

Jouni Schroderus

## **VIRTUALISOINTIOHJELMIEN VERTAILU JA TESTAUS**

Opinnäytetyö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tradenomikoulutus  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Syksy 2009



Koulutusala Tradenomi	Koulutusohjelma Tietojenkäsittely
Tekijä(t) Jouni Schroderus	
Työn nimi Virtualisointiohjelmien vertailu ja testaus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Järjestelmän ylläpito	Ohjaaja(t) Timo Partanen Toimeksiantaja
Aika 23.11.2009	Sivumäärä ja liitteet 35 + 2
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee kolmen eri virtualisointiohjelman vertailua ja testausta. Testien tavoitteena oli löytää kotikäyttäjän kannalta sellainen virtualisointiohjelma, jonka avulla on mahdollista käyttää sujuvasti useampaa yhtäaikaista käyttöjärjestelmää. Sujuvalta käytöltä edellytettiin kohtalaisen nopeaa toimivuutta ja ennen kaikkea päivittäisessä kotikäytössä välttämättömien oheislaitteiden toimivuutta. Kahden ilmaisen virtualisointiohjelman lisäksi testattavaksi valittiin myös yksi maksullinen ohjelma, jotta nähtäisiin, mitä eroa siinä on maksuttomiin verrattuna.</p> <p>Työn teoriaosuus käsittelee virtualisointia pääasiallisesti organisaatioiden näkökulmasta. Virtualisoinnin eri osaluista käsitellään sovellusten virtualisointia, työpöytien virtualisointia, tallennustilan virtualisointia sekä uuden Windows 7:n XP Mode -ominaisuutta. Edellä mainittujen lisäksi teoriaosuudessa perehdytään myös virtualisoinnin hyötyihin ja uhkiin sekä tietoturvaan ja lisensointiin virtualisoinnissa.</p> <p>Käytännön osuus koostuu kahdesta eri testiosuudesta, joiden avulla tutkittiin kolmen eri virtualisointiohjelman toimintaa, ominaisuuksia ja nopeutta. Ensimmäisessä testiosuudessa vertailtiin oheislaitteiden toimintaa eri virtualisointiohjelmilla. Toisessa testiosuudessa mitattiin virtuaalikäyttöjärjestelmien käynnistymisnopeuksia kahdella eri testilaitteistolla. Käytännön osuudessa virtualisointia käsitellään pääasiallisesti kotikäyttäjän näkökulmasta.</p> <p>Vaikka kaikilla kolmella virtualisointiohjelmalla onnistuttiin virtualisoimaan sekä Windows XP-, että Linux Ubuntu -käyttöjärjestelmät, oli esimerkiksi oheislaitteiden toimivuuksissa monia eroavaisuuksia. Virtualisointisovellusta valittaessa onkin syytä tutustua eri ohjelmien ominaisuuksiin, ja valita sopiva ohjelma omien tarpeiden mukaan. Myös virtuaalikoneiden käynnistymisnopeuksissa oli suuria eroja riippuen paitsi käytettävästä virtualisointisovelluksesta, myös siitä, millä isäntäjärjestelmällä virtualisointiohjelmaa käytettiin.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	virtualisointi, vertailu, testaus
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School Business	Degree Programme Business Information Technology
Author(s) Jouni Schroderus	
Title Comparison and Testing of Virtualization Programs	
Optional Professional Studies Systems Maintenance	Instructor(s) Timo Partanen
	Commissioned by
Date 23 November 2009	Total Number of Pages and Appendices 35 + 2
<p>The purpose of this thesis was to compare and test three different virtualization programs. With the tests, the target was to find a home user's virtualization program that enables using several simultaneous operating systems at the same time. This meant that program has to be fast enough and support many different peripheral devices because that is necessary in daily home use.</p> <p>The theory of this thesis deals with virtualization principally from the organization perspective. The theory handles different aspects of virtualization like application virtualization, desktop virtualization, storage virtualization and new Windows 7 XP Mode feature. Additionally, the theory part includes benefits, threats, information security and licensing of virtualization.</p> <p>The practical part of this thesis consists of two different testing parts. The purpose of the tests was to find some differences in the functions, features and speed of virtualization programs. The first test part compares the functionality of peripheral devices with different virtualization programs. The second test part was to measure the start-up time of virtual machines. This test was done with two different hardware configurations. The practical part handles virtualization from a home user perspective.</p> <p>All three virtualization programs were able to virtualize both Windows XP and Linux Ubuntu operating systems. After all, there were many differences in the functionality of using peripheral devices in the virtual machines. When choosing a virtualization program it is important to sort out the features. In this way it is much easier to choose the proper virtualization program. There were also big differences in the start-up times of the virtual machines depending on the virtualization program and host machine.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	virtualization, comparison, test
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 YLEISTÄ VIRTUALISOINNISTA	2
2.1 Virtualisoinnin historiaa	3
2.2 Mitä virtualisointi on?	6
2.2.1 Sovellusten virtualisointi	6
2.2.2 Työpöytien virtualisointi	7
2.2.3 Tallennustilan virtualisointi	9
2.2.4 Windows 7 XP Mode	11
2.3 Virtualisoinnin hyödyt	12
2.4 Virtualisoinnin uhat	13
2.5 Tietoturva virtualisoinnissa	14
2.6 Lisensointi virtualisoinnissa	17
3 TUTKIMUSTEHTÄVÄ	19
3.1 Tutkimustehtävän määrittely	19
3.2 Isäntäjärjestelmät	20
3.3 Käytettävät virtualisointiohjelmat	21
3.3.1 Microsoft Virtual PC	21
3.3.2 Sun VirtualBox	23
3.3.3 VMware Workstation	25
3.4 Virtualisointiohjelmien ominaisuuksien testaaminen	27
3.4.1 Microsoft Virtual PC – Windows XP	28
3.4.2 Microsoft Virtual PC – Ubuntu	28
3.4.3 Sun VirtualBox – Windows XP	29
3.4.4 Sun VirtualBox – Ubuntu	30
3.4.5 VMware Workstation – Windows XP	30
3.4.6 VMware Workstation – Ubuntu	31
3.5 Virtualisointiohjelmien nopeuksien testaaminen	31
4 YHTEENVETO JA POHDINTA	33
LÄHTEET	36

## LITTEET

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä vertailtavat ja testattavat ohjelmat ovat Microsoft Virtual PC, Sun VirtualBox ja VMware Workstation. Kaikki ohjelmat ovat ladattavissa ilmaiseksi Internetistä, viimeksi mainitusta tosin ilmaiseksi saa vain 30 päivän kokeiluversion. Kokeiluversio sisältää kaikki maksullisen version ominaisuudet.

Opinnäytetyöllä ei ole varsinaista toimeksiantajaa, vaan tutkimus tehdään hyödyksi kaikille asiasta kiinnostuneille. Työ antaa mahdollisesti helpotusta esimerkiksi sellaisille henkilöille, jotka ovat valitsemassa itselleen virtualisointisovellusta. Tutkimus pyrkii näin ollen selvittämään ohjelmien välisiä eroja ja auttamaan itselle sopivimman ohjelman valitsemisessa.

