



**LAUREA**  
AMMATTIKORKEAKOULU  
*Yhdessä enemmän*

# Virtualisoitu työpöytäympäristö

Laine, Terho

2014 Leppävaara



Laurea-ammattikorkeakoulu  
Laurea Leppävaara

## Virtualisoitu työpöytäympäristö

Terho Laine  
Tietojenkäsittely  
Opinnäytetyö

Joulukuu 2014

Terho Laine

### Virtualisoitu työpöytäympäristö

Vuosi 2014 Sivumäärä 64

---

Tämän päättötyön tarkoitus on tutkia ja kartoittaa palvelinkäytössä hyödynnettävän virtualisointi-infrastruktuurin toimivuus henkilökohtaisella tasolla normaalin työasemalähtöisyyden kilpailijaksi.

Tutkimuksen ja kehityksen pohjana otetaan kantaa modernin virtualisoinnin mahdollisuuksiin ja etuihin koskien esimerkiksi kustannustehokkuutta, hallittavuutta ja joustavuutta tuotantoympäristön ylläpidossa ja käytettävyydessä. Myös näkökulmat yrityksen liiketoiminnan kannalta pyritään ottamaan huomioon oikean kohdeorganisaation virtualisointiratkaisujen tutkimisen ja soveltamisen avulla. Autenttisia käytännön lähtökohtia hyödyntäen työn johtopäätökset pääsevät lähemmäksi todellista vertailukelpoisuutta. Kulmakivenä tehokkaalle virtualisointiympäristölle työssä tarkkaillaan pääsääntöisesti VMwaren kaupallisia ratkaisuja, joita käytetään laajalti useissa yrityksissä ja organisaatioissa vaativan virtualisoinnin alustana ja ympäristönä.

Metodina työasemavirtualisoinnin käytännön testaamiselle on laitteistoriippumattoman täysin verkosta käynnistettävän ja käytettävän kokonaisuuden luominen, joka hyödyntää pääsääntöisesti virtualisointipalvelimen keskitettyjä resursseja perinteisen paikallisen laitteiston sijaan. Prototyypin ratkaisusta opittuja metodeja sovelletaan kohdeorganisaation voimassa olevaan it-infrastruktuuriin, jonka pohjalta luodaan tarkastelun arvoisia kehittämismahdollisuuksia.

Terho Laine

### Virtual Desktop Infrastructure

Year	2014	Pages	64
------	------	-------	----

---

The Purpose of this thesis is to research and chart the possibilities of server-oriented virtualization infrastructure on a personal level desktop environment as a competitor for the traditional workstation model.

The theory, research and development are based on reviewing the potential of modern virtualization solutions with regard to cost-effectiveness, management and end user experiences. The perspective of business environment is taken into account when studying and applying solutions on a real organization and its virtualization environment. As the premise of this study is practical and authentic, the conclusions made are closer to realistic comparison.

This thesis mainly examines services and solutions compatible with a major commercial virtualization provider VMware. This product family is widely used in many companies and organizations as a solution for demanding virtualization.

The method for the practical testing of a personal desktop virtualization is building a network-bootable hardware-independent system that uses mainly the resources of virtualization server instead of a traditional local hardware. Applying the solutions from the client prototype tests to the examined target organization infrastructure creates viable possibilities and ideas for further development.

Keywords: PXE, VDI, Virtualization, VMware

## Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Terminologiaa .....	8
3	Tutkimus ja rajaus.....	10
4	Menetelmälliset valinnat .....	11
5	Virtualisointi .....	12
5.1	Virtualisoinnin historiaa.....	13
5.2	Palvelinklusteri .....	15
5.3	Virtualisoinnin tavoitteet ja mahdollisuudet .....	15
5.4	Virtualisoinnin ongelmia .....	17
5.5	Virtualisointi ja tietoturva.....	18
5.6	Virtualisointi verrattuna fyysisiin ratkaisuihin .....	20
6	VMware .....	21
6.1	Yhteysmenetelmät virtualikoneeseen .....	21
6.2	VMware Horizon View .....	23
6.3	VMware vSphere Client.....	24
6.4	Remote Desktop Protocol (RDP) .....	25
6.5	Muut etähallintaratkaisut.....	26
7	Projekti ja Prototyyppi.....	27
7.1	Verkkokäynnistys (Network boot) .....	27
7.1.1	Preboot Execution Environment (PXE) .....	28
7.1.2	Dynamic Host Control Protocol (DHCP) .....	32
7.1.3	Trivial File Transfer Protocol (TFTP) .....	33
7.1.4	Internet Small Computer System Interface (iSCSI) .....	34
7.2	Asiakaspääte ja käyttöjärjestelmä.....	34
7.2.1	Linux asiakaspäätteenä.....	35
7.2.2	Linux -ympäristön käyttöönotto.....	36
7.2.3	Windows asiakaspäätteenä.....	37
7.3	Prototyypin integrointi työ-ympäristöön.....	37
8	Kohdeorganisaatio .....	39
8.1	Organisaation virtualikoneet palvelimina.....	39
8.1.1	vSphere -klusteri organisaatiossa .....	41
9	Organisaation työasemastandardi.....	43
9.1	Windows 7 virtualikoneena .....	43
9.2	Virtualikone testiympäristönä .....	45
9.3	Virtualikone tuotantokäytön varalaitteena.....	46
9.4	Virtualikoneet koulutusluokkana .....	47
9.5	Virtualikoneet tuotantokäytössä .....	49

9.6	Virtualikoneet ja VPN .....	50
9.7	Virtualikoneet ja käyttäjäkoulutus.....	50
9.8	Virtualisoinnin tulevaisuuden näkymät organisaatiossa .....	51
10	Testaus ja käyttökokemukset .....	52
10.1	Windows 7 fat client ja VMware view client .....	55
10.2	Windows 7 fat client ja VMware web client .....	55
10.3	Windows 7 fat client ja RDP.....	56
10.4	Windows 7 työasema ja muut metodit .....	56
10.5	Linux thin client ja VMware .....	57
10.6	Linux thin client ja RDP .....	57
10.7	Linux thin client ja muut metodit.....	58
10.8	Windows Embedded thin client ja VMware .....	58
10.9	Windows Embedded thin client ja RDP .....	59
11	Yhteenveto ja johtopäätelmät .....	59
12	Lähteet.....	61
13	Kuvat .....	63
14	Taulukot .....	64

## 1 Johdanto

90-luvun puolivälissä kehittynyt ja esiin noussut nettikulttuuri toi suomalaiseen sanakirjaan termin virtuaalinen. Tämä lisäys viittaa ei-todelliseen, ei-fyysiseen ympäristöön, joka pyrkii vaikuttamaan autenttiselta. Vaikka populaarikulttuurin ja muun käytön seurauksena termi rinnastetaan helposti mihin tahansa nettiaktiiviteettiin, nykypäivän virtualisoinnissa termi palaa juurilleen. Kysymys on erillisessä isäntälaitteistossa olevaa ohjelmistoa hyödyntävä laitteistokokoonpanon emuloiminen, virtuaalinen tietotekninen ympäristö joka uskoo toimivansa oikean fyysisen laitteiston varassa. Melko yksinkertaisesti miellettyä virtualisointia voidaan pitää ohjelmiston hämäämisenä ja sen oikean laitteistoympäristön esittämisenä erilaisena haluttuna resurssikokonaisuutena.

Yhdessä pilvipalveluiden kanssa, virtualisointi on ollut hyvin tiiviisti otsikoissa kehityksen kohteena 2010 - luvulla. Siirtyminen monista fyysisistä laitteista takaisin keskuskonemaiseen keskitettyyn resurssien käyttöön on ollut kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi todettu ratkaisu palvelinpuolella, sekä kevyiden että erittäin raskaiden verkkopalveluiden alustana. Vaikka virtualisointi on jo vuosia tekniikkana tunnettu ja omaksuttu tietotekniikan osa-alue, on vasta viime vuosien aikana sen potentiaalia IT-järjestelmien hallittavuuteen ja käyttökustannuksiin alettu soveltaa käytännön tasolla.

Nykyaikainen käytännön virtualisointiratkaisu yritysmaailmassa perustuu palvelinlaitteiston yhtenäistämisen ideaan. Monen erillisen palvelinlaitteen yhdistäminen toimimaan yhden konkreettisen alustan varassa tuo pienemmillekin tietoteknisille kokonaisuuksille vartenotettavaa hyötyä tuovan ratkaisumallin. Monille virtualisointiratkaisuihin päätyneille tahoille pelkkä säästö energiankulutuksessa, tilankäytössä sekä konesalin jäädytyskustannuksissa riittää syyksi siirtää fyysiset laitteistot virtualisoidun palvelimen tai useamman virtualisointipalvelimen muodostaman klusterin alle.

Monta virtuaalipalvelinta hallinnoiva fyysinen palvelinklusteri kykenee jakamaan ja rajaamaan kulloinkin tarvittavat resurssit käytön mukaisesti. Yksi fyysinen laite voidaan jakaa pienempiin osiin siinä missä monta laitetta voidaan yhdistää näkymään yhtenä suurena kokonaisuutena. Tämä lähtökohta tarjoaa joustavat mahdollisuudet optimoida virtualisointipalvelinklusterin resurssit käyttöä ja täysin virtualisoitujen palvelimien tarpeita vastaaviksi. Tehokkaasti optimoitu virtualisoitu kokonaisuus hyödyntää laitteistoaan huomattavasti normaalin pahimpaan käyttöasteeseen varautuvaa ja muutoin resurssijaan käyttämättä jättävään kokoonpanoon verrattuna. Useamman virtualisointipalvelimen hallinnoitu kokonaisuus voi tarvittaessa jakaa ja siirtää resurssitaakkaa palvelinlaitteiston välillä ja jopa sammuttaa omia fyysisiä laitteitaan mikäli niiden tarjoamaa lisätehoa ei tarvita.

Nykypäivänä monesta suomalaisesta keskiuuresta yrityksestä alaan katsomatta löytyy virtualisointia hyödyntävää tekniikkaa. Olemassa olevaan infrastruktuuriin nojaten voidaan tehtyjä virtualisointi-investointeja jatkokehittää myös palvelinkäytön ulkopuolelle henkilökohtaiseen työpöytäkäyttöön. Virtualisoinnin hyödyntäminen työpöytäkäytössä tuo esiin samoja etuja kuin palvelinpuolellakin ja saattaa osoittautua työasemalähtöistä perinteistä ratkaisua tehokkaammaksi vaihtoehdoksi tietyissä ympäristöissä.

## 2 Terminologiaa

Asiakaspääte	(Client, Thin Client) Kevyt paikallinen järjestelmä jonka pääasiallinen tehtävä on yhteydenotto virtualikoneeseen.
Broker	Hallintapalvelu joka ylläpitää ja jakaa etäkäyttöyhteyksiä.
DHCP	Dynamic Host Control Protocol - Verkko-osoitteita hallinnoiva palvelu
Emulointi	Fyysisen laitteiston mallintaminen ohjelmistopohjaisin ratkaisuin.
Fat Client	Etäyhteyttä hyödyntävä työasema jonka paikallinen laskuteho riittää täysin tukemaan myös vaativaa käyttöjärjestelmää ja sen toimintoja.
Hypervisor (VMM)	Dedikoitu virtualisointipalvelinjärjestelmä joka toimii suoraan palvelinlaitteistoa hyödyntäen ilman perinteistä käyttöjärjestelmää.
Image, työasemakuva	Organisaation malliin rakennettu ja uudelleen pakattu käyttöjärjestelmän kopio, josta voidaan helposti monistaa valmiiksi asetettu järjestelmä uuteen laitteeseen.
Klooni	(Clone) Virtualisoitu käyttöjärjestelmä joka on monistettu useiksi instansseiksi.
Klusteri	Monen virtualisointipalvelimen muodostama yhtenäisenä käytettävä ja hallittava resurssi.
Laiteavustettu Virtualisointi	[Hardware-Assisted Virtualization] Virtualisointipalvelimen toiminto joka jakaa palvelimeen liitettyjen lisälaitteiden (esimerkiksi 3d-kelpoinen näytönohjain) hyödyn virtualikoneille.
Live-distribuutio	Linux-käyttöjärjestelmä joka toimii laitteen muistissa käyttämättä kovalevyä tai muita massamuisteja.
NFS	Network File System - Protokolla verkon yli käsiteltävän massamuistin hallintaan.



P2V Migraatio	Käyttöjärjestelmän ja sen tarjoamien palvelujen siirtäminen fyysisestä laitteesta virtuaaliympäristöön ilman uudelleenasetusta ja konfiguraatiota.
Paravirtualisointi	Ohjelmisto tai käyttöjärjestelmä joka tunnistaa toimivansa virtuaaliympäristössä ja on suunniteltu optimaaliseen toimintaan virtualisointipalvelimen oikeita ei-virtualisoituja resursseja hyödyntäen.
PCoIP	VMwaren asiakaspääteohjelmien käyttämä tiedonsiirtoprotokolla
PXE	Preboot eXecution Environment - Verkkokäynnistyksen mahdollistava palvelu ja standardi.
Snapshot	Virtualikoneen tallennettu tila johon voidaan palata tai monistaa (kloonata) useiksi virtualisiksi laitteiksi.
TFTP	Trivial File Transfer Protocol - Verkkostandardipohjainen tiedon- ja tiedostonsiirtoprotokolla.
Tuotantoympäristö	Yrityksen henkilöstön työtehtävissä hyödyntämä it-infrastruktuuri.
VDI	(Virtual Desktop Infrastructure) Virtualisoitu työpöytäympäristö ja sitä ylläpitävät laitteet ja palvelut
Virtualikone	(Virtual Machine, VM) Virtualisointipalvelimessa, klusterissa tai Hypervisorissa toimiva virtuaaliympäristö joka emuloi fyysistä laitteistoa käyttöjärjestelmälle ja sen ohjelmistolle.
Virtualipalvelin	Virtualikone joka ylläpitää palvelinta.
Virtualisointipalvelin	Laite joka ylläpitää virtualisointipalvelua kuten esimerkiksi hypervisoria.
Virtualiverkko	Fyysistä verkkoinfrastruktuuria käyttävä verkkokupla, joka rajaa yhteydet ja näkyvyyden erikseen määrätyllä säännöillä. Esimerkkinä julkinen langaton asiakasverkko.
VMI	Virtual Machine Interface - Protokolla ja toimintatapa, jolla virtualisointipalvelin keskustelee virtualikoneiden kanssa.
VM Migraatio	Virtualikoneen siirtäminen virtualisointiklusterin palvelimien välillä.
VPN	Virtual private network - Salattu etäyhteystunneli.
Zero Client, Diskless Node	Työasema jossa ei ole asennettua käyttöjärjestelmää. Käyttää ainoastaan verkkokäynnistettävää kokonaisuutta.

### 3 Tutkimus ja rajaus

Tämän työn tutkimuksellisuus perustuu lähinnä valintojen ja ratkaisujen perusteluun, ongelmanratkontaan sekä testaustuloksiin. Kirjallisten- ja verkkolähteiden avulla pyritään löytämään vastauksia ja optimaalisia keinoja eri osa-alueiden tuomiin haasteisiin.

Työn syvällisempi liittyminen kohdeorganisaation olemassa olevaan IT infrastruktuuriin kysyy talon sisäistä tuntemusta. Näihin päästään pureutumaan haastattelemalla avainhenkilöitä talon henkilökunnasta, sekä tutustumalla ja testaamalla käytössä olevia ratkaisuja sekä niiden jatkokehitysideoita.

Työn rajaus koskee lähinnä palvelinpuolen laitteiston hankintaa, ylläpitoa sekä olemassa olevan kohdeorganisaation VMware-klusterin teknistä laajennusinvestointia tai sen toteutusta. Myös pitkälle viety tarkennus asiakaspäätejärjestelmän yksityiskohdista jää työn ulkopuolelle. Ikkunana toimivan käyttöjärjestelmän optimointi eri pohjille on hyvin ympäristöriippuvaista mikäli yleispätevistä ratkaisuista luovutaan tarkentavan tehokkuuden nimissä. Myös loppuun asti viety tuotantokäyttöön sopiva ratkaisu vaatii erityisen vahvaa perehtymistä juuri asiakaskäyttöjärjestelmän rakentamiseksi.

Testauskäytössä tutuksi tullut paikallista laitetta ja käyttöjärjestelmää hyödyntävä ohjelmistopohjainen virtualisointi ja sovellusvirtualisointi ei myöskään tue projektin lopullisia päämääriä vaikka ovatkin maininnan arvoisia virtualisointimetoodeja. Ohjelmistopohjainen virtualisointi toimii isäntäkoneen käyttöjärjestelmän päällä ja luo näin jo käytössä olevista resursseista uuden instanssin jonka sisään voidaan asentaa isäntäjärjestelmästä riippumaton ympäristö. Asiakaskonelähtöisellä ajatusmallilla tämä ratkaisu ei tuo lisäarvoa kaikkien resurssien ollessa yhä paikallisen työaseman varassa. Sovellusvirtualisoinnista voitaisiin aihetta sivuttaen mainita ns. streamaus, jolla ajettava ohjelmakupla tulee käyttäjän laitteen ulkopuolelta. Muutoin sovellusvirtualisoinnista ei saada päämääriin liittyviä tarkastelun kohteita.

Päivän virtualisointiratkaisuihin liittyvä kompastuskivi löytyy myös lisenssiteknisistä haasteista. Eri ohjelmistovalmistajien tulkinnot virtualikoneissa käytettävistä lisensseistä vaihtelee suuresti ja on jopa ohjelmistojen hankinnoista vastaavalle haasteellista selvitettävää. Esimerkkinä viimeaikaisista lisenssipäätöksistä Windows - käyttöjärjestelmää koskien, lasketaan lisenssien määrät loppukäyttäjien ja fyysisen asiakaspäätteenä toimivan laitteiden lisäksi virtualisointipalvelimen prosessorimäärän tai prosessorikantojen määrän mukaan. Näihin pureutuminen olisi erittäin syvällistä ja mahdollisesti nopeasti vanhentuvaa informaatiota tähän työhön sisällytettäväksi. Myös kaupallisten tahojen, kuten tarkastelun

alla olevan VMwaren ratkaisujen lisenssihinnat ovat hyvin riippuvaisia sovellettavasta ympäristöstä. Lisenssien lopulliset kustannukset lasketaan käyttäjämäärien ja asemien lisäksi myös hyödynnettävän virtualisointipalvelinratkaisun kokoonpanosta.

Käytön testaus tuotantoympäristössä kaikkine esille nousevine huomautuksineen olisi muutaman sivun arvoinen raportti, mutta ajankäytöllisesti ympäristön käyttöönotto ja työympäristön testiryhmän hyödyntäminen sekä mahdollisten häiriöiden kartoittaminen riittävän tehokkaasti työkäytössä ei ehtinyt tämän lopputyön sisältöön.

#### 4 Menetelmälliset valinnat

Koska työ on lähtökohdiltaan vahvaa teoriatasoa ja osaamista vaativa mutta lopulliselta toteutukseltaan projektiluontoinen on kvalitatiivisten menetelmien soveltaminen perusteltavaa. Oman kokemuspohjaisen ammattitaidon, valikoitujen parhaiksi koettujen lähteiden sekä yritysmaailman infrastruktuurista vastaavien konsultointi toimivat tieteellisenä pohjana.

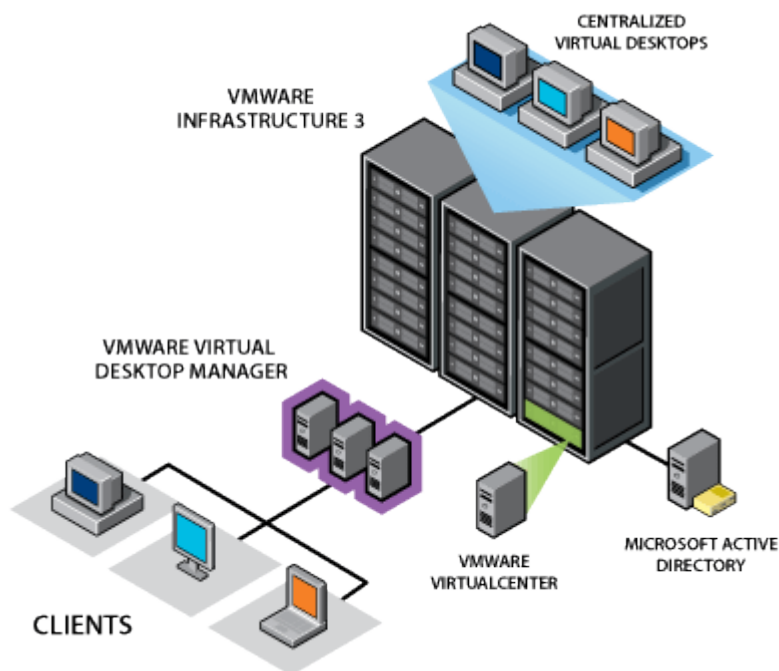
Yritysmaailman virtualisointiratkaisuiden nojattessa erittäin vahvasti kaupallisiin tahoihin on myöskin noudatettava valikointia, ettei kaikkein markkinointimielisintä materiaalia pidetä luotettavana lähteenä vaan ainoastaan suuntaa antavana mallina. Kaupallisista ratkaisuista vastaavien materiaali koskien omien tuotteiden ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia, sekä etenkin yksityiskohdat ja manuaalit sovellettavasta työstä ovat kuitenkin lähteinä tarkkoja.

