut
- Microsoft-varmennepalvelut
- Microsoft WSUS
- Microsoft-terminaalipalvelut
- Moodle-oppimisympäristö
- Nova-taloushallinto
- Sun Ray Server
- Symantec Endpoint Protection
- Symantec Ghost
- Symantec Vault
- Tiedostopalvelut
- Tulostuspalvelut
- VMware vCenter
- VMware vCenter Mobile Access
- VMware vCenter Operations
- VMware View
- VMware vSphere Management Assistant