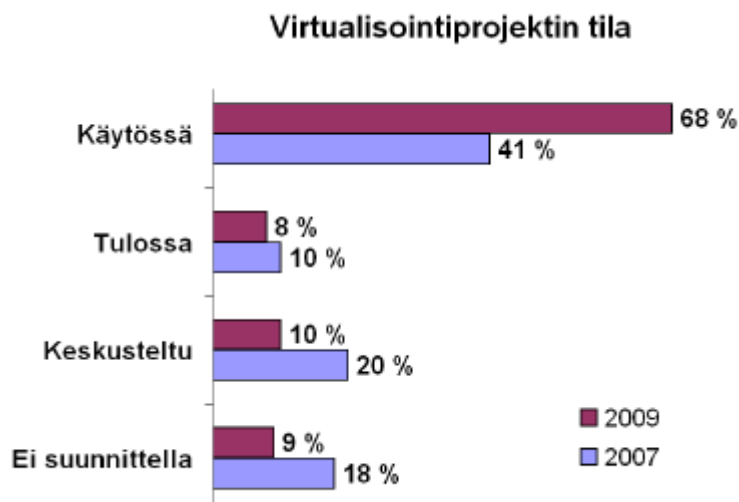
Työn teoriatausta muodostuu virtualisoinnin teoriasta alkaen virtualisoinnin historiasta. Virtualisoinnin eri osa-alueista käsitellään sovellusten virtualisointia, työpöytien virtualisointia, tallennustilan virtualisointia sekä uuden Windows 7:n XP Mode -ominaisuutta. Näiden lisäksi teoriaosuudessa esitellään virtualisoinnin hyötyjä ja uhkia, sekä virtualisoinnin yhteydessä tärkeitä tietoturvaa ja lisensointia. Teoriaosuudessa edellä mainittuja osa-alueita kuvataan pääasiallisesti organisaatioiden näkökulmasta.

Käytännön osuudessa virtualisointiohjelmilla suoritettiin kaksi erilaista testiosuutta. Ensimmäisessä osuudessa tutkittiin erilaisten kotikäyttäjän päivittäisessä työskentelyssä tarvitsemien oheislaitteiden, kuten Internetin, USB-laitteiden, optisen aseman ja äänien toimiminen. Toisessa osuudessa tutkittiin virtualisointiohjelmilla luotujen virtuaalikäyttöjärjestelmien käynnistymisnopeuksia. Nopeusmittaukset tehtiin kahdella eri testilaitteistolla, jotta mahdolliset erot saataisiin paremmin selville. Kaikki testatut virtualisointiohjelmat ovat kotikäyttäjälle suunnattuja. Testien tavoitteena oli löytää kotikäyttäjän kannalta mahdollisimman helppokäyttöinen ja varmatoiminen virtualisointiohjelma, jolla useamman käyttöjärjestelmän yhtäaikainen käyttö sujuu vaivattomasti.

Viimeaikaisesta virtualisoinnin suosion kasvusta johtuen erilaisia tutkimuksia virtualisoinnista on tehty myös aiemmin. Esimerkiksi Kajaanin ammattikorkeakoulussa on syksyllä 2007 tehty opinnäytetyö ”Virtualisointi kotikäyttäjän kannalta”. Kyseistä työtä on joissain määrin käytetty lähdemateriaalina myös tässä tutkimuksessa. Virtualisointi elää kuitenkin tällä hetkellä jatkuvassa muutoksessa, esimerkiksi etenkin lisensoinnin kannalta, joten lähdemateriaaliksi on pyritty löytämään mahdollisimman tuoretta tietoa.

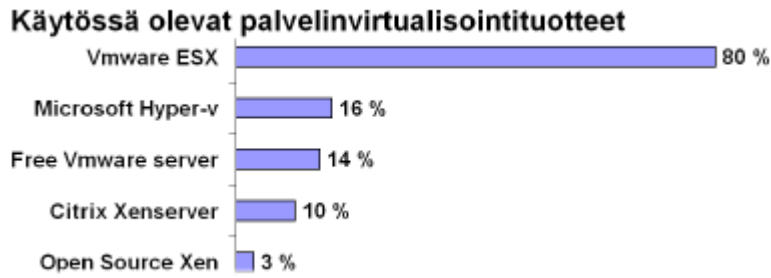
## 2 YLEISTÄ VIRTUALISOINNISTA

Suomi on virtualisoinnin kärkimaita. Yli sadan hengen organisaatioissa yli kaksi kolmasosaa on virtualisoinut ainakin osan palvelimistaan. Vastaava luku suurissa kansainvälisissä yrityksissä maailmalla on 54 prosenttia. Virtualisoinnin hyödyiksi mainitaan esimerkiksi kustannussäästöt, sovellusten käyttöönoton helpottuminen, palvelinten hyötysuhteen parantuminen ja nopeampi mahdollisista katastrofitilanteista palautuminen. Virtualisointi yrityksissä on viime vuosina siirtynyt selkeästi suunnitelmasta toteutukseen (kuvio 1.). (Leidenius 2009.)



Kuvio 1. Virtualisointiprojektien tila yli sadan hengen kotimaisissa yrityksissä (Leidenius 2009)

Suomessa ylivoimaisesti suosituin palvelinvirtualisointiohjelmisto on VMware ESX. Sitä käyttää peräti 80 prosenttia suomalaisista organisaatioista. Toiseksi suosituin on Microsoftin Hyper-v, jota käyttää 16 prosenttia (kuvio 2.). (Leidenius 2009.)



Kuvio 2. Suomalaisten organisaatioiden käyttämät palvelinvirtualisointisovellukset (Leidenius 2009)

Virtualisointi on viime aikoina kasvattanut jatkuvasti suosiotaan. Suosion kasvamisen uskotaan jatkuvan tulevaisuudessa edelleen. Tutkimuslaitos Gartnerin mukaan palvelimilla sijaitsevat virtuaalityöasemat tulevat lisääntymään reippaasti muutaman seuraavan vuoden aikana. Vuonna 2013 virtuaalityöasemien uskotaan muodostavan jo yli 40 prosenttia yritys-pc-myynnistä. Tämä puolestaan tarkoittaa nyt jo 15 - 20 jatkuneen hajautettuun työasemaverkkoon perustuvan mallin hiipumista ja vaihtoehtoisten toimintatapojen astuvan esiin. Samaan aikaan tällä hetkellä maailman suurimpien virtualisointiohjelmistoja tarjoavien organisaatioiden, kuten VMwaren ja Citrixin uskotaan olevan vahvimmilla markkinakamppailussa. Microsoftin puolestaan uskotaan tulevan vahvasti mukaan taisteluun. (Karkimo 2009 b.)