## 5 Virtualisointi

Yksinkertaisimmillaan virtualisointi voidaan mieltää yksittäisen fyysisen resurssikokonaisuuden kuten palvelimen hyödyntäminen useina loogisina ympäristöinä tai useiden fyysisten laitteiden näyttäminen yhtenäisenä resurssina. Olennaisena osana virtualisointia kuuluu emulointi, joka virtualisointia kevyemmin ilmaistuna tarkoittaa esimerkiksi pc-ympäristössä ajettavaa vanhemman konsolilaitteen toimintaa matkivaa ohjelmistoa. Läpinäkyvyys, joka hämää virtuaaliympäristössä toimivaa ohjelmaa pitämään ympäristöä aitona, sekä hyöty ja tavoite joka saavutetaan virtualisoinnilla tavallisen laitteistoon verrattuna. (Cisco 2009)

Nykyaikaiset virtualisointiratkaisut pohjautuvat joko ohjelmistopohjaiseen käyttöjärjestelmän sisällä toimivaan palveluun, joka luo isäntäkoneeseen virtuaaliympäristöjä, tai palvelinlaitteisiin, jotka jakavat kaikki resurssinsa suoraan virtuaalilaitteille ilman erillistä raskasta käyttöjärjestelmärajapintaa. Suuremmissa virtualisointiympäristöissä käytetään jälkimmäistä resurssien käyttötehokkuuden ja keskitetyn hallinnan tehostamiseksi. Paikallisympäristössä toimiva käyttöjärjestelmän virtualisointi tuo ainoastaan ylimääräisen kerroksen laitteiston ja järjestelmän väliin eikä täten tuo palvelinlähtöisyydelle täyttä lisäarvoa hukkaresurssien takia. Dedikoidulla palvelinlaitteistolla operoiva virtualisointipalvelu (hypervisor) kykenee saumattomampaan yhteistyöhön laitteiston hyödyntämisessä virtualikoneiden käytettäväksi.

Virtualisointipalvelimen kitkatonta laitteiston emuloimista ja ajettavan järjestelmän hämäämistä ollaan jatkettu myös käyttöjärjestelmien erityisesti virtuaaliympäristössä optimaalisesti toimimiseen pyrkivillä ratkaisuilla. Juurikin VMwaren ehdottama VMI (Virtual Machine Interface) pyrkii poistamaan kitkaa myös ajettavan käyttöjärjestelmän osalta. Virtualikoneessa pyörivän käyttöjärjestelmän muokkaaminen toimimaan suoraan palvelimen tehoa hyödyntäen poistaa ylimääräisen emuloinnin tarvetta ja nopeuttaa ja tehostaa kokonaisuuden toimintaa.



Kuva 1: Työpöytävirtualisointi visualisoituna. (VMware 2008)

## 5.1 Virtualisoinnin historiaa

Virtualisoinnin ajatusmalli ja sen hyödyntäminen tietotekniikassa on ollut läsnä jo keskuskonemaisen arkkitehtuurin yhteydessä. Monen eri istunnon hyödyntäessä yhden palvelimen laskutehoa ja jakamalla sen ajankäyttöä voidaan lähtökohdiltaan puhua jo kaupallisen virtualisoinnin alusta. 80-luvun loppua kohti yrityskäyttöön riittävä palvelinlaitteiston saatavuus ja hintataso kuitenkin putosi niin kilpailukykyiseksi, että päätelaite- ja keskuskoneajattelumallista luovuttiin. x86-pohjaiset tietokoneet paikkasivat tietotekniset tarpeet hajautetuilla palvelinkohtaisilla ympäristöillä sekä Windows ja Linux käyttöjärjestelmien nousu 90-luvulla loi x86-pohjaisesta laitteistosta palvelinhuoneiden standardin.

Laitteiden pienentyessä ja laskentatehon kasvaessa erillinen konkreettinen palvelin eri palveluille osoittautui kuitenkin tilaa ja resursseja hukkaavaksi fyysisen laitteiston ollessa ylimitoitettu vastaamaan korkeimpia käyttöasteita ja elinkaaren loppupään vaatimuksia. Etenkin kriittisten, mutta vähän palvelinresursseja vaativien palveluiden sijoittaminen omiin laitteisiinsa osoittautui monelta osin vaivalloiseksi malliksi.

Vuonna 1999 VMware esitteli x86 virtualisointiratkaisun joka kykenee keskittämään hajautettuja palvelimia riittävän toimintavarmun ja tehokkaan ympäristön sisälle. Myös

kilpailevat yritykset kuten Citrix ja Microsoft näkivät palvelinsalin virtualisointiratkaisun edut ja keskittyivät kehittämään omia ratkaisuja yritysten käyttöön. Toimintavarmoja nykyaikaisia virtualisointiratkaisuja on siis hyödynnetty tehokkaasti viimeisen viidentoista vuoden aikana vaikka vasta viime vuosina siitä on tullut vahva standardinomainen vaihtoehtoratkaisu raskaamman palvelinsalin toiminnassa.

Esimerkkejä nykyaikaisen virtualisoinnin kehityksen kulmakivistä.

1957: Time sharing - keskuskoneen laskentatehon jakaminen monelle käyttäjälle ja prosessille.

1972: IBM Virtual Machine - Keskuskoneen laskutehon jako moneksi käyttöympäristöiksi.

1987: RAID - (Redundant Array of Independent Disks) Yhä yleisesti käytössä oleva monen massamuistimedian käsitteleminen yhtenä kokonaisuena resurssina.

1996: Cisco VRF - (Virtual Routing and Forwarding) Verkkoliikenteen virtuaalinen reititys ja ohjaus. Virtuaaliverkot.

1999: VMware x86 virtualisointi. - Modernin prosessoriarkkitehtuurin hyödyntäminen monipuolisissa ja joustavissa virtualisointikokonaisuuksissa.

2000-luvulla kehitettyihin ja käyttöönotettuihin virtualisointiratkaisuihin kuuluvat esimerkiksi, Microsoftin Virtual Server, VMwaren ESX ja vSphere, massamuistivirtualisointiratkaisuja sekä useita verkkoliikenteeseen ja reititinlaitteisiin liittyviä virtualisointitekniikoita.

Esimerkkejä käytössä olevista virtualisointiratkaisuista.

VMware Server	Ohjelmistopohjainen, etähallittava virtualisointipalvelu x86 ja x64 -pohjaisille virtualikoneille.
VMware ESX Server	Laitteistopohjainen hypervisor
Citrix XenServer	Avoimeen lähdekoodiin pohjautuva hypervisor
Microsoft Virtual Sever	Web-hallittava x86 virtualisointi
Microsoft Hyper-V	64-bittinen hypervisor. Osa Windows Server -tuoteperhettä.

## 5.2 Palvelinklusteri

Suorituskykyisemmät ja yritystason virtualisointiratkaisut nojaavat miltei poikkeuksetta virtualisointiin erikoistuneille ja omistautuneille palvelinlaitteille. Nämä ns. bare-metal hypervisoreiksi kutsutut palvelimet kykenevät jakamaan omaa laitteistoaan suoraan virtualikoneen käyttöön ilman erillisen raskaan palvelinkäyttöjärjestelmän tulkkausta. Mikäli virtualikoneessa ajettava ympäristö tukee hypervisorin laskutehon käyttöä suoraan, saadaan aikaiseksi entistä kitkattomampi yhteys oikean laitteiston ja virtuaaliympäristössä olevan ohjelmiston välille.

Virtualisointipalvelinklusteri on ympäristö jossa kaksi tai useampi hypervisor-palvelinlaitetta muodostaa yksittäisen resurssikonaisuuden. Palvelinklusterissa ajettavia virtuaalilaitteita voidaan siirtää ja resurssinkäyttöä voidaan jakaa monen fyysisen palvelinlaitteen välillä. (VM-migraatio) Käynnissä olevien virtuaalikoneiden siirtäminen klusterin sisällä sallii tarpeenmukaisen resurssien käytön. Esimerkiksi tarvittavien laitteiden ja kapasiteetin hiljentyessä työaikojen ulkopuolella voidaan useampi virtuaalilaitte siirtää automaatiolla palvelinklusterin aktiivisen osan hoidettavaksi muiden fyysisten laitteiden siirtyessä energiaa säästävään horrostilaan. Kun resursseja jälleen kaivataan, säästötilassa olevat laitteet herätetään toimintaan ja aktiiviset virtuaalikoneet jaetaan uudestaan tasaisesti vastaamaan koko klusterin potentiaalia.

Tehokas virtualisointiklusteri on myös toimintavarmempi, dynaamisempi sekä luotettavampi kuin erilliset laitteet. Palvelimien kapasiteettiä voidaan lisätä klusteriin sen aktiivista toimintaa häiritsemättä, sekä laitteiston virhetilanteessa voidaan kahdennuksen voimalla ylläpitää toimintakykyä ja virtuaalikoneiden palveluita äkillisesti vioittuneesta komponentista huolimatta. Klusterin muutaman laitteen virransaannin turvaamista voidaan myös helpommin hallinnoida UPS-laitteilla ja niiden akuilla.

Virtualisointiklusterin ollessa yleensä kriittinen tekijä informaatiolähtöisen organisaation tai yrityksen toiminnassa, olisi optimaalisen ja tietoturvallisen klusterin rakenne yhtenäistetty tiiviiksi laitekannaksi, mutta fyysisen sijainnin puolesta hajautettu tai kahdennettu. Tämä ajattelumalli toimii tosin lähtökohtana miltei kaikelle tietotekniselle tietoturvalle koskien laitteiston toimintavarmuutta ja elinkaarta, eikä rajaudu ainoastaan virtualisointiratkaisuihin.

## 5.3 Virtualisoinnin tavoitteet ja mahdollisuudet

Virtualisoinnin tuomat edut ja mahdollisuudet yritysten it-infrastruktuuriin liittyvät sekä kustannustehokkuuteen että toiminnan tehostamiseen. Optimoitu virtualisointiratkaisu kykenee myös toimintoihin jota fyysiset laitteistot eivät tue. Helppona esimerkkinä voidaan

mainita vaikka järjestelmän testaus ja labratyöskentely, jossa kehittäjät pääsevät kokeilemaan ja testaamaan ratkaisuja virtualisoidussa ympäristössä häiritsemättä yrityksen tuotantoympäristöä. Virtualisoitu palvelin virtualisoidussa verkkokuplassaan voidaan käyttöönottaa, monistaa hävittää tai palauttaa edelliseen tilaan huomattavasti perinteistä asennusta nopeammin ja vaivattomammin. Jopa fyysisen toiminnassa olevan palvelimen monistaminen virtuaalikoneeksi muutoksen tai päivityksen testaamiseksi onnistuu. Etenkin suurempia resursseja vaativat testausympäristöt tarvitsevat dedikoitua palvelintason laitteistoa toimiakseen riittävällä tarkkuudella tehdyn muutoksen testaamiseksi, siinä missä suuremmasta virtualisointipalvelimen resurssista voidaan lohkaista tarvittava määrä vaikka normi tuotantotyöajan ulkopuolella.

Sovelluskehitys ja harjoitusympäristönä virtuaalikoneen edut tulevat myös esiin. Kerran talon malliin asennettu käyttöjärjestelmän levyasemakuva tai snapshot voidaan palauttaa lähtötilaansa erittäin vaivattomasti. Koulutusympäristöksi asennetun käyttöjärjestelmän ohjelmistoineen voidaan ottaa talteen ja monistaa useiksi istunnoiksi siinä missä montaa istuntoa (ja eri käyttöjärjestelmäkuvaa) voidaan ajaa yhdeltä laitteelta. Pitemmälle vietyinä jokaiselle virtuaali-istunnolle voidaan määrittää myös tarkasti rajatut resurssit ja yhteydet. Koulutusikäytössä virtuaalikoneen joustavuus on todettu erittäin vahvaksi vaihtoehdoksi paikallisen järjestelmän kilpailijaksi juurikin räätälöityjen istuntokokonaisuuksien takia.

Virtuaaliympäristöjen keskitetty luonne verkkoresurssina antaa tehokkaan ja nopean tavan niiden hallintaan. Ylläpitäjä kykenee seuraamaan ja muokkaamaan virtualisoituja palvelimia yhdeltä työpisteeltä ilman konesalin konkreettiseen puoleen puuttumista. Tavalliseltakin palvelinpuolelta löytyvä etähallinta tukee tätä ominaisuutta, mutta ei keskitetysti käyttöoikeuksia myöntäen vaan paikallisten tunnusten ja salasanojen voimin. Virtualisointipalvelimen ylläpito kykenee tarkkailemaan myös kokonaisuuden resurssienkäyttöä sekä suorittamaan tarvittavia toimenpiteitä keskitetysti suurta kokonaisuutta tarkkaillen.

Virtuaaliympäristön yksi erikoisemmista käyttötarkoituksista on räätälöidyn järjestelmän rakentaminen. Erikoisen ympäristön vaativa ohjelmisto tai palvelu voidaan toteuttaa virtuaalikoneena ja antaa asianomaisten yhteisesti käytettäväksi verkkoresurssina ilman erillisiä laitehankintoja. Harvoin käytetty ympäristö ei myöskään haaska fyysisen laitteiston vaatimia tekijöitä laskutehon, energian ja tilan suhteen.

Nykypäivän palvelinsalit kamppailevat myös ekologisten ja kustannustehokkaiden valintojen kanssa. Virtualipalvelimien hyöty suhteessa perinteiseen laitteistoon on kiistämätön tilan, jäädytystarpeen, energiankulutuksen ja vikaantumisvälien suhteen.



#### 5.4 Virtualisoinnin ongelmia

Virtuaalialustat, jotka emuloivat laitteistoa ja konkreettinen laitteistoarkkitehtuuri niiden takana pyrkivät mahdollisimman saumattomaan läpinäkyvyyteen, mutta eivät aina kykene täydellisesti näkymään eri ohjelmistoympäristöille tai laiteajureille täysin samoin kriteerein kuin oikea palvelin. Usein virtuaaliympäristössä toimiva palvelu on täysin tietämätön oikeasta virtuaalikonetta pyörittävästä alustasta sekä käskyttää omaa virtuaalilaitettaan hankalasti virtuaaliympäristössä sovellettavalla tavalla. Tämä saattaa johtaa ylimääräiseen työhön hypervisorin osalta tai jopa virhetilaan mistä virtualikoneen laiteajuri tai kernel ei kykene tokenemaan.

Myöskin fyysisten resurssien määrän ollessa pienempi kuin virtuaalilaitteiden yhteinen tarve, esimerkiksi prosessoriytimien määrässä ja tehossa, joutuu virtualisointipalvelin jakamaan ohjelmien vaatimia perusresursseja aivan IO-väylistä ja kellojaksoista lähtien yhä hankalammin. Tämä luo epätasaisuutta ja viivettä fyysisen laitteiston tasaiseen virtaan verrattuna, sekä saattaa vaikuttaa ohjelmakokonaisuuksien toimintaan. Palvelinsalista lähtöisin olevan laitteiston hyödyntäminen on myös verkkoarkkitehtuurin ongelmien armoilla. Palvelun saatavuuteen vaikuttavat verkkotekniset ongelmat korostuvat käytön kannalta kriittisiksi paikalliseen yhä jollain tasolla toimintakykyiseen laitteeseen verrattuna.

Virtualisointiklusterin resurssien hyödyntäminen useiden palveluiden alustana voidaan myös helposti mieltää toimintavarmuutta vaarantavaksi uhkatekijäksi. Mikäli klusterin vikasietoisuuteen ei ole panostettu riittävästi, saattaa yhdenkin fyysisen laitteen vikaantuminen lamauttaa kymmeniä virtualikoneita palveluineen. Keskittämisen ja hajauttamisen suomat hyödyt ja riskit voidaan hyvin helposti löytää ja mieltää monista muista yrity maailman toiminnoista, eikä virtualisoinnin palvelinten keskittäminen ole poikkeus.

Virtualisoitu ympäristö on myös tietoturvaluusteknisesti tavallista it-infrastruktuuria laajentava tekijä. Virtualisointipalvelimien ylläpitäjillä on laaja ja välitön valta kaikkien virtualisoitujen järjestelmien toimintaan. Inhimillisten erehdysten tai tietämättömyyden vaikutus on todennäköisesti huomattavasti yksittäistä epäkuuntoon saatettua palvelinta tai työasemaa laajempi ongelma organisaation toiminnalle.

Käytännön työpöytäkäytössä virtualisoitu ympäristö osoittautuu haastavaksi myös lisälaitteiden, ulkoisten medioiden kuten muistitikkujen ja tallennusvälineiden sekä nopeaa ja ajantasaista tiedonvälitystä vaativien tehtävien kanssa. Käytettävään kioskipohjaiseen laitteeseen syötetty ulkoinen media ei kaikissa virtualisointiratkaisuissa näy optimaalisesti tai olleenkaan virtualikoneen omana resurssina tai laitteena, vaan joudutaan emuloimaan

fyysisestä lähteestä virtualikoneen virtualilaitteeksi. Tässä laitteen tulkkauksessa voidaan helposti hukata laitteen oikeaa käytettävyyttä tai ajurituen tarjoamia ominaisuuksia. Myös virtualikoneessa toistettavan kuvan lisäksi äänen tuominen virtualilaitteen ulkopuolelle fyysisen asiakaspäätelaitteen äänentoiston käytettäväksi saattaa tuoda eritasoisia ongelmia käytetyistä ratkaisuista riippuen.

Virtualisoinnin haasteisiin kuuluu myös paravirtualisoimattoman käyttöjärjestelmän taipumus kriittiseen häiriöön isäntäkoneen resurssien tilan muutokseen virtualisoidun käyttöjärjestelmän luottaessa kiinteästi saatavilla olevaan resurssiin dynaamisen emuloinnin sijaan. Isäntäkoneena oleva palvelin ei voi täysin kitkattomasti jakaa esimerkiksi prosessorin laskutehoa megahertseinä jos virtualilaitteeseen käynnistetty käyttöjärjestelmä olettaa omistavansa esimerkiksi kaksiytimisen prosessorin käytössään. Virhe resurssin tulkkauksessa johtaa pahimmassa tapauksessa peruuttamattomaan ongelmaan ohjelman ajossa ja kaataa koko virtualikuplan käyttöjärjestelmän. Käyttöjärjestelmät jotka eivät tiedosta olevansa virtualikoneen prosesseja utilisoivat ympäristöönsä satunnaisin muistin ja prosessorin käyttöön pakottaen virtualipalvelimen ylläpitämään jatkuvaa varausta täysin käyttämättömällekkin laitteelle. Resurssiteknisesti tämä "idle" luppoaika on tosin huomattavasti vähäisempää normaaliin fyysiseen työasemaan verrattuna.

## 5.5 Virtualisointi ja tietoturva

Aivan kuten muihinkin tietoteknisiin ympäristöihin, pätee virtualisointiin useita erilaisia tietoturvauhkia vahingoista, laitteistovioista, haavoittuvuuksista tahallisiin hyökkäyksiin. Virtualisoidussa ympäristössä on perinteisten tietoturvariskien lisäksi useampi kerros, jotka lisäävät alaa mahdollisille haavoittuvuuksille. Laitteiston, käyttöjärjestelmän ja ohjelmiston lisäksi virtualikoneen toiminnalle kriittisiä tekijöitä ovat verkkoyhteydet sekä palvelimen toiminta. Näihin ongelmiin pureutuminen vaatii ammattitaitoista ja jatkuvaa konfigurointia, ohjelmiston päivitystä, käyttäjienhallintaa sekä koulutusta. Etenkin verkkoliikenteen rajaus ja hallinnointi vaatii perehtymistä turvallisen ja toimivan sekä muuta organisaation toimintaa tukevan virtualisointipalvelimen toiminnassa. Vahvan tietoturvainfrastruktuurin omaava organisaatio kykenee kuitenkin melko yksinkertaisesti varautumaan virtualisoinnin tuomiin uusiin riskeihin tietoturvallisen virtualiympäristön hallinnassa.

Koska virtualikone näkyy ja toimii verkossa kuten mikä tahansa fyysinen laite, koskee sitä luonnollisesti myös tavallisen käyttöjärjestelmän uhat ja haavoittuvuudet. Virtualikoneiden ohjelmistojen ylläpitoa ja päivityksiä ei saa jättää huomioimatta vastaavan fyysisen infrastruktuurin ulkopuolelle. Virtualisoinnin helppous testikäytössä ja alustoina erimuotoisille kehitysprojekteille luo ongelman eri virtualisoitujen kokoonpanojen ja käyttöjärjestelmien hallittavuuteen. Unohtuneet virtualikoneet virityksineen ja käyttöoikeuksineen voivat

epästandardin luonteensa takia aiheuttaa uhan organisaation sisäiselle verkkoinfrastruktuurille.

Edelliseen kappaleeseen viitaten tulisi hyvin hoidetun virtualiklusterin palvelut olla hiekkalaatikkomaisen hyödyntämisen sijaan hallittuja ja dokumentoituja. Koska uuden virtualikoneen käyttöönotto on toteutettavissa sekunneissa, on erittäin tärkeää valvoa niiden määrää ja tarkoitusta hallitusti. Suurissa organisaatioissa joissa on käytössä laaja virtualisointiklusteri on hukkakäytön ja haamukoneiden riski suuri. Testiympäristöiksi luodut laitteet ja muiden tuotantokäytön ulkopuolelle jääneet ympäristöt tulisi minimoida tarkalla valvonnalla ja ohjeistuksella. Etenkin lisenssiteknisesti voi epämääräisesti hyödynnetty virtualisointipalvelin olla kymmenine dokumentoimattomineen virtuaalikoneineen olla lisensseistä vastaavan painajainen.

Virtualipalvelimien yleistymisen on luonut myös erityisesti räätälöityjä hyökkäysmetodeja virtualisointipalvelimia ja niissä ajettavia koneita hyödyntäen. Erityisesti palvelinkonetta verkkoliikenteen yhdyskäytävänä käyttävät virtuaalikoneet saattavat omasta virtualiverkkokuplastaan olla hyvin näkymättömiä verkkoliikenteen määrän ja laadun suhteen. Saastunut virtualikone saattaa siis epämääräisestä tai lisääntyneestä verkkoliikenteestä huolimatta pysyä piilossa lisääntyneen liikenteen näkyessä ainoastaan marginaalisesti koko virtualisointipalvelimen liikenteessä. Myöskin haittaohjelmia jotka tunnistavat toimivansa virtualikoneessa tai osaavat hyödyntää virtualisointipalvelimen käskyjä virtualikoneelle on tavattu. Vaarallisimpaan kategoriaan erityisesti virtualiympäristöihin suunnitelluista ohjelmista kuuluvat bottiverkot sekä verkonurkintatyökalut. (NIST 2011)

Voidaan kuitenkin todeta, että virtualisoinnin tuomat tietoturvaedut etenkin virtualisoidussa työpöytäkäytössä, ovat uhkakuvia suurempia. Paikallisten asiakaspäätteiden toimiessa ilman omaa pysyvää käyttäjärjestelmää, niiden käytössä ilmenevät ei-toivotut aspektit kuten selaimen iskostuva malware tai seurantaevästeet pyyhkiytyvät nollatilaan istunnon käynnistyessä. Myös keskitetty tallennusmedia on vikasietoisempi ja helposti varmuuskopioitavissa. VMwaren zero-client manuaali laskee myös ohjelmakokoisen liikenteen pysymisen tiukasti palvelimella tietoturvaeduksi. Etähallintametodeja hyödyntävät virtualityöpöytäratkaisut siirtävät ainoastaan salattua pikselidataa virtualisointipalvelimen ja asiakaspäätteen välillä. Kaupallisin metodein loppuun asti valmisteltu asiakaspääte voidaan myös tarkasti autentikoida käyttämään muuten lukittuja verkkoresursseja. (VMware 2010)

## 5.6 Virtualisointi verrattuna fyysisiin ratkaisuihin

Edellisistä kappaleista pääkohdat poimien saadaan helposti koottua hyvin virtualisointilähtöistä ajattelumallia puoltava taulukko koskien virtualisointiin siirtymistä liiketoimintaa tukevana investointina.

