

Lauri Partanen

Virtuaaliympäristön itsepalveluportaalin rakentaminen

Tietojenkäsittelyn
tradenomi

Kevät 2015



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä(t): Partanen Lauri

Työn nimi: Virtuaaliympäristön itsepalveluportaalin rakentaminen

Tutkintonimike: Tietojenkäsittelyn tradenomi

Asiasanat: virtualisointi, itsepalveluportaali, VMware Orchestrator, ohje

Itsepalvelu on keino, jolla voidaan keventää asiakaspalvelijan taakkaa. Virtuaaliympäristön hallinnan kannalta tämä tarkoittaa vähemmän työtä virtuaalikoneiden luomisen suhteen. Peruskäyttäjää ei kuitenkaan tavallisesti voida päästää suoraan käyttämään kriittisiä hallintaohjelmia tai antaa heille pääkäyttäjäoikeuksia. Erillinen hallintapaneeli, joka on varustettu tarpeellisilla toiminnoilla ja oikeuksilla, on eräs ratkaisu tähän. Nimitys tällaiselle hallintapaneelille on itsepalveluportaali.

Itsepalveluportaalin rakentaminen vaatii monenlaisia resursseja. Tyhjästä rakennettaessa täytyy hankkia isäntäpalvelin, asentaa virtualisointiohjelmisto ja sen hallintaohjelmisto. Seuraavaksi asennetaan orkestrintiohjelma, jotta voidaan automatisoida tarvittavat toiminnot, joita itsepalveluportaalin kautta suoritetaan. Viimeisenä rakennetaan Orkestraattorin avulla verkkosivu, jonka kautta käyttäjät voivat provisoida itse virtuaalikoneita. Tämä opinnäytetyö opastaa koko asennus, säätö -ja rakennusprosessin läpi, kertoen myös käytetyistä ohjelmistoista. Opinnäytetyön ohjeen ympäristö on rakennettu ESXi 5.5-hypervisorin päälle. Ympäristön tietovaranto on sijoitettu FreeNAS palvelimelle ja hallinta tehty vCenter Serverillä. Käyttäjätilit tulevat Active Directoryn kautta ja palvelinten käyttöjärjestelminä on Windows 2012 R2 Server. Orkestrintityökaluna on VMware Orchestrator ja verkkosivun tekemiseen käytetään apuna Apache Tapestryä. Koodikielenä on käytetty vain HTML:ää. Ohjeen tarkoitus on opettaa käyttämään orkestraattoria sekä rakentamaan toimiva itsepalveluportaali virtuaaliympäristölle

ABSTRACT

Author: Partanen Lauri

Title of the Publication: Building of self-service portal for virtual environment

Degree Title: Bachelor degree of information technology

Keywords: virtualization, self-service portal, VMware Orchestrator, guide

Self-service is a way to ease customer service worker's workload. For virtual environments this means less time spent on creating new virtual machines for the customers. However, basic user can't be trusted with critical management software and controls, let alone given administrative rights. A good solution for this is separate dashboard equipped with all necessary functions and rights. Another name for this dashboard would be self-service portal.

The purpose of the thesis was to teach how to use VMware Orchestrator and how to build a self-service portal with it. This was done by writing a guide about how to do it. Building a self-service portal requires many kinds of resources. When starting with nothing, one must acquire host servers, install virtualization software and its management software and finally an orchestration software. Then all the necessary functions and rights are built with said orchestrator software. Last piece is the webpage, which provides the portal to the management tools for the customers. This guide will be a tool for planning and installing the infrastructure and the virtualization environment, as well as its management and finally building the self-service portal itself with VMware Orchestrator. The most important tools used are from VMware and Microsoft. The hypervisor is ESXi 5.5 and it's managed by vCenter Server. Virtual Environment's storage is on FreeNAS server and user accounts are managed by Active Directory. Operating system for management servers is Windows 2012 R2 server. HTML and Apache Tapestry are the tools used for building the webpage for the self-service portal.

SISÄLLYS

SYMBOLILUETTELO	1
1 JOHDANTO.....	3
2 INFRASTRUKTUURI.....	5
2.1 ESXI 5.5	6
2.2 FreeNAS	7
2.3 vCenter Server	9
3 ALUSTA	11
3.1 Windows 2012 Server	12
3.2 Active Directory	14
3.3 OpenStack	16
3.4 Orchestrator	17
4 OHJELMISTO	19
4.1 Apache Tapestry	20
4.2 Verkkosivun koodi	21
5 VIRTUAALIKONEIDEN ITSEPALVELUPORTAALIN RAKENNUS	24
5.1 Ympäristön rakennus	24
5.2 Asennus	25
5.3 Orkestraattorin asennus ja käyttö.....	29
5.4 Verkkonäkymän rakennus.....	37
6 YHTEENVETO JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET	42
6.1 Kehitysideat.....	42
6.2 Yhteenveto	43
LÄHTEET	45

SYMBOLILUETTELO

Allokointi – Allocation Resurssien määrittämistä tietylle vastaanottajalle.

API Application Program Interface. Suomeksi ohjelmointirajapinta. Määrittelee miten ohjelmistokomponentit toimivat keskenään käyttöliittymää ohjelmoidessa.

CIM Common Information Model. Teollisuusstandardi, joka määrittelee laitteiden ja ohjelmien ominaisuudet, jotta niitä voitaisiin hallita samalla tavalla vaikka ne olisivat eri valmistajilta.(searchstorage.techtarget.com)

Coredump Tiedosto, johon on tallennettu laitteen työmuisti ennen sen kaatumista.

Cluster Looginen yksikkö, joka koostuu useista LAN yhteen liitetyistä laitteista (technopedia.com)

DNS Domain Name System. Hierarkkinen nimijärjestelmä internettiin yhdistetyille resursseille.

Heartbeat Toistuva signaali, jota käytetään osoittamaan palvelimen toimivuus tai synkronointiin.

I/O Input/Output.

ISCSI Internet Small Computer System Interface. Mahdollistaa SCSI komentojen lähetyksen verkon kautta.

LDAP Lightweight Directory Access Protocol Avoin protokolla, jonka avulla ohjelmat hakevat tietoa palvelimelta (gracion.com)

Linked clone Kopio virtuaalikoneesta, joka jakaa virtuaalilevyt alkuperäisen kappaleen kanssa.

NX/XD Never eXecute/eXecute Disable. Mahdollistavat jonkin muistialueen merkitsemisen never execute tilaan. Molemmat nimet tarkoittavat samaa.

Pilvipalvelu Verkon kautta käytettävä, mikä tahansa resurssi. Pilvipalvelun mallit ovat IaaS, PaaS ja SaaS.

Provisioiminen Provisioiminen tarkoittaa jonkin resurssin aktivoimista niin, että se on saatavilla käyttöä varten.

RRAS Routing and Remote Access Service. Mahdollistaa ohjelmien toiminnan reitittimenä, joilla hallinnoidaan reititystä sekä etäyhteyksiä käyttöjärjestelmään. Microsoftin ohjelmointirajapinta

SMB Server Message Block. Toimii ohjelmistotasolla verkko protokollassa ja huolehtii jaetusta pääsystä tiedostoihin, tulostimiin, sarjaportteihin ja sekalaiseen noodien väliseen kommunikaatioon.

Snapshot Kopio virtuaalikoneen levytiedostosta, jonka avulla virtuaalikone voidaan palauttaa snapshotin otto pisteeseen.

SSH Secure Shell. Enkryptattu verkkoprotokolla, jonka avulla kirjaututaan etänä palveluihin suojaamattomassa verkossa.

SNMP Simple Network Management Protocol.

Thin levy Thin Provisointi. Mahdollistaa levytilan ylityökalun lupaamalla enemmän levytilaa, kuin on saatavilla.

UCS Unified Computing System. Datacenter ratkaisu, jossa suoritus, verkko, tietovaranto ja virtualisointi on yhdistetty kokonaisuudeksi.

vCO vCenter Orchestrator

vFlash VMwaren kehittämä työkalu, jolla voidaan hyödyntää SSD levyä virtuaalikoneiden välimuistissa.

Virtual appliance Esiasennettu virtuaalikone image.

VSAN Virtual Storage Area Network. Mahdollistaa tietoliikenteen eristämisen halluttuihin osiin SAN:issa.

WAN Wide Area Network. Joukko laitteita, jotka on kytketty toisiinsa verkon kautta maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Yhdistämiseen käytetään yleensä Internetiä tai erityisiä toimenpiteitä palveluntarjoajan puolelta.

1 JOHDANTO

Virtualisoinnilla tarkoitetaan tietokonelaskennassa yleensä jonkin fyysisen komponentin abstraktiota loogisena komponenttina (Portnoy, M. 2012 s. 1). Toisin sanoen virtualisoinnissa simuloidaan tietokoneita. Virtualisointia voidaan myös verrata virtuaaliodellisuuteen. Siinä käytetään teknologiaa, joka syöttää tietoa virtuaalisesta ympäristöstä ja saa uskomaan, että todella on siellä. Virtualisointi toimii samalla tavalla. Hypervisoriksi kutsuttu ohjelmisto, joka toimii virtuaalikoneen ja tietokoneen laitteiston välillä, kuljettaa virtuaalikoneen viestejä laitteistolle. Näin virtuaalikone pystyy toimimaan samalla tavalla kuin fyysinen tietokone. (Portnoy, M. 2012, 1) Virtualisoinnin hyötynä on, että yhdelle fyysiselle palvelimelle voidaan mahduttaa niin monta virtuaalista palvelinta kuin fyysiset resurssit kykenevät ylläpitämään. Tämä mahdollistaa muun muassa laitteiston täysimittaisen hyödyntämisen sekä helpottaa virtualisoitujen palvelinten hallintaa ja varmuuskopiointia.

Virtualisointi on ollut olemassa teknologiana jo kauan. Se on kuitenkin tullut laajamittaiseen käyttöön vasta viime vuosikymmenillä. Järjestelmänvalvojan työ koostuu usein asioista, joista muilla käyttäjillä ei ole osaamista. Tehtävät koostuvat usein myös sellaisista asioista, jotka eivät välttämättä ole niin monimutkaisia, mutta muuten tietoturvan tai ympäristön toiminnan kannalta arkaluonteisia, kuten käyttöjäoikeudet tai resurssien hallinta. Virtuaalikoneet ovat eräs tärkeimmistä asioista virtuaaliympäristössä. Niiden luominen suurissa määrin vie aikaa, varsinkin jos joutuu tekemään sen toisen puolesta. Paras ratkaisu tähän on antaa asiakkaan itsensä tehdä virtuaalikoneensa.

Itsepalvelu on hyvä tapa keventää palveluhenkilökunnan taakkaa sekä nopeuttaa prosessien toteutumista asiakkaalle. Tämä toimii myös virtuaalisessa ympäristössä. Itsepalveluportaali on jatkuvasti saatavilla oleva verkkosivu, jonka kautta sallitut käyttäjät voivat määritellä ja luoda virtuaalikoneita. Järjestelmänvalvojan tarvitsee vain tarkistaa sekä hyväksyä virtuaalikoneiden provisointipyynnöt.

Opinnäytetyö sisältää ohjeen itsepalveluportaalin käyttämisen ohjelmiston ja alustan rakentamiseen. Infrastruktuurina voidaan käyttää virtuaalista sekä fyysistä

ympäristöä. Toimeksiantajan pyynnöstä VMware on valittu virtualisointityökaluksi. Itsepalveluportaalin rakennustyökaluna käytetään VMware Orchestratoria. Eräs mahdollinen käyttökohte itsepalveluportaalille on pelilaboratorio. Opiskelijat voisivat luoda helposti virtuaalikoneen haluamallaan ominaisuuksilla pelien testaamiseen ja kehittämiseen.

Työn tavoite on opettaa lukijalle, kuinka VMware Orchestratoria käytetään itsepalveluportaalin rakentamiseen sekä miten sen vaatima ympäristö rakennetaan. Tähän kuuluu koko ympäristön rakentaminen alusta alkaen, päättyen lopulta itsepalveluportaalin toiminnallisuuden rakentamiseen Orkestraattorilla ja verkkosivun ohjelmoimiseen. Teoriaosuus kertoo tarkemmin käytettävistä työkaluista ja niiden ominaisuuksista. On myös tarkoitus antaa ideoita siitä, kuinka rakennettua itsepalveluportaalaa voitaisiin kehittää paremmaksi.

Toimeksiantajana toimii Timo Partanen, Datacenter-puolen opettaja. Ohjaavana opettajana toimii Esa Niiranen, Datacenter-puolen opettaja hänkin. Partanen auttaa ohjelmiston ja laiteresurssien hankkimisessa. Niiranen tukee opinnäytteen edistymistä. Opinnäytetyön aihe valittiin toimeksiantajan kanssa käydyn keskustelun pohjalta. Toimeksiantaja tarvitsi ohjeen VMware Orchestratoriasta käytöstä ja itsepalveluportaalaa voitaisiin käyttää esimerkiksi pelilaboratoriossa.

2 INFRASTRUKTUURI

Infrastrukturi on jokaisen pilvipalvelun perusta. Perinteisessä mallissa IT ryhmä rakentaa tämän kerroksen itse, joka tarkoittaa palvelinten hankintaa, asennusta ja ylläpitoa. Palvelumallissa infrastruktuuria kutsutaan akronyymillä IaaS (Infrastructure as a Service). Se on aina palveluntarjoajan vastuulla ja siihen kuuluvat osat kuten konesalit, palvelimet, verkko, levytila, palomuurit ja kuormantasaus. Asiakkaalle tämä tarkoittaa fyysisten laitteistojen hallinnan poistumista. Niille, jotka haluavat välttää lukittautumisen palveluntarjoajaan on tarjolla avoimen lähdekoodin projekti Openstack. Termi itse rakennetulle virtualisoidulle infrastruktuurille on private cloud – yksityinen pilvi. Monet tahot ovatkin rakentaneet oman ratkaisunsa käyttäen Openstack:ia samaan tapaan kuin monet rakentavat oman Linux käyttöjärjestelmänsä. (Kavis, M. J. 2014, 37–39.)