Networkworld-lehden tekemän tutkimuksen mukaan jopa 15 prosenttia yritysten palvelimista pyörii käytännössä tyhjän panttina. Koko maailman mittakaavassa tämä tarkoittaa sitä, että laskua syntyy noin 16 miljardia euroa. Pelkästään turhan sähkölaskun osuus on erittäin suuri. 72 prosenttia palvelinten ylläpidosta vastaavista johtajista sanoi, että vähintään 15 prosenttia ei tee mitään hyödyllistä. Tämän lisäksi 83 prosenttia kyselyyn vastanneista johtajista oli sitä mieltä, ettei heillä ole käytössä kunnollisia välineitä palvelimien käyttöasteen seuraamiseen. (Kotilainen 2009.)

## 2.1 Virtualisoinnin historiaa

Vaikka virtualisointi on yleistynyt kunnolla vasta viime vuosina, se ei ole uusi keksintö. Suurten keskustietokoneiden laskentavoimaa jaettiin käyttäjille jo 1970-luvulla ajamalla fyysisissä tietokoneissa lukuisia toisistaan eristettyjä virtuaalikoneita. Kaupallisesti ensimmäisenä virtualisointituotteena menestyi IBM:n VM/370-käyttöjärjestelmä. 1980-luvun minikoneet ja

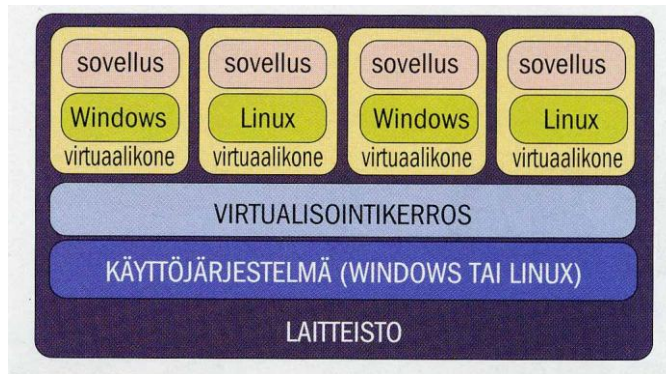


1990-luvun mikrotietokoneet kuitenkin vähensivät virtuaalikoneiden käyttöä. Hajautettuun tietojenkäsittelyyn suunnitellut laitteet olivat niin edullisia, että vaikkapa vain yhden sovellukseen ajamiseen voitiin hankkia oma laite kustannustehokkaasti. (Hämäläinen 2007, 61 - 62.)

Edes AMD:n ja Intelin suoritinarkkitehtuurien varaan toteutettujen palvelimien moniajo-käyttöjärjestelmien kehittäminen ei mainittavasti muuttanut tilannetta. Palvelinkäyttöjärjestelmät eivät nimittäin olleet yhtä vakaita kuin suorkoneet. Tästä johtuen jokin virheellisesti toimiva sovellus pystyi helposti kaatamaan koko käyttöjärjestelmän. Sen vuoksi lähes kaikissa yrityksissä oli jokaista vähänkin kriittisempää sovellusta varten käytössä oma palvelin. (Hämäläinen 2007, 62.)

Viime vuosien x-86-arkkitehtuuri aiheutti sen, että sille käännettyjen ohjelmistojen määrä on kasvanut reilusti. Näin ollen myös palvelinten määrä organisaatioiden konesaleissa on kasvanut räjähdysmäisesti. Tämä on johtanut palvelinten tila- ja hallintaongelmiin. Ylläpidon ja vikojen korjauksen tarve lisääntyy luonnollisesti sitä mukaa, mitä enemmän fyysisiä laitteita on käytössä. Palvelinten konsolidoinnin tarve on kasvanut ja virtualisointi tarjoaa tähän ratkaisun. (Hämäläinen 2007, 62.)

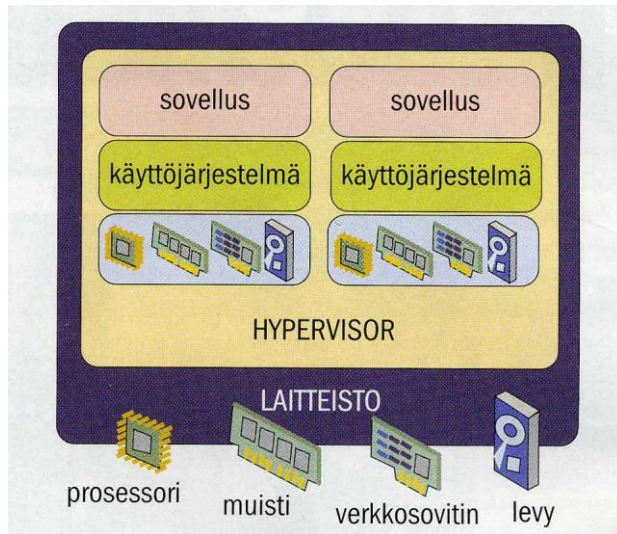
Niin sanottu virtualisoinnin uusi aika alkoi vuonna 1999. Tuolloin VMware-yhtiö julkaisi ensimmäisen x86-prosessoreille tarkoitetun virtualisointialustan. Ohjelman avulla useita käyttöjärjestelmäinstansseja voitiin ajaa rinnakkain samassa fyysisessä mikrotietokoneessa. Mikrotietokoneiden laitteistoarkkitehtuuri kuitenkin soveltui noihin aikoihin vielä melko huonosti virtualisointiin. Isäntäkäyttöjärjestelmä toimi pohjana virtualisointikerrokselle, joka taas emuloi laitteistoa sen yläpuolisille virtuaalikoneille (kuvio 3.). Tällä tavoin virtualisoitaessa virtualisointikerros ja virtualisoidut käyttöjärjestelmät toimivat niin sanotussa sovellusmoodissa, jolloin suoritintehoa kuluu hukkaan. Myös yhteensopivuusongelmat ovat mahdollisia, koska muisti- ja I / O-prosessit on hankala eristää täysin toisistaan pelkästään ohjelmistojen avulla. (Hämäläinen 2007, 62.)



Kuvio 3. Virtualisointi isäntäkäyttöjärjestelmän alaisuudessa (Hämäläinen 2007, 62)

AMD ja Intel kehittivät edelleen kiihkeästi suoritusnopeutta tukeva virtualisoinnille. Tavoitteena oli saada aikaan luotettava alusta liiketoimintakriittisille sovelluksille. Molempien valmistajien nykyisissä prosessorisukupolvissa on tuki virtualisoinnille, kuten on myös niiden piirisarjoissa. Tekniikat eivät kuitenkaan ole keskenään yhteensopivia, joten virtualisointiohjelmistotoimittajien on sovittava virtualisointikerroksensa kummallekin arkkitehtuurille erikseen. (Hämäläinen 2007, 62.)