	Perinteinen laitteisto	Virtualisoitu ratkaisu
Työaseman elinkaari	noin 4 vuotta	noin 4 - 8 vuotta
Energian kulutus	Tuotantokykyisen laitteiston kulutus	Thin Client ja palvelimen istunto
Työasemastandardi	Laitteistoriippuvainen	Virtualikoneeksi optimoitu.
Asennus ja ylläpito	Laitteistoriippuvainen työasemakuva	Standardisoitu ympäristö
Hukkaresurssit	Huomattavasti	Hallittavissa
Laitteiston vioittuessa	Laite uusittava ja järjestelmä uudelleenasetettava	Thin Client uusittava, Istunto tallella
Käyttöjärjestelmän vioittuessa	Uudelleenasetettava	Uuden istunnon luominen kopiona

Taulukko 1: Virtualisoidun työpöytäratkaisun hyödyt työasemalähtöisyyteen verrattuna.

VDI -lähtöinen työasemaympäristö kuitenkin toimii ekologisessa optimitilassa vasta kun asiakaspäätteenä toimivat thin-clientit ovat yhtenäisiä sekä energiatehokkaita. Mikäli asiakaspäätteinä käytetään esimerkiksi organisaation käytöstä poistettuja elinkaarensa päässä olevia laitteita voi niitä kohdata samat yhteensopivuus- ja standardointiongelmat päätteen käyttöjärjestelmän kanssa kuin täysiverisellä pöytätyöasemallakin.

Palvelinpuolella virtualisointiin investointi on ollut helposti perusteltavissa jo kauan virrankulutuksen, tilantarpeen sekä jäähdytystarpeen suhteen. Lisätuna voidaan myös mainita verkkoinfrastruktuurin kuormituksen väheneminen organisaation verkosta virtualisointipalvelinklusterin sisäpuolelle.

	Fyysinen palvelin	Virtualisoitu palvelin
Palvelimen elinkaari	Uusittava erikseen	Keskitetty elinkaareton
Energiankulutus	Vähintään 250w	Alle 10w
Jäähdytystarve	Noin 1.5 - kertainen energiankulutukseen verrattuna	Marginaalista
Hukkaresurssit	Huomattavasti	Hallittavissa ja jaettavissa
Kahdennus	Fyysinen palvelinpari	Dynaaminen klusterissa
Hallinta	RCP, terminaali tai on-site	Hallintatyökalut, RCP, terminaali.

Taulukko 2: Virtualipalvelimen vertaaminen fyysisiin palvelimiin.

## 6 VMware

VMware (Virtual Machine ware) on yhdysvalloista kotoisin oleva vuonna 1998 perustettu yritys jonka liiketoimintana on tietokoneohjelmistojen- ja miltei ainoastaan virtualisointiratkaisujen kauppaaminen. VMwaren jalansija markkinoilla perustuu lähinnä x86 - arkkitehtuuriin pohjautuviin virtualisointipalvelinohjelmistoihin, modernin toimintavarman yritystason virtualisoinnin kaupallistamisella ennen kilpailijoita.

VMwaren kirjajaan tuoteperheeseen kuuluu monia asteittain ominaisuuksia ja toiminnallisuuksia lisääviä tuotteita yksinkertaisimmista paikallisista asiakasohjelmista ja virtualisointiympäristöistä suurimpiin monen virtualisointipalvelimen yhdistäviin ratkaisukokonaisuuksiin. Yrityksen erikoisuutena on tapa tarjota tuotteita käytettäväksi ilmaiseksi ei-kaupallisiin tarkoituksiin. Esimerkiksi paikallisella työasemalla toimiva virtualisointiratkaisu VMware Player on ollut ilmainen vuodesta 2005. Vasta siirryttäessä raskaaseen ja hypervisor-lähtöiseen palvelinalustaan muuttuu VMwaren lisenssipolitiikka tarkan kaupalliseksi.

### VMwaren tuotteita vuonna 2014

Tuote	Käyttö	Lisenssipolitiikka yrityskäytössä
VMware vSphere 5.5	Palvelinkeskus	per CPU
NSX Platform	Palvelinkeskus	per CPU/VM
VMware vCenter	Infrastruktuuri	per CPU / VM
Horizon view manager	VDI hallinta	per yhteyksien määrä
Horizon View	VDI asiakas	per käyttäjä
Server, Fusion, Player	Paikallinen	per laite

(VMware 2014)

VMware tarjoaa myös huomattavat määrät pilvilaskentaan, sovellusvirtualisointiin, hallintaan ja tietoturvaan liittyviä ratkaisuja sekä monia ominaisuuksiltaan eroavia versioita yritystason virtualisointiratkaisuista. Myös paketoituja kokonaisuuksia juurikin VDI-lähtöisyyteen tarjotaan esimerkiksi vSphere ja Horizon-lisenssien yhdistämisellä.

### 6.1 Yhteysmetodit virtualikoneeseen

Virtuaalikoneen hallintaan löytyy useita metodeja. Suuremmat kaupalliset tahot kuten nyt tarkastelun alla oleva VMware on kehittänyt erilaisia etätyöpöytä- ja hallintaratkaisuja virtualisointipalvelinohjelmiston oheen. Erilliset asennettavat yhteysohjelmat ovat perinteisin mahdollinen ratkaisu virtualikoneiden ja palvelimien käskyttämiseen. Näiden tuotteiden ongelmaksi on tosin muodostunut yhteensopivuusongelmat eri VMwaren tuotteiden ja

versioiden välillä. Myös hallintaohjelman kirjoittaminen erikseen eri käyttöjärjestelmäpohjille ja niiden bittisyyksille on tuonut ylimääräistä työtä kehityspoelen asiakaspääteratkaisuihin.

Uudempana kehityskohteena on suurempien kaupallisten järjestelmien hallintaan ja käyttöön suunnattu selaimella toimiva kokonaisuus. Selaimen luoman standardin voimalla voidaan helpommin ylläpitää alustavapaata yhteysratkaisua. Lisäkustannuksena tälle on tosin erillisen HTTP-pohjaisen hallintapalvelimen ylläpito hypervisorin lisäksi. Alustavapaa hallinnointi vaatii erillistä lisäpalvelua virtualisointipalvelinklusterin oheen tarjoamaan ikkunaa loppukäyttäjän laitteen ja virtuaalikoneen välille.

Eri yhteysmetodien kaistankäyttö vaihtelee ominaisuuksien, asetusten sekä tietysti liikkuvan informaatiotarpeen mukaisesti. Modernit siirtotiet ja algoritmit pakkaavat tarvittavan kaistan määrän kuitenkin yllättävän alhaiseksi. Voitaisiin olettaa että HD-resoluutiolla toimivan järjestelmän operointi liikuttaisi 30 kuvan sekuntivauhdilla päivittyvän laitteen informaatiota BlueRay-levyyn verrattavalla datamäärällä. Todellisuudessa pitkälle suunnitellut algoritmit keskittyvät esimerkiksi ainoastaan kuvassa tapahtuvaan muutokseen muutoinkin kaistankäyttöä pienentävän pakkausmetodien lisäksi. Normaalisissa työasemakäytössä päästään melko aktiivisesti liikkuvan kuvan kanssa ainoastaan 100kbbs:n kaistankäyttöön.

Edelliseen verraten sadan yhtäaikaisen virtuaalikoneen aktiivikäyttö näkyy, muttei rasita huomioitavasti modernin yritysmaailman runkoverkon gigabittiluokassa toimivaa tiedonsiirtokapasiteettia. Alhainen kaistankäyttö mahdollistaa myös sulavan etäkäytön kotitalouksien ADSL-tasoisista yhteyksistä sekä jopa langattomista kannettavista laitteista.

VMwaren hallittavimmat VDI-yhteysmenetit pohjautuvat joko lisenstein hankittaviin ratkaisuihin tai Windows-ympäristöstä käytettäviin asiakasohjelmiin. Avoimen lähdekoodin käyttöjärjestelmät ovat toistaiseksi yhä käyttöjärjestelmän natiivien tai kolmannen osapuolen hallintaikkunoiden varassa, tai erityisen yritystason ratkaisujen hintaisia. Virtualisointipalvelimen laajempaa resurssikuvaa sekä virtuaalilaitteiden luomista, poistamista ja asetusmuutoksia voidaan kuitenkin tehdä myös VMwaren Linux-työkaluin. Loppukäyttäjän kannalta toiminnallisuudessa pitäisi kuitenkin olla itse virtuaalikoneiden istuntojen hallintaa pelkän virtualityöaseman hallinnan lisäksi.

Mikäli tarpeesta hyödyntää useita istuntoja ja käskyttää virtuaalikonetta siinä toimivan käyttöjärjestelmän ulkopuolella luovutaan, löytyy useita vaihtoehtoisia ratkaisuja VMwaren ohjelmien lisäksi. Erilliset itse virtuaalikoneen käyttöjärjestelmässä toimivat ohjelmat tai palvelut ovat käytettävyydeltään miltei edellisten VMwaren ratkaisujen tasolla normaalissa toimistokäytössä. Yleisimpänä käytettynä esimerkkinä voidaan mainita Microsoftin esiin tuoma

RDP-protokollaa hyödyntävä Remote Desktop Connection joka etäkäyttöratkaisuna tarjoaa hyvin saumattoman käyttökokemuksen asiakaspäätteen ja käytettävän etäkoneen välillä. Tämä alun perin fyysisten laitteiden etäkäyttöön suunnattu palvelu toimii moitteetta myös virtualikoneen etäkäyttöratkaisussa monine myöhemmin lisättyine ominaisuuksineen.

Kolmannen osapuolien etäkäyttöratkaisuiden etuna voidaan pitää suurempaa alustavapautta eri järjestelmien välillä. Yhtenäistä protokollastandardia hyödyntävät ratkaisut toimivat usein eri käyttöjärjestelmien ja jopa laitearkkitehtuurien välillä ilman ongelmia. Lukuisat ohjelmistot ominaisuuksineen tarjoavat myös toiminnallisuutta jota virtualikoneen omista hallintameteodeista ei välttämättä löydy. Tarpeeksi hyvin toteutettuna voidaan siis virtualikoneen käyttöjärjestelmän sisällä toimivaa palvelua hyödyntää täysin tuotantokykysisesti jopa loppukäyttäjää hämäävällä tarkkuudella virtualisoidussa ympäristössä.

Kilpailukykyisistä ja sovellettavista etäkäyttöratkaisuksista tiiviimmän tarkastelun kohteeksi päätyivät seuraavat tuotteet.

Ohjelmisto	Protokolla	Asiakasohjelma	Ääni	Video / 3D	Salaus	Lisenssi	Monen istunnon hallinta
VMware Horizon	PCoIP	Windows, Linux, Mac,	On	On	On	Kaupallinen	On
VMware Web Client	TCP / UDP	Windows	On	On	On	Kaupallinen	On
Remote Desktop Connection	RDP	Windows, Linux, Mac	On	On	On	Avoin	Broker
VNC	RFB	Windows, Linux, Mac	Ei	Ei	SSL / AES	Avoin (GPL)	Ei
X11	RFB	Linux, rajoitettu Windows	Ei	Ei	SSL	Avoin (GPL)	Ei
No Machine NX	NX	Windows, Linux, Mac	On	On	SSL / SSH	Kaupallinen yrityskäytössä	Ei

Taulukko 3: Etäyhteysohjelmat vertailussa.

## 6.2 VMware Horizon View

Tällä hetkellä VMware tukee ja kehittää omaa Windows/Mac/Linux ympäristössä toimivaa asiakasohjelmaansa joka tukee yhteydenottoa VMwaren palvelinpuolen kaupallisiin ratkaisuihin. Viralliselta nimeltään ”VMware Horizon View” tunnetaan yleisimmille Linux-distributioille pakettinimellä ”VMware-View” Normaaliin etäyhteysohjelmaan verrattuna VMwaren oma palvelu kykenee luomaan ja hallitsemaan virtualisointipalvelimen ominaisuuksia pelkän virtuaalikoneen käytön lisäksi. Tästä ominaisuudesta saadaan erityistä hyötyä mikäli

käytettäviä virtualikoneita on useampi yhdellä käyttäjällä tai niiden luonne on väliaikainen tai henkilökohtainen. Asiakaspäätelähtöisyyden kehittämisen nimissä ohjelmisto joka autentikoituu virtualisointiklusteriin ja esittää loppukäyttäjälle käytettävät istunnot, niiden tilan sekä lisätoiminnot on pelkkää yksittäisen laitteen etäkäyttöratkaisua huomattavasti joustavampi lähtökohta.

Virtualikoneiden hallintametodina VMware Horizon ohittaa siis etätyöpöytäyhteydet monen istunnon hallintatyökaluna ja toimii siten vahvana vaihtoehtona projektin kehitysideoiden tarkoitukseen. Horizon-liitännäisen ongelmana on täysi kaupallisuus, ja jopa erittäin raskaasta kohdeorganisaation virtualisointiklusterin VMware-ratkaisuista kyseinen ominaisuus puuttuu, eikä sitä voi sisällyttää tuotantokäyttöön ilman erillistä investointia VMware Horizon -lisensseihin.

Horizon hyödyntää Teracidi:n kehittämää ja VMwaren lisensoimaa PCoIP - protokollaa siirtämään bittitietoa virtualilaitteen ja asiakaspäätteen välillä. PCoIP toimii UDP - tiedonsiirtoprotokollan päällä ja toimii pakkaamalla näyttökuvan pikselidataa kryptattuun muotoon verkkoliikennettä varten. Pakkaukseen käytetyt algoritmit pyrkivät optimoimaan tarkkuuden ja datan määrän käytössä olevaan kaistanleveyteen verraten.

VMware Horizon View kulkee Linux-ympäristössä pakettinimellä "vmware-view-client" ja vaatii toistaiseksi i386 - arkkitehtuurin ja kolmannen osapuolien "Canonical Partners" avaamista pakettihallinnalle. Muita vastaavia VMwaren omia hallintatyökaluja ei kehitetä edes suositaan yrityskäytössäkin nostavaan Ubuntu-käyttöjärjestelmään.

### 6.3 VMware vSphere Client

VMwaren virtualisointiklusteritasoinen ratkaisu tarjoaa omat selainpohjaiset hallintatyökalunsa sekä virtualikoneisiin yhdistävän etäkäyttöpalvelun. Tämä yhdistelmä on hyvin pitkälle viety ja suurenkin organisaation tarpeita vastaava ratkaisu. vSphere Web Clientin pääasiallinen toiminnallisuus tähtää kuitenkin virtualipalvelimien ylläpitoon asiakaskäyttöisestä työympäristöstä poiketen. Helposti organisaation omalta verkkopalvelulta käytettävät työkalut ovat suunnattu virtualisointiympäristön ja virtualipalvelimien hallintaan lähinnä järjestelmävastaaville.

Itse työaseman hallintaan voidaan soveltaa selaimessa toimivaa plugin-lisäosaa, joka silti kykenee huomattavan saumattomaan käyttökokemukseen selainpohjaisuudesta riippumatta. Nämä ominaisuudet ovat pitkälti kilpailukykyisiä etäkäyttöyhteyksiin verraten ja toimivat jokapäiväisessä työpöytäkäytössäkin. VMwaren sivuston knowledge base sekä omat käytännön



kokemukset kertovat kuitenkin rajoitetusta yhteensopivuudesta Linux-ympäristöjen kanssa. Palvelimen suuremman kuvan hallintatyökalut saadaan käyttöön Linux-ympäristöstä Chrome-selaimella, mutta itse virtualikoneen käyttäminen jää toistaiseksi haaveeksi selaimen vaaditun Microsoft Dot.Net - kirjastoa käyttävän liitännäisen takia. VMwaren haluttomuus kehittää opensource -pohjaista asiakasohjelmaa edes pelkistettyyn palvelinhallintaan oman VDI-tuoteperheen ilmaiseksi kilpailijaksi on yrityksen liiketoiminnan kannalta jokseenkin perusteltavaa.

#### 6.4 Remote Desktop Protocol (RDP)

RDP on Microsoftin suunnittelema ja käyttöönottama standardin asemaan noussut etäkäyttöprotokolla jota tukee Windows-ympäristöjen lisäksi miltei kaikki käyttöjärjestelmätyypit tablettitietokone ja älypuhelinjärjestelmiin asti. RDP kykenee kaistankäytön dynaamisen hallinnan lisäksi tiedonsiirron kryptaamiseen ja leikepöydän käyttöön laitteiden välillä. Lisäksi hyödylliseksi toiminnallisuudeksi lasketaan Windows-näppäinkomentojen ajaminen kohdekoneessa isäntäkonetta häiritsemättä. (Microsoft 2010)

RDP-pohjaisia etäkäyttöratkaisuja löytää useimmista käyttöjärjestelmistä täysin natiivina ominaisuutena ilman erillisiä asennuksia. Esimerkiksi Ubuntu 14.14 - version mukana tulee valmiiksi etäyhteysohjelma joka kykenee toimimaan sekä RDP isäntänä että asiakasohjelmana täysin Windows-versioiden kanssa yhteensopivana. Windows-ympäristöissä käyttöönotto löytyy järjestelmäasetusten alta. Sekä Linux että Windows järjestelmän etäkäyttö vaatii että käyttäjällä on joko paikallinen järjestelmänvalvojan käyttöoikeus tai Active Directoryn käytäntö etäkäyttölle ja profiilin luomiselle. (Microsoft 2014)

RDP:n käyttö kärsii virtualikoneiden hallittavuuden takia ympäristössä jonka tarkoituksena on luoda dynaamisesti virtualikoneita käytettäväksi. Windows-ympäristöstä löytyy kuitenkin Broker-palvelu joka pyrkii keskittämään ja hallinnoimaan RDP-yhteyksiä ja etäkäyttökoneita. Tämän palvelun käyttöönotolla päästäisiin lähemmäksi täyden VDI:n kaipaamaa istuntojen hallinnointia, muttei kuitenkaan virtualisointipalvelinratkaisusta vastaavan tahon tuotteiden tasolle.

RDP:n käytettävyyteen vaikuttaviin haittoihin luettakoon myös erikoistilanteet täysin käynnissä olevan käyttöjärjestelmän ulkopuolella. Esimerkiksi laite joka on normaalisti virtualikoneessa käynnistetty mutta suorittaa vaikkapa kirjautumista edeltävää päivitystoimintoa on RDP-yhteyden ulottumattomissa loppukäyttäjän tietämättä syytä. Myös virtualikoneen asetukset tai omat laiteajurit etenkin verkkopuolella saattavat rampauttaa

koko järjestelmän etähallittavuuden, siinä missä virtualisointipalvelimen omilla työkaluilla voidaan ohjata myös erikoisemmassa tilassa olevaa virtualikonetta.

## 6.5 Muut etähallintaratkaisut

Virtualikonetta voi myös käyttää ja hallita muunlaisin etähallintaratkaisuin ilman virtualisointipalvelimen omia työkaluja. Monesta käyttöjärjestelmästä löytyy natiivi etäkäyttötoiminto joka takaa yhdistettävässä virtualikoneessa päällä ollessaan vähintäänkin perustason hallintaa sekä etäkäyttötoiminnallisuutta.

Klassinen Unix-ympäristöistä tutuksi tullut etähallintaratkaisu nojaa suoraan terminaalipohjaiseen etäkäyttöön ja käskytykseen tai tunneleituun SSH-yhteyteen. Uudempana Unix/Linux ympäristöissä nähtynä etäkäyttöratkaisuna on X11 - protokolla. Tämä X-window nimellä kulkeva ympäristö luo perinteisen graafisen hallinnan paikalliselle laitteelle, mutta tarjoaa myös monipuolisen etäkäyttöratkaisun. Komentorivipohjainen etäkäyttö tai X-window tukee kuitenkin ainoastaan Unix/Linux - pohjaista isäntäkonetta, joten niiden tarjoamat ratkaisut eivät tue projektin lopullisia tavoitteita.

Muut kolmannen osapuolen tuotteet kuten VNC (Virtual Network Computing) tuovat myös eritasoisia ratkaisuja virtualikoneen käyttämiseksi. Nämä kaupalliset ja puolikaupalliset palvelut siirtävät kuvaa kohdekoneelta ja syöttävät hallintalaitteiden tietoa hyvin RDP:n tapaisella metodilla. Kuten RDP:kin VNC toimii erikseen etähallittavalle koneelle asennetusta palvelusta (server) ja sitä käskyttävästä asiakasohjelmasta (viewer). Myös VNC:n toiminnallisuuteen kuuluu alustavapaus eri järjestelmien välillä. Viewer ja server keskustelevat vaikka niitä ajettaisiinkin eri käyttöjärjestelmillä.

VNC:n erityispiirteenä on ns. tilan asiakassovellus. (roaming) Kohdekäyttöjärjestelmä ei luo uutta istuntoa VNC-asiakkaalle vaan käyttää aktiivista istuntoa käskettävänä ympäristönä. Katkennut VNC-yhteys palatessaan ei ole kirjautunut ulos käyttäjäprofiilista vaan jatkaa täysin samasta tilasta mihin se on jäänyt.

Näiden tuotteiden käytössä käyttömukavuus ja toiminnallisuus saattaa tosin olla astetta heikompa verrattuna virtualisointipalvelimen omiin työkaluihin. Etenkin monen erillisen istunnon hallinnassa tulee väistämättä ongelmia etähallintaratkaisujen ollessa yhdistettävissä ainoastaan konekohtaisesti suuremmasta kokonaisuudesta piittaamatta. Myös konfliktit itse istunnon omistajan, etäyhteyden ottajan ja virtualikoneen käyttäjän kanssa saattavat muuttua hankalasti hallittavaksi yksityisyyden suojaamiseksi.