Yksityisen pilven lisäksi on olemassa myös kaksi muuta pilvityyppiä: public ja hybrid eli julkinen ja hybridi. Julkinen pilvi tarjoaa palvelujaan yleisesti. Palvelu voi olla ilmainen tai maksullinen. Merkittäviä hyötyjä ovat skaalautuvuus, helppous ottaa käyttöön ja vähäinen haaskattujen resurssien määrä, koska vain käytetystä kapasiteetista maksetaan. Esimerkiksi Google AppEngine, Sun Cloud ja Amazon Elastic Compute Cloud ovat julkisia pilviä. Ero julkisen ja yksityisen pilven välillä on, että yksityinen pilvi palvelee vain sitä organisaatiota joka hallinnoi sitä. Hybridi pilveä hallinnoivat niin yksityiset kuin julkiset tahot. (Rouse 2009)

Hybridi pilvi mahdollistaa organisaatiolle paremman joustavuuden ja enemmän vaihtoehtoja tiedon käsittelylle. Se käyttää sekoitusta talon sisäisiä ja ulkoisia pilviä joiden välille on rakennettu orkestroinnilla mahdollisuus siirtää työtaakkoja pilvestä toiseen. Esimerkki käyttönä yksityisessä pilvessä voidaan suorittaa kaikki arkaluonteinen ja kriittinen laskenta ja delegoida vähemmän kriittiset tehtävät julkiseen pilveen. Hybridi pilven avulla voidaan suorittaa myös raskaudeltaan vaihtelevia työtaakkoja, koska julkisesta pilvestä voidaan hankkia tarvittaessa lisäkapasiteettia. (Rouse 2015.)

Itsepalveluportaalin suhteen käytettävissä voi olla valmis infrastrukturi, mutta tässä tapauksessa kaikki rakennetaan alusta. ESXi palvelimet luovat perustan

ympäristölle ja FreeNAS huolehtii tiedon varastoinnista, saatavuudesta sekä varmennuksesta. Itsepalveluportaali on jatkuvasti verkon kautta saatavilla oleva tukipalvelu. Sen avulla asiakkaan ei tarvitse odottaa vastausta sähköpostiin tai puheluun. (TechTarget 2011.) Itsepalveluportaaleja käytetään usein tiedon jakamiseen. ”Usein kysytyt kysymykset” on hyvä esimerkki tällaisesta käytöstä. Tämän työn käyttötarkoitus on kuitenkin toiminnallisempi, eli asiakkaalle annetaan mahdollisuus luoda virtuaalikoneensa itse.

2.1 ESXI 5.5

ESXi on VMwaren tyypin 1 hypervisor käyttöjärjestelmä. Tämä tarkoittaa, että ohjelmisto käyttää laitteistoa virtualisointiin suoraan, toisin kuin tyypin 2 käyttöjärjestelmä, joka asennetaan valmiiksi asennetun käyttöjärjestelmän päälle. ESXi julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2007 yhtäaikaan sitä edeltäneen ESX 3.5 hypervisorin kanssa, jonka kehitys lopetettiin pian tämän jälkeen. ESXi:n etu on sen pieni koko. Se kuluttaa vähemmän resursseja ja vie hyvin vähän levytilaa. Pienempi koodi tarkoittaa järjestelmänvalvojalle myös vähemmän suojattavaa hyökkäyksiltä sekä vähemmän bugeja ja muita ongelmia. (Guthrie, F., & Lowe, S. 2013, 4.) Vanhempi ESX käytti Linuxiin perustuvaa palvelukonsolia. Sen mukana tuli myös muita osia, joita käyttöjärjestelmissä tavallisesti on, kuten palomuuuri, SNMP agentit ja verkkopalvelin. (Lowe, S., & Marshall, N. 2013, 4.) Tuki lopetettiin kokonaan vuoden 2013 syksyllä, jotta VMware voisi keskittyä paremmin ESXi:n kehittämiseen. (VMware 2015.)

ESXi käyttöjärjestelmä on rakennettu kolmesta osasta: VMkernel, sen jatkeet ja ”maailmat”. VMware käyttää käyttäjälle määriteltävistä tiloista termiä ”world”. Nämä maailmat mahdollistavat oikeuksien erottelun, muistin suojaamisen ja CPU aikataulutuksen. Käyttäjämaailman lisäksi on myös järjestelmä -ja VMM maailmoita. Järjestelmä maailmat voivat suorittaa prosesseja järjestelmäoikeuksilla. VMM maailmat ovat abstraktioita käyttäjämaailmoista, joiden avulla käyttöjärjestelmä voi nähdä sen oman x86 virtualisoidun laitteiston. VMkernel on ESXi:n perusta ja on tarkoituksella säädetty toimimaan hypervisorina, eikä pelkästään yleiskäyttöjärjestelmänä. Sen tehtävä on hallita laitteistoa. VMkernelin

jatkeet vuorostaan mahdollistavat käyttöjärjestelmän hallinnan laitteistoon ajureiden kautta. Ne myös tuovat tuen erilaisille tiedostojärjestelmille ja sallivat enemmän järjestelmäkutsuja. (Guthrie, F. & Lowe, S. 2013, 22–23.) VMkernel käyttää useita agenteja ja daemoneita eli taustaohjelmia. Näitä ovat esimerkiksi hostd, vpxa, ntpd ja DCUI. Hostd on pääasiallinen hallinta demon, joka kuljettaa tietoa hallintaprosesseista, kuten vCenter, ESXi palvelimelle. Vpxa sallii vCenterin yhdistää VMkerneliin ja huolehtii yhteydestä. Ntpd hoitaa ajan synkronointia. DCUI hallitsee keltaista käyttöliittymää, jonka kautta ESXi palvelimen perussäädöt tehdään, kuten IP-osoite. (Guthrie, F., & Lowe, S. 2013, 23–24.)

ESXi vaatii laitteistolta 64-bittisen palvelimen x86 CPU:lla. Yhteen sopivat laitteet on listattu VMwaren yhteensopivuusoppaassa. Ytimiä tulee olla vähintään kaksi ja RAM muistia 4 GB. Verkko vaatii Gigabit tai 10GbE NIC:in. Bootilaitteen kovalevyn tulee olla vähintään 1 GB ja prosessorin täytyy sisältää LAHF ja SAHF CPU ohjeet. NX/XD ominaisuuden täytyy olla päällä BIOS:ista ja Hardware virtualizationin tulee olla päällä, mikäli x64-bit virtualikoneita aiotaan käyttää. (Atkinson, B. 2014, 87.)

2.2 FreeNAS

Tiedostopalvelimet johdattivat aikoinaan yhtiöt käyttämään keskitettyjä NFS palvelimia, jonne käyttäjät tallensivat tärkeät tiedostonsa ja jonka IT henkilökunta varmuuskopioi säännöllisesti. Nykyään, kun nopeat paikalliset verkot ovat käytettävissä, on kehitetty uudenlaisia tiedostojen säilytysratkaisuja. Network Attached Storage tai NAS muistuttaa tavallista tiedostopalvelinta, mutta on paljon erikoistuneempi. Sen on tarkoitus suorittaa vain tiedostojen säilyttämiseen liittyvää ohjelmistoa eikä välttämättä edes tarvitse oheislaitteita päivittäiseen huoltoon, koska tämä hoidetaan verkon yli. NAS palvelimissa on tavallisesti useampia kovalevyjä, joko nostaakseen tallennuskapasiteettia tai parantaakseen vikasietoisuutta. Nimitys tälle on RAID, eli redundant array of independent disks. NAS palvelimella on monia vahvuuksia verrattuna tiedostopalvelimeen. Tietoturva on parempi, koska vain tiedostojen jakamiseen liittyvät palvelut ovat päällä ja hallinnointi on helpompaa verkkohallinnan kautta, joka on suunniteltu tätä varten. Järjestelmä-

vaatimukset ovat vähäiset ja palvelin toimii monenlaisissa verkkoympäristöissä.(Sims, G. 2008, 5–14.)

FreeNAS on opensource-ohjelmisto, jolla voi tehdä tietokoneesta NAS-palvelimen. Se on ilmainen ja tukee yhteyksiä Windows, OS X, Linux ja FreeBSD käyttöjärjestelmistä. Palvelin, jolle FreeNAS on asennettu, ei voi tehdä muita toimintoja. FreeNAS tukee CIFS protokollaa, jolla NAS alueita voidaan liittää asiakaskoneeseen kuin ne olisivat paikallisia levyjä. Myös FTP on tuettu. Enkryptatut yhteydet hoidetaan SSH:n kautta. FreeNAS tukee iSCSI, eli Internet Small Computer System Interface. Sen avulla voidaan simuloida paikallista SCSI kovalevyä IP verkossa. FreeNAS voi myös yhdistää muihin iSCSI levyihin tai toimia porttina niille, jolloin muut laitteet voivat yhdistää niihin CIFS tai FTP-yhteyden kautta. (Sims, G. 2008, 11.)

FreeNAS helpottaa tiedon varastointia suurissa ympäristöissä, mutta jos verkon käyttäjämäärä liikkuu alle kolmessa, voi olla helpompaa käyttää USB kovalevyä tai jatkaa entistä varastotilaa uudella kovalevyllä. FreeNAS ei kuitenkaan ole tarkoitettu pelkästään tiedon säilömiseen. Pääsy tallennettuun tietoon on vähintään yhtä tärkeää kuin sen säilyttäminen. FreeNAS voi toimia myös keskitettynä henkilökohtaisten kansioden asemana, joka saatavuuden lisäksi tehostaa varmuuskopiointia. Se voi toimia myös linkkinä SCSI palvelimiin, koska ne eivät ymmärrä muuta kuin SCSI over IP-protokollaa.(Sims, G. 2008,13–16.)

2.3 vCenter Server

vCenter Server on yksi kriittisimmistä elementeistä virtuaalisessa infrastruktuurissa. Se on hallintaohjelma, johon on keskitetty verkkojen, resurssien, klustereiden ja datacentereiden luonti ja hallinta. vCenter Serveristä on Windows ohjelmiston lisäksi myös Linux pohjainen applianssi, joka tarkoittaa tässä yhteydessä virtuaalista esiasennettua levykuvatiedostoa. (Guthrie, F., & Lowe, S. 2013, 59–60). Virtuaaliapplianssin käyttö tosin rajaa suunnitteluvaihtoehtoja, koska se toimii pelkästään virtuaaliympäristössä (Lowe, S., & Marshall, N. 2013, 66). vCenter Server on myös työkalu, jolla VMware on pääasiallisesti tarkoittanut ESXi palvelimia hallittavan. (VMware 2013, 13.)

VMwaren vCenter Server oli ennen 5.1 versiota hyvin monoliittinen ohjelma. Merkittävimmät komponentit olivat tietokanta, joka pystyi olemaan myös toisella palvelimella, käyttöjärjestelmäinstanssi sekä vCenter-palvelin itse. Versiossa 5.1 vCenter Server jaettiin useampaan osaan: vCenter Single Sign On, joka on keskitetty autentikointipalvelu, sekä vCenter Inventory Service, joka varastoi ohjelmisto ja inventaariotietoa. Inventory Service ei ole varsinaisesti uusi lisäys, mutta 5.1 versiossa se on mahdollista asentaa erikseen. (Guthrie, F., & Lowe, S. 2013, 60.). Versiossa 5.5, jota tässä työssä käytetään, on lukuisia parannuksia ja muutoksia. Single Sign-On-palvelu on mahdollista asentaa ilman erillistä tietokantaa ja integroituu paremmin Active Directoryn kanssa. Verkkohallinta, jonka virallinen nimitys on vSphere Web Client, jatkaa vSphere Clientin korvaamista. Client on vSpheren hallintakäyttöliittymä, joka asennetaan palvelimelle. Web Clientin etu on selainpohjaisuus, joka mahdollistaa käytön käyttöjärjestelmästä riippumatta. 5.5 versiossa tuki Linux käyttöjärjestelmille tosin poistettiin, koska Adobe lakkasi tukemasta Flashia niillä. Tuki Mac OS X:lle vuorostaan lisättiin. (Atkinson, B. 2014, 5–6.)

VMwarella on monia tuotteita, mutta vCenter Server on niiden keskeinen integraatiopiste. Koko vSphereä hallitaan vCenter Serverin kautta. Serverin keskeiset palvelut ovat resurssien hallinta ESXi isännille ja virtuaalikoneille, template hallinta, virtuaalikoneiden luonti ja hallinta, aikataulutetut tehtävät, tilastointi ja lokit,

hälytykset ja tapahtumien hallinta sekä yleinen ESXi isäntien hallinta. Ulkoisia palveluita ovat esimerkiksi vSphere Update Manager, vCloud Director, Site Recovery Manager ja kolmannen osapuolen ohjelmat API:n kautta. (Lowe, S., & Marshall, N. 2013, 58–64). Muita parannuksia vCenter Serveriin ovat App High Availability, joka vaatii Enterprise Plus-lisenssin ja käynnistää määritellyt ohjelmat uudelleen automaattisesti ongelmien ilmaantuessa. Myös suurten tietomäärien (Big Data) hallintaan tuli lisäyksiä. 5.5 mahdollistaa Hadoop klusterien luonnin ja hallinnan Web Clientissä. Tämäkin ominaisuus on saatavilla vain Enterprise ja Enterprise Plus-editioissa. (Atkinson, B. 2014, 6).

Muita vapaaehtoisia ominaisuuksia, jotka vaativat erityisen lisenssin, ovat vMotion, Storage vMotion, vSphere HA, vSphere DRS, Storage DRS ja vSphere Fault Tolerance. vMotion mahdollistaa käynnissä olevien virtuaalikoneiden siirtämisen toiselle ESXi hostille. Storage vMotion tekee saman virtuaalikoneen levytiedostolle ja konfiguraatitiedostolle. HA eli High Availability käynnistää isäntäpalvelimen automaattisesti uudelleen, jos se kaatuu. Myös virtuaalikoneet käynnistetään uudelleen. HA:n ollessa käytössä klusterissa voidaan määrittää, montako hostia halutaan kyetä palauttamaan. Jos esimerkiksi määritellään sallituiksi samanaikaisiksi isäntien kaatumisten määräksi 1, HA huolehtii, että ympäristössä on riittävästi kapasiteettia että yhden isännän virtuaalikoneet voidaan käynnistää uudelleen jäljellä olevissa isännissä. DRS auttaa hallitsemaan resurssien ja virran käyttöä. Se antaa suosituksia virtuaalikoneiden sijoituksesta niiden luontivaiheessa ja tasatessaan kuormaa isäntien välillä. Se on myös mahdollista laittaa toimimaan automaattisesti. Storage DRS vuorostaan sallii useiden tietovarantojen hallinnan yhtenä resurssina, joka etsii parhaan datastoren uusille virtuaaliko- valeyville. Fault Tolerance varmistaa jatkuvan saatavuuden virtuaalikoneille luomalla virtuaalikoneesta identtisen kopion, joka pidetään ajan tasalla. Kaatumistilanteessa alkuperäinen virtuaalikone voidaan korvata kopiolla. (VMware 2013, 19–20).