Nykyisin virtualisointiin ei tarvita välttämättä lainkaan isäntäkäyttöjärjestelmää. Laitteiston päällä toimiva hypervisor tarjoaa virtualisoidun laitteistorajapinnan useille rinnakkaisille käyttöjärjestelmäinstansseille (kuviot 4.). Tällöin fyysiset laitteistokomponentit näkyvät virtualisointikerrokselle ilman ylimääräisen käyttöjärjestelmäkerroksen apua ja virtualisoi ne koneeseen asennetuille käyttöjärjestelmille. Tätä arkkitehtuuria kutsutaan nimellä bare metal. Arkkitehtuuri on käytössä yleisimmin raskaissa palvelinohjelmistoissa, koska suoraan hypervisorille kirjoitetut sovellukset säästävät ne palvelinkäyttöjärjestelmän lisensoinnilta. (Hämäläinen 2007, 62 - 63.)



Kuvio 4. Virtualisointi ilman isäntäkäyttöjärjestelmää (Hämäläinen 2007, 62)

## 2.2 Mitä virtualisointi on?

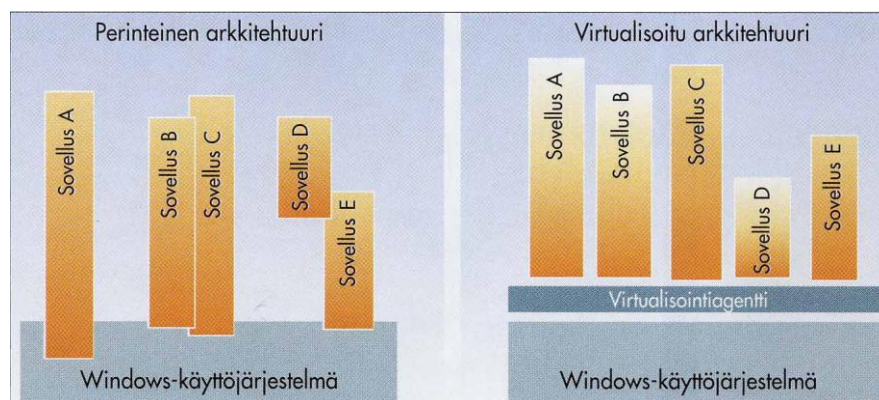
Virtualisoinnilla tarkoitetaan tietotekniikassa sellaista ohjelmistopohjaista ratkaisua, jossa yhdellä fyysisellä laitteistolla voidaan suorittaa yhtä aikaa virtuaalisesti yhtä tai useampia käyttöjärjestelmiä. Vaikka virtualisointi on viime aikoina kasvattanut suosiotaan eniten palvelimien osalta, on siitä hyötyä myös tavallisille työpöytäkäyttäjille. Virtuaaliset koneet ovat täysin erillään isäntäjärjestelmästä. Tämän vuoksi niiden avulla on turvallista testata esimerkiksi uusia käyttöjärjestelmiä tai ohjelmia. Virtuaalikonetta voi käyttää myös turvattuun Internetin selailuun. (Pitkänen 2008.)

### 2.2.1 Sovellusten virtualisointi

Sovellusten virtualisointi on kehittynyt Citrix-yhtiön tunnetuksi tekemästä ideasta, jossa palvelimella ajettavan sovelluksen käyttöliittymä välitetään verkon kautta työasemalle. Sovellusvirtualisoinnin alkuperäinen tarkoitus oli työasemien käyttöiän pidentäminen, kun jatkuvasti raskaammaksi käyvien sovellusten kuormaa voitiin siirtää tehokkaille palvelimille. Käytännössä useimmissa organisaatioissa on kuitenkin hankittu jatkuvasti uusia työasemia, eivätkä Citrixin tukemat edulliset verkkotyöasemat saavuttaneet suosiota. Näinpä sovellusvirtualisoinnin suurimmaksi myyntiargumentiksi osoittautui hallinnan helppous. Tukihenkilöiden

ei parhaimmillaan tarvitse asentaa sovelluksia kuin yhteen laitteeseen, palvelimeen. Samanlaisesti myös sovellusten ylläpito helpottuu. (Hämäläinen 2009 c, 51.)

Citrix- ja Terminal services -tyyppisten ratkaisujen käyttöönottoa on häirinnyt Microsoft Windows -käyttöjärjestelmien tapa tehdä esimerkiksi rekisterimuutoksia ja dll-kirjastojen muokkauksia sovellusten asentamisen yhteydessä. Itse käyttöjärjestelmä ei kuitenkaan tarjoa sellaista versionhallintaa, jonka avulla mahdolliset ristiriitatilanteet ratkaistaisiin. Virtualisoidussa ympäristössä on erillinen virtualisointiagentti, joka eristää sovellukset toisistaan (kuvio 5.). (Hämäläinen 2009 c, 52.)



Kuvio 5. Perinteisen ja virtualisoidun arkkitehtuurin ero (Hämäläinen 2009 c, 52)

Aina kaikkien sovellusten käyttäminen palvelimelta käsin ei kuitenkaan säästä kustannuksissa, koska tällöin myös työasemiin jää reilusti ylimääräistä suoritustehoa. Parhaimmillaan itse sovelluksesta ja sen ajoympäristöstä voidaan luoda yksi suoritettava tiedosto, joka taas voidaan kopioida esimerkiksi työasemaan. Erillistä asennusta ei siten tarvita, eikä työaseman rekisteriin tehdä muutoksia. Toinen vaihtoehto on käynnistää tiedosto palvelimen levyltä, jolloin ohjelman suoritus alkaa työasemassa heti, kun sen aloittamiseen tarvittavat osiot on saatu siirrettyä. Tämä tekniikka tunnetaan striimaus-nimellä. Muita osioita kopioituu sitä mukaa, kun niitä tarvitaan. Yleensä läheskään kaikkia ohjelmien toiminnoista ei tarvita, joten suurin osa koodista voi jäädä siirtämättä. (Hämäläinen 2009 c, 52 - 53.)

## 2.2.2 Työpöytien virtualisointi

Tällä hetkellä suurimman suosion on kasvattanut työpöytävirtualisointi, jossa työasemilla ajetaan palvelimilla sijaitsevia sovelluksia. Brian Gammage tutkimuslaitos Gartnerin johdosta

ennustaa, että kolmen-viiden vuoden kuluessa palvelinhuoneissa olevat virtuaaliset työasemat tulevat yleistymään varsinkin kehittyneemmillä alueilla, jossa on jo olemassa valmista palvelin-keskus- ja tietoverkkoinfraa. Näillä alueilla työpöytävirtualisointi tuo myös selkeitä kustannussäästöjä. Toteutuessaan ennustus toisi ongelmia etenkin PC-valmistajille. Työasemien menekki tulisi nimittäin romahtamaan ja palvelinten puolestaan huomattavasti kasvamaan. Tämä edellyttäisi valmistajien valmistusstrategioiden muuttamista. (Karkimo 2009 b.)