## 7 Projekti ja Prototyyppi

Projektin ideana on virtualisointipalvelimien hyödyntäminen loppukäyttäjälähtöisenä työympäristönä yleisestä palvelinympäristöstä ja satunnaisista paikallisesta työasemasta ajetuista testiympäristöistä poiketen täysin alustavapaalta ja verkosta käynnistettävien ratkaisuin. Tämä ”thin-client” lähestymismalli poistaa tehokkaan paikallisen työaseman tarpeellisuuden ja riippuvuuden sijainnista pois virtualikoneen työympäristön käytöstä. Optimitilassa voitaisiin normaalisti käytöstä poistettuja laitteita hyödyntää esimerkiksi virtualikoneita käskyttävänä koulutusluokkana tai erikoistyökaluin varustautuneena väliaikaisena ympäristönä. Prototyypin sovellettavuus myös täysin virtualikoneiden varassa olevaan työympäristöön on toteutettavissa annetuin ratkaisuin. Myös erikseen hankittavien vähävirtaisten thin-client - päätelaitteiden yhteensopivuus on varmistettava.

Käytännössä prototyyppi koostuu kolmesta osa-alueesta sekä toimivan kokonaisuuden soveltamisesta eri konfiguraatioin. Virtualisointipalvelimen lisäksi PXE - palvelin (Preboot eXecution Environment) tarjoaa verkkokäynnistykseen vaadittavat komponentit ja palvelut erilliseltä verkkopalvelimelta käsin. Lopullinen tuotos kykenee käynnistämään mihin tahansa samaan lähiverkkoon kytkettyyn laitteeseen käyttöjärjestelmän verkkolevyasemalta, joka pystyy ottamaan yhteyttä virtualisointipalvelimessa toimiviin virtuaaliympäristöihin.

Prototyypin ero paikalliseen käyttöjärjestelmään verrattuna tulee kyvystä antaa loppukäyttäjälle täysin saman vahvuiset resurssit alkuperäisestä asiakaspäätteenä käytettävästä laitteistosta riippumatta. Mikä tahansa laite, joka kykenee nostamaan käyttöön kevyen visuaalisen Linux-ympäristön kykenee myös hyödyntämään virtualisointipalvelimen tai palvelinklusterin tarjoamaa laskutehoa. Tämä pidentää huomattavasti nykyisen mallin mukaista 3-4 vuoden mittaista laitteiston elinkaarta sekä mahdollistaa käytöstä poistettujen laitteiden hyödyntämisen ilman tuotantokäytössä riittävää tehokasta paikallista laskutehoa.

### 7.1 Verkkokäynnistys (Network boot)

Prototyypin rakennusprosessi tai olemassa olevan infrastruktuurin konfigurointi verkkokäynnistystä tukemaan, kulkee lineaarisesti saman järjestyksen mukaisesti missä itse lopullinen käynnistyvä järjestelmäkin nostaa itsensä käyttöön. Omassa labraympäristössä hyödynnetään huomattavasti kevyempää verkkoinfrastruktuuria konseptin testausmielessä kuin yritysmaailmasta löytyvät ratkaisut. Samat standardit toimivat kuitenkin palveluiden rakenteessa niiden avoimuuden takia, joten pienen ja suuremman ympäristön ratkaisut ovat käytännössä hyvin samanlaisia. Yritysmaailman ympäristöissä on kuitenkin projekti aloitettava ottamalla huomioon käytössä olevien järjestelmien mahdollinen ristiriitaisuus tai jopa tietyn tyyppisen tietoliikenteen estäminen verkkoinfrastruktuurissa. Myös kriittisiin

palvelinkonfiguraatioihin puuttuminen ominaisuuksien lisäämiseksi tulee suorittaa varovaisuutta noudattaen.

Nykyaikaisen mallin mukainen verkkokäynnistyksen tarjoava järjestelmä ilman kolmannen osapuolien yhtenäistettyjä ratkaisuja vaatii seuraavat komponentit toimiakseen:

PXE - Preboot Execution Environment - Kaappaa verkkokäynnistyspyynnön asiakaskoneelta ja tarjoaa kriittisimmän pohjan muille käynnistyvän laitteen toiminnoille

DHCP - Dynamic Host Control Protocol - Antaa laitteelle verkko-identiteetin ja osoitevaruuden muihin vaadittuihin palveluihin.

TFTP - Tarjoaa itse käyttöjärjestelmän käynnistämisen vaatimat tiedostot.

iSCSI - toiminnolla voidaan jatkaa järjestelmän toiminnallisuutta tarjoamalla paikallista levyä emuloiva verkkolevyasema.

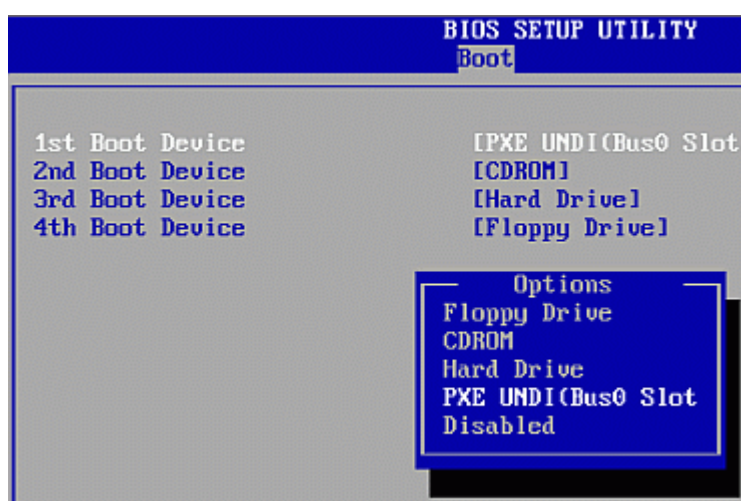
Näiden neljän palvelun yhteistoiminnalla saadaan aikaan täysin toimintakykyinen ympäristö, josta voidaan käyttöönottaa haluttu verkkokäynnistykseen kykenevä käyttöjärjestelmä. Eri ratkaisut palvelimien käyttöönotolle tai olevien ratkaisujen muutoksille ovat täysin ympäristöriippuvaisia. Esimerkiksi PXE - ja TFTP - palvelut voidaan käyttöönottaa eri ratkaisuin ja toimenpitein miltei missä tahansa palvelinympäristössä, DHCP:n ollessa yleensä valmiiksi läsnä joko erillisen aktiiviverkkolaitteen tai palvelimen tarjoamana resurssina pienestä kotiverkosta suurimpiin verkkokokonaisuuksiin.

PXE-verkkokäynnistyksen muut käyttökohteet ja erikoisympäristöt yritysmaailmassa thin-client - mallin lisäksi ovat esimerkiksi testijärjestelmät, standardisoitujen työasemakuvien asennus, huoltotoimenpiteet, kuten datan talteenotto hajonneesta järjestelmästä ja poistettavan laitteen lopullinen tyhjennys.

#### 7.1.1 Preboot Execution Environment (PXE)

Preboot Execution Environment (PXE) on Intelin kehittämä ja standardiksi noussut, miltei jokaisen verkko- ja emolevyvalmistajan tukema tekniikka joka kykenee syöttämään verkon välityksellä käynnistyvälle tietokoneelle sen vaatimat verkko-osoitteet, järjestelmän käyttöön alustamisen sekä itse käyttöjärjestelmän tiedostot. Mikäli käynnistettävä laite tukee ominaisuutta, voidaan täysin toimintakykyinen käyttöjärjestelmä ottaa käyttöön ilman erillistä mediaa tai edes kovalevyä. Tämä erillisellä palvelimella (tai virtuaalipalvelimella) toimiva kokonaisuus jakaa itsenäisesti virtualisointiasiakaspäätteen vaatiman kevyen käyttöjärjestelmän käynnistettävälle laitteelle puuttumatta paikallisen kovalevyn sisältöön.

PXE verkkokäynnistys on ollut standardina miltei kaiken PC-laitteiston BIOS (Basic Input/Output System) ympäristössä ja verkkokorteissa jo vuosia, joten vanhemmankin käytöstä poistetun tietokoneen yhteensopivuus on miltei taattu. Toimenpide PXE-tuen käyttöönottamiseksi löytyy BIOS ympäristöstä boottiprioriteettilistalta tai erillisenä toiminnon käyttöönottovalintana. Tietoturvasyistä useimmissa uusissa laitteissa on tehdasasetuksena verkkoboottaaminen joko prioriteetin lopussa tai kokonaan pois kytkettynä, joten on varmistettava että toimintoa hyödyntävässä laitekannassa on asetukset korrektisti päällä ennen tuotantoympäristöön siirtämistä. Useimmissa laitteissa on myös mahdollisuus kertaluontoiseen valikoivaan boottikäynnistysvalikkoon laitetta käynnistäessä. Tämän toiminnon varassa ei kuitenkaan pidä edetä testausvaihetta pitemmälle.



Kuva 2: Verkkokäynnistykseen käyttöönotto työpöytälaitteen BIOS -ympäristössä.

Koska juuri käynnistetty laite ei omaa manuaalisesti asetettua tai DHCP:n tarjoamaa IP-pohjaista verkko-osoitetta, on PXE-tekniikan nojattava WOL-ominaisuuden (Wake On Lan) tapaan MAC-osoitteisiin, sekä sovittuihin standardeihin valmistajien välillä.

Mikäli tarkoituksena on luoda täysin verkosta käytettävä kokonaisuus, on prototyypin ensimmäinen osa PXE -toiminnon käyttöönotto sekä asiakaskoneissa että palvelimen palveluna. On kuitenkin huomioitava, että PXE-järjestelmän olemassaolo yrityksen verkossa voidaan laskea tietoturvariskiksi. Verkkokäynnistys mahdollistaa laitteelle käynnistettävän tuotantoympäristöstä eroavan käyttöjärjestelmän, jolla voi olla kuitenkin täysi tai vahva pääsy työaseman paikallisiin tiedostoihin ilman tuotantoympäristön vaativaa autentikointia. Tähän ongelmaan voidaan varautua suojaamalla PXE:n tarjoamat ympäristöt salasanalla ja/tai rajoittamalla PXE:n tarvitsemia DHCP ja TFTP - palveluita testikäyttäjien ulkopuolella esimerkiksi virtualiverkolla. PXE:n luomaan kokonaisuuteen voidaan sisällyttää muita

palveluja ja konfiguraatioita jotka tarjoavat esimerkiksi alkeellisen autentikoinnin ja käyttöoikeuksien mukaisen vaihtoehtovalikon käynnistettävälle järjestelmälle.

On huomioitava ettei PXE itsessään ole erillinen palvelin, vaan DHCP:n ohessa toimiva ominaisuus joka standardisoi miten käynnistyvälle järjestelmälle syötetään sen vaatima informaatiopino alkeellisimmista alustuksista alkaen. Pienemmän ympäristön ratkaisuna ei olisi mitenkään mahdotonta löytää kaikkia verkkokäynnistyksen vaatimia palveluita samalta palvelimelta. Oikein toteutettuna PXE -valikko pystyy jakamaan eri käyttöjärjestelmävaihtoehtoja eri metodein täysin samasta lähtökohdasta. Paikalliset muistiin mahtuvat .img -tiedostot. yksisuuntaisesti ajetut avoimet kansiorakenteet TFTP:llä, NFS / iSCSI -lähtöiset tallentavat käyttöjärjestelmät ja jopa HTTP-protokollan kautta internetistä ajettavat käyttöjärjestelmän vaatimat tiedostot.

Yksinkertaistettuna PXE-käynnistysprosessi etenee seuraavin askelin.

Asiakaskoneen käynnistäminen.

Asiakaskoneen verkkokortti pyytää DHCP:n PXE-komponentin

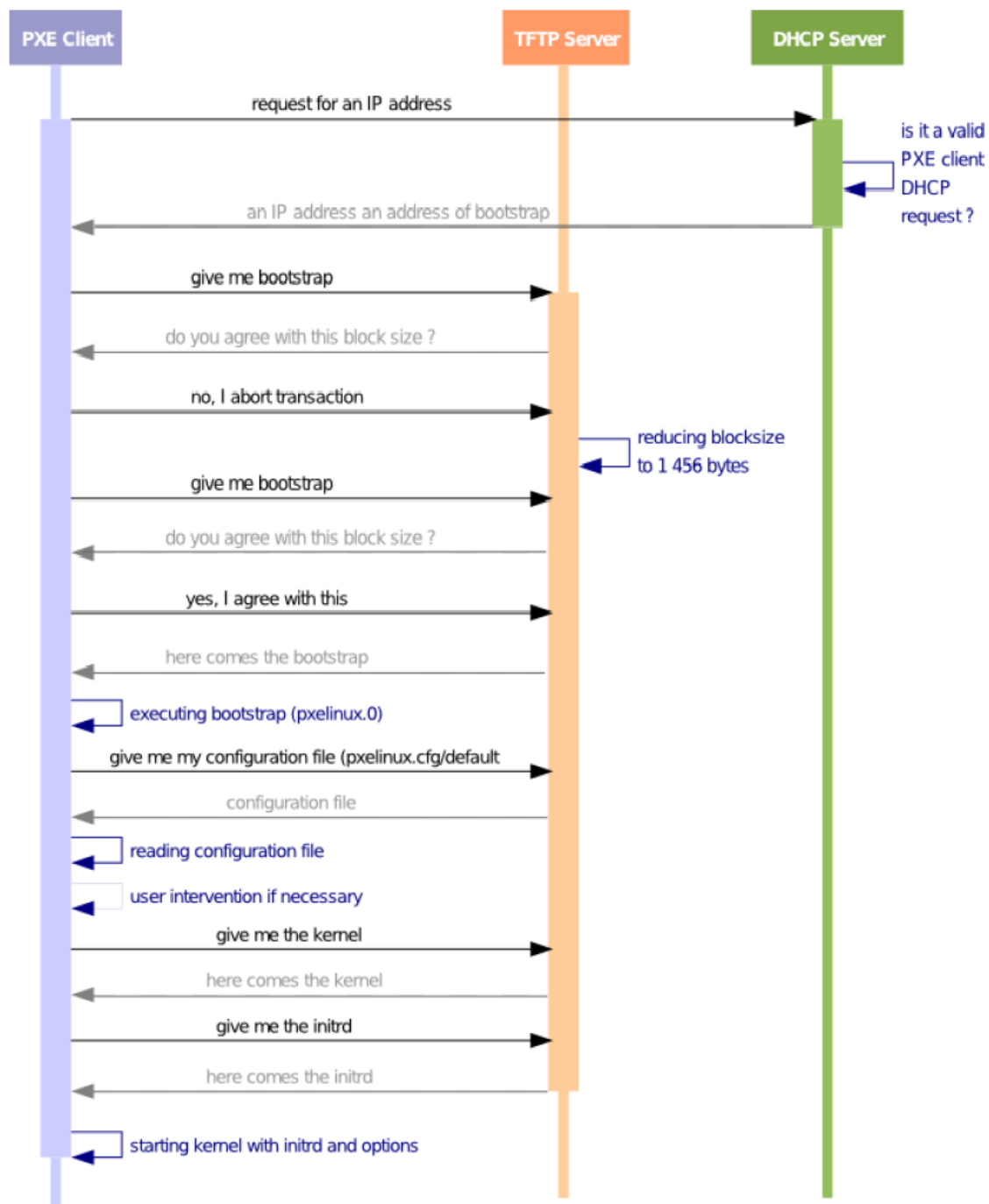
DHCP antaa asiakaskoneelle ip-identiteetin ja palauttaa TFTP-palvelimen osoitteen.

Asiakaskone ottaa yhteyden TFTP-palvelimeen ja lataa sieltä alkeellisen käyttöjärjestelmäkernelin. (pxlinux.0)

Käyttöjärjestelmäkerneli etsii oletuksena TFTP-palvelimen pxlinux.cfg tiedoston asetuksia.

Pxlinux.cfg tuo valikon ja ohjeet jaettuihin käyttöjärjestelmätiedostoihin.

TFTP-palvelinta tai muuta lähdettä hyödyntäen asiakaskone siirtää tarvittavat tiedostot ja käynnistää käyttöjärjestelmän annetuina asetuksina.



Kuva 3: PXE verkkokäynnistysprosessi. (Mandriva 2013)

Esimerkki PXE-konfiguraatiotiedostosta /var/lib/tftp/pxelinux.cfg/default Linux-ympäristössä

```
LABEL linux
KERNEL vmlinuz-2.6.15-23-686
APPEND root=/dev/nfs initrd=initrd.img-nfsroot=192.168.0.1:/nfsroot ip=dhcp rw
```

```
LABEL Dos bootdisk
KERNEL memdisk
APPEND initrd=images/662.img
```

Annettu .img - tiedosto sisältää verkkokäynnistykseen kykenevän ja muistista ajettavan käyttöjärjestelmän pakattuna levykuvamuotoon.

```
LABEL Ubuntu-install
KERNEL linux
APPEND initrd=initrd showopts instmode=nfs
install=nfs://192.168.0.1/tftpboot/Ubuntu14.14/
```

Verkkoasennus 192.168.0.1 osoitteessa olevalta TFTP-palvelimelta ja mountatusta hakemistosta ilman kiinteää levyasemakuvaa.

Linux ympäristön käynnistäminen vaatii TFTP-hakemistosta saatavana käyttöjärjestelmätiedostojen lisäksi seuraavat komponentit.

vmlinuz	Verkkokäynnistyvän Linux-ympäristön muistiin ladattava ydin (kernel), tarpeellinen alusta ennen kaikkia muita käyttöjärjestelmän osia. (Linfo 2005)
initrd	Initial Ramdisk väliaikaisen tallennustilan muistiin luomiseen vaadittu komponentti.
pxelinux.0	DHCP-palvelimelta tarjottava ympäristö PXE valikoiden ja toimenpiteiden hyödyntämiseksi.

### 7.1.2 Dynamic Host Control Protocol (DHCP)

Jokainen verkossa oleva aktiivilaite tarvitsee ainutlaatuisen verkko-osoitteen kyetäkseen kommunikoidaan muiden verkkolaitteiden kanssa. IP-osoitteiden asettaminen manuaalisesti jokaiselle laitteelle olisi kömpelöä verkkolaitteiden määrän ollessa sadoissa keskiuudessa yrityksessäkin. Tätä tarkoitusta varten DHCP-palvelin jakaa ja pitää kirjaa verkko-osoitteista, mukaan lukien aliverkon peitteistä ja oletusyhdyskäytävistä. Myös rajallisen verkko-osoite-avaruuden pakottamana verkko-osoitteiden vuokraus (lease) on DHCP-palvelimen sääntöjen varassa. Yhdessä PXE-palvelun kanssa tulee olla toimiva DHCP -palvelin jakamassa verkko-osoitteita juuri käynnistetyille laitteelle. DHCP - palvelin on läsnä miltei kaikissa yritysmaailman ympäristöissä, ja sen muokkaus tukemaan PXE-käynnistystä on yksinkertainen toimenpide. DHCP:n omien perustoimintojen lisäksi se pitää määrittellä tarjoamaan TFTP-polusta löytyvää PXE-käyttöliittymää.



Linux-pohjaisen DHCP-palvelimen konfigurointi tukemaan PXE:tä. Listauksessa tyypillisen asetustiedoston sisältöä. Konfiguraatitiedoston sijainti /etc/dhcpd.conf

```
allow booting;
allow bootp;
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
range 192.168.0.10 192.168.0.200;
option broadcast-address 192.168.0.255;
option routers 192.168.0.10;
option domain-name-servers 192.168.0.100;

filename "/pxelinux.0";      #PXE:n vaatima osa.

}
```

### 7.1.3 Trivial File Transfer Protocol (TFTP)

TFTP - palvelu toimii verkkolevyasemana NBP (Network Bootstrap Program) - tiedostolle ja myöhemmin itse käyttöjärjestelmän vaatimien alustuksien lataamiselle palvelinkoneelta käynnistettävän laitteen muistiin. Tämän lisäksi TFTP - palvelimelle voidaan pakata halutun käyttöjärjestelmän levykuva, jota asiakaskone lukee samaan tapaan kuin kirjoitussuojattua (Read Only) mediaa kuten DVD:levyä.

TFTP:n varassa voidaan hyödyntää yksinkertaisimpia muistiin mahtuvia käyttöjärjestelmiä tai erikseen suunniteltuja Live-versioita (esimerkkinä CD:ltä käynnistyvä Ubuntu Linux), jotka eivät hyödynnä paikallista levyä informaation kirjoittamiseen vaan käsittelevät itseään erimuotoisien välimuistien varassa. Live-ominaisuus on tuttu UNIX-pohjaisissa järjestelmissä, mutta huomattavasti harvinaisempi Windows-ympäristöissä. Kovalevyttömään käynnistykseen kykenee Windows PE (Preinstallation Environment), Windows Embedded ja Windows 8 Enterprisen "To Go" - versio, sekä muutama epävirallisempi XP/7 - pohjainen rakennelma.

TFTP:n toimintamalli salaamattomana ja ilman erillisiä käyttäjätunnuksia, mahdollistaa ruohonjuuritason yksinkertaisen ja yksisuuntaisen tiedonsiirron järjestelmälle jonka toimintavalmiutta ei ole vielä nostettu käyttöjärjestelmälustuksen ja laiteajureiden voimalla.

TFTP:n käyttöönotto Linux ympäristöllä  
Hyödyntäen edellistä /var/lib/tftp -kansiota

TFTP palvelun ohjelmiston asennus  
apt-get install tftpd-hpa

Käyttöönotto lisätään /etc/default/tftpd-hpa - tiedostoon

```
RUN_DAEMON="yes"
OPTIONS="-l -s /var/lib/tftp"
```

Huomioi että verkkoliikenteen tulee sallia TFTP:n käyttämä portti UDP 69.