3 ALUSTA

Alustataso on infrastruktuurista yksi askel ylemmäs. Siinä missä infrastruktuuri vastaa fyysisistä laitteista, alusta käsittää näillä laitteistoilla toimivat järjestelmät, joiden päällä organisaatioiden käyttämät ohjelmistot toimivat. Akronyymi alustalle pilvilaskennan mallissa on PaaS (Platform as a Service). PaaS mahdollistaa keskittymisen ohjelmistoon, ilman tarvetta rakentaa sen alla toimivaa pohjärjestelmää. CSA (Cloud Security Alliance) kuvailee PaaS:in tarjoavan ohjelmistojen käyttöönottoa ilman alla olevan ohjelmiston ja laitteiston hankinnan ja maksamisen monimutkaisuuksia. Se mainitsee PaaS palvelujen olevan myös täysin saatavilla Internetistä. Kehittäjät kuitenkin luopuvat osasta joustavuuttaan käyttäessään PaaS:ia, koska se sitoo palvelun tarjoajan määrittelemiin työkaluihin ja ohjelmistoihin. Kehittäjillä on myös erittäin vähän mahdollisuuksia vaikuttaa alemman tason ohjelmistosäätöihin, kuten muistin allokointi, lankojen lukumäärä, välimuistin määrä, päivitykset ja muut vastaavat. Palveluntarjoaja hallitsee kaikkea tätä ja voi jopa rajoittaa laskentatehoa asiakkaalle, jotta alusta skaalautuu tasaisesti kaikille. PaaS voi asettaa myös muita rajoitteita. Esimerkiksi aikaisemmat pioneerit, kuten Google Apps Engine tai Force.com asettavat asiakkaalle tiettyjä ehtoja. Google Apps Engine vaati aluksi asiakkaan käyttävän vain tiettyjä koodikieliä. Force.com määrää asiakkaan käyttämään vain Apex koodia ja pitämään alla toimivan infrastruktuurin ainoastaan omassa konesalissaan. Organisaatiot käyttävätkin PaaS:ia usein hybridipilven muodossa, siirtäen vain vähemmän kriittiset tehtävät julkiseen pilveen. (Kavis, M. J. 2014, 40–41).

Tämän työn osalta alustasta vastaavat Windows 2012-palvelin ja sen päälle asennetut vCenter Server sekä Active Directory. OpenStack ei ole osa tämän itsepalveluportaalin rakennusta, mutta se on merkittävä vaihtoehto vSpherelle. Virtuaaliympäristön hallintaohjelmistoksi tuli vCenter toimeksiantajan pyynnöstä. Windows 2012 R2-palvelin vuorostaan oli parhaiten yhteensopiva käytetyn vCenter-palvelimen kanssa.

3.1 Windows 2012 Server

Windows 2012-palvelin on Microsoftin uusin palvelintuote. Microsoft on lisännyt niihin järjestelmänvalvojen päivittäisiä toimintoja helpottavia ominaisuuksia jokaisen julkaisun myötä. Tämä on myös lisännyt hallinnoinnin taakkaa. Windows 2000 teki perustukset Active Directorylle, Server 2003 tuli ensimmäiseksi omistautuneeksi palvelinalustaksi Windowsilta, ja Windows Server 2008 toi palvelimiin joustavuutta roolipohjaisella käyttöönotolla. Windows Server 2012 on jatkoa edellisille julkaisuille, mutta se parantee Microsoftin palvelinalustaa ja tuo uusia ominaisuuksia kuten paranneltu palvelinten hallinta ja Hyper-V virtualisointi. (Hester, M., & Henley, C. 2013, 4.)

Windows 2012 R2-palvelimesta on 4 ostettavaa versiota. 2012 niitä oli vain 2: standard ja datacenter. Standard -ja datacenter-editiot ovat muuten samanlaisia, mutta datacenter editio maksaa neljä kertaa enemmän ja siinä on oikeus tehdä rajattomasti virtuaali-instansseja. Foundation editio on rajoitettu versio Windows 2012-palvelimesta. Käyttäjämäärä on rajoitettu viiteentoista, SMB yhteyksiä voi olla korkeintaan 30, RRAS 50, IAS 10, RDS 50, vain yksi CPU socket on sallittu ja kaikki virtualisointi on kielletty. Essentials edition on tarkoitettu pienille yhtiöille, joissa on alle 25 käyttäjää ja 50 laitetta. Sen ominaisuuksia ovat paranneltu clientkäyttöönotto, se voidaan asentaa virtuaalikoneena tai palvelimelle, siinä on käyttäjäryhmähallinta, paranneltu tiedostohistoria, BranchCache WAN-kaistanleveyden optimointi työkalu, mobiililaittehallinta ja järjestelmänpalautus. (Minasi, M., Booth, C., & Butler, R. 2013, 2–3.)

Windows 2012 R2 toi muutoksia myös domainiin. Valmis domain controller voidaan kloonata käyttöönoton nopeuttamiseksi. Salasanakäytäntöjä voidaan muokata tarkasti passwordsettings-objektien avulla, lyhyesti PSO. Active directoryyn on lisätty myös roskakori, joka toimii samaan tapaan kuin Windowsin roskakori, mutta active directory-kohteille. Microsoft kehitti myös tehtävien automaatiota Powershellillä. PowerShell 3.0 lisää workflow-, web access-, uusia ISE-ominaisuuksia, tuen .NET Framework 4.0:lle, tuen Windowsin esiasennusympäristölle, katkaistut sessiot, päivitettävä tukijärjestelmä, paranneltu verkkoapu, CIM-integraatio sekä lukuisia muita parannuksia. Myös AD RDM -ja sertifikaatti-

palvelun tietoturvaa on parannettu. Virtualisointiakin on kehitetty eteenpäin. Active directory-ympäristössä virtualisoinnin avulla monet palvelut voidaan tiivistää yhteen fyysiseen palvelimeen virtuaalikoneiden muodossa. Sen lisäksi, että tämä säästää fyysisiä resursseja, käytettyjä resursseja kulutetaan tehokkaammin, mikä vuorostaan säästää sähköä, kapasiteettia ja viilennystarvetta. Myös virtuaalista työpöydän infrastruktuuria eli VDI:tä on päivitetty. Nyt myös mobiililaitteet ovat tuettuja, kunhan ne eivät ole kovin vanhoja. Datacenter editiossa voidaan käyttää myös Hyper-V:tä ja etätyöpöytäpalvelua mobiililaitteille. Mahdollisia työpöytämuotoja ovat poolatut työpöydät, henkilökohtaiset ja etätyöpöytäsessiot. (Minasi, M., Booth, C., & Butler, R. 2013, 3–11.)

Windows 2012 lisäsi keskitetyn hallintaikkunan nimeltään Server Manager. R2-versiossa sitä on paranneltu entisestään, ja sillä voi hallita useampia palvelimia, olettaen että ne eivät ole vanhempia kuin 2003-palvelimet. Roolien ja ominaisuuksien asennusikkuna kertoo, mitkä osat täytyy myös asentaa roolia tai ominaisuutta asennettaessa. Myös tietoliikenneyhteyksiin on tullut parannuksia. EAP-TTLS (Extensible Authentication Protocol - Tunneled Transport Layer Security) luo turvallisen tunnelin client-autentikoinnille. Sitä käytetään yhdessä 802.1X-autentikoidun langallisen ja langattoman pääsyn kanssa. NIC Teaming mahdollistaa useiden verkkokorttien yhdistämisen. Tällä tavoin voidaan parantaa vikasetoisuutta tai nostaa kaistanleveyttä. (Minasi, M., Booth, C., & Butler, R. 2013, 11–12.)

BranchCache kopioi tietoja pääpalvelimelta tai pilvipalvelimelta sivukonttoriin. Näin käyttäjät voivat käyttää tietoja paikallisesti sen sijaan, että lataisivat ne WAN-verkon yli. Kaikki toimistokoot ovat tuettuja, ja rajoituksia käytölle ei ole. BranchCache käyttää tiedostopalvelinta jakaakseen tiedostot pieniin enkryptattuihin osiin. Tämän hyöty on, että asiakaskoneen tarvitsee ladata vain muuttuneet tiedot. BranchCache huolehtii myös, että tiedostoista ei tule kaksoiskappaleita. Windows Server 2012 R2:ssa BranchCachea on paranneltu automaattisilla asiakaskoneen konfiguraatioilla sekä suorituskyky- ja skaalautuvuusparannuksilla. SMB 3.0 on paranneltu R2-versiossa. Se kestää paremmin hitaita verkkoja, käsittelee enkryptauksia järkevämmiin, kuljettaa tiedostoja nopeammin ja tukee PowerShellä. Verkkopalvelin IIS on päivitetty R2:ssa 8.0-versioon. Päivitys sisäl-

tää ohjelmien keskittämisen, dynaamiset IP estot, keskitetyn tuen SSL sertifikaateille, CPU-kuristin, FTP-kirjautumisyritysten estot, Server name Indication tuki, paranneltu SSL ja säätöskaalautuvuus. (Minasi, M., Booth, C., & Butler, R. 2013, 14–17).

3.2 Active Directory

Active Directory on joukko erilaisia teknologioita saman nimen alla. Se on ollut tärkeä osa Windows-palvelimia Windows 2000 palvelimesta alkaen. Microsoftin kuvauksen mukaan AD on hierarkkinen, laajennettava, integroitu ja hajautettu. Se, mikä AD oli aiemmissa windows palvelimissa, on nyt Active Directory Domain Services. Windows Server 2003 jälkeen Microsoft kehitti kevyemmän Active Directory Application Mode, joka myöhemmin uudelleennimettiin Active Directory Lightweight Directory Services. Sen tarkoituksena on tarjota vain tärkeimmät palvelut AD:sta. AD Federation Services huolehtii SSO palvelusta ja yksinkertaistaa resursseihin pääsyä toisista IT-ympäristöistä. AD Certificate Services taas huolehtii autentikoinnista ja enkryptauksesta. Rights Management Services hallitsee käyttäjenoikeuksia. AD pystyi aiemminkin hallitsemaan, minne kukin käyttäjä pääsee, mutta RMS:n avulla voidaan määritellä, mitä käyttäjä voi tehdä itse tiedoilla. Esimerkiksi tiedostojen lähettäminen sähköpostilla voidaan kieltää. (Clines, S., & Loughry, M. 2008, 8–9.)

Microsoft on määritellyt domainin active directoryssä hallinnan tai tietoturvan rajaksi. Tämä tarkoittaa, että kaikki domainin käyttäjät ovat samojen tietoturva -ja käyttäjäasäntöjen alaisia. Windows Server 2008 alkaen tämä rajaus on hieman löystynyt ja asetuksiin voidaan tehdä enemmän hienosäätöä. Esimerkiksi kaksi käyttäjää, joista toisen täytyy vaihtaa salasanansa 30 päivän välein ja toisen 14 päivän välein, voivat olla samassa domainissa. Domainissa täytyy olla aina vähintään yksi domain controller. Sen tehtävä on autentikoida käyttäjät. Mikäli domainissa on useampia controllereita, AD tietokanta replikoituu niiden välillä eli kaikilla controllereilla tulee olla aina samat tiedot. Yksittäinen domain voi myös muodostaa puun eli hierarkisen ryhmän domaineja saman namespaces sisällä. Namespace vuorostaan on loogisesti rakentuva nimeämiskäytäntö, jossa kaikki

objektit on yhdistetty toisiinsa järjestyksessä. Puun ensimmäistä domainia kutsutaan juuridomainiksi ja sitä seuraavia alidomaineiksi. Luonnollisesti useita puita yhteen liitettäessä muodostuu metsä. Metsä on active directoryssä joukko puita, jotka on liitetty yhteen luottamussuhteilla. Ne voivat olla yksisuuntaisia tai eksplisiittisiä. Myös metsät voidaan liittää toisiinsa tällä tavoin. (Clines, S., & Loughry, M. 2008, 10–15.)

Domainin sisältämiä objekteja voidaan järjestellä käyttämällä Organizational unit, eli OU:ita. Objektit vuorostaan voivat olla käyttäjien lisäksi myös tulostimia, tiedostonjako kansioita, ryhmiä ja ohjelmia. OU:t voidaan järjestää hierarkkisesti, mutta ne pysyvät aina yhden domainin sisällä. Site on active directoryssä joukko nopeilla tai korkeakaistaisilla linkeillä yhdistettyjä IP-aliverkkoja. Niiden avulla voidaan säädellä replikointi -ja autentikointi liikennettä. Active Directoryssä on myös schema. Se sisältää määritykset kaikista ominaisuuksista jotka muodostavat objektit. Tavallisesti siihen ei tehdä muutoksia, mutta sen avulla voidaan luoda esimerkiksi uusia attribuutteja objekteille. Schemassa voidaan myös muokata olemassa olevia attribuutteja, sekä luoda tai muokata objektien luokkia. Attribuutteja voidaan myös poistaa käytöstä sieltä. (Clines, S., & Loughry, M. 2008, 17–20,)

3.3 OpenStack

Openstack on avoimen lähdekoodin alusta, jolla rakennetaan IaaS tyylisiä pilviä. Openstackin teknologia perustuu toisiinsa liittyviin projekteihin, jotka muodostavat yhdessä komponentit pilvi-infrastruktuurin rakentamiseen. Jokaisella komponentilla on avoin API, joten niitä voidaan hallita helposti samasta paikasta ja samalla tarjota käyttäjille keino provisoida resursseja verkkokäyttöliittymän kautta. (Openstack Foundation. 2014.)

Openstack ratkaisee eri ongelmia kuin VMware ja on muutenkin erilainen ratkaisu. Openstackilla ei myöskään ole omaa hypervisoria, vaan se käyttää esim. ESXi, Hyper-v, KVM ja muita vastaavia. Openstackia on muutenkin paras verrata VMwaren hallintatyökaluihin, kuten automation ja vCenter Server. VMware ajattelee asioita yhtiön näkökulmasta ja openstack vuorostaan pilven. Openstack on kuitenkin hyvä vaihtoehto, koska se on ilmainen ja hyvälaatuiseksi arvioitu ohjelmisto.

Openstackin rakenne koostuu useista eri palveluista, joita yhteisö kehittää omaan tahtiinsa. Yleisiä palveluita ovat, Horizon, Nova ja Neutron. Horizon on verkkopohjainen itsepalveluportaali, joka kytkeytyy taustalla toimiviin prosesseihin kuten IP osoitteiden jakelu, pääsynhallinta ja instanssien käynnistys. Nova vastaa laskennasta ja hallinnoi laskentaresurssien elinkaarta OpenStack ympäristössä. Neutron taas huolehtii verkkoyhteyksistä muille palveluille, kuten Novalle. Varastopalveluita ovat Swift ja Cinder. Swift säilöo objekteja, kuten rakentee-tontadataa. Se on hyvin vikasietoinen tiedon replikoinnissa ja arkkitehtuurin skaalauksessa. Cinder on lohkovarasto, joka huolehtii pysyvästä tallennustilasta käynnissä oleville instansseille. Jaettuja palveluja ovat Keystone, Glance ja Ceilometer. Keystone on identiteettipalvelu, joka hoitaa varmennus ja autentikointi palveluja. Glance huolehtii levykuvista ja niiden säilömisestä. Openstack compute käyttää sitä instanssien provisoinnissa. Ceilometer on telemetriapalvelu, joka kerää tietoa laskutukseen, tilastoihin, skaalautuvuuteen ja suorituskyvyn mittaamiseen. Korkeatasoisia palveluita ovat Heat, Trove ja Sahara. Heat on Openstackin orkestrointipalvelu. Trove vuorostaan on tietokantapalvelu ja Saha-

ra tiedonprosessointipalvelu. Sen avulla voidaan käsitellä suuria tietomääriä Ha-
doopin kautta. (Openstack Foundation 2014.)