Kun palvelinten konsolidoinnista virtualisoinnin avulla on tullut organisaatioissa jo keskeinen tapa vähentää fyysisten koneiden määriä ja saada palvelimien käyttöastetta korkeammaksi, edelläkävijät ovat alkaneet testata työpöytävirtualisointia. Citrix ja Microsoft uskovat, että säästöihin ja tuottavuuden parantamiseen johtavat kokonaiset sovelluksien ja työasemien kokoonpanot ovat suurilta osin vielä hyödyntämättä. Tällä hetkellä suurin osa asiakkaista käyttää vielä perinteisiä tapoja työasemien hallinnassa. Tämä tarkoittaa monesti melkoisia määriä levykuva-asennuspaketteja, joiden heikkoudet ilmenevät heti laitteistojen tai ohjelmistojen muuttuessa. Työasemien virtualisointi helpottaa hallintaa ja parantaa joustavuutta eri käyttäjäryhmien palvelimisessa. Työasemavirtualisoinnin ennustetaan kasvavan nopeimmin kouluissa, terveydenhuollossa ja muissa sellaisissa organisaatioissa, joissa on käytössä paljon kiinteitä työasemia. (Lehto 2008.)

Windows-käyttöjärjestelmien jo pitkään sisältämä rdp (remote desktop protocol) mahdollistaa käyttöjärjestelmien ajamisen virtuaalikoneina palvelimissa. Käyttäjakohtainen työaseman levykuva tallennetaan palvelimelle, minkä jälkeen käyttäjällä on mahdollisuus ottaa siihen yhteys miltä tahansa samaan verkkoon liitetyltä työasemalta ja saada aina oman työpöytänsä sisältämät määrittelyt käyttöönsä. Tätä tekniikkaa on pyritty tehostamaan konseptilla, jonka yleisnimitys on vdi (virtual desktop infrastructure). Sen sisältämän välityspalvelimen avulla sisäänkirjautuville käyttäjille annetaan oma virtuaalikone yhteisestä poolista, jolloin jokaiselle käyttäjälle ei tarvitse varata omaa virtuaalikonetta. Parhaillaan kehitetään myös käyttäjäprofiilien virtualisointia. Tällöin käytössä olisi yksi yhteinen käyttöjärjestelmän levykuva, johon lisättäisiin käyttäjäkohtaiset lisämääritykset. Näin säästettäisiin jälleen tilaa palvelimelta. (Hämäläinen 2009 c, 53.)

Sovellus- ja työpöytävirtualisointi ovat yhteneväisiä siten, että molemmissa sovellukset onärkevintä toimittaa virtuaalikoneille virtualisoituina. Käyttäjille tarvitaan vain yksi yhteinen levykuva, josta löytyvät kaikille yhteiset sovellukset. Muut tarvittavat sovellukset käynnistyvät virtualisoituina kuvaketta klikkaamalla. Työpöytävirtualisointi on tallennustilan virtualisoin-

nin tapaan vasta kasvattamassa suosiotaan. Koska uusi Windows 7 on astetta virtualisointiystävällisempi, työpöytävirtualisoinnin uskotaan kasvavan tulevaisuudessa Gartnerin ennustuksen mukaisesti. (Hämäläinen 2009 c, 53.)

### 2.2.3 Tallennustilan virtualisointi

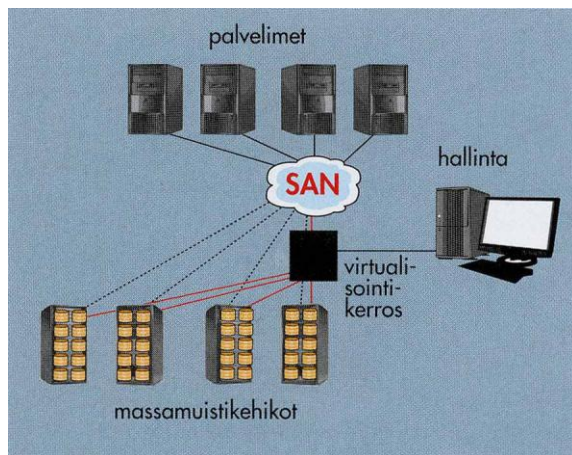
Kun palvelinten virtualisointi on nykyään monissa organisaatioissa jo arkipäivää, tallennustilan virtualisointi on vasta suosionsa alkutaipaleella. Sen tekniikka onkin monimuotoisempaa, eikä säästöäkään tule yhtä helposti. Palvelinvirtualisoinnin kustannustehokkuuden selittää pääasiassa se, että niiden kuormitusta voidaan helposti jakaa eri fyysisille palvelimille ja siirrellä niitä esimerkiksi muutosten ja huoltotöiden vaatiessa. Tämä kuitenkin edellyttää yleensä sitä, että palvelimet ja tallennustilat on erotettava toisistaan. Massamuistit sijaitsevat omilla laitteissaan ja niihin liikennöidään palvelimesta verkon yli. (Hämäläinen 2009 b, 55.)

Keskitettyllä tallennuslaitteistolla voidaan esimerkiksi kasvattaa levytilaa siten, että yksittäisillä levypakoilla ja palvelimien näkemillä loogisilla levyasemilla ei ole fyysistä vastaavuutta. Tallennuksen virtualisoinnille ei kuitenkaan yleensä ole tarvetta vielä yhden tai kahden kehikon tarjoamissa toiminnoissa. Tallennuksen virtualisoinnin tarve kasvaa myös sitä mukaa, mitä moninaisempia tallennusjärjestelmiä käytetään. Tällaisia ovat esimerkiksi varmistus-, kahdenus- ja etäpeilausratkaisut. (Hämäläinen 2009 b, 56.)

Tallennus- ja tiedonhallintaratkaisuja toimittavan Netapp-yhtiön it-ammattilaisille tekemän kyselyn mukaan virtualisoinnin mahdollistama hallinnan joustavuus ja siitä seuraava kustannusten aleneminen halutaan mukaan myös tallennusratkaisuihin. Vastaajien vaatimuslistalla olivat muun muassa tietojen erinomainen saatavuus, järjestelmän suorituskyky, häiriötilanteista toipuminen sekä tallennustehokkuus. Tallennusvirtualisointi mahdollistaa esimerkiksi päällekkäisten tietojen poistotekniikan ja pikakopioinnin, jotka molemmat parantavat tallennustehokkuutta merkittävästi. (Karkimo 2009 a.)