Annetaan TFTP:n tarjoamalle kansiolle avoimet käyttöoikeudet  
sudo chmod -R 777 /tftpboot

TFTP-palvelu käynnistyy manuaalisesti komennolla:  
sudo /etc/init.d/tftpd-hpa start

#### 7.1.4 Internet Small Computer System Interface (iSCSI)

Siinä missä TFTP tarjoaa tehokkaan ja yksinkertaisen siirtotien järjestelmän alustukseen vaadituille tiedostoille on sen kompastuskivenä yksisuuntaisuus. Normaali työasemakäyttäjärjestelmä tai palvelin kuitenkin vaatii paikallisen massamuistin tukemaan omaa toimintaansa. Verkon yli toimiessa kuvaan astuu iSCSI joka kykenee kommunikoimaan massamuistitekniikasta tutulla SCSI käskyillä verkkoprotokollien siltaamana (IP, Internet Protocol). Verkkolevyjen hyödyntämistä verkkoinfrastruktuurin välityksellä kutsutaan termillä SAN (Storage Area Network). Normaalisti levyresurssin verkkojakamisesta poiketen SAN-ratkaisut keskittyvät alustavapaaseen ja enemmän rautatason resurssinkäytön kitkattomuuteen ilman käyttöjärjestelmäympäristöjen vaatimia standardeja ja autentikoiteja. Useissa SAN-järjestelmissä on laitetason virtualisointi vahvasti hyödynnettynä useiden kovalevyjen toimiessa yhtenäisenä resurssina RAID (Redundant Array of Independent Disks) järjestelmän hallinnoitavana.

#### 7.2 Asiakaspäätte ja käyttöjärjestelmä

Tehokkaimman käyttöjärjestelmän valitseminen Thin/Zero - clientiksi tai jopa erikseen avoimen lähdekoodin (Linux) pohjalle komponentti kerrallaan rakentaminen on tutkimuksellisesti pohjaton kuilu. Muutamalla kriittisellä vaatimuksellakin valikoituna käytännöllisiä ja toimivia kokonaisuuksia on useita. Mahdollisuuksien selvittäminen sekä optimaalisen isäntäjärjestelmän löytäminen vertailtavaksi vaatii mielipidepohjaisten lähteiden lisäksi huomattavaa vertailua sekä yksityiskohtaista tietoa ympäristöstä johon

järjestelmää tullaan soveltamaan. Hyvin rakennettuna edellä mainittu PXE tukee ja kykenee jakamaan useita vaihtoehtoja testattavaksi valikosta samanaikaisesti.

Käytettävän isäntäjärjestelmän valinnassa tulee ensimmäisenä kriittisenä tekijänä ottaa huomioon live-käynnistyksen toimivuus. Hyvä thin-client - järjestelmä on myös helposti päivitettävissä, omaa laajan ajurituen, on tietoturvalle todettu, yhteensopiva kohdeympäristön ratkaisujen kanssa sekä tietysti käytettävyyden virtuaalisointituotteiden kanssa. Mikäli virtualipalvelimen etähallintaan ja virtualikoneiden hallintaan niiden ulkopuolelta halutaan vaikuttaa on etenkin kaupallisten tuotteiden toimivuus olennaista. Mikäli halutaan yhteys yksittäiseen virtualikoneeseen muilla etäkäyttöratkaisuilla, voidaan hyödyntää miltei mitä tahansa PXE:n kanssa toimivaa ympäristöä.

### 7.2.1 Linux asiakaspäätteenä

Verkkokäynnistyvistä järjestelmistä ensimmäisenä tulee käyttökokemusten perusteella listalle Linux-ympäristöt live-toimintonsa ansiosta. Erittäin moni Linux-distribuutio kykenee käynnistämään itsensä myös muulta medialta kuin paikalliselta kovalevyllä. Esimerkiksi USB-muistilta tai DVD-levyltä käynnistyvä järjestelmä on erikseen konfiguroitu käyttämään ainoastaan isäntälaitteen RAM-muisteja paikallisena ja väliaikaisena varastona kaikelle kirjoitettavalle datalle. Täysin muistista itseään käyttävä käyttöjärjestelmä on nopeampi ja yleensä kevyempi, mutta kärsii ongelmista tehtyjen muutosten ja asetusten pysyvässä tallentamisessa.

Live-käynnistyksen läsnäolo on kriittinen tekijä PXE-lähtöiselle käyttöjärjestelmälle ilman iSCSI verkkolevyaseman hyödyntämistä. Kiinteän ja autonomisen live-imagien käyttö takaa myös täysin samat lähtökohdat kaikille asiakaskoneille, helpommin pirstoutuvan muutokset tallentavan käyttöjärjestelmän sijaan. Voidaan tietysti todeta myös tallennuskykyisen järjestelmän edut dynaamisen päivittämisen ja henkilökohtaisten muutosten käyttöönotossa. Tämä lähestymismalli toimii erityisesti mahdollisuuksia laajentaen IT-vastaavien ja asiantuntijoiden ympäristönä. Oman prototyypin järjestelmämahdollisuudet rajoittuvat kuitenkin pääsääntöisesti joko tehokkaaksi todettuun live-distribuutioon tai vaihtoehtoisesti erikseen lisensoitavaan järjestelmään joka hyödyntää iSCSI -verkkolevyasemaa käytössään.

Mahdollisimman alustavapaan thin-clientin tulee omata kirjava ja ajantasainen ajurituki etenkin verkkoliikennelaitteiden suuntaan. Linux-ympäristössä erikoisimmat distribuutiot saattavat kärsiä uusien ja vanhojen laitteiden tuen puutteesta. Ajuriteknisesti turvallinen valinta onkin ajan tasalla oleva ja jatkuvasti kehityksen mukana kulkeva distribuutio. Samalla kriteerillä voidaan myös huolehtia järjestelmän tietoturvallisuudesta ja ohjelmistotuesta.

PXE-lähtöiseksi isäntäkäyttäjärjestelmäksi sopivat esimerkiksi seuraavat distribuutiot. Valintaperiaatteina on verkkokäynnistettävyyden lisäksi keveys, ajantasaisuus, ajurituki sekä yhteensopivat etäyhteysohjelmat.

Distribuutio	Etäyhteydet	Muistivaatimus
DSL - Damn Small Linux	RDP, VNC.	128 MB
Linux Thinstation	RDP X11 NX VMware Horizon	256 MB
Knoppix	RDP, VNC, X11	1024 MB
Ubuntu Live	RDP VNC, X11, VMware Horizon	1024 MB
Debian Live	RDP, VNC VMware Horizon	1024 MB
Fedora Live	RDP, VNC, VMware Horizon	1024 MB

Taulukko 4: PXE-verkkokäynnistettäviä Linux-distribuutioita.

### 7.2.2 Linux - ympäristön käyttöönotto

Valitun ympäristön integroiminen toimivaan PXE-verkkokäynnistykseen tapahtuu konfiguraatitiedostoa muokkaamalla ja tiedostojen lisäämisellä TFTP-palvelimen jaetun kansiorakenteen sisään. Tuettuina formaatteina käy .img sekä cd -ja dvd-levyn polttamiseen suunniteltu .ISO - formaatti. Myös. purettua kansiorakennetta voidaan hyödyntää kohdejärjestelmän käynnistämiseksi.

.IMG tai .ISO - tiedostoa käsitellään täysin yksisuuntaisesti eikä tiedoston sisältöön tehdä mitään muutoksia koko järjestelmän käyttösession aikana. Tämän ominaisuuden takia uudelleenkäynnistetty käyttäjärjestelmä on aina samassa tilassa missä levykuva on pakattu. Ymmärrettävästi tämä piirre ei kuitenkaan ole käytön kannalta välttämättä etu vaan haitta. Esimerkiksi levykuvasta käynnistetty järjestelmä ei tallenna asetusmuutoksia, asennettuja ohjelmia eikä edes omia päivityksiään istunnon sulkeutuessa.

Levykuvaa voidaan pitää ajan tasalla ja sen sisältöä voidaan päivittää .img/iso - tiedoston uudelleen kokoamisella. Useissa Linux-ympäristöissä on työkalut live-levykuvan uudelleenpakkaamiselle juurikin levyasemakuvan ylläpitoa varten. Kehittyneempi metodi hyödyntää iSCSI - verkkolevyä tehtyjen muutosten tallentamiselle. Tällä kokonaisuudella voidaan viimeksi käytettyä ja suljettua live-istuntoa jatkaa täsmälleen samoin muutoksin mitä järjestelmälle on tehty ennen sammuttamista.

### 7.2.3 Windows asiakaspäätteenä

Windows - järjestelmät mielletään hyvin vahvasti paikallisen työpöytälaitteiston käyttöjärjestelmäksi tai palvelinympäristöksi ja vain hyvin harvoin kevyen asiakaspäätteen järjestelmäksi. On kuitenkin tavattu esimerkkejä karsitun tai jopa verkkokäynnistettävän Windows-käyttöjärjestelmän hyödyntämisestä thin-client - ajattelumallissa.

Omaa VDI-lähtöistä mallia tukee kevennetyt esiasennus / palautus / korjaustöihin suunnatut tilat. Näitä käyttöjärjestelmiä ei lisensoida erillisinä tuotteina vaan ne tulevat osana kokonaista käyttöjärjestelmää. Esimerkkeinä tavatuista Windows-versioista on Windows PE (Preinstallation Environment) PE-ympäristön käyttö tuotantoympäristön työasemana on tosin erikseen kielletty Microsoftin lisenssipolitiikassa. Myös yhteensopivuus erillisten virtualisointiasiakasohjelmien kanssa on kyseenalaista ominaisuuksien kuten esimerkiksi dot.net kirjastojen puuttuessa perusasennuksesta.

Microsoftin omaa kioskiajattelumallia tukevat PE:tä uudemmat tuotteet kuten Windows Embedded joka on erikseen lisensoitava tuote. Embedded sopii yhteensopivuutensa puolesta miltei kaikkiin thin-client käyttötarkoituksiin ja virtualikoneen käyttöratkaisuihin suuremman paikallisen tehovaatimuksen ja lisenssikustannuksien hinnalla. Embedded järjestelmästä puhuttaessa siirrytään täysin alustavapaasta ja miltei resurssittomasta zero-client /barebone - mallista ns. fat-client malliin missä virtuali-ikkunaa ajavalla laitteistolla on vaatimuksena riittävät valmiudet ylläpitää miltei kokonaista työkykyistä käyttöjärjestelmää. (Microsoft 2012)

### 7.3 Prototyypin integrointi työ-ympäristöön

Valmiin prototyypin integroiminen asiakkaan verkkoinfrastruktuuriin testattavaksi on teknisesti melko yksinkertainen toimenpide. Eri ratkaisuja PXE-ympäristön käyttöönottoon löytyy useille ympäristöille ei-kaupalliselta ja kaupallisista lähteistä. Linux-yhteensopivan palvelimen hyödyntäminen vaatii muutaman paketin käyttöönoton (inetutils-inetd ja tftpd-hpa) ja näiden DHCP:n konfiguroiminen sekä mahdollisen valikon/salasanan käyttöönoton pxe-konfiguraationa toteuttaen. Windows-palvelimille on erillisten PXE/TFTP - palveluiden lisäksi tarjolla kokonaisuutta hoitavia kaupallisia ratkaisuja kuten CCboot ja WDS (Windows Deployment Service)

Yrityksen verkkoinfrastruktuuriin lisäyksiä ja muutoksia tekevän on kuitenkin oltava erittäin tarkkana ettei liitetyt palvelut ole ristiriidassa minkään muun verkon sisällä toimivan ratkaisun kanssa. Suuremmat muutokset koskien ii-avaruutta ja porttien käyttöä on ehdottomasti tarkistettava ja testattava tuotantoympäristöön verraten. Etenkin DHCP-

palvelimen muutokset voivat vaikuttaa kriittisesti ympäristön toimintaan joten käyttöönotto ja testaus tulisi tapahtua ympäristön ollessa vähäisellä käytöllä.

PXE-infrastruktuurista käynnistetty Linux-ympäristö ei vaadi suuria paikallisia organisaatiokohtaisia muutoksia. Ympäristöriippuvaista työtä on lähinnä organisaation oman verkkoavaruuden osoitteiden ja nimeämispolitiikan noudattaminen. Pitemmälle vietyinä verkkokäynnistyvän ympäristön toimiessa asiakaspäätteenä ajantasaisuus tahon tietoturvanormien mukaisena astuu kuvaan. Tuotantokäytöstä löytyviin talon työasemastandardeihin liittäminen testikäyttöä tarkemmin ja lopputuloksen käyttöönotto sekä etenkin testaaminen vaatiikin ongelmatilanteiden kartoittamiseksi ja torjumiseksi runsaasti työtunteja.

Linux-ympäristöstä ajettava etähallintametsodi on täysin organisaation hankittujen tai olemassa olevien ratkaisuiden varassa. Mainittakoon että eri etähallintaominaisuudet voidaan pinota samaan thinclient-pakettiin ja hyödyntää niitä organisaation resurssien, lisenssien ja loppukäyttäjien sanelemin ehdoin tilanteen mukaisesti.

Mikäli lopputuloksen tarkoituksena on luoda järjestelmä joka toiminnaltaan vastaa vahvaa pöytäkonetta, on eri ohjelmistokokonaisuuksien käytettävyydestä olennaista. Etenkin vikasieltoisuuteen tulisi kiinnittää huomiota ajamalla eri distribuutioita tai ohjelmistokokonaisuuksia eri alustoilla ja testiryhmällä hankaluuksien kartoittamiseksi. Kohdeorganisaation sisällä mahdollisesti käytössä oleva virtualisointipalvelinklusteri antaa erittäin vahvan ympäristön kokonaisuuden tuotantomallia vastaavaan testaamiseen. Myös talon käyttämät työasemamallit sekä sovelluskokonaisuudet tulisi saada integroitua virtuaalilaitteen ympäristöön mahdollisimman autenttisen raskaan käyttöjärjestelmäympäristön testaamiseksi.

Mikäli kuitenkin ympäristöstä puuttuu jokin edellä mainittu tekijä, on sen alusta asti rakentaminen suuremman projektiryhmän ja ajankäytön sitova projekti, jota ennen ei verkkokäynnistettävän PXE-infrastruktuurin täyttä toiminnallisuutta voida hyödyntää optimaalisesti.

## 8 Kohdeorganisaatio

Salassapitokäytänteitä noudattaen en voi työssäni paljastaa tiettyjä yksityiskohtia sovellettavasta tarkastelun alla olevasta organisaatiosta, sen henkilökunnasta tai kriittisestä verkkoinfrastruktuurista, tietoturvatekijöistä, lisenssihinnoista ja investointihinnoista puhumattakaan. Tämä hankaloittaa esimerkiksi kustannusten tarkkaa vertaamista alkuperäisten kilpailutettujen hankintahintojen ollessa julkaisuun kelpaamatonta tietoa. Pyrin kuitenkin antamaan suuntaa antavan ja helposti sovellettavan kuvan nykypäivän tietotekniikkaa vahvasti toiminnassaan soveltavan organisaation toiminnasta.

Kohdeorganisaatio on virastotasoinen toimipiste, jonka 1000-henkisestä työvoimasta miltei kaikki hyödyntävät aktiivisesti tietoteknisiä ratkaisuja ja useampi kymmenen vastaa tietoteknisten palvelujen ja ratkaisujen toteutuksesta. Talon toimenkuva hyödyntää tavallista yritystä raskaampaa it-infrastruktuuria useine eri tahojen ohjelma- ja laitteistoratkaisuiden varassa, joten vahvan virtualisointiklusterin löytyminen tuotantokäytössä ei ole yllätys.

Hyvin budjetoitu ja ylläpidetty työasemalähtöinen kulttuuri organisaatiossa takaa ylimääräisten työasemalaitteiden hyödyntämisen virtualisoinnin kilpailijana. Käyttökelpoisten tehokkaiden työasemien ja etenkin kannettavien tietokoneiden määrä luo helppokäyttöisen ja tehokkaan mahdollisuuden paikallisen laskutehon käyttöön myös väliaikaisissa ja tilapäisissä projekteissa. Esiasennettu kannettava toimii esimerkiksi koulutustilaisuuden näytöskoneena jopa virtualikonetta yksinkertaisemmin ja nopeammin. Myös kehittäjien omat projektit voivat pohjautua fyysiseen paikalliseen laitteeseen joka on vain otettu väliaikaisesti käyttöön joko ennen tai jälkeen tuotantoympäristön asiakkaan alkuperäistä hankintakohdetta.

Organisaation nykyinen tietotekninen hankintabudjetti työasemapuolen laitteille ja niiden lisensseille elinkaaren mukaisesti laskettuna on noin 350 tuhatta euroa vuodessa. Palvelinpuolen ja verkkoinfrastruktuurin hinnan, ylläpidon, lisenssien, takuusopimusten ym. muiden laskenta vaatisi tarkkaa informaatiota viime vuosien investoinneista ja suunnitelluista elinkaarista. Voidaan kuitenkin organisaation edustajien kanssa arvioida palvelinympäristön ja infrastruktuuri-investointien kustantavan lähemmäksi miljoonaa euroa vuodessa.

### 8.1 Organisaation virtualikoneet palvelimina

Nykyiset kaupalliset ratkaisut ja virtualikoneiden olemassaolo yritysten ja organisaatioiden käytössä nojaa raskaasti niiden hyödyntämiseen palvelimina. Yleinen hankintaperuste omalle virtualisointipalvelimelle perustellaan nimenomaan usean pienen palvelimen ja palvelun yhtenäistämiseksi ja hallinnoimiseksi virtualiklusterina usean resurssija hukkaavan fyysisen laitteen sijaan. Yritysten ja organisaatioiden erilliset fyysiset palvelimet kartoitetaan yleensä

vastaamaan ruuhkahuippujen käyttöasteita, mikä puolestaan hukkaa resursseja niiden ulkopuolella. Fyysiset laitteet vaativat myös runsaammin tilaa, energiaa sekä jäähdytysratkaisuja keskitetyn virtualisoidun kokonaisuuden sijaan. On olemassa myös tahoja jotka hyödyntävät virtualisointia resurssien keskittämiseen yhden erittäin vaativan palvelimen luomiseksi. Tämä on kuitenkin harvinaisempaa talon sisäisissä toiminnoissa ja löytyy huomattavasti useammin asiakaskunnalle suunnatuissa verkkopalveluissa.

Organisaation infrastruktuurissa on virtualisointiratkaisuiden pioneerikäytön jälkeen panostettu runsaasti hajanaisten palvelimien virtualisointiin. IT-kehittämispäällikön visio miltei kaikkien fyysisten palvelimien integroimisesta virtuaaliympäristöön on toteutunut käytännössä viime vuosien aikana. Haastattelussa ilmeni myös ettei talon IT-infrastruktuurissa ole palvelinta jota ei pystyisi tai kannattaisi ajaa virtuaalisessa ympäristössä. Virtualisoituna ratkaisuinä toimivat niin DNS / DHCP / Välityspalvelimet / Verkkosivustot ja palomuurit kuin talon sisäiset tietokannat ja yksikkökohtaiset palvelimetkin.

Kehittämispäällikkö kuitenkin toteaa, että tietoturvan nimissä tiettyjä virtualipalvelimia tulisi kahdentaa tai siirtää erilliseen klusteriin ettei vika tai päivitystilanteessa muiden samassa klusterissa olevien virtualipalvelimien resurssit ole poissa käytöstä koko virtualisointiklusterin uudelleenkäynnistyessä. Järjestelmäasiantuntijan antamassa tapahtuneessa esimerkissä virtualikoneessa ajettu palvelin kirjoittaa hallitun alasajon aikana käynnistyksessä vaadittavaa informaatiota erilliseen tietokantaan ja lukee sen takaisin käyttöön palvelimen noston aikana. Tämä ei luonnollisesti onnistu mikäli tarvittava tietokantapalvelin on samaan aikaan ajettu alas samassa virtualisointipalvelimessa. Samantyyliä ongelmia voi ilmetä myös verkkoliikenteen kriittisimpien palveluiden ollessa väliaikaisesti pois käytöstä.

Kohdeorganisaatiossa on tehokkaan virtualisointipalvelimen hankinta perusteltu hyvin suunnitellun palvelinympäristön alustaksi. Tässä tavoitteessa on onnistuttu erinomaisesti joten kehittämissuunnitelmia virtualisointipalvelimen vielä tehokkaammassa hyödyntämisessä palvelinalustana on vaikea lisätä. Myöskään verkkokäynnistyvän ratkaisun käytöllä käytännössä ei tässä tapauksessa saada lisäarvoa koska palvelimet ovat ensinnäkin suunniteltu pysymään käytettävissä kellon ympäri sekä ylläpitämään ajantasaisia asetuksiaan. Levykuva-ajattelumalli ei sovellu palvelinympäristössä käytettäväksi kuin harvoissa erikoistapauksissa kuten esimerkiksi asiakkaille ja ulkoisille sidosryhmille lainattavissa vuokrapalvelimissa.



### 8.1.1 vSphere - klusteri organisaatiossa

Organisaatio hyödyntää tätä kirjoittaessani VMwaren vSphere Enterprise / ESX - tasoista ohjelmistoa, jota ajetaan kuudella HP ProLiant virtualisointipalvelimella. Kuusi palvelinta on jaettu kahdeksi klusteriksi joista toinen (4 laitetta) huolehtii organisaation virtualisointiympäristöistä sekä satunnaisista testiympäristöistä. Kahden palvelimen klusteri on omistettu ylläpitämään tietokantapalvelimia. Virtualisointiklusterien massamuistina toimii IBM XIV - levyjärjestelmä joka on mitoitettu kapasiteetiltään ja suorituskyvyltään turvaamaan kaikki talon verkkotalennustarpeet.