3.4 Orchestrator

Orkestrointi tarkoittaa terminä automaattista monimutkaisten tietojärjestelmien, laitteistojen sekä palvelujen järjestelyä, koordinointia ja hallintaa. Lyhyesti sanotuna se mahdollistaa monimutkaisten toimintojen automaattisen ja nopean suorituksen. Toisin sanoen orkestrointi on kehittyneempää automaatiota. Aiemmin tällaiset toimenpiteet vaativat useita järjestelmänvalvoja keskittymään omiin alueisiinsa fyysisen palvelimen hallinnassa. Pilvilaskennan kontekstissa orkestrointi eroaa perusautomatisoinnista siinä, että automatisointi huolehtii prosesseista yhdessä domainissa, kun taas orkestrointi hoitaa asioita suuremmassa mittakavassa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi arkkitehtuurin, työkalujen ja prosessien muodostamista palvelun tarjoamista varten. Se voi olla myös ohjelmiston ja laitteiston yhdistämistä tai workflowien yhdistämistä ja automatisointia palvelun tarjontaan. Orkestrointi on tärkeä pilvipalveluiden suhteen, koska pilvipalvelujen on tarkoitus kyetä skaalautumaan vapaasti ilman manuaalista väliintuloa. Pilvipalvelut käyttävät myös workfloweja erilaisissa teknisissä ja taloudellisissa domaineissa. (Orchestration 2015)

vCenter Orchestrator on workflow automaatio työkalu, joka asentuu automaattisesti jokaisen vCenter Serverin mukana. Orkestraattorin avulla voidaan automatisoida monenlaisia tehtäviä ja sen toiminnallisuutta voidaan laajentaa entisestään plug-ineilla. Plug-inien avulla Orkestraattorilla voidaan hallita myös Active Directoryä, UCS ja vCloud Directoria. Tehtävien automatisoinnilla on monia hyötyjä. Sen lisäksi, että se säästää aikaa, toistosta johtuvat virheet vähenevät. vSpheressä on myös muita automaatiotyökaluja, kuin Orchestrator.(Lowe, S., & Marshall, N. 2013)

PowerCLI on konsolipohjainen automatisointi työkalu ja käyttää PowerShellä. Sitä pidetään kaikista automaatiotyökaluista käytetyimpänä. Konsolin käyttöön tottuneille sen käytön oppiminen on usein helpompaa kuin muiden työkalujen.

PowerShell käyttää cmdlet nimisiä toimintoja, jotka tekevät yhden toiminnon objektille. Niiden formaatti on "verbi - nomini" ja ne noudattavat sovittuja nimeämiskäytäntöjä. Tämän vuoksi oikean cmdletin löytäminen voi onnistua arvaamalla. Objektit taas ovat joukko arvoja ja metodeja. Esimerkiksi PowerCli komento Get-VM palauttaa joukon virtuaalikone objekteja. vSpheressä on myös työkalu vSphere Management Assistant. Se on 64-bittinen virtuaalinen appliance ja sisältää hallintatyökaluja 5.0 versiota edeltäneeltä ajalta. 5.5 versiossa siinä on myös uusia ominaisuuksia, kuten vSAN säätöjen hallinta, coredump ja vFlash. (Lowe, S., & Marshall, N. 2013)

Myös vCenter Orchestrator sai uusia ominaisuuksia 5.5 versiossa. Workflow Debuggerin avulla workflow voidaan suorittaa tilassa, jossa ongelmat on helpompi havaita. vCO Cluster Mode skaalaa Orkestraattoria dynaamisesti ulkoista kuormantasaajaa käytettäessä. Tämän avulla workflowin suoritus voidaan siirtää toiselle vCO-nodelle, mikäli käytettävä noodi ei voi suorittaa tehtävää loppuun. Myös tietoturvaa on paranneltu sekä integraatiota vSphere Web Clienttiin. (Lowe, S., & Marshall, N. 2013)

4 OHJELMISTO

Ohjelmistotaso on pilvipalvelujen vuokrausjärjestelmissä kaikista lähimpänä asiakasta. Se sisältää kaikki ne ohjelmat joilla infrastruktuuria ja sen päällä olevaa alustaa hyödynnetään. Asiakas vain käyttää tilaamaansa ohjelmistoa ja palveluntarjoaja hoitaa kaiken muun työn, mikä ohjelman taustalla on. Pilvilaskennanmallissa ohjelmistotason akronyymi on SaaS. Yleisimpiä käyttötarkoituksia ovat esimerkiksi asiakassuhteiden hallinta, resurssienkäytön suunnittelu, palkkalaskenta, kirjanpito ja muut vastaavat. SaaS palvelut ovat erittäin yleisiä organisaation ei-ydin kompetenssien hoitoon (esimerkiksi kirjanpito organisaatioissa jotka eivät erikoistu kirjanpitoon). Tämä vapauttaa resursseja ohjelmistoinfrastruktuurin hallinnasta. SaaS ratkaisut ovat saatavilla useiden reittien kautta, kuten thin clientin (tyhmäpäätte), verkko selaimen tai ohjelmistokäyttöliittymän kautta. Asiakas ei voi hallita mitään muuta, kuin ohjelmistossa mahdollisesti olevia käyttäjäkohtaisia asetuksia. (Kavis, M. J. 2014, 42).

Tämän työn osalta voidaan käyttää esimerkkinä rakennettavaa itsepalveluportaalia. Asiakas ei voi vaikuttaa siihen muuten, kuin siihen lisättyjen ominaisuuksien kautta. Asiakas on myös riippuvainen ylläpitäjästä palvelun toiminnan suhteen. Itsepalveluportaali sijaitsee ohjelmisto tasolla. Vain infrastruktuuri olisi mahdollista ulkoistaa muualle. Portaalin tarkoitus on tarjota yksinkertainen ja hallittu pääsy virtuaaliympäristön hallintaan, joten sen taustalla olevaa ohjelmistoa täytyy pystyä hallitsemaan. Infrastruktuuri voitaisiin hankkia muualta sen vuoksi, että se vastaa vain virtuaaliympäristölle tarjolla olevasta tehosta.

4.1 Apache Tapestry

Apache tapestry on verkkosivujen kehitystä varten rakennettu viitekehys, joka nopeuttaa niiden koodausta. Tapestry on avoimen lähdekoodin Java-pohjainen verkkosivuviitekehys. Howard Lewis Ship alkoi kehittämään sitä vuonna 1999. Apache Tapestryyn avulla verkkosivun tekijän ei tarvitse huolehtia tietoliikenne protokollista ja muista verkkoliikenteen perusteista tehdessään toiminnallisuutta verkkosivulle. Ilman Tapestryä kuluisi paljon aikaa suhteellisen yksinkertaisten ongelmien ratkaisemiseen, kuten onko jokin pyyntö GET vai POST pyyntö, miten tieto haetaan, miten se tallennetaan tai miten käyttäjälle lähetetään vastaus. (Kolesnikov, A. 2008)

Jokaisen verkko-ohjelman täytyy käyttää HTML kieltä tavalla tai toisella, riippumatta mitä muuta kieltä tai logiikkaa käytetään. Käyttäjälle lähtee lopulta aina HTML sivu. Tehdäkseen tästä sivusta dynaamisen, käytetään html pohjaa tai erityisiä html koodin osia ja käytetään jotain ohjelmointilogiikkaa sen manipulointiin tai dynaamisesti luodun tiedon lisäämiseen. Tämä vaatii kaikilta verkkoviitekehys html:n ja muiden koodien sekoitusta. Tämän kaiken haittapuolena on sivun koodin monimutkaistuminen, joka vaikeuttaa huoltoa ja päivitystä. Myös koodien yhteen liittäminen tulee vaikeaksi sivun logiikan ja suunnittelun monimutkaistuessa. Monien ohjelmistojen kohdalla hankitaan usein erityinen suunnittelijatiimi tai käytetään ulkoista tiimiä järkevän näköisen käyttöliittymän tekoon. Tämän ongelmana on, että muutettaessa sivu HTML muotoon, muutosten tekemiseksi on helpompaa rakentaa täysin uusi sivu, kuin lähteä muokkaamaan entistä. Tapestryssä 3 ja 4 pohjat ovat helposti luettavia ja muokattavia HTML dokumentteja. Tapestry 5 vuorostaan käyttää XML dokumentteja, jotka ovat silti hyvin lähellä HTML:ää. Pääideana eri versioissa on erotus HTML:n ja ohjelmointilogiikan välillä. Tapestryssä on myös helppo luoda uusia komponentteja. (Kolesnikov, A. 2008)

Käyttäjän syöttämän tiedon oikeellisuudentarkistus ilmoittaa Tapestry 5:ssä virheelliset kentät sekä näyttää määritellyn viestin halutulla kielellä. Kielen vaihtaminen toimii tapestryssä myös muissa osissa. IoC eli Inversion of Control mahdollistaa eri ohjelmien käytön rutiinitoimintojen ja palvelujen suoritukseen. Tapestryyn IoC alijärjestelmän avulla voidaan käyttää myös muita ohjelmointi viite-

kehyskiä, kuten Spring tai Hibernate, ja liittävät ne Tapestryyn. (Kolesnikov, A. 2008)

4.2 Verkkosivun koodi

Itsepalveluportaalin verkkosivun rakentamiseen käytetään tässä työssä vain HTML ja Javascript kieliä. Myös CSS kieltä on mahdollista käyttää, mutta se ei ole välttämätön toiminnallisuuden kannalta.

HTML muodostaa verkkosivun rakenteen. Verkkosivut muodostuvat suurimmaksi osaksi tekstistä, joten HTML kieltä tarvitaan selittämään tulkintaohjelmalle, mitkä sanat ovat otsikoita, minne kappaleet loppuvat ja linkit muihin sivuihin. Nämä linkit näyttävät kuvat, videot ja tekstinsyöttölomakeet sekä reitit toisille sivuille. CSS vuorostaan hallitsee sivun ulkonäköä. Sillä voidaan määrittää esimerkiksi tekstin ominaisuuksia, elementtien sijainti ja kappaleiden rakenne. Javascript lisää sivuille interaktiivisuutta. Nimensä mukaisesti sillä tehdään sivulle skriptejä sitä varten luodulla Java-pohjaisella ohjelmointikielellä. (Duckett, J., & Larsen, R. 2013, xxxiii.)

HTML on merkintä kieli. Tätä voidaan verrata esimerkiksi johonkin tekstinkäsittely ohjelmaan, jossa on mahdollista luoda ja käyttää eri tyyliä. Tyyli määrittävät onko teksti otsikko, leipäteksti tai kuvateksti. HTML toimii samalla tavoin ja se käyttää siihen tageja. Kaikki sivun teksti on erilaisten merkintöjen välissä. Jokainen HTML sivu on laitettu seuraavien merkintöjen väliin. "`<html><head><title> Otsikko </title></head><body></body></html>`". Tagit voidaan myös järjestää helpommin hahmotettaviksi sijoittamalla ne eri riveille. Sisällön ja tagien yhdistelmää kutsutaan elementiksi. Myös tagit joiden sisällä ei ole sisältöä tai edes lopetus tagia ovat elementtejä. Elementeille voidaan antaa ominaisuuksia eli attribuutteja. Esimerkiksi elementtiä `Linkin teksti` käytetään hyperlinkin tekemiseen. Attribuutit kirjoitetaan ensimmäisen tagin sisään. Tagien välissä olevan tekstin ominaisuuden määräytyvät tagien attribuuttien mukaan. Neljä keskeistä attribuuttia HTML kielessä ovat id, title, class ja style. Myös muita attribuutteja on olemassa, mutta nämä ovat käytetyimpiä. Id attri-

buutilla voidaan antaa elementille uniikki tunniste. Tunnisteen avulla elementtiin voidaan viitata muissa kielissä ja linkittää se muihin osiin dokumenttia. Class attribuutti määrittää elementin luokan. Sen avulla tekstejä voidaan luokitella esimerkiksi tiivistelmäksi tai luetteloksi. Luokkia käytetään yleensä CSS kielessä, jossa niille voidaan antaa tarkempia säätöjä. Title attribuutin toiminta riippuu elementistä jossa sitä käytetään, mutta yleensä se toimii vihjelaatikkona tai paikanpitäjänä kun elementti latautuu. Style attribuutti sallii CSS sääntöjen käytön elementissä, mutta ne on paras jättää erilliseen sivuun. Yleisin käyttö tälle onkin Javascriptissä. (Duckett, J., & Larsen, R. 2013, 3–11.)

Javascript kieltä käytetään toiminnallisuuden luomiseen verkkosivulle. Sen avulla voidaan esimerkiksi tehdä matemaattisia laskuja, tarkistuksia ja ehtoihin perustuvia toimintoja. Javascript koodi voidaan liittää verkkosivulle kirjoittamalla se `<script></script>` tagien sisään. Tagit voivat sijaita missä tahansa `<body></body>` tagien sisällä. Skripti voidaan myös kirjoittaa erilliseen tiedostoon ja viitata siihen attribuutilla `"src="nimi.js"`, joka sijoitetaan ensimmäisen `<script>` tagin sisään. Niille käyttäjille, joilla Javascript ei ole käytössä voidaan näyttää sisältöä laittamalla se `<noscript></noscript>` tagien sisään. (Duckett, J., & Larsen, R. 2013 s.340-345) Javascript välittää kirjainkoosta, joten kaksi samoilla kirjaimilla, mutta eri kirjainkoolla kirjoitettua muuttujaa kohdellaan kahtena eri muuttujana. Javascript ei välitä ylimääräisistä väleistä koodissa, joten niitä voidaan käyttää koodin ulkonäön muokkaamiseen. (Duckett, J., & Larsen, R. 2013, 377–378).