Tallennuksen virtualisoinnissa fyysiset tallennusjärjestelmät ovat piilotettuina virtualisointikerroksen alle. Palvelimille tallennustila näkyy yhtenäisellä tavalla ja se tarjoaa tallennusjärjestelmiin yhtenäisen rajapinnan (kuvio 6.). Tällöin tallennustilaa voidaan esimerkiksi laajentaa, yhdistellä ja siirrellä joustavammin kuin fyysisissä laitteissa olevia tietoja. Lisäksi virtualisoi-

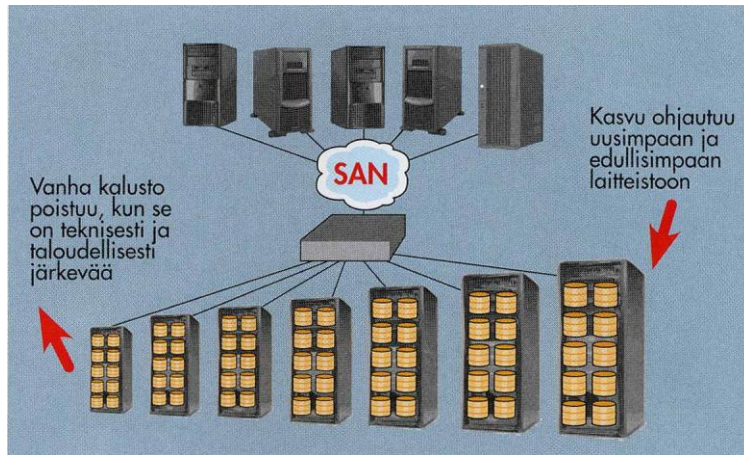
dussa palvelinympäristössä tietojen siirtäminen onnistuu ajamatta palvelimia alas siirron ajaksi. Niin ikään huollot ja migraatiot voidaan tehdä taustatoimintona. (Hämäläinen 2009 b, 56.)



Kuvio 6. Tallennusvirtualisointi korvaa palvelimilta massamuisteille kulkevat tallennusverkko-yhteydet virtualisointikerroksella (Hämäläinen 2009 b, 56)

Tallennusvirtualisointi on yksi keino helpottaa monenkirjavan tallennuslaittekannan hallintaa. Yleensä siirtyminen seuraavan sukupolven laitteisiin kestää oman aikansa, joten se tulee suunnitella huolellisesti ennen varsinaisia laitehankintoja. Myöskään vanhat laitteet eivät todennäköisesti jouda heti eläkkeelle, vaan niitä käytetään vielä jopa pari vuotta esimerkiksi vähemmän kriittisen tiedon tallennukseen. Tässä migraatiovaiheessa vanhat ja uudet laitteistot ovat siis käytössä rinnakkain, mikä lisää erilaisten laitteistojen määrää entisestään. Parhaimmassa tapauksessa tallennusvirtualisointi voi muuttaa nämä tallennusjärjestelmien laajennukset toistuvista yksittäisistä projekteista hallituksi prosessiksi (kuvo 7.). Lisäksi tallennusvirtualisoinnilla pyritään yleensä eri valmistajien järjestelmien yhdessä toimimisen parantamiseen. Tähän tarkoitukseen on olemassa myös monia kolmansien osapuolten ohjelmistoja. (Hämäläinen 2009 b, 55 - 56.)





Kuvio 7. Tallennusjärjestelmien laajentaminen tallennusvirtualisoinnin avulla (Hämäläinen 2009 b, 56)

Täysin virtualisoidun tallennusjärjestelmän luominen ei ole aivan halpa investointi. Lasku kasvaa sitä mukaa, mitä enemmän yhteyksiä tallennusjärjestelmien välille halutaan, huolimatta siitä, että erityyppisten ja -merkkisten järjestelmien välille on saatavilla niiden välisiä eroavaisuuksia peittäviä ohjelmistoja. Uuden järjestelmän hankinnan yhteydessä on päätettävä, korvaako se vanhan kokonaan, vai jätetäänkö vanha toimimaan uuden rinnalle. Lisenssihinnot määräytyvät yleensä, hieman toimittajasta ja järjestelmästä riippuen, tallennettavan datan ja kapasiteetin mukaan. Jos järjestelmiä ei ole tarkoitus ajaa rinnakkain migraatiovaiheen jälkeen, virtualisointiohjelmien lisenssit tarvitaan vain rinnakkaiselon ajaksi. (Hämäläinen 2009 b, 56.)

#### 2.2.4 Windows 7 XP Mode

Vastikään myyntiin tullessa uudessa Windows 7 -käyttöjärjestelmässä on Windows XP Mode -niminen ominaisuus, jonka avulla siinä on mahdollista ajaa Windows XP Service Pack 3 -käyttöjärjestelmää virtuaalisesti Microsoft Virtual PC -ohjelmiston avulla (kuvio 8.). Ominaisuus on suunniteltu pääasiassa pienille ja keskisuurille yrityksille lisäämään yhteensopivuutta erikoisempien ohjelmistojen suorittamiseen, mikä oli yksi Windows Vistan suurimmista kompastuskivistä. Toiminto sisältyy Windows 7:n Professional-, Business- ja Ultimate -versioihin. Huomioitavaa kuitenkin on, että se vaatii toimiakseen prosessorin, johon sisältyy AMD-VTM- tai Intel VT -virtualisointituki. Lisäksi toiminto mahdollistaa USB-laitteiden liittämisen Windows XP Moden ohjelmiin suoraan Windows 7:n tehtäväpalkista sekä ohjel-



mien käynnistämisen jump list -valikon kautta. Windows XP Moden avulla luodut tiedostot voidaan tallentaa haluttuun kohteeseen. (Suvanto 2009.)



Kuvio 8. Windows 7 XP Mode (Suvanto 2009)

### 2.3 Virtualisoinnin hyödyt

Virtualisoinnin käyttöönottoa organisaatioissa perustellaan useimmiten kustannuksissa säästämällä ja ylläpidon helpottumisella. Yksi virtualisoinnin tärkeimmistä tavoitteista on laitteistojen käyttöasteen parantaminen. Sen vuoksi virtualisoinnin kohteiksi valitaan useimmiten vähiten kuormitetut palvelimet. Tällaisia ovat esimerkiksi työryhmäkohtaiset tiedosto- ja tulostuspalvelimet, sovelluskehityskäytössä olevat testipalvelimet ja pieniä erityisryhmiä palvelevat sovellus- ja tietokantapalvelimet. Kun edellä mainittujen palvelinten käyttöaste on tavallisesti viiden ja viidentoista prosentin välillä, ne eivät juurikaan kuluta uudehkojen monisuoritinpalvelinten tehoja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yhdellä modernilla monisuoritinpalvelimella voidaan ajaa jopa kymmeniä vanhojen koneiden palveluita. Virtualisointi helpottaa palvelinten hallintaa, kun todennäköisesti suurimmin kasvutarpeen omaavat palvelut virtualisoidaan. Kevyempiä virtuaalipalvelimia voi helposti myöhemmin siirtää pois tieltä toisille palvelimille ja liian pieneksi käynyt virtualisoitu palvelin on helppo siirtää suuremmalle laitteistolle. (Hämäläinen 2007, 63.)