The screenshot displays the vSphere Web Client interface for a host. The top navigation bar includes 'Actions', 'Summary', 'Monitor', 'Manage', and 'Related Objects'. The 'Summary' tab is active, showing a host icon and key metrics:

- Model:** HP ProLiant DL560 Gen8
- Processor Type:** Intel(R) Xeon(R) CPU E5-4650 0 @ 2.70GHz
- Logical Processors:** 64
- NICs:** 4
- Virtual Machines:** 42
- State:** Connected
- Uptime:** 57 days

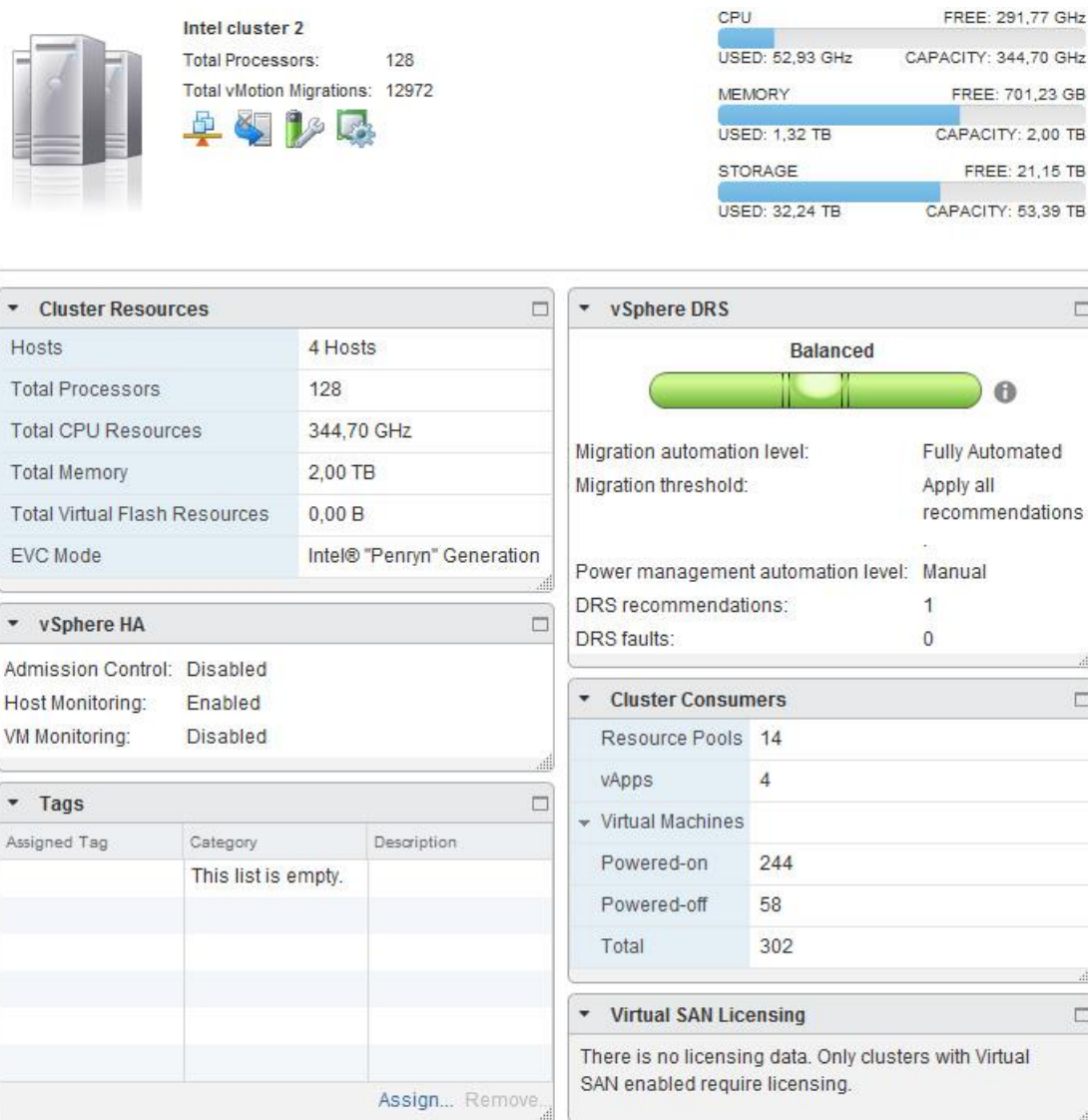
Resource usage is shown with progress bars and labels:

- CPU:** FREE: 72,76 GHz; USED: 13,42 GHz; CAPACITY: 86,18 GHz
- MEMORY:** FREE: 144,36 GB; USED: 367,61 GB; CAPACITY: 511,97 GB
- STORAGE:** FREE: 20,77 TB; USED: 32,24 TB; CAPACITY: 53,01 TB

The main content area is divided into several sections:

- Hardware:**
  - Manufacturer: HP
  - Model: ProLiant DL560 Gen8
  - CPU:** 32 CPUs x 2.69 GHz; Processor Type: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-4650 0 @ 2.70GHz; Sockets: 4; Cores per Socket: 8; Logical Processors: 64; Hyperthreading: Active
  - Memory:** System: 5 914,00 MB; Virtual Machines: 518 339,00 MB; Service Console: 0,00 MB; Capacity: 524 253,00 MB
  - Virtual Flash Resource:** 0,00 B / 0,00 B
  - Networking:** Hostname: ; Networks: 36 Network(s); Physical Adapters: 4
  - Storage:** Datastore Clusters: 0; Datastores: 13; Physical Adapters: 9
- Configuration:**
  - ESX/ESXi Version: VMware ESXi, 5.5.0, 2068190
  - Image Profile: (Updated) HP-ESXi-5.5.0-iso-5.72.27
  - vMotion Enabled: Yes
  - vSphere HA State: Connected (Slave)
  - Host Configured for FT: No
  - EVC Mode: Intel® "Penryn" Generation
- Tags:** This list is empty.
- Licensing:**
  - Usage: 4 CPUs
  - Product: VMware vSphere 5 Enterprise (unlimited cores per CPU)
  - Expiration date: Never
  - Remaining time: Unlimited

Kuva 4: Yksittäinen virtualisointipalvelin organisaatiossa.



Kuva 5: Organisaation virtualisointipalvelimien muodostama klusteri.

Virtualisointi-infrastruktuurin kehitys organisaatiossa on ollut nousujohteista vuodesta 2002 lähtien jolloin ensimmäiset palvelin pohjaiset virtualisointiratkaisut otettiin käyttöön Dellin laitteistolla. Pienemmän ympäristön näyttäessä virtualisoinnin selvät edut siirryttiin myöhemmin ESX klusteriin tuotantokäytössä. Nykypäivänä miltei kaikki talon ympärivuorokautiset palvelimet toimivat virtualisoidussa ympäristössä.

On huomioitavaa miten kahden virtualisointiklusterin erottaminen toisistaan on ollut perusteltavaa korkeamman saatavuuden sekä vikasietoisuuden nimissä. Tämä lähestymismalli olisi todennäköinen myös pitemmälle viedyssä työpöytävirtualisoinnissa. Mikäli VDI-lähtöisyyteen panostettaisiin, olisi se todennäköisesti perusteltavissa toimimaan omassa klusterissaan virtualisointipalvelinympäristön vieressä ja sen toimintaan puuttumatta.

## 9 Organisaation työasemastandardi

Organisaation oma työasemastandardi nojaa sekä kannettavien laitteiden että työpöytätietokoneiden hyödyntämiseen tuotantokäytössä. Laitteiden sijoittelu organisaatiossa on työtiloihin sovellettua ja laitteiston käyttö ja vastuu melko henkilökohtaisella tasolla. Windows 7 - pohjaisen työasemastandardin jatkoksi asennetaan yleensä osasto- ja käyttäjäkohtaisia ohjelmistoja työtehtävien ja käyttötarkoitusten mukaisesti. Talon kulttuuri kirjavista ohjelmistokokonaisuuksista eri ammattilaisten päivittäisinä työkaluina on hieman normaalista toimisto-ohjelmistosta poikkeavaa. Esimerkiksi raskaiden kuvankäsittely/taitto - ohjelmien käyttö yhdessä toimistotyökalujen tai tietokantasovellusten kanssa vaatii hankituilta laitekannalta melko suurta suorituskykyä.

Raskaiden ohjelmistokokonaisuuksien hyödyntäminen tuotantokäytössä on luonut kriteerit hankittujen työasemien suorituskyvylle. Jopa kannettavien laitteiden resurssit ovat mitoitettu riittämään myös neljän vuoden elinkaaren lopussa. Talon nykyisen työvoiman hyödyntäessä yli kahdensadan vahvan kannettavan laitteen toiminnallisuutta muiden hyvin varusteltujen työasemien ohessa on virtualisointiratkaisujen hyödyntäminen työpöytäkäytössä jo lähtökohdiltaan hieman vastatulessa. Myös vaivalla paikallisiin käyttöjärjestelmiin optimoidut tuotantokäytön ohjelmistot saattavat aiheuttaa hyvinkin vaikeasti ennakoitavia ongelmia virtualisointiympäristöön siirryttäessä.

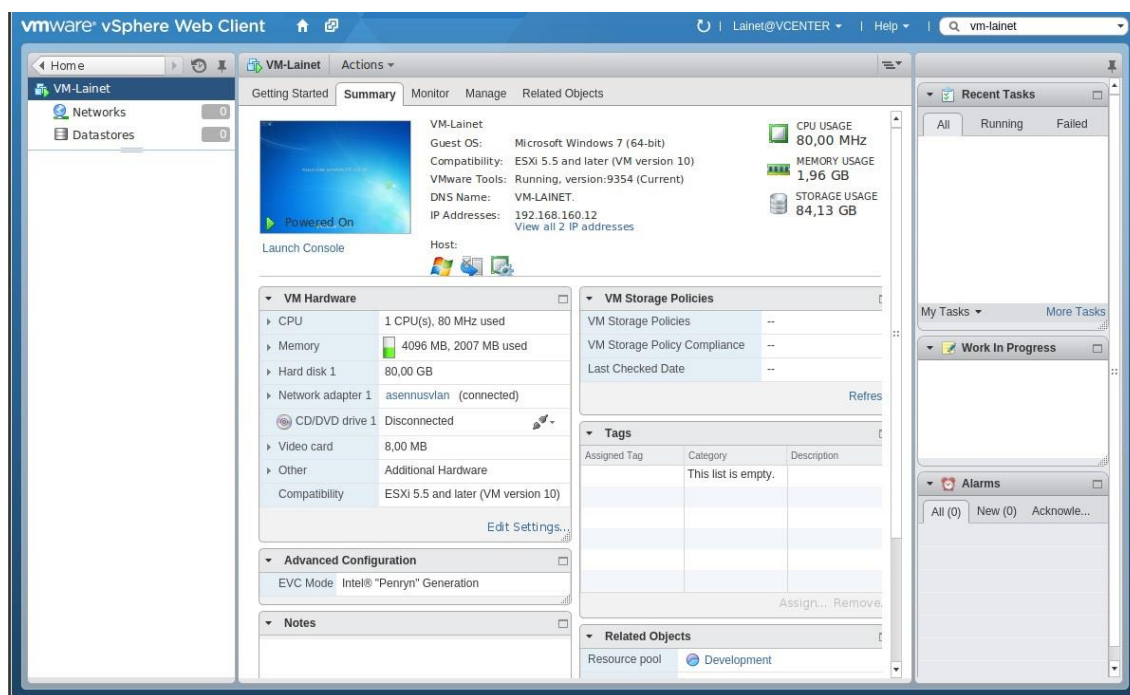
Organisaatiossa hyödynnetty Microsoft Active Directory domain-ympäristö mahdollistaa kuitenkin laite- ja asennusriippumattoman käytön ja profiilin luonnin oman työaseman ulkopuolelle. Tämä keskitetty ja joustava käyttäjäprofiilien hallinta mahdollistaa myös virtualikoneisiin kirjautumisen ja profiilien luonnin samoin toimenpitein kuin fyysiselle työasemalle kirjautuminenkin.

### 9.1 Windows 7 virtualikoneena

Organisaation käyttämä VMware ESX tukee Windows 7 - käyttöjärjestelmän ajamista virtualikoneessa versiosta 4.1 lähtien joten tuoreimman työasemastandardin mukainen asennus on käyttöön otettavissa virtualikoneessa välittömästi. On toki huomioitava ettei fyysisiin työasemiin tarkoitetussa asennuskuvassa ole VMwaren hyödyntämiä paravirtualisointiajureita eikä verkkolevyasemaa natiivisti käytäviä SCSI-levyajureita. Näiden lisääminen työasemaimageen tekee organisaation käyttämästä perusasennuksesta täysin virtualisointiyhteensopivan.

Windows 7 -virtualikoneelle annettuja resursseja tulisi tarkoituksella pitää normaalia työasemaa kevyempänä. Kuten omat käyttökokemukset ja mittaukset kertovat, ei

neliytiminen työasema tee suurtakaan käytännön eroa kaksiytimiseksi asetettuun virtualikoneeseen verrattuna. Käytännössä tämä ero näkyy vielä mittaustuloksia pienempänä. EMC:n white paper kehottaaakin pitämään CPU-ytimet minimissä suurempien VDI-ratkaisujen kanssa minimoidakseen hypervisorin tarpeen jaksottaa fyysisten prosessoriytimien työmäärää. On kuitenkin huomioitava että virtualikoneen prosessorikäytön keskiarvo pysyy alle 70 prosentissa järjestelmän vakauden ja käyttömukavuuden nimissä. (EMC 2010)



Kuva 6: Testikäyttöön luotu virtualikone.

Windows 7 käyttöjärjestelmän minimimuistivaatimus on 512 megatavua. Tämä ei kuitenkaan riitä oikeaan sp1-päivitetyn järjestelmän toimistokäyttöön alkuunkaan, joten ongelmatilanteiden ja pullonkaulojen välttämiseksi pitäisi tuotantokäytössä olevassa virtualikoneessa olla asennettuna kahdesta neljään gigatavua muistia hyödynnettäväksi.

Mikäli kuitenkin edellä mainituin asetuksin virtualikone käyttäytyy hitaasti, tulisi prosessorien, muistien käyttöasteet tarkistaa, virtualisointipalvelimen %RDY ja %USED - arvot sekä massamuistin antamat vasteajat. Käyttöasteiden yläraja on noin 85 % ja massamuistilevyn siedettävä viive alle 25ms. Näiden arvojen ylittyminen viittaa alimitoitettuun klusteriin tai alitehoiseen brokeriin. (VMware 2013)

Yhden VDI:n optimoimaton toiminta tuskin näkyy palvelun suorituskyvyssä, mutta laitteita ollessa tuotantokäytössä useita voi pienikin ylimääräisen resurssienkäytön poistaminen näkyä palvelinklusterin toiminnassa. Windows-järjestelmän optimointia virtualikoneeksi voidaan VMware-työkalujen lisäksi jatkaa seuraavilla toimenpiteillä:

Poista virheraportointi (error reporting)

Poista automaattiset päivitykset. Päivitysten yhtäaikainen I/O piikki voi rampauttaa virtualisointipalvelimen toimintaa. Suositeltava päivitysmetodi olisi ylläpitää ns. Master Imagea josta uudet VDI-instanssit monistetaan.

Minimoi ylimääräiset ohjelmistot. Etenkin aktiivisesti verkosta itseään päivittävät ohjelmat kuten Acrobat Reader.

Poista Hibernaiton-toiminto käytöstä. Tämä estää laitteen osittaisen sammuttamisen RAM-muistista levyille. Hibernaatiotiedosto vie suoraan virtualikoneen levyresursseja.

Poista järjestelmän palautustoiminto. VDI-ympäristöt nojaavat omaan imagelähtöiseen tai master-image - pohjaiseen palautukseen. Järjestelmän palautustoiminto ei tarjoa levynkulutukseen verrattavaa lisäarvoa.

Poista Paging executive swappaus. Riittävällä muistilla varustettu virtualilaitte ei tarvitse omien kriittisten tiedostojen siirtämistä väliaikaisesti massamuistiin.

Optimoi pagefile

Poista indeksointi

Poista ylimääräiset palvelut

Poista SuperFetch - ominaisuus

Hyödynnä optimoitua oletusprofiilia (default profile)

(ECM 2010)

## 9.2 Virtualikone testiympäristönä

Virtualikoneiden käyttö yrityksen tietotekniikkaprojektien ja kehitysideoiden sekä uusien ohjelmistoversioiden tai asetusten testiympäristönä ei ole palvelinkäyttöä uudempi tai mullistavampi keksintö. Virtualikoneen etu pysyä visusti oman virtualiverkkokuplansa sisällä talon muuhun toimintaan puuttumatta, sekä virtualikoneen nopea käyttöönotto tai jopa talon käytössä olevan järjestelmän duplikointi testattavaksi virtualiympäristöksi antavat kehittäjille erittäin todenmukaisen ja helpon ympäristön raskaidenkin muutosten testaamiseksi ilman organisaation käytössä olevaan verkkoinfrastruktuuriin puuttumista. Sovelluskehittäjille

järjestelmän palauttaminen suoraan edelliseen tallennettuun tilaan (snapshot) voi osoittautua erittäin tehokkaaksi ohjelmiston testaamismetodiksi.

Kohdeorganisaatiossa virtualikoneita on hyödynnetty muutosten testaamiseen ja uusien ratkaisuiden luomiseen jo aikaisemminkin. Etenkin tuotantokäyttöön monistettavien käyttöjärjestelmäpohjien (image) rakentaminen ja testaaminen on ollut virtualiympäristössä tehokkaasti toteutettua toimintaa.

Koska kehittäjien ja vastaavien omilla vahvoilla työasemilla on käytössä samat hallintatyökalut kuin verkkokäynnistyvässä versiossakin voidaan todeta ettei verkosta ajettava ympäristö tuo lisäarvoa kuin korkeintaan kokouksessa demottaviin tai opetustarkoituksessa näytettäviin metodeihin liittyen virtualikoneessa kertaluontoisesti esitettäviin ominaisuuksiin.

VDI-lähtöisyyden tuominen testaamiseen kehitysideoina voisi koskea lähinnä yksikön tai projektiryhmän yhteisesti käytettävää testiympäristöä. ja lisää avoimuutta virtualikoneiden hyödyntämiseen esimerkiksi ohjelmistovastaavien ja kehittäjien työkaluksi. Etenkin täysin talon työasemastandardin tavoin toimiva virtualikone voisi olla esimerkiksi uuden ohjelmistotuotteen käyttöönoton optimoinnin työkalu. Myös uusien ratkaisuiden soveltuvuuden testaamiseksi voitaisiin hyödyntää helposti alkutilaan nollattavaa virtualikonetta.

### 9.3 Virtualikone tuotantokäytön varalaitteena

Idea virtualikoneen hyödyntämisenä varalaitteena pöytäkoneen voituessa joko käyttöjärjestelmän, ohjelmiston tai massamuistin osalta on helposti ymmärrettävä konsepti kohdeorganisaation tietoteknisessä toiminnassa. Mikäli työntekijän henkilökohtainen laite voittuu ohjelmistoteknisesti korjauskuntoon, voitaisiin yhä samalla laitteella verkkokäynnistää virtualiympäristö joka kykenee vähintään talon perustoimintoihin kuten Office-tuoteperheen hyödyntämiseen ja sähköpostin lukuun.

Etenkin yritykset jotka hyödyntävät tiedon tallentamista verkkolevyasemille kykenevät ainakin osittain palauttamaan työntekijän mahdollisuuden jatkaa toimintaansa virtualikoneen tarjoamin työkaluin. Pitemmälle vietynä voidaan virtualivarakoineista luoda osastokohtaisin työkaluin varusteltuja ympäristöjä jotka toimivat hyvin pitkälle normityöaseman tavoin ilman erilliskoulutusta käyttöönotossa.

Tuotantokäytössä voittunut standardin mukainen pöytäkone tullaan kuitenkin ennemmin tai myöhemmin korvaamaan uudella, joten virtualikoneen tehokas hyödyntäminen verrattuna

fyysisen varalaitteen tai korvaavan uuden työaseman asentamisen viiveeseen, voidaan kartoittaa organisaation mikrotuen valmiudella ja kyvyllä ratkaista asiakkaalle toimintakykyinen työasema. Moderni ja tietotekniikkaan vahvasti nojaava tuotantoympäristö laskee hankintoihinsa useita varalaitteita reserviksi vioittuvien pikaiseksi korvaamiseksi ja osaava mikrotukihenkilöstö kykenee kartoittamaan asiakkaan tarpeet ja pelastamaan kriittisen työasemakohtaisen datan muutaman tunnin sisällä ongelman ilmenemisestä.

Tehokkaassa levykuvalähtöisessä laitteistoasennusprosessissa on myöskin rutinoitunut puhtaan koneen tai vioittuneen käyttöjärjestelmän uudelleenasennus takaisin tuotantoympäristön käyttöön melko ripeäksi operaatioksi. Voidaankin arvioida että kohdeorganisaation toimintamallissa vioittunut asiakkaan laite saadaan korjattua tai korvattua alle puolen päivän työpanoksella. Tämän asiakkaan työtunneista pois luetun ajankäytön paikkaaminen virtualikoneella tai virtualikoneeseen yhdistävällä varalaitteella on teoriassa hyödyllistä, mutta käytännössä ylimääräistä työtä ja opastusta vaativaa verrattuna parhaassakin tapauksessa mahdolliseen asiakkaan parin työtunnin pelastamiseen. Valmiiksi asennettu talon standardin mukainen varalaitteeksi dedikoitu kannettava tietokone ajaa käytännössä täysin saman toiminnallisuuden kuin samaan malliin toteutettu virtualikoneeseen yhdistäminen.

Virtualikoneen käyttöä varalaitteena tukee kohdeorganisaatiossa ainoastaan elinkaaren vetoava aspekti. Mikäli valmiiksi asennettuja laitteita ei reservissä olisi, eikä asiakkaan tarpeet vaatisi erikoisempia talon käytössä olevia ohjelmistoja, voisi virtualikone nostaa itsensä korvaavaksi työlaitteeksi minuuteissa paikallisen käyttöjärjestelmän tai massamedian vioittuessa. Virtualisointiin kykenevä paikalle tuotava varalaite ei myöskään tarvitsisi noudattaa viimeisintä tuotantokäytön laitteen tehovaatimusta vaan myös elinkaarensa pöytäkoneena ylittänyt ja tuotantokäytöstä poistettu laite toimisi täysin samoin kriteerein kuin uudempikin laite. Tämä takaisi jatkuvan ja pysyvän reservin vanhempia mutta fyysisesti toimivia varalaitteita jotka hyödyntäisivät virtualipalvelimen resursseja oman tehonsa sijaan projektin mallin mukaisesti.

#### 9.4 Virtualikoneet koulutusluokkana

Virtualikoneiden hyödyntäminen koulutusluokissa tuo useita perinteisen paikallisen asennetun käyttöjärjestelmän haastavia mahdollisuuksia. Ensinnäkin ympäristön palauttaminen kaikille samaan alkupisteeseen käy äärimmäisen helposti. Koko luokkaa on helppo ohjeistaa kun kaikilla on käytössään täysin samassa tilassa oleva ympäristö. Tämä luo myös mahdollisuuden antaa vapaat kädet muutosten tekemiselle ilman mitään pysyvää vaikutusta tai uudelleenasennusurakkaa. Koulutuksen päätyttyä virtualikoneet voidaan hävittää tai palauttaa alkutilaansa seuraavaa ryhmää varten minuuteissa.