JQuery on Javascript kirjasto. Se sisältää monia metodeja (nimettyjä toimintoja), joilla skriptiin voi tuoda helposti monimutkaisempiakin ominaisuuksia. JQuery on suosittu erityisesti aloittelevien koodaajien keskuudessa. Sen voi lisätä verkkosivulle lataamalla kirjasto jQueryn sivulta ja tallentamalla se tietokoneellesi. JQuery linkitetään verkkosivulle samaan tapaan, kuin Javascript koodi: kirjoittamalla `<script>` tagin sisään `"src="kansio/jquery-x.x.x.min.js"`. Vaihtoehto tiedoston lataamiselle on käyttää Content Delivery Network (CDN) palvelua. Se on joukko palvelimia ympäri maailmaa, jotka jakavat sisältöä nopeasti sitä tarvitseville. Linkitys tapahtuu kirjoittamalla src-kohtaan jQueryä jakavan palvelimen verkkosivu. Esimerkiksi eräs Googlen jakava jQuery-version osoite on

"<http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.8.2/jquery.min.js>". Koodissa jQueryä käytetään \$-merkin avulla. Sitä käytetään joko kutsumalla funktio: "\$()" tai käyttämällä sitä jQueryn metodien ja ominaisuuksien hyödyntämiseen. Eräs peruskäyttö \$-merkille on käyttää sitä CSS valitsimena. Esimerkiksi elementtiä, joka on merkitty id:llä "greeting" voidaan käyttää jQueryssä rivillä: `$("#greeting").text("teksti");`. Tämä oli metodi `$.text()`, joka lisää tekstiä HTML elementtiin. (Duckett, J., & Larsen, R. 2013, 383–386.)

5 VIRTUAALIKONEIDEN ITSEPALVELUPORTAALIN RAKENNUS

Tämän ohjeen tarkoitus on opastaa lukijaa rakentamaan virtuaalikoneiden itsepalveluportaali käyttämällä siihen VMwaren työkaluja. Ohjeessa kerrotaan, kuinka rakennetaan ympäristö johon itsepalveluportaali linkitetään. Ohje on laadittu käyttämällä nested-virtualisointia, eli virtuaaliympäristön sisälle rakennettua virtuaaliympäristöä. Ympäristö on kuitenkin mahdollista rakentaa myös fyysisille palvelimille. Ohje olettaa, että lukijalla on kokemusta VMware ympäristön hallinnasta vCenter Serverillä sekä perustietämys Active Directoryn käytöstä. Ohje kertoo myös itsepalveluportaalin rakentamiseen käytettävän ohjelmiston, VMware Orchestratorin, käytöstä. Verkkosivujen rakennuskielten tuntemuksesta on hyötyä, mutta ohjetta voi seurata vaikka aihe olisi vieras.

5.1 Ympäristön rakennus

Aloita luomalla virtuaalikoneet ympäristöä varten. Tämä ohje käyttää kahta virtuaalista ESXi-palvelinta ja yhtä tietovarasto palvelinta, jonka rakentamiseen käytetään FreeNAS-käyttäjärjestelmää. Voit käyttää myös fyysisiä palvelimia, mutta se vaikeuttaa mahdollisuuksia lisätä laskentatehoa ja muistia jälkeempään, mikäli se on tarpeellista. Ympäristö on mahdollista toteuttaa myös yhdellä isäntäpalvelimella, mutta ympäristön virtuaalikoneiden toiminta voi olla hitaampaa silloin, jos isäntäpalvelimen tehot loppuvat kesken. Ympäristö on mahdollista toteuttaa myös yhdellä isäntäpalvelimella, mutta tämä vähentää itsepalveluportaalin mahdollisia toimintoja, kuten isäntäpalvelimen valinta luodulle virtuaalikoneelle tai virtuaalikoneen siirtäminen palvelimelta toiselle. Virtualisoitujen isäntäpalvelimien tulee sijaita samalla fyysisellä isäntäpalvelimella. Älä myöskään anna automaattisesti siirtää niitä erilleen, muuten palvelimet eivät ehkä saa yhteyttä toisiinsa. On myös suositeltavaa pitää ympäristöäsi ylläpitävät palvelimet oman ympäristösi ulkopuolella.

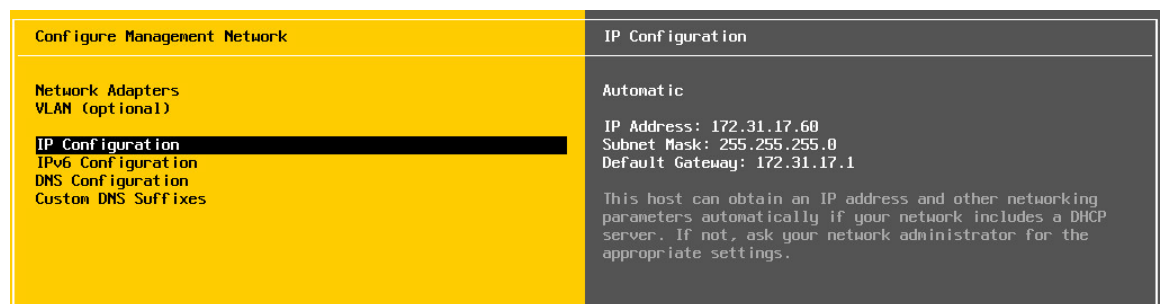
ESXi palvelin vaatii toimiakseen vähintään kaksi ydintä ja 4GB RAM-Muistia. Laitteiston tulee olla 64-bittinen x86 CPU:lla. Yhteensopivat laitteet on listattu

VMwaren yhteensopivuusoppaassa täällä:

<https://www.vmware.com/resources/compatibility/search.php>. Verkko vaatii Gigabit tai 10GbE NIC:n. Kovalevyä tulee olla vähintään 1GB. NX/XD ominaisuus tulee olla kytkettynä päälle BIOS:issa, sekä Hardware virtualization, ESXi-palvelimella on tarkoitus tehdä 64-bittisiä virtuaalikoneita. (Atkinson, B. 2014) Tämän työn suhteen on suositeltavaa käyttää vähintään 8GB RAM:ia isäntäpalvelinta kohti. Kovalevyä ei tarvitse varata suuria määriä, koska suurin osa ympäristön tiedosta säilötään erikseen luotavalle FreeNAS palvelimelle.

5.2 Asennus

Asenna palvelimelle ESXi hypervisor. Ohje on laadittu käyttäen versiota 5.5. Asennus ja säätäminen tapahtuvat lähes automaattisesti. Käyttäjän täytyy valita, mille kovalevylle ESXi asennetaan ja antaa IP asetukset käytön aloittamiseksi. Paina asennuksen valmistuttua F2 avataksesi säätövalikon. Valitse seuraavaksi "Configure Management Network". Tämä avaa Kuvassa 1. näkyvän valikon. IP asetusten määrittämisen jälkeen anna palvelimelle parempi isäntänimi "DNS Configuration" valikosta. Anna myös DNS osoite. Käytä nimiä, joiden perusteella tunnistat, kumpi esxi on kumpi. Siirry tämän jälkeen edelliseen valikkoon ja käynnistä hallintaverkko uudelleen "restart management network" valinnasta. Testaa verkon toimivuus "Test network" valinnasta. Verkon testaus ominaisuutta voidaan käyttää myös muiden osoitteiden pingaamiseen.



Kuva 1. IP asetus valikko.

Asenna seuraavaksi FreeNAS palvelin. Ohjeessa on käytetty tähän osoitteesta http://doc.freenas.org/9.3/freenas_install.html löytyvää opasta. Käyttöjärjestelmä on kevyt, joten muistia ja laskentatehoa ei tarvita paljon. Kovalevyn kooksi kannattaa määrittää vähintään 300 GB. Levykokoa voidaan lisätä myös jälkeempään, kuten myös uusia kovalevyjä. Tee myös toinen pienempi kovalevy FreeNAS käyttöjärjestelmää varten. Asennus kysyy mille kovalevylle käyttöjärjestelmä asennetaan. Käytä siihen luomaasi pientä kovalevyä, koska käyttöjärjestelmä asemaa tai levyn osiota ei voi käyttää jaettavan tiedon tallentamiseen. Asennuksen ja uudelleenkäynnistyksen jälkeen palvelin käynnistyy kuvan 2. mukaiseen ruutuun. Hallinta IP tulee näkyviin, kun se on määritelty asetuksiin.

```

Mon Sep 21 01:01:43 PDT 2015
FreeBSD/amd64 (UUSIfreenas.local) (ttyv0)

Console setup
-----

1) Configure Network Interfaces
2) Configure Link Aggregation
3) Configure VLAN Interface
4) Configure Default Route
5) Configure Static Routes
6) Configure DNS
7) Reset WebGUI login credentials
8) Reset to factory defaults
9) Shell
10) Reboot
11) Shutdown

You may try the following URLs to access the web user interface:

http://192.168.200.243

Enter an option from 1-11: █

```

Kuva 2. FreeNAS Päävalikko.

Säädä FreeNAS antamalla verkkoasetukset. Mene "network interface" valikkoon ja valitse sieltä vaihtoehto 1. Muokattavan interfacen oletusnimi on em0. Älä re-setoi interfacea tai säädä dhcp:tä. Anna IP osoite ja aliverkonpeite. Määritä seuraavaksi oletusyhdykäytävä päävalikon 4. kohdasta. Tämän jälkeen voit käyttää FreeNAS:n toimintoja verkkosivun kautta. Mene antamaasi IP osoitteeseen ja varmista kirjaututtuasi, että lisäämäsi kovalevy näkyy "view disks" osiossa. View disks löytyy storage -> volumes kohdasta. Mene sitten Services ja sieltä iSCSI osioon.

Luodaan uusi iSCSI jako. Aloita tekemällä extent, jossa määritellään jaettava levytila. Valitse tyypiksi device. Tämän jälkeen luodaan initiator, johon listataan mitkä hostit saavat yhdistää iSCSI jakoon. Voit jättää sen oletusasetuksiin, niin kaikki saavat yhdistää. Tee sitten portal. Määritä ip osoitteeksi palvelimen oma IP. Lopuksi tehdään target, jossa yhdistetään portaali ja initiator. Kuvassa 3. näkyy esimerkki targetin luonnista. Jos et ole tehnyt muita portaaleja tai initiatoreita, tekemäsi säädöt ovat ainoat vaihtoehdot. Yhdistä sitten extent ja target extent/target kohdasta. Vaihtoehtoina ei näy muita valintoja kuin luomasi kohdat. Lopuksi iSCSI palvelu täytyy laittaa päälle. Mene yläpalkin services valikkoon ja käynnistä iSCSI palvelu.

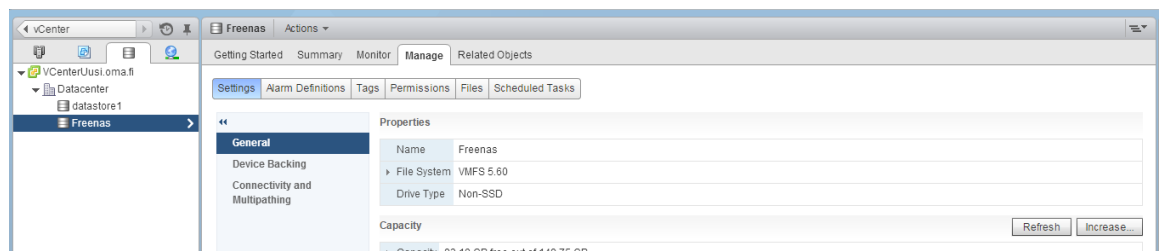
Field	Value
Target Name:	target1
Target Alias:	target1
Serial:	005056821fa400
Target Flags:	read-write
Portal Group ID:	1
Initiator Group ID:	1
Auth Method:	Auto
Authentication Group number:	None
Queue Depth:	32
Logical Block Size:	512

Kuva 3. Target luonti.

Seuraavaksi iSCSI levy täytyy liittää ESXi palvelimiin. Ota palvelimiin yhteys VMware clientillä ja mene hostin configuration välilehteen. Valitse sieltä "Storage

adapters” ja lisää uusi adapteri. Ainoa adapteri, jonka voit lisätä, on se mikä tarvitaan. Valitse luomasi adapterin properties, mene ”dynamic discovery” osioon ja anna FreeNAS palvelimen IP osoite. Tee lopuksi uudelleen skannaus, mikäli ohjelma ei sitä automaattisesti ehdota. Jos uusi levy ei tule automaattisesti käyttöön, käy lisäämässä se ympäristösi hostin storage asetusten ”add storage” kohdasta uutena LUN-levynä. Mikäli lisäät levytilaa iSCSI kovalevylle, tämä täytyy päivittää FreeNAS palvelimen lisäksi VMware hallinnassakin. Kuvassa 4. näkyy, mistä levytilaa voidaan ottaa käyttöön. Increase painike tarkistaa onko levyllä lisätilaa, ja antaa määrittää kuinka suuri osa siitä otetaan käyttöön.

Jos ESXi isännille tapahtuu jotain, virtuaalikoneet voidaan palauttaa helposti jaettulta levytilalta. Selaa tietovarantoa verkkohallinnassa tai clientillä, mene haluamasi virtuaalikoneen kansioon ja valitse Register VM virtuaalikoneen vmx tiedostoon.



Kuva 4. Levytilan lisääminen

Kopioi käyttämäsi levykuvat jaettuun tietovarantoon. Näin virtuaalikoneiden asennus helpottuu huomattavasti. Ennen kuin vCenter Server on asennettu, ympäristön hallintaan käytetään VMware Clientiä. Asenna seuraavaksi kaksi Windows 2012 R2 palvelinta. Toiselle niistä asennetaan Active Directory domain controller ja toiselle vCenter. Huomaa, että vCenter tarvitsee toimiakseen kaksi ydintä. Kannattaa antaa sille myös hieman enemmän muistia kuin Active Directory palvelimelle, joka ei lopulta tarvitse paljoakaan. Asenna Active Directory ensimmäisenä ja liitä vCenter palvelin domainiin ennen vCenterin asennusta. Tämä yksinkertaistaa asennusta paljon. Asenna molempiin palvelimiin myös viimeisimmät Windows päivitykset ennen vCenterin asennusta. Asenna myös VMware työkalut.