Useimmat palvelinsovellukset kuormittavat siis laitteistoa vain muutaman prosentin edestä, mutta ohjelmistojen valmistajat eivät yleensä takaa sovellustensa toimintaa, jos samassa fyysisessä laitteessa ajetaan muitakin sovelluksia. Virtualisoitaessa jokaiselle sovellukselle annetaan oma käyttäjärjestelmätahtuma, minkä ansiosta kaikki sovellukset ovat toisistaan täysin eris-

tettyjä. Näin laitteistojen käyttöastetta saadaan nostettua. Tämä tuo säästöjä muun muassa laitekustannuksissa, konesalien kehikkotilassa, energiankulutuksessa ja jäähdytyskuluissa. (Hämäläinen 2009 d, 54.)

Pienemmätkin yritykset voivat hyötyä virtualisoinnin käyttöönotosta. Esimerkiksi ohjelmistokehittäjille se luo edullisesti joustavat testaus- ja kehitysympäristöt, joihin palvelimia tarvitaan usein vain lyhyiksi ajoiksi kerrallaan. Ylimääräisiä testilaitteistoja ei tarvitse hankkia ja virtuaalipalvelimia voidaan määritellä valmiiksi erilaisia tarpeita varten. Testausympäristössä myös muutosten hallinta helpottuu, kun edelliseen versioon on tarvittaessa helppo palata. (Hämäläinen 2009 d, 55.)

#### 2.4 Virtualisoinnin uhat

Erikoisempia laitteistoratkaisuja käyttävät palvelimet eivät puolestaan sovellu yhtä helposti virtualisoitaviksi. Jo virtualisointiohjelmien valmistajien usein hyvinkin tiukat tuettujen laitteistojen vaatimukset aiheuttavat ongelmia. Epästandardeja oheislaitteita ei yleensä tueta. Esimerkiksi USB-liitäntäisiä lisälaitteita vaativien ohjelmistojen virtualisointi voi olla ongelmallista. (Hämäläinen 2007, 63.)

Jo valmiiksi korkealla kuormituksella olevien palvelinten virtualisointi ei välttämättä hyödytä organisaatiota ainakaan kustannusten säästämiseksi. Toisaalta jotkin niin sanotusti älykkäät ohjelmistot pyrkivät sovittamaan toimintansa käytettävän laitteiston kapasiteetin mukaan. Tällaiset ohjelmistot voivat aiheuttaa ikäviä yllätyksiä virtualisoituina. Tästä esimerkkinä Microsoft Exchange Server 2007, joka pyrkii säätämään toimintaansa käytössä olevien laitteistoresurssien ja jarruttelemaan esimerkiksi sähköpostiruuhkan vastaanottamista verkosta puskurialueidensa tultua täyteen. Virtualisointi voi siis sotkea ohjelman älykkyyden, jolloin ohjelman toiminta hidastuu tarpeettomasti. (Hämäläinen 2007, 63.)

Suurissa organisaatioissa virtualisointiympäristö on erittäin harvoin täysin yhdenmukainen. Erilaista tekniikkaa kertyy usein esimerkiksi kokeilujen myötä tai sovellusten tarpeiden mukaan. Tämä johtaa alustojen ja ohjelmistojen pirstaloitumiseen, mikä puolestaan luo tarvetta alustasta riippumattomien hallintaohjelmien käytölle. Tämän vuoksi useimmissa vähänkään suuremmissa yrityksissä hallinnan rutiinit on tuotu yhdenmukaisten käyttöliittymien alle pelkästään laitetuottajien hallintaohjelmien sijaan. Tällaisia riippumattomia järjestelmänhallin-

taohjelmia toimittavat muun muassa BMC Software ja Computer Associates. Lisäksi kehittyneitä hallintaohjelmia tarjoavat esimerkiksi laitteistotoimittajista palvelutaloiksi laajentuneet HP ja IBM. (Hämäläinen 2009 a, 55.)

Virtualisoidun ympäristön käyttöönotto kannattaa siis suunnitella huolellisesti. Jos kaikki vanhat palvelimet siirretään uuteen tehokkaaseen virtualisoituun palvelimeen, on tiedossa todennäköisesti ongelmia. Viisaampaa on luoda useampi palvelin, joille jätetään jonkin verran vapaita resursseja. Tällöin yhden laitteen vikaantuessa voidaan sillä ajettavat virtuaalipalvelimet siirtää toiselle fyysiselle palvelimelle. Mikäli fyysiset palvelimet ovat keskenään eri valmistajien laitteita, siirtämiseen yhteydessä saatetaan törmätä yhteensopivuusongelmiin. Eri valmistajien ratkaisut eroavat hallittavuudeltaan toisistaan melkoisesti. (Hämäläinen 2007, 64.)

Parhaiten virtualisointi sopii suurille organisaatioille. Virtualisointi vaatii tehokkaat palvelimet, joissa on paljon keskusmuistia. Vikatilanteiden varalta hyödyllinen erillinen tallennusverkko on myös kallis investointi. Yleensä kaikki vähänkään edistyneemmät virtualisointisovellukset ovat maksullisia, eivätkä virtuaalisovelluksetkaan tuo säästöä, koska niiden lisenssit maksavat samalla tavalla kuin erillisissäkin palvelimissa. (Hämäläinen 2009 d, 55.)

## 2.5 Tietoturva virtualisoinnissa

Virtualisointi ei poista tietoturvan merkitystä eikä varsinkaan sen tarvetta. Virtualisoinnin suosion kasvamisen myötä tietoturva on jäänyt virtualisointiohjelmien valmistajien osalta hieman sivuosaan. Sen sijaan yrityksissä tietoturvaa pidetään yhtenä suurimmista virtualisoinnin huolenaiheista. VMwaren teettämän tutkimuksen mukaan tietoturva on yksi suurimmista tekijöistä, jotka hidastavat virtualisoinnin käyttöönottoa suomalaisyrityksissä. Tutkimuksen mukaan 32 prosenttia yrityksistä on varma, että palvelinvirtualisointi tuo uusia tietoturvauhkia. Lisäksi 45 prosenttia vastaajista pitää tätä hyvin todennäköisenä (kuviokuva 9). (Karkimo 2008.)

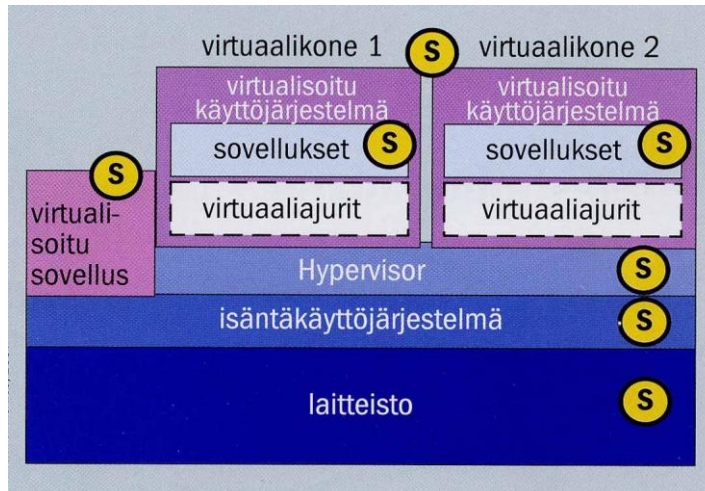


Kuvio 9. Suomalaisyriyten vastaus VMwaren teettämään kyselyyn tuoko palvelinvirtualisointi uusia tietoturvahaukia (Karkimo 2008)

Oman haasteensa ylläpitoon on tuonut myös se, että virtuaaliympäristöjen tietoturvan hallinta on usein erillään muun verkon tietoturvasta. Jos virtuaaliympäristöjen sisään ei ole näkyvyyttä, esimerkiksi tietoturvan auditointi eli järjestelmällinen testaaminen on mahdotonta. (Karkimo 2008.)