Erikseen rakennetuin pohja-asennuskuvain tai snapshotein voidaan myös varustautua koulutuksen vaatimalla kokoonpanolla ilman kaiken koulutustarjonnan vaatimien ohjelmien ahtamista samalle fyysiselle työasemalle, puhumattakaan eri käyttöjärjestelmien hyödyntämisestä koulutuksessa. Hyvin toteutettuna virtualisointimalli mahdollistaisi dynaamisen lähestymisen koulutusympäristöön ja työkaluihin, sekä antaisi huomattavasti erillisasennuksia helpomman lähtöasetelman räätälöityihin koulutustilaisuuksiin.

IT-kehittämispäällikön näkemys virtualikoneiden hyödyntämisestä organisaation kahdessa koulutusluokassa (2x 12 laitetta) on tarkastelun arvoinen ja kehittämiskelpoinen kohde. Mikäli prototyyppi vietäisiin tuotantoympäristöön esittää kehittämispäällikkö kuitenkin yhteensopivuus-, versioikittomuus- ja käytettävyyssyistä täysin oman VDI- ja loppukäyttäjätason virtualisointiklusterin perustamista palvelinklusterin viereen. Palvelinympäristön ja virtualityöpöytäympäristön erottaminen toisistaan perustellaan esimerkiksi laitteistotason resurssien optimoimisella eri arkkitehtuuriin ja mahdollisten virhetilanteiden, uudelleenkäynnistysvaatimusten tai resurssinkäyttöpiikkien pysymisellä tuotantokäytön palvelimien ulkopuolella.

Virtualikoulutusluokan käyttöönotto vaatisi konseptin toimivuusprototyypin lisäksi testiryhmän, jonka käyttökokemusten pohjalta päästäisiin rakentamaan lopullista tuotetta. Mahdollisten investointien ja lisenssien lisäksi suurin työpanos liittyisi virtuaaliympäristöjen pohjamallien rakentamiseen ja ylläpitoon. Työn määrä suhteutettuna saavutettavaan hyötyyn on kohdeorganisaatiossa nykyisin ratkaisumallein miltei perusteltavissa. Mikäli koulutusluokkia käytettäisiin aktiivisesti päivittäin, olisi virtualisointiratkaisu erittäin todennäköinen kehitysprojekti.

Avoimeen lähdekoodiin sekä olemassa olevaan virtualisointiklusteriin nojaten voitaisiin virtualikoneluokan esiaste ottaa käyttöön muutaman päivän työpanoksella. Nykyisten koulutusluokkien laitteisto on tosin täysin työasemakelpoista ja luonnollisesti kykenee etäyhteyteen miltei kaikilla edellä mainituilla metodeilla jo ilman suurempia muutoksia asennuksiin tai käyttöoikeuspolitiikkaan. Käytännössä virtualikoneiden hyödyntäminen koulutusluokassa voitaisiin herättää pelkästään luomalla loppukäyttäjille virtualikoneet tarvittavin työkaluin ja etäyhteyden (RDP) hyödyntämisellä niiden käyttämiseksi.

Laitekannan vanhentuessa tai muutoin suorituskyvyltään jälkeen jäädessä voitaisiin samat työasemat valjastaa hyödyntämään thin-client ajatusmallia PXE-verkkokäynnistettävien ja lisenssivapain ratkaisuin.



## 9.5 Virtualikoneet tuotantokäytössä

Virtualikoneet tuotantokäytössä on projektin loppuun asti hyödynnetty mahdollisuus. Tässä kokonaisuudessa fyysisten työasemien elinkaarta voidaan jatkaa vuosilla virtualisointipalvelimen laskuteholla ja resursseilla. Vaikka fyysisistä käyttäjäkohtaisista työasemista ei päästä luopumaan voidaan niiden paikallista vaadittua tehoa, toimintakykyä ja ohjelmiston ylläpitoa karsia huomattavasti. Ainakin teoriassa tämä ratkaisumalli venyttäisi kohdeorganisaation noin neljän vuoden työaseman elinkaarta vähintäänkin tuplaten. Niin kauan kuin laitteen fyysiset ominaisuudet kestävät kulutusta ja käyttöä olisi laite tuotantokelpoinen työasema. Myös käytettävän tietokoneen henkilökohtaisuus voitaisiin karsia työpöytäympäristön ollessa henkilökohtainen ainoastaan virtualipalvelimen istuntona. Oikeaoppisesti käyttöönotettu ympäristö tunnistaisi käyttäjän ja tarjoaisi tämän käyttöoikeuksille rajatut virtuaaliympäristöt täysin asiakaspäätteenä toimivasta laitteesta ja sen talon sisäisistä omistussuhteista riippumatta.

Tarkastelun alla olevan kohdeorganisaation IT-hankinnoissa on reilusti budjetoitu tehokkaiisiin paikallisiin työasemiin sekä alati yleistyviin kannettaviin tietokoneisiin niiden vaihtoehtona. Nykyisessäkin taloustilanteessa ei näy merkkejä, että työasemastandardin elinkaarta tulisi kustannussyistä venyttää pitkälle voimassa olevien takuiden ulkopuolelle, joten virtualisointiratkaisua ehdottavan pitäisi lähestyä päättäjiä huomattavan runsaaseen säästöön vetoavalla perustelulla. Kaikkine kustannuksineen sekä vastaavien ja käyttäjäkunnan kouluttamiseen ja muuhun itse hankintojen ja lisenssien ulkopuolelle meneviin piilokuluihin viitaten on virtualisointiratkaisun esitettyä hintaa käytännön työpanokseen lisäksi tarkasteltava erittäin kriittisesti. Suurimpina säästöinä voitaisiin markkinointimielessä nostaa pinnalle pienempi paikallisen teknisen tuen tarve sekä elinkaaren tuoma investointisäästö sekä ekologisuus kevyempiin päätelaitteisiin siirryttäessä.

Investointina talon noin kahdeksan sadan työaseman käyttö virtualikoneina vaatisi suuntaa antavana arviona noin kuuden nykyisen virtualisointipalvelimen muodostaman klusterin hankinnan, lisenssit sekä mahdollisiin kaupallisiin etähallintaratkaisuihin että virtualisointipalvelimiin, sekä myös työasemastandardin vaatimat käyttöjärjestelmälisenssit ohjelmistoiineen. Energiatohokkuuden maksimoimiseksi tulisi myöskin etenkin vanhanmallisia pöytätyöasemia korvata energiatehokkaammilla ja huoltovapaammilla thin-clienteilla. Tähän listaan vedoten voidaan jo suoraan laskettavien hankintojen määrää investointeina nykyiseen työasemakulttuuriin verrattuna pitää erittäin suurena loikkana IT-toimintamallista toiseen.

Kuten kaikki muutkin loppukäyttäjiiin vaikuttavat tietotekniikkaprojektit, olisi VDI-suuntautuva muutos työmäärältään ja piilokustannuksiltaan miltei laitteisto ja lisenssihankintojen veroinen. Testaaminen, hallinnointi, koulutus ja ongelmatilanteiden

ratkominen sekä mahdollisesti menetetyt työtunnit loppukäyttäjillä todennäköisesti nostavat VDI-lähtöisyyteen siirtymisen vaivan hyötyjen yläpuolelle.

Mikäli kuitenkin virtualikoneiden mallia halutaan lähteä hyödyntämään, olisi siirtyminen niiden käyttöön oltava hidasta ja varovaista suurempien muutosten sijaan. Organisaatio voisi esimerkiksi pilottimielessä investoida yhteen palvelimeen ja rajata loppukäyttäjät vaikka maksimissaan sataan. Työntekijän työaseman elinkaaren päätyttyä voitaisiin rohkeimmille loppukäyttäjille tarjota mahdollisuutta virtualikoneen täysmittaiseen käyttöön työympäristönä tavallisen laitteen sijaan. Mikäli palaute muutamien kuukausien käytön jälkeen olisi yhä positiivista, voitaisiin kehityksen jatkamista perustella ja suunnitella lisää.

## 9.6 Virtualikoneet ja VPN

Villinä kehitysmahdollisuutena voidaan toteuttaa virtualikoneen hallinta VPN (Virtual Private Network) - tunnelin kautta. Monissa organisaation kenttäkäytössä olevissa kannettavissa työasemissa on työasemaimagen lisäksi kolmannen osapuolen ratkaisuin toteutettu VPN-yhteys talon sisäverkkoon. Virtualisointiratkaisujen käyttäminen organisaation ulkopuolelta vaatii joko erillistä protokollan tai portin sallimista virtualisointiklusteriin tai vaihtoehtoisesti talon fyysisen työaseman hyödyntämistä astinlautana virtualikoneen käytölle.

Käytännön käyttötarkoitukset kehittäjien omien etätöiden lisäksi jää tosin toistaiseksi hankalasti tai tietoturvattomasti toteutettavaksi kokonaisuudeksi vaikka teknisesti toiminto on täysin mahdollinen kehitysidea. Perusteluja virtualikoneiden VPN-käytölle organisaatiossa ilman VDI-lähtöisyyttä ei testiympäristöjen ja etäkäyttöpalvelinhallinnan lisäksi tällä hetkellä löydy. Kuitenkin loppukäyttäjälähtöisempi idea jatkaa työtehtäviä etäpäivänä täysin samalla istunnolla kuin töistä lähtiessä saattaa olla tulevaisuuden virtualisoinnin käyttökohteita.

## 9.7 Virtualikoneet ja käyttäjäkoulutus

Työpöytätason- ja loppukäyttäjille suunnatun virtualisoidun työpöytäympäristön vaatima koulutus on hyvin pitkälti kiinni asiakaspäätteen kitkattomuudesta. Hyvin konfiguroitu ja asetettu thin/zero - client toimii erittäin näkymättömästi loppukäyttäjälle joten optimaalisessa tapauksessa virtualikoneen käytössä ensimmäinen käyttäjältä vaadittu toimenpide on virtualisointipalvelimeen tai virtualikoneeseen autentikointi. On kuitenkin kohtuullista että hyvin naamioituneenkin kioskityylisen järjestelmän käytössä tulisi loppukäyttäjien yhä tiedostaa uuden järjestelmän toimintaperiaate vähintäänkin perustasolla. Ongelmatilanteissa olisi suotavaa että loppukäyttäjä tunnistaa eron virtualikoneen sekä sitä käyttävän asiakaspäättekäyttöjärjestelmän välillä.

Myös lopullisesta tuotteesta puuttuvat ominaisuudet ja toiminnot, pitää kartoittaa ja opastaa loppukäyttäjälle uusien metodien ja toimintatapojen ohjeistuksella. Esimerkkinä usb-lisälaitteet, ulkoiset mediat kuten dvd-levyt sekä leikepöydän käsittely thin-clientin ja virtualikoneen välillä. Loppukäyttäjän on myös tiedostettava mahdolliset verkkoviiveen tuomat ongelmat sekä tunnettava epäyhteensopivat ohjelmistot ja toiminnot.

Suurempaa koulutusta ja perehdytystä tarvitsee järjestelmistä vastaavien ammattilaisten ryhmä. Virtualikoneen optimointi tehokkaaksi työ-ympäristöksi ja ympäristön muokkaaminen käyttäjän tarpeita vastaavaksi noudattaa eri kaavaa kuin paikallisen massamuistin omaava laitteisto. Vaikka hyvin optimoitu työasemaimage toimii sekä paikallisena asennuksena, että virtualikoneen järjestelmänä voidaan virtualikoneen toimintaa ehottaa siihen suunnitelluin käyttöjärjestelmäkomponentein ja asetuksin. Järjestelmävastaavien kokemuspohjan karttaminen mahdollisten ongelmien alkuperän tunnistamiseen hankaloituu myöskin järjestelmiä pinotessa. Ripeää avustusta kaipaavat organisaation sisäiset asiakkaat saadaan pidettyä tyytyväisinä pikaisella ongelman lähtökohdan paikantamisella ja turhan työn välttämällä. Tämä tietysti hankaloituu käytettävien järjestelmien tuplaantuessa perinteisen yhden työaseman käyttöjärjestelmän sijaan.

Virtualikoneiden hallintaan ja etenkin ajan tasalla pitämiseen täytyy perehdyttää kaikki vastaavat, jotka voivat ongelmatilanteissa joutua puuttumaan koko istunnon alustamiseen tai päivittämiseen. Suuremmassa mittakaavassa asiakaspäätelähtöisen virtualisoinnin omaksuva organisaatio tarvitsee myös resursseista, lisensseistä ja kehityksestä vastaavan tekijän. Nämä seikat huomioon ottaen voidaan todeta että virtualisoidun asiakaspäätelähtöisyyden soveltaminen suuremmassa mittakaavassa ei kustannuksiltaan koostu palvelinlaitteista ja lisensseistä vaan vastaavien koulutuksesta, ylläpidosta ja menetetyistä ajasta erikoisempien ongelmatilanteiden kanssa painiessa.

## 9.8 Virtualisoinnin tulevaisuuden näkymät organisaatiossa

Kuten muissakin tietoteknisissä ratkaisuissa valmiuden pitäminen tulevaisuuden mahdollisuuksien hyödyntämiseksi tulisi pitää mielessä. Omassa kohdeorganisaatiossa tämä käytäntö on omaksuttu tehokkaasti. Palvelinklusterin laajennettavuus sekä palvelinraudan yhteensopivuus uudempien laitteistojen kanssa on varmistettu ennen investointia. Organisaation lähtökohdat työntekijöiden laajemmin hyödynnettävään virtualisointiin on siis pohjustettu hyvän pohjalaitteiston ja sen laajennettavuuden voimin. Lisäksi yhtenäisen virtualisointituoteperheen käyttö tuo joustavuutta tuotteiden käyttöönotolle ja yhteensopivuudelle.

Organisaation vastaavilta ei kuitenkaan liikene suoraa informaatiota suunnitteilla olevista laajennuksista. Rivien välistä voidaan todeta, että nykyinen palvelinkapasiteetti on täysin riittävä talon IT-toimintojen ylläpitämiseen ja lisähankinnat koskevatkin ainoastaan saatavuus (HA-High Availability) ja kahdennettua tietoturvamallia.

Organisaation nykyisistä virtualisointipalvelimista (HP Proliant 560) löytyy tuki ja asennuspaikka nykyaikaisen graafisen laskennan yhdistämiselle virtualikoneen resursseihin. Esimerkiksi modernin NVIDIA GRID grafiikkakortin liittäminen virtualisointipalvelimeen käy pelkällä laitehankinnalla. Toimistokäytössä lähinnä pelikäytössä vaadittu 3d-laskenta ei tietenkään ole prioriteetti. Kuitenkin monet käytännön sovellukset osaavat jo hyödyntää grafiikkapiirien arkkitehtuuriltaan erilaista hajautettua ja monessa tapauksessa huomattavasti tehokkaampaa laskentatapaa 3d grafiikan ulkopuolella. Tämä CUDA (Compute Unified Device Architecture) -kielenä tunnettua rajapintaa hyödynnetään esimerkiksi fysiikkamallinnuksen ja hajautetun laskennan ohessa kryptaamisessa ja pakkausalgoritmeissa ja voi osoittautua tarpeelliseksi tulevaisuuden tietoteknisissä ratkaisuisissa.

## 10 Testaus ja käyttökokemukset

VDI-lähtöisen ratkaisumallin testaaminen organisaation virtuaali-infrastruktuurin resursseilla eri ratkaisuin on vartenotettava lähtökohta tulevaisuuden kehittämisprojekteille. Mahdollisimman sovellettavan ja autenttisen käyttökokemuksen saamiseksi on lähestyttävä organisaation jo olemassa olevien ratkaisujen näkökulmasta. Tässä tapauksessa autenttisuus tähtää asiakaspäätelähtöisen virtualiympäristön käyttämiseen organisaation VMware-pohjaiseen virtualisointipalvelinklusteriin luodulla talon työasemastandardin mukaisella työasema-asennuksella. Testattavalle virtualikoneelle annettiin 4 GB muistia sekä varattiin yksi CPU ydin. Testimielessä virtualikoneelle lisättiin myöhemmin käytettäväksi toinen prosessoriydin suorituskyvyn eron arvioimiseksi. Normaalisissa toimistokäytössä mallin mukainen virtualikone on sekä täysin toimintakykyinen, että virtualisointipalvelimen resursseja hillitysti käyttävä.

System Information		
System Name	TI-5976K	VM-LAINET
Model	HP Elitebook	VMw-1cpu
Operating System	Windows 7 Professional Edition Servi...	Windows 7 Professional Edition Servi...
Motherboard Manufa...	Hewlett-Packard	Intel Corporation
Motherboard Model	198F	440BX Desktop Reference Platform
Motherboard Version	KBC Version 15.52	None
BIOS Manufacturer	Hewlett-Packard	Phoenix Technologies LTD
BIOS Version	HPQOEM - 1	INTEL - 6040000
BIOS Release Date	2014/01/24	2014/04/14

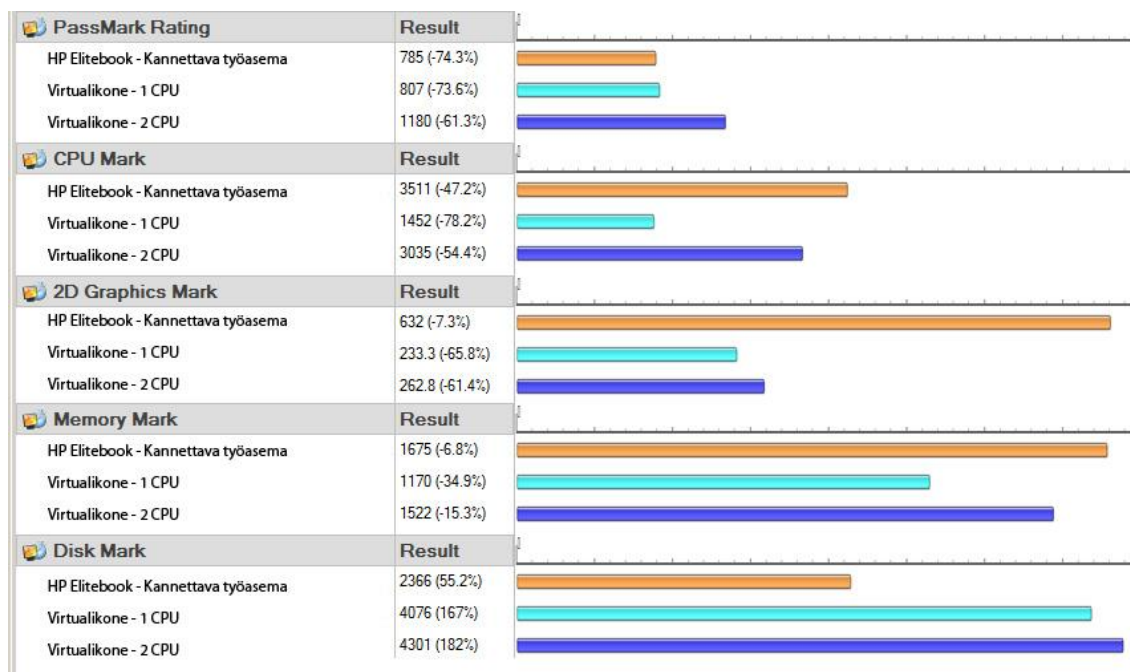
  

CPU Information		
Manufacturer	GenuineIntel	GenuineIntel
Type	Intel Core i5-4200U @ 1.60GHz	Intel Xeon E5-4650 0 @ 2.70GHz
Codename	Haswell	
CPUID	Family 6, Model 45, Stepping 1	Family 6, Model 17, Stepping 6
Socket	FCBGA1168	
Lithography	22nm	
Number of CPU's	1	1
Cores per CPU	2	1
Logicals per Core	2	1
Clock Frequencies		
Measured Speed	1596.6 MHz [Turbo: 2494.6 MHz]	2693.4 MHz
Multiplier	16.0X	(N/A)
Bus Speed	99.8 MHz	(N/A)
Front Side Bus Speed	(N/A)	(N/A)
Timing Error Ratio	0.997	0.997
Cache per CPU pack...		
L1 Instruction Cache	4 x 32 KB	1 x 32 KB
L1 Data Cache	4 x 32 KB	1 x 32 KB
L2 Cache Size	4 x 256 KB	1 x 256 KB
L3 Cache	3 MB	20 MB

Memory Information		
Total Physical Memory	16281MB	4095MB
Available Physical M...	13384MB	3219MB

Kuva 7: Tuotantokäytössä oleva vahva kannettava työasemamalli ja virtualikone vertailussa.



Kuva 8: Kannettavan työaseman ja virtualikoneen suorituskykyvertailu.

Suorituskykyä testatessa on vertailussa käytetty työasemastandardin mukaista asennettua uutta ja erittäin vahvaa kannettavaa työasemaa (HP Elitebook 840 G1) samaa käyttöjärjestelmäkuvaava ajavaa virtualikonetta vastaan PassMark - testiohjelmalla. On yllättävää miten pitkälle yli tuhannen euron kaupallisen hintaluokan laitteen suorituskyky ei vertailussa karkaa resursseiltaan keskinkertaiseen virtualikoneeseen verrattuna. Etenkin virtualikoneen nopeus XIV-palvelimen levynkäytössä kannettavan valmiiksi ripeään SSD-kovalevyyn verrattuna on työskentelykäytössäkin tuntuva etu.

Resursseiltaan VDI-lähtöiseen ympäristöön mitoitettu virtualikone on siis täysin kilpailukykyinen suorituskykynsä ja käyttönopeutensa suhteen verrattuna paikalliseen työasemaan. Käyttömukavuuteen vaikuttaakin siis pääsääntöisesti hyödynnettävän etäkäyttöohjelmiston toimivuus ja kitkattomuus. Mikäli kuitenkin tarvetta virtualikoneen resurssien kasvattamiselle on, voidaan niitä lisätä dynaamisesti tarpeen mukaan vaikka kone tai käyttäjäkohtaisesti. Annettujen teholisäysten kaventaminen ei kuitenkaan ole yhtä saumatonta virtualikoneessa ajettavan käyttöjärjestelmän varatessa pysyvästi sille annettuja resursseja.