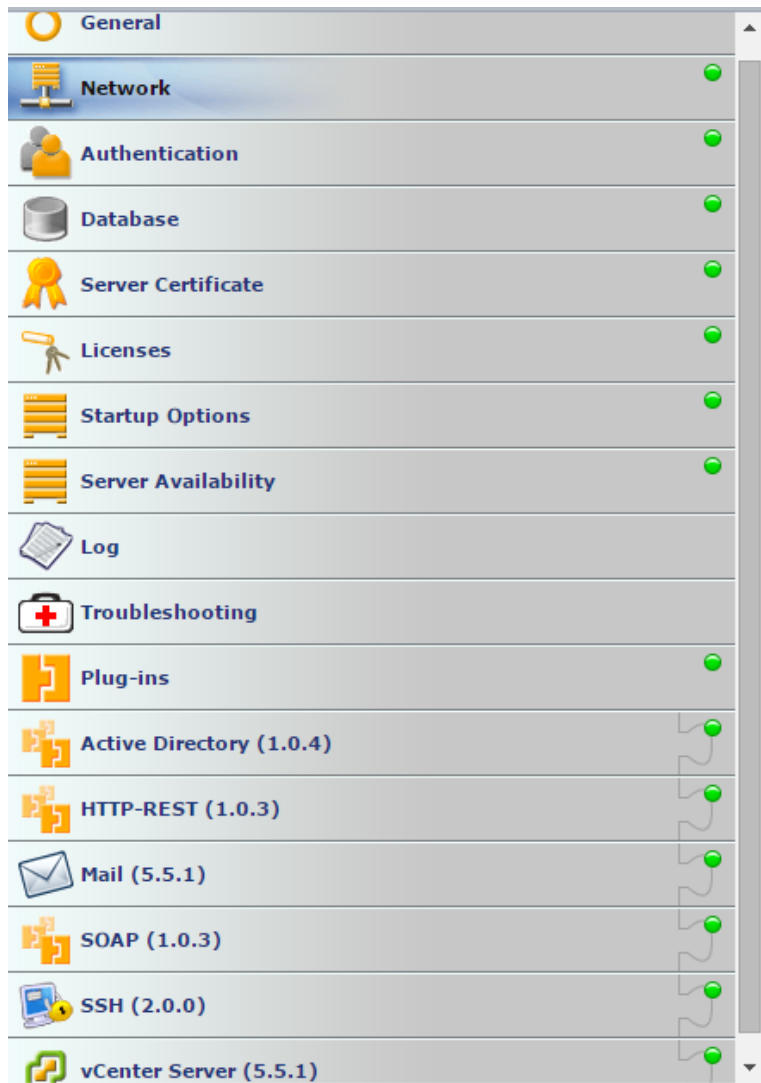
Kun alat asentamaan vCenteriä, valitse täysi asennus. Asennus tyyppinä kannattaa käyttää yksinkertaista asennusta. Siten suurin osa asetuksista on valmiiksi

säädetty. Asennus kysyy useita kertoja, lopetetaanko skriptin suoritus. Valitse tähän aina ei. Hyväksy myös kaikki sertifikaatit mitä asennus ehdottaa. Älä keskeytä asennusta myöskään sitten, jos se vaikuttaa jumittuneen tai muuten olevan tekemättä mitään. Kun asennus on valmistunut, mene vCenter palvelimesi IP osoitteeseen käyttäen porttina 9443. Käytä myös HTTPS protokollaa. Kirjautumistunnukset ovat oletuksena administrator@vsphere.local. Salasana on se, minkä määritit asennuksessa.

Käynnistä mene vCenter hallintaan ja luo verkkohallinnassa aluksi uusi datacenter. Lisää käyttämäsi ESXi palvelimet siihen ja laita ne klusteriin. Luo myös uusi datastore klusteri, johon liitetään luomasi isäntäpalvelin klusteri ja FreeNAS tietovaranto. Määritä DRS manuaaliseksi, jotta ympäristö ei itse ala siirtelemään virtuaalikoneita. Mene seuraavaksi "Administration" välilehteen ja sieltä "Users and Groups". Tee Active Directory palvelimella uusi admin tili, jolle on määritetty enterprise admin oikeudet ja lisää se vCenter hallinnassa VCOAdministrators sekä Administrators ryhmään. Mene hallintaan vasemman pudotusvalikon kautta, valitsemalla ylimpänä oleva vcenter ja sieltä manage. Manage valikosta valitaan permissions. Voit tehdä myös oman active directory ryhmän ja määrittää sille vcenterissä täydet oikeudet.

5.3 Orkestraattorin asennus ja käyttö

Seuraavaksi säädetään Orchestrator. Orchestrator asentuu automaattisesti vCenterin mukana. Mene vCenter palvelimelle ja avaa Services ikkuna. Etsi VMware vCenter Orchestrator palvelut ja laita configuration palvelu päälle. Mene seuraavaksi palvelimen IP osoitteeseen käyttäen porttia 8283 ja HTTPS protokollaa. Sivun toimivuus voi vaihdella selaimesta riippuen. Oletus tunnukset ovat Käyttäjätunnus: vmware ja Salasana: vmware.



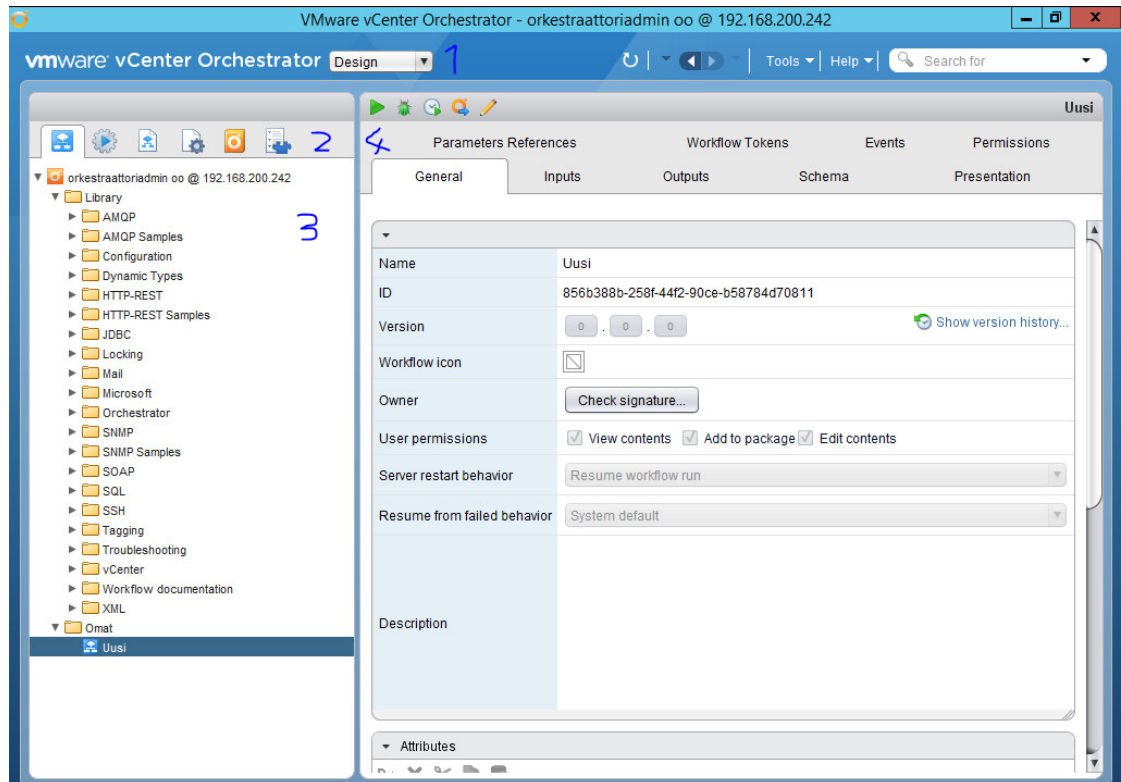
Kuva 5. Orchestrator konfiguraatio valikko.

Kuvassa 5. näkyy Orchestratorin säätövalikko. Mene aluksi "Network" kohtaan ja valitse "IP address" listasta palvelimesi IP osoite. Muista painaa oikeassa alkulmassa olevaa apply changes painiketta. Mene sitten Network kohdan alla olevaan "authentication" välilehteen ja sieltä "SSL Certificates". SSL Certificates löytyy authentication sivun alaosasta, mikäli sitä ei näy suoraan. Orchestrator tarvitsee sertifikaatin palvelimeltasi, joten kirjoita URL kenttään vcenter palvelimesi IP käyttäen porttia 7444 ja https-protokollaa. Hyväksy haettu sertifikaatti. Mene sitten uudestaan "authentication" välilehteen ja poista nykyinen rekisteröinti SSO palvelimeen.

Liitä seuraavaksi Orchestrator Active Directoryyn. Ohje tähän on laadittu osoitteesta: <http://cloud-abstract.com/how-to-configure-vro-vco-ad-permissions-on->

workflows/#sthash.FGTwpsWb.dpbs löytyvien ohjeiden mukaan. Valitse autentikointi modeksi LDAP. LDAP clientiksi valitaan active directory. LDAP host on active directory domaincontrollerisi, käytä sen IP osoitetta. Kirjoita osoite kohtaan Primary LDAP host. Root kohtaan laitetaan domain distinguished name, eli kirjoita siihen domainisi nimi muodossa "dc=[nimi],dc=[pääte]". User name on käyttäjän nimi, jolla on oikeus liittää domainiin. Kirjoita käyttäjätunnus muodossa "tunnus@domain.pääte". Käytä porttina 389. Kun olet antanut nämä tiedot, User Lookup base ja muut kohdat voidaan lisätä painamalla Search nappia. Voit joutua kirjoittamaan polut itse, jolloin kirjoita user ja group lookupbaseen tulee DC=domain-nimi,DC=pääte. Vco-admin group kohtaan kirjoitetaan sen ryhmän tiedot, jolle haluat antaa oikeuden hallita orchestratoria. Kirjoita siihen esimerkiksi: CN=vcoadmins, CN=users,DC=domain-nimi,DC=pääte.

Tee lopuksi testi kirjautuminen "test login" kohdasta, joka löytyy authentication välilehden yläosasta. Tarkista vielä alimmasta vCenter Server kohdasta, että host kohdassa on vcenter palvelimesi IP. Käynnistä vCO palvelu lopuksi uudelleen "Startup options" kohdasta. Nyt Orkestraattori palvelun voi varsinaisesti käynnistää. Mene orchestrator configurationin "startup options" osioon ja valitse "start service". Ensimmäisessä käynnistymisessä voi mennä hetki ja voit saada virheilmoituksen jossa lukee, että palvelua ei voitu käynnistää. Odota kuitenkin hetki ja katso muuttuvatko palvelun uudelleen käynnistys tai pysäytys painikkeet painettaviksi, joka tarkoittaa palvelun käynnistyneen. Kun palvelu lopulta lähtee käyntiin, mene vCenter palvelimelle ja etsi vCenter Orchestrator client kuvake. Löydät sen helpoiten kirjoittamalla hakuun vco tai orchestrator. Kirjautuminen tapahtuu niillä tileillä, joille on annettu vCO oikeudet.



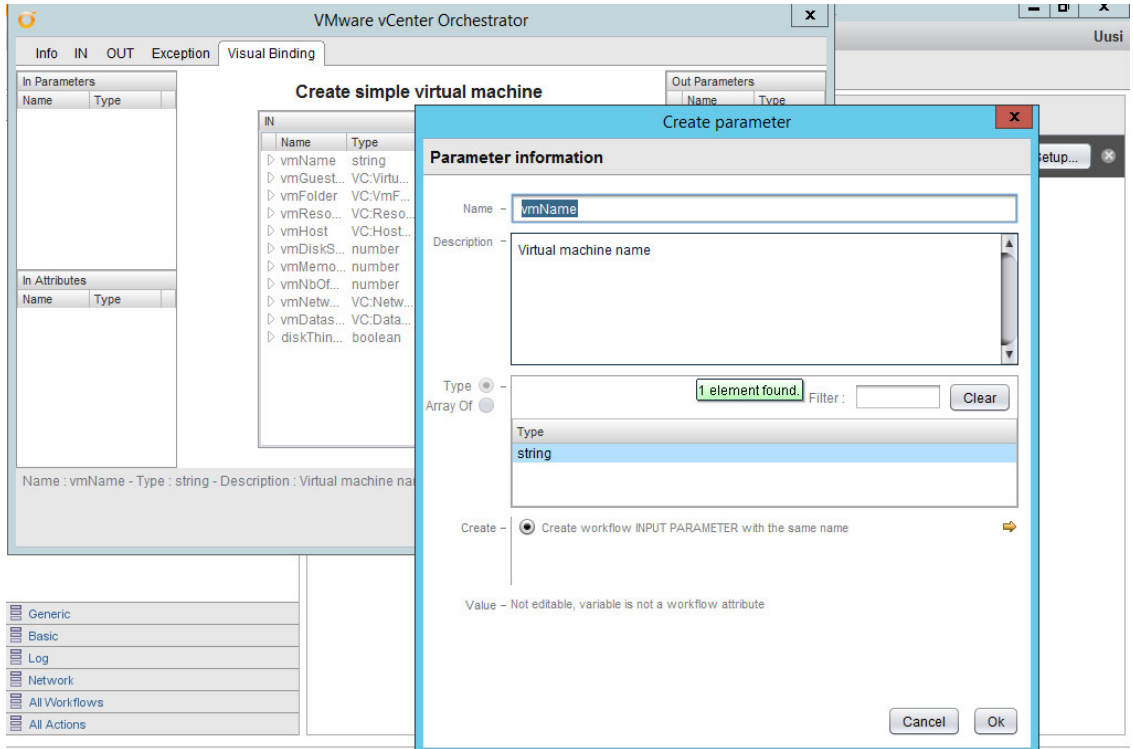
Kuva 6. VMware Orchestrator

Kuvassa 6 näkyy Orchestratorin ikkuna. Kohdassa 1 voidaan vaihtaa näkymää. Vaihtoehtoina ovat Run, Design ja Administer. Run näkymässä voi katsoa mitkä prosessit ovat käynnissä ja vaatimassa ohjeita, sekä historia aikaisemmista suorituksista. Design kohdassa luodaan ja muokataan workfloweja, jotka ovat Orkestraattorin tarkoitus. Administer osiossa voidaan esimerkiksi hallita Orkestraattorin verkkonäkymiä. Myös muitakin asioita voidaan hallita sieltä, mutta vain verkkonäkymät ovat tarpeellisia tämän ohjeen puitteissa. Kohdassa 2 näkyvät Orkestraattorissa olevat työkalut. Näistä vasemmalta katsottuna kaksi ensimmäistä ovat tärkeimmät tämän ohjeen kannalta, ja ne ovat järjestyksessä workflowit ja actionit. Workflow on lyhyesti selitettynä joukko skriptejä ja määriteltyä tietoa, jotka on liitetty toisiinsa ja muuhun ympäristöön erilaisilla linkeillä. Action vuorostaan on eräänlainen skripti, jolle on annettu ominaisuuksia ja käskyjä vaatia tietoa toimiakseen, esimerkiksi virtuaalikoneen nimi. VMware on tehnyt paljon workfloweja ja actioneita valmiiksi, jotka kattavat suuren osan perustoiminnoista joita yleisesti tarvitaan. Kohdassa 4 ovat workflowin välilehdet. General välilehti näyttää perustiedot sekä workflowin attribuutit. Inputs näyttää parametrit jotka tuovat tietoa workflowiin ja outputs vuorostaan ne jotka vievät tietoa ulos. Schema näyttää workflowin rakenteen visuaalisesti ja presentation kertoo tietoja käyt-

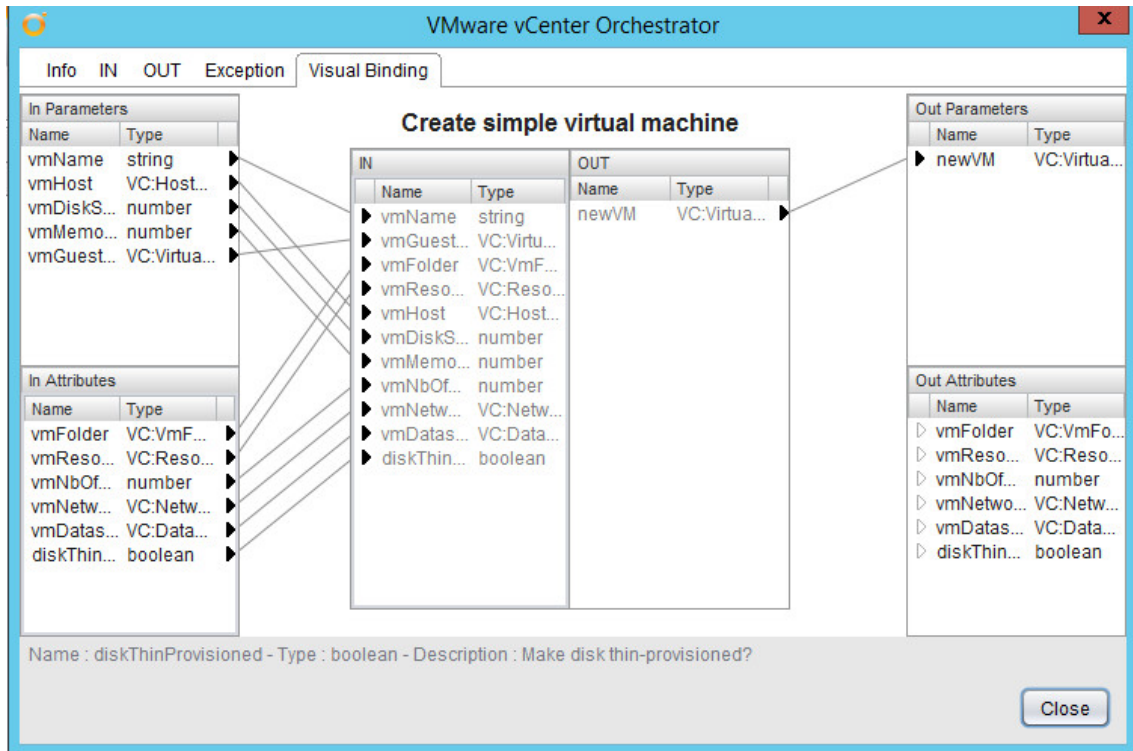
täjälle näytettävästä osasta workflowia. Samat välilehdet ovat valittavissa myös workflowin muokkaustilassa, johon pääsee painamalla edit johonkin niistä.

Aloitetaan itsepalveluportaalin rakennus luomalla uusi workflow. Linkki ohjeeseen, jonka pohjalta tämä ohje on rakennettu, löytyy täältä: <http://www.vcoteam.info/articles/learn-vco/54-create-a-simple-vco-self-service-vm-provisioning-portal-part-1.html>

Tee uusi kansio jonne itse luodut workflowit varastoidaan. Näin niiden löytäminen myöhemmin on helpompaa. Luotuasi uuden tyhjän workflowin, lisää "Create simple virtual machine" workflow alun ja lopun väliin. Älä anna Orkestraattorin lisätä attribuutteja automaattisesti. Muokkaa lisäämääsi askelta ja mene Visual binding osioon. Raahaa vmName in parameters kohtaan ja luo uusi parametri. Ehdotettuihin arvoihin ei tarvitse tehdä tässä vaiheessa muutoksia. Kuvassa 7 näkyy esimerkki parametrin luonnista. Raahaa loputkin IN ikkunan arvot parametri ja attribuutti osioihin. Ero parametrin ja attribuutin välillä on niiden muuttuvuus. Parametri on arvo, joka muuttuu suorituskerrasta toiseen ja haetaan vaihtelevista lähteistä. Attribuutti taas on kiinteä arvo. Esimerkiksi vmName on attribuutti, koska jokainen uusi virtuaalikone tarvitsee erilaisen nimen. vmFolder vuorostaan sopii hyvin attribuutiksi, koska se ei muutu kovin usein.



Kuva 7. Parametrin luonti

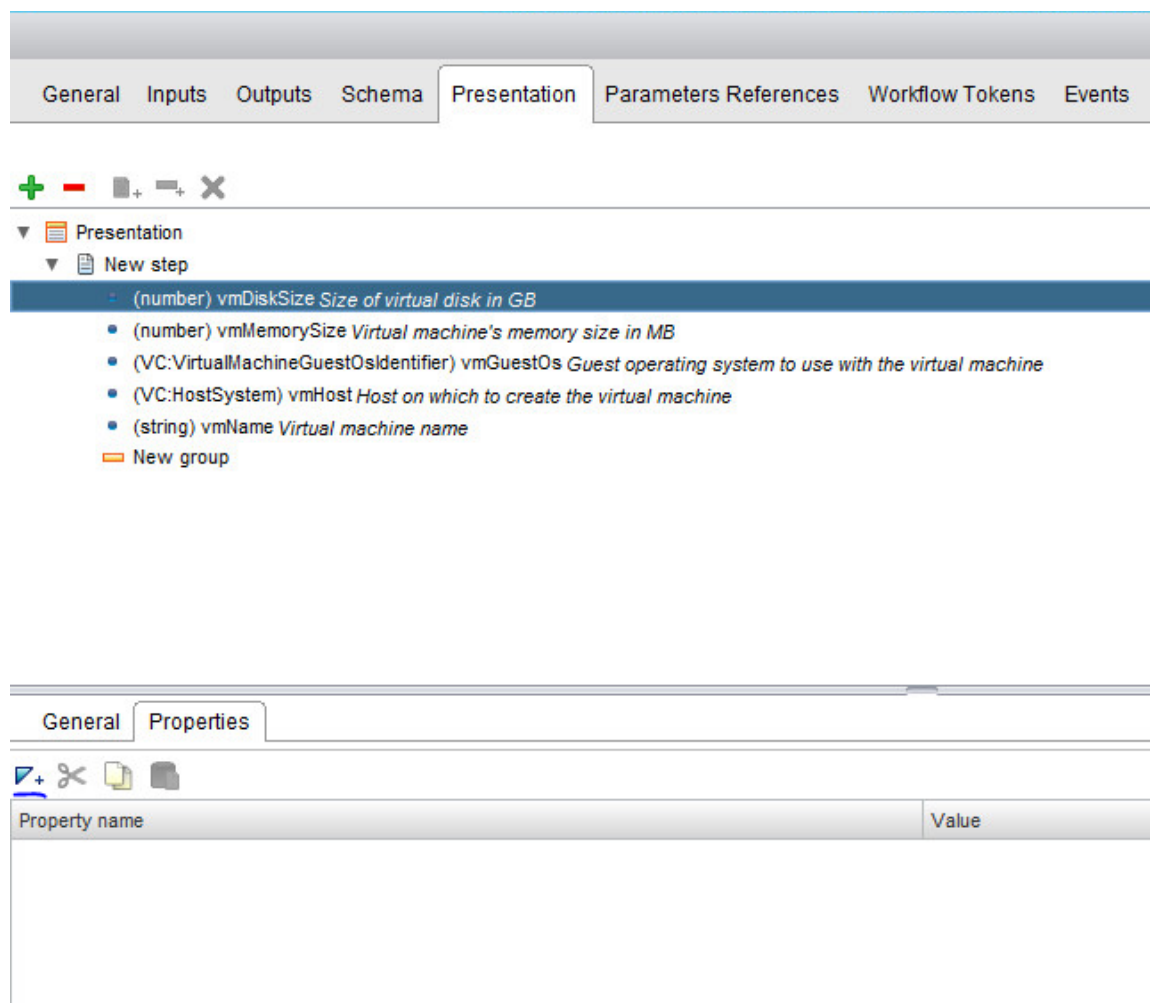


Kuva 8. Arvojen linkitykset

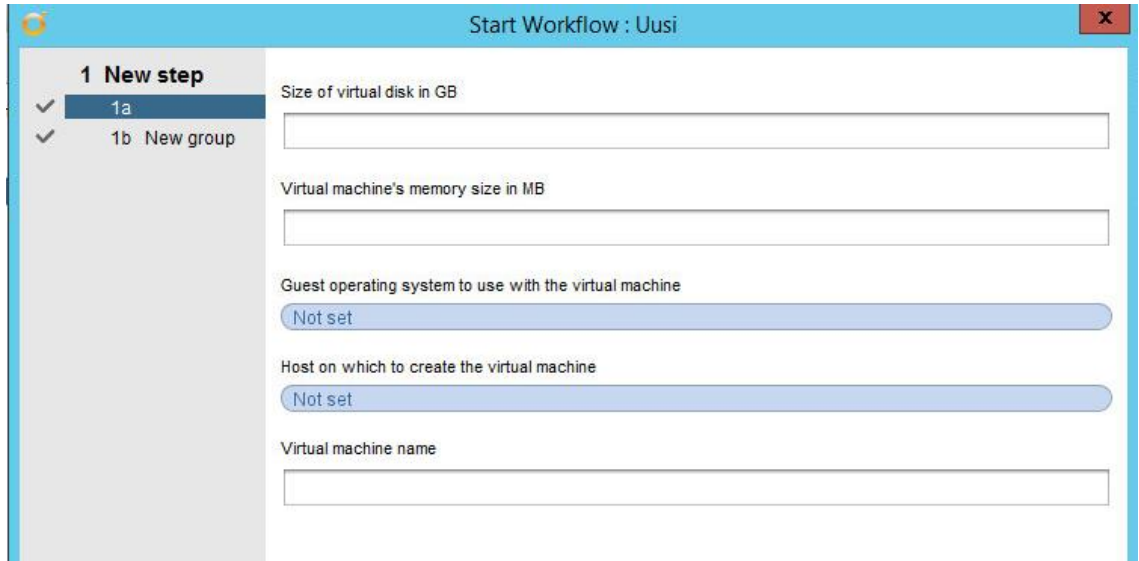
Kuvassa 8 näkyy miten arvojen linkitykset tässä tapauksessa menevät. Tässä tapauksessa esimerkiksi diskThin ja NbOfCores on lukittu tiettyyn arvoon attri-

buutilla, jotta kuvitteellinen käyttäjä ei voisi antaa mielivaltaista määrää ytimiä tai laittaa kovalevyn tyyppiä vääränlaiseksi. Nämä arvot olisi kuitenkin mahdollista antaa käyttäjän muokattavaksi määriteltyjen rajojen sisällä. vmResourcePool on pakko määritellä, vaikka ympäristö ei käyttäisi pooleja. Määritä siihen arvoksi kansio, josta resurssit löytyvät. Muista määrittää newVM Out attributes kohtaan.

Mene seuraavaksi workflowin presentation kohtaan. Täältä määritellään käyttäjälle näkyvä osa. Kuvassa 9 näkyy esimerkki presentation näkymästä. Määritellään kullekin arvolle ominaisuudet properties kohdasta. Muisti ja levytila kannattaa rajoittaa. Niille voidaan myös antaa oletusarvo. Merkitse jokainen kohta pakolliseksi, koska workflow ei toimi jos ne jätetään tyhjäksi. Kun tämä on tehty, workflow on käyttövalmis. Kuvassa 10. näkyy käyttäjälle näytettävä näkymä. Kuvasta näet myös eron uuden askeleen ja ryhmän välillä.



Kuva. 9 Presentation



The image shows a software window titled "Start Workflow : Uusi". On the left, a sidebar lists "1 New step" with sub-items "1a" (selected) and "1b New group". The main area contains configuration fields for a virtual machine:

- Size of virtual disk in GB:
- Virtual machine's memory size in MB:
- Guest operating system to use with the virtual machine:
- Host on which to create the virtual machine:
- Virtual machine name:

Kuva 10. Presentation - Käyttäjä näkymä

5.4 Verkkonäkymän rakennus

Seuraavaksi rakennetaan verkkonäkymä. Tässä osiossa on hyödyksi osata hie-
man HTML ja javascript koodausta. Koodi ei ole erityisen monimutkaista, joten
aloittelijankin on helppo seurata sen kulkua. Kannattaa myös etsiä valmiiksi jokin
koodaus editori, kuten esimerkiksi notepad++ tai sublimetext. Tämä osa ohjeesta
on rakennettu käyttämällä apuna täältä löytyvää ohjetta:
[http://www.vcoteam.info/articles/learn-vco/107-create-a-simple-vco-self-service-
vm-provisioning-portal-part-3.html](http://www.vcoteam.info/articles/learn-vco/107-create-a-simple-vco-self-service-vm-provisioning-portal-part-3.html). Verkkonäkymän eli Webviewin kehitykseen
kannattaa laittaa development moodi päälle. Tämä mahdollistaa koodiin tehtyjen
muutosten päivittymisen verkkosivulle reaaliajassa, eli tiedostoa ei tarvitse ladata
Orkestraattoriin aina, kun koodin toimivuutta halutaan testata. Kehitystilaa ei kui-
tenkaan kannata pitää jatkuvasti päällä, koska se aiheuttaa arvaamatonta käy-
töstä Orkestraattorin muissa osissa.

Jotta development moodi voidaan käynnistää, täytyy määritellä ensin työkansio,
josta Orkestraattori hakee koodin verkkosivua varten ja jossa koodia työstetään.
Tee kansio palvelimen paikalliselle levyille ja mene Orkestraattorin configuration
sivun general välilehden advanced osioon. Laita web development päälle täältä,
kirjoita luomasi kansion osoite ja käynnistä palvelu uudelleen. Mene sitten Or-
kestraattorin clientissä administration sivulle ja valitse webviews. Paina vasem-
malla näkyvää oletuswebviewiä. Tee uusi webview templatesta painamalla hiiren
oikealla tyhjää kohtaa webview valikossa ja käytä kansiossa: c:\program fi-
les\vmware\infrastructure\orchestrator\apps\webviewTemplates\ olevaa de-
fault_webview.zip tiedostoa. Jos orchestrator on asennettu standalone versiona,
polku on: C:\Program Files\VMware\Orchestrator\apps\webviewTemplates\.

Valitse tekemäsi uusi webview ja tee "export to directory" käyttäen kohdekan-
siona luomaasi uutta kansiota. Verkkonäkymä sivulle pääsee osoitteesta
<https://IP:8281/vco/vmo/> . Verkkonäkymään myöhemmin linkitettävät workflowit
vaativat pääsyoikeuksia. Voit muokata niitä design välilehdeltä painamalla hiiren
oikealla kuvassa 11 näkyvää kohtaa workflow puuta ja valitsemalla edit access
rights.