Seuraavat esimerkit ovat täysin toteutettavissa testiympäristöinä ilman tai kevyin investoinnein hyödyntämään testikäytössä toimivaa työasemastandardiin asennettua virtualikonetta. On kuitenkin huomioitava että laajemmalla tuotantokäyttöön soveltamisella voi olla hankintavaatimuksia sekä lisenssiteknisesti että laitteistoinvestointien muodossa.

#### 10.1 Windows 7 fat client ja VMware view client

Perinteinen työasema ja Horizon View client on ymmärrettävästi virtualikoneen hallintaan tehokkain ja kitkattomin vaihtoehto. VMwaren työkalujen tuomat edut koskevat monen istunnon hallinnoimista, virtualisointipalvelimelle autentikointia ja virtualikoneiden käynnistämistä ja sammuttamista ilman erillisen etäkäyttöpalvelun olemassaoloa. Ominaisuuksien kirjo ei kuitenkaan tuo merkittävää lisäarvoa tai säästöä fat-clientin työasemavaatimusten ollessa miltei tuotantotasosta jo lähtökohdiltaan.

Organisaatiossa oman Windows-töaseman hyödyntämistä virtualikoneen etäkäyttöalustana tai hallintapalvelimen käyttäjänä ei estä kuin erillisen ohjelman asennusprosessi pääkäyttäjäoikeuksineen. Tai Windows-järjestelmälle natiivin RDP-yhteysohjelman käyttö. Organisaation sisällä Windows 7 yhteensopiva isäntälaitte on myös omilta vaatimuksiltaan hyvin pitkälti työkäyttöön riittävä, joten virtualikoneen resurssien hyödyntäminen ei ole täysin perusteltavissa. On kuitenkin odotettavissa myös Windows 7 - yhteensopivien laitteiden siirtymistä pois tuotantokäytöstä uusien laitteiden korvatesa vanhat. Tästä vanhasta, mutta yhteensopivasta laitekannasta voidaan koota virtualisointi-asiakkaaksi kykenevä reservi.

Mahdollisuus ensimmäisten poistettujen Windows 7 - koneiden uusiokäyttöön kevennetyllä käyttöjärjestelmällä ja virtualisointi-asiakasohjelmilla on vahvasti läsnä. Mikäli voidaan olettaa, että käytöstä poistuvat laitteet ovat fyysisiltä ominaisuuksiltaan kelpoisia, voidaan muutamastakin laitteesta koota helposti esimerkiksi yhtenäinen virtualisoitu koulutusluokka. Myös lisenssiteknisesti vanhojen Windows-koneiden käyttö raskaina asiakaspäätteinä on toteuttamiskelpoista valmiiden OEM-lisenssitarrojen taatessa paikallisen käyttöoikeuden.

#### 10.2 Windows 7 fat client ja VMware web client

Kohdeorganisaation nykyisen kokoonpanon mukaisesti VMware-virtualikoneita tulisi käyttää pääsääntöisesti hallintapalvelimen web client ominaisuudella. VMwaren nykyisen kehitysuunnitelman mukaisesti juurikin selainta alustana käyttävän asiakaspäätteen kehitykseen panostetaan. Vaikka selaimet noudattavat standardejaan eri käyttöjärjestelmien välillä vaatii VMwaren web-clientti kuitenkin liitännäisen sekä ainoastaan Windows-ympäristöstä löytyvän kirjastopakettin Tämä piirre vaikeuttaa huomattavasti vSphere

virtualisointiklusterin hyödyntämistä avoimen lähdekoodin ympäristöstä ilman Horizon tuoteperheen käyttöä.

Windows-ympäristöstä ajettuna on web-pohjaisen asiakaspääteohjelman toimivuus yllättävän sulavaa. Etenkin VMwaren omien työkalujen asentaminen virtualikoneen käyttöjärjestelmään nostaa suorituskykyä balloon-ajurin voimalla. Normaaliin toimisto-ohjelmien saumattoman käytön lisäksi esimerkiksi videon ja äänen toisto ulkoisista lähteistä kuten YouTube - palvelusta toimii miltei kuin omalta työasemalta toistettuna.

### 10.3 Windows 7 fat client ja RDP

RDP:n hyödyntäminen virtualikoneen käytössä jää etenkin laitteiden hallinnan nimissä web-clientin ominaisuuksien jälkeen, mutta perustoiminnoiltaan ja käytettävyydeltään molemmat työkalut ovat itse virtualikoneen ohjaamisessa tasavertaisia. RDP:n käyttöjärjestelmien etäkäyttöön suunnattu standardi on optimoitu toimimaan sekä vahvan sisäverkon että epävarmempien verkkoyhteyksien varassa.

Organisaation vSphere-virtualisointiklusteri tuo kuitenkin ongelman hallittavuuteen. Virtualikoneita ei voi käynnistää, monistaa eikä hallinnoida RDP-asiakasohjelmien avulla. Mikäli loppukäyttäjällä on varattu ja asennettu virtualikone käytössään on se silti erikseen käynnistettävä VMwaren omilla työkaluilla ja VMwaren palvelimeen autentikoinnilla. Tästä syystä olisi suositeltavaa hyödyntää pitemmälle ajatellussa VDI-mallissa virtualisointiratkaisuista vastaavien palveluita Windows-ympäristössä.

### 10.4 Windows 7 työasema ja muut metodit

Hieman erikoisempi lähestymismalli virtualikoneen hallintaan olisi VNC:n hyödyntäminen. Toisin kuin RDP, VNC hallinnoi ainoastaan kohdekoneessa olevaa avointa istuntoa. VNC-yhteydellä voitaisiin siis rakentaa esimerkiksi virtualikone, jossa on käytössä hankala ja tarkkaan määritelty ohjelmisto. Organisaation Active Directory -profiilien hyödyntämisen karsiminen olisi kuitenkin askel taaksepäin tietoturvalisessä merkityksessä. Myöskin organisaation vähemmän yhteensopivia tuotantosovelluksia on hyvin tehokkaasti päästy karsimaan joten sovellusvirtualisointi/streamaus - tyyliselle ratkaisulle ole välitöntä käyttöä. VNC:n lähtökohtaa yhteiskäytettävänä virtualikoneena ei kuitenkaan pidä täysin unohtaa.



## 10.5 Linux thin client ja VMware

Tällä hetkellä VMwarella ei ole tarjota natiivia PCoIP - protokollaa hyödyntävää asiakasohjelmaa joka toimisi ilman erillistä hankittua lisenssiä Linux-ympäristössä. VDI-investontina tämän toiminnallisuuden tuova Horizon olisi pienemmässä virtualityöpöytäkäytössä kuten koulutusluokissa tai erityisryhmien laitteissa kuitenkin käypä ratkaisu. VMwaren tuotteena Horizon skaalautuu myös omien hallintapalvelimien voimalla huomattavasti järeämpäänkin käyttöön. Horizonin käyttöönotto avaisi myös mahdollisuuden alustavapauden lisäksi erikoisempiin ratkaisumalleihin koskien esimerkiksi VPN-yhteyksiä.

Mikäli organisaatio ottaisi projektikseen työpöytälähtöisen virtualisoinnin hyödyntämisen koko työvoiman saataville, olisi uuden klusterilaitteiston ja Horizon-lisenssien valinta todennäköinen hankinta ainoastaan ylimääräisen hankaluuden ja ongelmatilanteiden minimoimiseksi hyvin hallittavalla yhteyskomponentilla.

## 10.6 Linux thin client ja RDP

Lisäkustannuksien minimointiin tähtäävä ratkaisu hyödyntää sekä avointa Linux-ympäristöä että käyttöjärjestelmien välistä avointa RDP-protokollaa. Voimassa olevaan virtualisointiklusteriin soveltaminen on miltei välittömästi toimintakuntoinen lähestymistapa pienimuotoiseen tuotantokäyttöön sopivaan työpöydän virtualisointiratkaisuun. Organisaation käyttämän Windows 7 - työasemaimagen liittäminen yhden tai kahden cpu:n virtualikoneeseen ja sen käyttäminen verkkokäynnistyvältä Linux-käyttöjärjestelmältä RDP:n avulla on täysin työkykyinen yhdistelmä mikä ei häviä fyysiselle työasemalle kuin 2d/3d grafiikan käsittelyssä ja ylimääräisissä toimenpiteissä käyttöönotettaessa.

Käyttökokemukset Linux/RDP - yhdistelmästä ovat positiivisia niin Office-ympäristössä kuin Internet-selaimen multimediassa muutamaa työasemaimagen valmiuspuutetta lukuun ottamatta. Pienellä jatkokehityksellä voitaisiin nykyisestä työasemastandardista muokata pelkästään virtualikoneisiin tarkoitettu työasemaimage joka optimoi esimerkiksi joitakin laiteajuryhteensopivuutta paravirtualisoinnin puolelle.

RDP kuitenkin tuntuu tällä yhdistelmällä tarjoavan kiusallisia toimimattomuuksia koskien esimerkiksi äänen siirtoa virtualikoneelta asiakaspäätteelle. Toiminnallisuuden rajoitukset erikoistilanteissa tai täysin käynnissä olevan käyttöjärjestelmän ulkopuolella voivat myös aiheuttaa ylimääräistä päänvaivaa virtualikoneen käyttöjärjestelmän evätessä yhteyden ilman annettua syytä.

Kustannuksiltaan Linux / RDP - yhdistelmä olisi kuitenkin nopeinten toteutettavissa ilman investointeja sekä täysin verkkokäynnistettävää alustavapautta hyödyntävä. Sovelletun prototyypin muokkaaminen tuotantokäyttöön vaatii kuitenkin erityisosaamista etenkin valitun Linux-distribuution optimaaliseen käyttökuntoon saattamiseksi. Mikäli toivomuksena on loppukäyttäjälle ainoastaan virtualikone-istuntoa tarjoava järjestelmä, on verkkokäynnistyvän käyttöjärjestelmän näkymättömyys olennaista ja huomattavaa työtä vaativaa ennen julkaisukelpoisuutta.

#### 10.7 Linux thin client ja muut metodit

Verkkokäynnistyvän Linuxin ja esimerkiksi VNC:n hyödyntäminen olisi käyttökohteiltaan yhtä rajoitettua kuin Windows-ympäristössäkin. Avoimen lähdekoodin hyödyntäminen VNC järjestelmässä olisi lähinnä kustannussyihin vetoava tekijä. VNC:n toiminnallisuus ja rajoitetut käyttökohteet eivät kuitenkaan aja tarkoitustaan kuin marginaalisissa erikoistiloissa tai huomattavasti laajemman kaupallisen hallittavan kokonaisuuden kanssa.

#### 10.8 Windows Embedded thin client ja VMware

Nykyisten välittömästi käytössä olevien yhteysmetodien lisäksi kannattaa tarkastella mahdollisuutta hankintojen voimalla tehtäviin ratkaisumalleihin. Näiden investointien lopulliset kustannukset olisivat hyvin riippuvaisia käyttäjämääristä ja tehdyistä lisenssisopimuksista.

Verkosta käynnistettävän Windows-pohjaisen järjestelmän hyödyntäminen on ratkaisumalli joka ominaisuuksiltaan tukee miltei kaikkia VDI-malleja, mutta vaatii thin-clienttinä ajettavalta laitteistolta huomattavasti enemmän tehoa kuin vastaavat Linux järjestelmät. Myöskin Embedded-tuotteiden täysi kaupallisuus vaatisi hieman kyseenalaisia hankintoja organisaation jo laitteet kattavaan Windows 7 ympäristön oheen. Tilanne jossa jokaisella organisaation työntekijällä ja työasemalla on sekä Windows 7 että Embedded - lisenssi ei rahoitusteknisesti tunnu mahdollista hyötyä vastaavalta investoinnilta.

Kuitenkin erikseen hankittavan VDI- thin-client - laitteiston oheen voidaan hankkia Embedded-lisenssi raskaamman Windows-järjestelmän oheen tai jopa mahdollisuus hyödyntää kevyempää Windows-järjestelmää vahvemman lisenssin voimalla on Microsoftin lisenssipolitiikassa nähty poikkeus. Uusien virtualisoinnin hyödyntämiseen tähtäävien laitteistohankintojen ohessa voisi Embedded-ratkaisumalli toimia täysin yhteensopivana ja jopa kilpailukykyisenä haastajana Linux-ympäristölle.

## 10.9 Windows Embedded thin client ja RDP

Embedded ja RDP - yhdistelmä törmää samoihin lisenssiteknisiin ongelmiin eikä tuo käytännössä kovinkaan paljoa lisäarvoa verrattuna Linux/RDP - yhdistelmään. Ainoana käytännön etuna voitaisiin pitää Embedded Thin-clientin toiminnallisuutta yhteensopivana organisaation tuotantokäytön Windows-ohjelmistoihin ilman virtualisointikäyttöä tai yhteyksiä. Embedded - laitetta voitaisiin siis hyödyntää yhteensopiviin perustoimintoihin ilman verkkoyhteyksiä ja virtualisointi-asiakasohjelmana vasta suurempia resursseja tai keskitettyä käytettävyyttä vaativiin toimintoihin.

Hybridiratkaisu, jossa Windows-järjestelmä käyttöönotetaan verkkokäynnistyksellä ja hyödynnetään sekä paikallisten ohjelmien, että satunnaisessa virtuaalikoneen RDP käytössä ei kuitenkaan sovellu normi työasemalähtöisyyttä haastavaksi ratkaisuksi.

## 11 Yhteenveto ja johtopäätelmät

Virtualisoinnin tarjotessa palvelinympäristöihin erittäin kustannustehokkaan ratkaisun, on silti työpöytälähtöinen ajattelumalli harvinainen näky yritysmaailmassa muutamaa erityiskäyttökohdetta laajemmassa kuvassa. Tämä pätee myös omaan kohdeorganisaatiooni, jossa suurilla investoinneilla on onnistuttu keskittämään lukuisia ennen erillisissä laitteissa toimineita palveluja virtuaalikulusterien hallinnoitavaksi. Lähtökohdat jatkokehittämiselle on laitteistoteknisesti paikallaan, mutta erillisinä investointeina lisenssihankintoihin, uuteen malliin perehdyttämiseen ja kouluttamiseen uppoaa huomattavat määrät näkymättömiä kuluja mikäli virtualisoitua työpöytäratkaisuja haluttaisiin soveltaa työvoiman tuotantokäytössä järjestelmävastaavien ja kehitysympäristöjen lisäksi.

On kuitenkin huomioitavaa kuinka yksinkertaisin toimenpitein organisaation työasemamallin nykyinen Windows 7 järjestelmä on sovellettavissa virtuaaliympäristöön ja kuinka tehokkaasti se toimii normaalissa työkäytössä. Käyttökuntoisen ympäristön luominen tapahtuu minuuteissa ja etenkin hallintotoiminnallisuuksiltaan rajoitetun RDP-yhteyden hyödyntäminen ei vaatisi erillistä VMware-lähtöistä kaupallista käyttäjähallintaa. Näillä lähtökohdilla voitaisiin siis käytännössäkin luoda virtuaalikone kenen tahansa sitä tarvitsevan käyttöön ilman lisäkustannuksia ja huomattavan pienellä vaivalla. RDP:n jatkaminen ns. Broker - palvelimella takaisi myös miltei kilpailukykyistä keskitettyä hallintaa RDP-lähtöisille käyttöympäristöille.

Suurempien käyttäjälähtöisten virtualisointiratkaisuiden kustannustehokkuuteen vetoavat perustelut vaatisivatkin jo huomattavampaa kokonaisuuden tarkastelua. Mikäli uusiin työasemiin investoinnit budjetoitaisiin murto-osaan nykyisestä, voisivat hankinnat palvelinympäristöstä eroavaan VDI-klusteriin sekä VMwaren tuotelisensseihin olla

perusteltavissa laitteiston elinkaaren pidentämisellä. Muutoin toimiva työasemastandardi etenkin kannettavien laitteiden hyödyntämisessä sekä kaikki organisaation sisällä hioutuneet käytännöt erityistilanteisiin ja tarpeisiin toimivat erittäin vahvana kilpailumallina virtualisointiratkaisuja vastaan. On kuitenkin ensiarvoisen tärkeää huomioida myös piilokustannusten osuus etenkin järjestelmävastaavien työn määrässä. Uuteen ympäristöön totuttautuminen syö työtunteja sekä loppukäyttäjiltä että vastaavilta ennen kuin yleisimpiin ongelmatilanteisiin pystytään vastaamaan rutinoituneelta kokemuspohjalta. Myös verkkokäynnistyvän työasemakuvan ylläpito sekä virtuali-työasemastandardin ylläpito ja päivittäminen vaativat ylimääräistä työpanosta vastaavilta. Tähän toimintaan ja etenkin sen opiskeluun saattaa upota huomattavasti laitehankintoja ja lisenssejä suuremmat kustannukset.

Työpanoksen määrään vedoten voi suurempi organisaatio hyvinkin sivuuttaa projektiluontoiset viritelmät ja siirtyä suoraan yhtenäisiin kaupallisiin ratkaisuihin thin-client - laitteistosta, verkkokäynnistyksen ja asiakaskäyttöjärjestelmän hallinnointiin ja etäkäyttöyhteysratkaisuja mahdollisimman paljon sopimusten taakse ulkoistaen. Kokonaisuutena myytyä mallia on helpompi käsitellä sekä investointina että työn määränä erikseen rakennetun järjestelmän sijaan. Tämä ei kuitenkaan estä ennakoivaa pilotointia pienemmässä mittakaavassa ennen suurempia hankintapäätöksiä.

Loppupäätelmänä pitäisin työasemalähtöisten virtualisointiratkaisuiden potentiaalia silmällä etenkin pienimuotoisempaan käyttötarkoitukseen kuten erityisryhmän tai koulutusluokan toteuttamiseen. Mikäli mahdollisuus organisaation virtualisointi-infrastruktuurin ja VMware-tuoteperheen lisenssien laajentamiseen kilpailukykyisin ja perustelluin kustannuksin ilmenee, voi projekti asteittaiselle työasemalähtöisen virtualisoinnin tuomiselle talon IT-kulttuuriin olla ajankohtainen jo muutaman vuoden sisällä.

## 12 Lähteet

Cisco. 2009. Cisco Data Center Virtualization Fundamentals. Viitattu 10.10.2014

[http://www.cisco.com/web/ME/exposaudi2009/assets/docs/data\\_center\\_virtualization.pdf](http://www.cisco.com/web/ME/exposaudi2009/assets/docs/data_center_virtualization.pdf)

EMC. 2010. Deploying Microsoft Windows7 Virtual Desktops with VMware View Applied Best

Practices. Viitattu 25.11.2014. <http://www.emc.com/collateral/software/white-papers/h8043-windows-virtual-desktop-view-wp.pdf>

Intel. 2014. UEFI PXE Boot Performance Analysis. Viitattu 19.11.2014

<http://itmanagement.earthweb.com/netsys/article.php/3865151/Thin>

Intel. 1999. Preboot Execution Environment (PXE) Specifications. Viitattu 18.11.2014.

<http://download.intel.com/design/archives/wfm/downloads/pxespec.pdf>

Linfo. 2005. vmlinuz Definition. Viitattu 23.10.2014. <http://www.linfo.org/vmlinuz.html>

Microsoft. 2014. Configure Remote Desktop Access on Windows 7 Systems.

<http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/ff404238.aspx>

Microsoft. 2012. Remote Boot Overview. Viitattu 12.11.2014. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd128772%28v=winembedded.51%29.aspx>

NIST. 2011. Guide to Security for Full Virtualization Technologies. Viitattu 8.11.2014.

<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-125/SP800-125-final.pdf>

Ubuntu Foundation. 2013. PXEInstallMultiDistro. Viitattu 23.10.2014

<https://help.ubuntu.com/community/PXEInstallMultiDistro>

VMware. 2014. Key Considerations in Choosing a Zero Client Environment for View Virtual Desktops in VMware Horizon. Viitattu 5.11.2014.

<http://www.vmware.com/files/pdf/view/vmware-top-five-considerations-for-choosing-a-zero-client-environment-techwp.pdf>

VMware. 2013. Vmworld - VMware Horizon troubleshooting. Viitattu 24.11.2014.

<http://www.slideshare.net/VMworld/vmworld-2013-vmware-horizon-view-troubleshooting-looking-under-the-hood>

VMware. 2008a. VMware Paravirtualization. Viitattu 24.11.2014.

[http://www.vmware.com/files/pdf/VMware\\_paravirtualization.pdf](http://www.vmware.com/files/pdf/VMware_paravirtualization.pdf)

VMware. 2014. VMware Product Guide. Viitattu 20.11.2014.

<http://www.vmware.com/files/pdf/vmware-product-guide.pdf>

VMware. 2008b. VMware VDI. Viitattu 15.10.2014.

<http://web.ccsu.edu/neasc/selfstudy/virtual%20desktop%20infrastructure%20-%20vmware.htm>

VMware. 2010. View 4 to PCoIP Zero Client Optimization Guide. Viitattu 26.11.2014.

<http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-View-PCoIP-Zero-Client-Optimization-Guide-TN-EN.pdf>

## 13 Kuvat

Kuva 1: Työpöytävirtualisointi visualisoituna. (VMware 2008) .....	13
Kuva 2: Verkkokäynnistyksen käyttöönotto työpöytälaitteen BIOS -ympäristössä. ....	29
Kuva 3: PXE verkkokäynnistysprosessi. (Mandriva 2013) .....	31
Kuva 4: Yksittäinen virtualisointipalvelin organisaatiossa. ....	41
Kuva 5: Organisaation virtualisointipalvelimien muodostama klusteri. ....	42
Kuva 6: Testikäyttöön luotu virtualikone. ....	44
Kuva 7: Tuotantokäytössä oleva vahva kannettava työasemamalli ja virtualikone vertailussa.	53
Kuva 8: Kannettavan työaseman ja virtualikoneen suorituskykyvertailu. ....	54

## 14 Taulukot

Taulukko 1: Virtualisoidun työpöytäratkaisun hyödyt työasemälähtöisyyteen verrattuna.....	20
Taulukko 2: Virtualipalvelimen vertaaminen fyysisiin palvelimiin. ....	20
Taulukko 3: Etäyhteysohjelmat vertailussa. ....	23
Taulukko 4: PXE-verkkokäynnistettäviä Linux-distribuutioita. ....	36