Kuva 11. Workflow puun ylin osa.

Aloitetaan webviewin muokkaus default.html tiedostosta. Tämä tiedosto määrittää mille sivuston oletussivu näyttää. Yksinkertaisin tapa liittää workflow sivulle on käyttämällä koodia:

```
<vco jwcid="@layout/MyBorder" section="literal: home" title="Home">
<p style="margin-left: 16px">
<span jwcid="@vco:WorkflowLink" workflow="attribuutin nimi" isDialog="true" is-
Sync="true"
returnUrl="/vmo/kansio/sivu.html"
cancelUrl="/vmo/kansio/default.html"> Linkin teksti </span>
</p>
</vco>
```

Kaikki Orkestraattoriin liittyvä koodi laitetaan `<vco />` tagien sisään. Viitauksen Orkestraattorin elementteihin aloitetaan myös `jwcid="@--"` lauseella. `@` Merkin jälkeen tulee sijainti, josta workflow haetaan. Tässä tapauksessa se on `vco:sta` löytyvä Workflow linkki. `Workflow=""` kohtaan tulee attribuutin nimi, jolla workflowiin viitataan. Attribuutti luodaan Orkestraattorin webview välilehdeltä. Muokkaa verkkonäkymääsi ja mene sen attributes välilehteen. Luo uusi attribuutti ja anna sen tyypiksi "Workflow". Etsi arvoksi workflow, joka luotiin aikaisemmin. Mikäli Orkestraattori ei vielääkään ala näyttämään workflowia verkkosivulla, palvelu pitää ehkä käynnistää uudelleen, jotta attribuutit päivittyvät. `IsDialog` määrittää avataanko dialogilaatikko, johon käyttäjä antaa parametrit workflowille. `isSync` valitsee, suoritetaanko workflow synkronoidussa tilassa. Kuvassa 12 näkyy esimerkki, miltä aiemmin luodun workflowin parametri ikkuna näyttää käyttäjälle verkkosivun kautta katsottuna.

Kuva 12. Workflowin käyttäjänäkymä

Luodaan seuraavaksi lista ympäristön virtuaalikoneista. Ohjeessa on hyödynnetty sivulta http://www.vmware.com/pdf/vco_401_developers_guide.pdf löytyvää dokumenttia. Käy lisäämässä verkkonäkymään attribuutit vmFolder, tyyppinä vc:vmFolder, arvona kansio jossa virtuaalikoneesi ovat sekä action attribuutti, jonka nimeksi tulee getVirtualMachineList. Arvoksi tulee action nimeltään getAllVirtualMachinesByFolder. Kirjoita seuraavaksi default sivulle kohta:

```
<h1> VM List </h1>
```

```
<div jwcid="@vmo:ListPane"
```

```
action="getVirtualMachineList"
```

```
actionParameters="attribute:vmFolder"
```

```
detailUrl="/panel.html"></div> Select VM
```

Luo työkansion components kansioon kaksi tiedostoa: DisplayVmInfo.jwc ja DisplayVmInfo.html. Luo myös panel.html tiedosto samaan kansioon default.html tiedoston kanssa. Kirjoita siihen:

```
<h3>VM Information</h3>
```

```
<vco jwcid="@DisplayVmInfo" urlParameter="itemId"/>
```

Kirjoita DisplayVmInfo.jwc tiedostoon:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!DOCTYPE component-specification
PUBLIC "-//Apache Software Foundation//Tapestry Specification 4.0//EN"
"http://jakarta.apache.org/tapestry/dtd/Tapestry_4_0.dtd">      <component-
specification
class="ch.dunes.web.webview.components.WebObjectComponent">
</component-specification>
```

Kirjoita DisplayVmInfo.html tiedostoon:

```
<table width="200" border="1">

<tr>

<td>Virtual machine name</td>

<td><vmo jwcid="@Insert" value="ognl:get('name')"></vmo>

</td>

</tr>

<tr>

<td>Object ID</td>

<td><vmo jwcid="@Insert" value="ognl:get('id')"></vmo>

</td>

</tr>

</table>
```

Taulukkoon voi lisätä myös muita tietoja virtuaalikoneista. Kuvassa 13 on esimerkki mille lista näyttää. Mikäli lista pysyy tyhjänä, varmista verkkosivuille kir-

jautumisessa käyttämilläsi tunnuksilla on täydet oikeudet vCenteriin, Orchestratoriin sekä workflowien käyttöön. Listalla voi myös kestää jonkin aikaa latautua.

Virtual Machine List

ActiveDirectory		VM Information	
vCenter		VM Name	ActiveDirectory
		Object ID	localhost/vm-16
		State	poweredOn

Kuva 13. Virtuaalikone lista

6 YHTEENVETO JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET

Opinnäytetyössä käytettiin VMwaren työkaluja toimeksiantajan pyynnöstä. Työssä olisi kuitenkin ollut mahdollista käyttää myös Openstack ohjelmistoa. Openstack on hyvä vaihtoehto, koska sen kehitysyhteisö on suuri ja aktiivinen. Lisäksi se on opensource ohjelmisto, eli sen käyttö ei maksa mitään. Avoimen lähdekoodin ohjelmistojen ansaintamalli perustuu usein dokumentaatioiden ja tuen myymiseen. (Weiss). Openstack on julkistanut joitain dokumentaatioita, mutta ne voivat olla vaikeaselkoisia Openstackin käyttöä aloittelevalle järjestelmänvalvojalle, joten perusteellisen ohjeen laatiminen olisi hyödyllistä esimerkiksi sen käytön opettelussa ja käyttöönotossa. Lisäksi useat yritykset käyttävät Openstackia omissa ympäristöissään, joten sen käytön osaamisesta olisi hyötyä myös työnhaussa.

6.1 Kehitysideat

Työn ohjeen perusteella rakennettavaa itsepalveluportaaliakin voidaan parannel-la. Todennäköisesti itsepalveluportaalin rakentajalla ei ole mahdollisuutta suunnitella koko virtuaaliympäristöä alusta alkaen itse, joten se täytyy sulauttaa ole-massa oleviin käytäntöihin. Itsepalveluportaalin käyttäjät eivät välttämättä ole tie-totekniikan ammattilaisia. Heillä kuitenkin on täydet käyttöoikeudet omiin virtuaa-likoneisiinsa, joten palomuurit ja virustorjunta ovat välttämättömiä ympäristön turvallisuuden kannalta, mikäli virtuaalikoneiden sallitaan yhdistää Internettiin. Myös käyttäjätilien oikeudet itsepalveluportaalin käytön suhteen, sekä työnkulku-jen hyväksymisjärjestelmä ovat kehittämiskelpoisia aiheita.

Itsepalveluportaalia voidaan myös parannella luomalla uusia ominaisuuksia ja parantelemalla vanhoja. Esimerkiksi pelipuolen opiskelijat muodostavat usein ryhmiä projektejaan varten. Tuki käyttäjän luomille ryhmille helpottaisi palvelun hallintaa ja nopeuttaisi ryhmän luomista käyttäjälle. Eräs käyttötarkoitus ryhmille voisivat olla resurssikiintiöt ja ryhmät voisivat myös pyytää lisäresursseja. Sama pätee myös yksittäisiin käyttäjiin. Virtuaalikoneita luovaa workflowia voidaan pa-

rannella lisäämällä cd-aseman ja iso-tiedoston liittäminen luotavaan virtuaalikoneeseen ja mahdollisuus käynnistää virtuaalikone heti luomisen jälkeen automaattisesti. Valikoita joista luotavalle virtuaalikoneelle valitaan esimerkiksi käytettävä isäntäpalvelin on mahdollista virtaviivaistaa näyttämään vain oleelliset vaihtoehdot.

Myös verkkosivua voidaan parannella. Työn ohje opastaa vain miten tehdä yksinkertainen ja toimiva verkkosivu, eli ulkonäköön ei ole perehdytty ollenkaan. Verkkosivun työkalut voidaan esimerkiksi laittaa omalle välilkehdelleen. Lisäksi ohjeessa esitettyä virtuaalikonelistaa voidaan parannella lisäämällä virtuaalikoneiden tietoihin linkki niiden konsoliin. Itsepalveluportaalin raskaampi käyttö vaatii myös ympäristön kehitystä, koska suuri määrä virtuaalikoneita vie paljon resursseja. Kuorman taseus ja resurssien käytön optimointi ovat hyviä parantelun kohteita. Valmiissa ympäristössä tämä tosin on todennäköisesti jo otettu huomioon.

VMware työkalujen korvaamisen lisäksi myös muille ohjeessa käytetyille työkaluille on ilmaisia vaihtoehtoja. Active directory voidaan esimerkiksi korvata avoimen lähdekoodin ohjelmistolla kuten OpenLDAP tai Samba 4. Active Directoryn korvaaminen vaatii kuitenkin selvitystä siitä, mitkä ominaisuudet siitä ovat kaikista kriittisimpiä, koska niiden välillä on eroja avoimen lähdekoodin ohjelmistoissa.

6.2 Yhteenveto

Työn idea oli antaa lukijalle tietoa työkaluista, joita ohjeessa tullaan käyttämään, sekä opastaa ohjeessa käyttämään näitä työkaluja halutun lopputuloksen, joka on itsepalveluportaalin rakentaminen. Työkaluja käytetään ohjeessa vain siihen, mikä on välttämätöntä päämäärän saavuttamiseen ja teoriassa työkaluista kerrotaan perustiedot sekä joitain ominaisuuksia. Teorian on tarkoitus antaa myös yleiskuva siitä, mihin muuhunkin työkaluja voidaan käyttää, kuin ohjeessa on mainittu. Tämän tarkoitus on antaa lukijalle ideoita miten työkaluja voitaisiin paremmin hyödyntää itsepalveluportaalin rakennukseen ja mahdollisesti myös muussa käytössä. Ohjelmisto osion verkkosivun koodaus kielten esittely on lä-

hempänä uuden aiheen opettamista, mutta se jää vain alkeisiin. Lukijan on hyvä ymmärtää kuinka HTML ja Javascript toimivat, mutta niiden varsinainen käyttö pitää oppia muualta.

Työn ohje on rakennettu useista eri ohjeista, joita testiympäristön rakentamisessa käytettiin. Kohdat jotka seuraavat jotain tiettyä ohjetta tarkemmin on merkitty linkillä kyseiseen ohjeeseen. Kaikki tekstit on käännetty englannista suomeksi ja joihinkin kohtiin on tehty muutoksia. Ohjeesta on karsittu monia tuotantoympäristössä välttämättömiä aiheita, kuten käyttäjätili käytännöt, sertifikaatit, tietoturva ohjelmistojen käyttöönotto ja varmuuskopiointit. Tämän vuoksi ohjetta ei ole tarkoitettu käytettäväksi tuotantoympäristön rakentamiseen sellaisenaan. Ohjetta on tarkoitus käyttää runkona itsepalveluportaalin rakentamiseen ja sen toiminnan ymmärtämiseen. Portaalin ympärille rakennettavat osat ja käytännöt tai sen soveltaminen valmiisiin käytäntöihin jää lukijan toteutettavaksi. Itsepalveluportaalin rakentamisen lisäksi ohjeen on tarkoitus myös opettaa käyttämään VMware Orchestratoria.

LÄHTEET

Apache Software Foundation. Introduction. Haettu: <https://tapestry.apache.org/introduction.html> Luettu: 8.9.2015

Atkinson, B. (2014). VCP-DCV : VMware Certified Professional-Datacenter Virtualization on vSphere -- Study Guide (2nd Edition). Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons, Incorporated. Luettu 6.9.2015

Clines, S., & Loughry, M. (2008). Active Directory For Dummies (2nd Edition). Hoboken, NJ, USA: Wiley. Luettu 14.9.2015

Guthrie, F., & Lowe, S. (2013). VMware vSphere Design (2nd Edition). Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons. Luettu 7.9.2015

Duckett, J., & Larsen, R. (2013). Beginning HTML and CSS. Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons. Luettu 10.11.2015

Kavis, M. J. (2014). Wiley CIO : Architecting the Cloud : Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS). Somerset, NJ, USA: Wiley. Luettu: 28.10.2015

Kolesnikov, A. (2008). Tapestry 5 : A Step-By-Step Guide To Java Web Development With The Developer-Friendly Apache Tapestry Framework. Olton, Birmingham, GBR: Packt Publishing Ltd. Haettu: <http://www.ebrary.com> Luettu: 8.9.2015

Minasi, M., Booth, C., & Butler, R. (2013). Mastering Windows Server 2012. Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons, Incorporated. Luettu 14.9.2015

Lowe, S., & Marshall, N. (2013). Mastering VMware vSphere 5.5. Somerset, NJ, USA: John Wiley & Sons. Luettu: 10.9.2015

Lowe, S., McCarty, J., & Johnson, M. K. (2011). VMware vSphere 5 Administration Instant Reference (2nd Edition). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons. Luettu: 10.9.2015

Openstack Foundation. 2014. Luettu 15.9. Haettu:
http://docs.openstack.org/openstack-ops/content/openstack-ops_preface.html#introduction-to-openstack

Orchestration, luettu 30.9.2015, haettu:
https://en.wikipedia.org/wiki/Orchestration_%28computing%29

Portnoy, M. (2012). Essentials : Virtualization Essentials. Hoboken, NJ, USA: Sybex. Retrieved from <http://www.ebrary.com> Luettu 27.10.2015

Rouse M.(2009). Techtarget. haettu :
<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/public-cloud>
Luettu: 9.11.2015

Rouse M.(2015). Techtarget. haettu :
<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/hybrid-cloud>
Luettu: 9.11.2015

Rouse M.(2010). Techtarget. haettu :
<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/provisioning>
Luettu: 10.11.2015

Sims, G. (2008). Learning FreeNAS. Olton, Birmingham, GBR: Packt Publishing Ltd. Luettu: 10.9.2015

TechTarget. 2011. Luettu 30.10.2015 Haettu:
<http://searchcrm.techtarget.com/definition/Web-self-service>

VMware 2013. vCenter Server and Host Management. Luettu 2.11.2015 Haettu:
<https://pubs.vmware.com/vsphere-55/topic/com.vmware.ICbase/PDF/vsphere-esxi-vcenter-server-55-host-management-guide.pdf>

VMware. Luettu 12.10.2015. Haettu: <https://www.vmware.com/support/esx>

Weiss A. 5 Ways to Make Money With Open Source Software. Luettu 16.11. Haettu: <http://opensource.about.com/od/basics/tp/5-Ways-To-Make-Money-With-Open-Source-Software.htm>