Virtuaaliset ympäristöt ovat muiden nopeasti yleistyvien ohjelmistojen tavoin alkaneet luonnollisesti kiinnostaa sekä hakkereita että tietoturva-yrityksiä. Virtualisoidujen palvelinympäristöjen hallittavuus on helpompaa, mikä osaltaan parantaa myös tietoturvaa. Virtualisoidut sovellukset voidaan helposti eristää toisistaan, kun jokaista sovellusta ajetaan omassa virtuaalikoneessaan. Tällä tavoin mahdollisesti saastunut sovellus voidaan palauttaa erillään tuotantoverkosta olevasta levytiedostosta. Myös sovellusten käsittelemä tieto kannattaa tallentaa eri paikkaan kuin itse sovellus. Yhden käyttöjärjestelmän palvelimissa tämä usein unohtuu, vaikka olisi suositeltava toimintatapa myös niissä. Sen sijaan virtualisoidussa palvelinympäristössä se on luonteva tapa toimia. (Hämäläinen 2008, 61.)

Pelkästään virtualisoinnin käyttöönotolla ei siis kuitenkaan välttyä vielä miltään tietoturvahaukilta. Kaikki hyökkäykset ja hyväksikäyttökoodit toimivat yhtäläillä virtualisoiduissa palvelimissa samalla tavalla kuin fyysisissäkin palvelimissa. Lisäksi virtuaalisia palvelimia on yleensä huomattavasti enemmän kuin fyysisiä, mikä kasvattaa ylläpidon tarvetta. Virtualisoidussa palvelinympäristössä onkin monia mahdollisia haavoittumiskohtia, joiden suojaaminen perinteisten tietoturvaohjelmistojen avulla on hankalaa tai jopa mahdotonta (kuviot 10.). (Hämäläinen 2008, 62.)



Kuvio 10. Virtuaaliympäristön vaaranpaikat (merkitty S-kirjaimilla) (Hämäläinen 2008, 62)

Isäntäkäyttöjärjestelmien alaisuudessa toimivien virtualisointiympäristöjen tapauksessa on huolehdittava erityisesti isäntäkäyttöjärjestelmän tietoturvasta. Haittaohjelmien saastuttama isäntäkone on suuri uhka myös kaikille virtuaalikoneille, koska isäntäjärjestelmä hallitsee kaikkia sen alaisuudessa toimivia virtuaalikoneita. Ilman isäntäkäyttöjärjestelmää toimivissa hypervisor-virtualisointiratkaisuissa tätä ongelmaa ei luonnollisesti ole. (Hämäläinen 2008, 61.)

Virtuaalisoitujen ympäristöjen suojaamista vaikeuttaa myös se, ettei tavallisia tietoturvaohjelmistoja ole alun perin suunniteltu niiden suojaamiseen. On resurssien tuhlausta asentaa erikseen jokaiseen virtuaalipalvelimeen viruksentorjuntaohjelmisto ja tunkeilijoiden torjuntaohjelmisto. Fyysisen palvelimen muistin ja suorituskehon hävikin lisäksi joudutaan maksamaan myös ylimääräisiä lisenssimaksuja. Virtuaalipalvelimille suunnitellaan kuitenkin koko ajan enemmän tietoturvaohjelmistoja. Virtualisoitu ympäristö aiheuttaa sekä haasteita että mahdollisuuksia näiden toteuttamiseen. Tiedostoiksi tallennetut virtuaalikoneet voidaan esimerkiksi tarkistaa uusimpien haittaohjelmien varalta jo ennen niiden aktivoimista palvelimissa. (Hämäläinen 2008, 62.)

Tietoturvallinen virtualisointiratkaisu syntyy, kun samassa fyysisessä palvelinlaitteistossa toimivat virtuaalikoneet eivät koskaan pääse kommunikoimaan suoraan keskenään. Tätä kutsutaan hiekkalaatikkoperiaatteeksi, jonka murtuminen voi johtaa tietoturvaongelmiin. Yksi virtualisoitujen palvelinympäristöjen tietoturvaohjelma on myös se, että virtuaalikoneet kommunikoivat ulkomailman kanssa verkkosovittimien välityksellä, jotka myös ovat virtualisoituja. Näiden kautta voi avautua uhkaavia oikoteitä, jotka johtuvat esimerkiksi virheellisistä asetuk-

sista tai ohjelmointivirheistä. Verkkoliikenne on kuitenkin mahdollista ohjata kulkemaan aina fyysisen verkon kautta palvelimen sisäisen virtuaaliverkon sijasta. Tällöin pääsynrajoitukset ja liikenteen valvonta voidaan hoitaa perinteisillä palomuu- ja tietoturvaratkaisuilla. (Hämäläinen 2008, 61.)

Nykyään uusin virtualisoinnin tietoturvan uhkatyyppi on hypervisor-kerroksen tietoturva-  
aukot. Hypervisor-kerrokseen kohdistuva palvelunestohyökkäys voi pahimmillaan kaataa tai halvaannuttaa sen siten, että kaikki sen alaisuudessa toimivat virtuaalikoneet saastuvat. Vielä vaarallisempaa on, jos yhteen virtuaalikoneeseen päässyt haittaohjelma murtautuu hypervisor-kerroksen kautta myös muihin virtuaalikoneisiin tai isäntäkäyttöjärjestelmään saastuttaen koko ympäristön. Pahimmassa tapauksessa virtuaalipalvelimeen on päässyt rootkit-tyyppinen haittaohjelma, joka voi esimerkiksi käynnistää omia virtuaalikoneitaan, jotka eivät näy järjestelmän hallintaohjelmille. (Hämäläinen 2008, 61.)

On kuitenkin hyvä muistaa, ettei virtualisointi ole synonyymi tietoturva-uhkalle. Palvelimia on yleensä huomattavasti vähemmän kuin työasemia. Lisäksi suurin osa niistä on yleensä kytketty organisaatioiden sisäverkkoihin, joissa ne ovat varsin hyvässä suojassa Internetin kautta tulevilta hyökkäyksiltä. Mitä vähemmän virtuaalipalvelimia on näkyvissä suoraan Internetissä, sitä vähemmän ne houkuttelevat hakkereita. (Hämäläinen 2008, 62.)

## 2.6 Lisensointi virtualisoinnissa

Vaikka virtualisointi tarjoaa oivan mahdollisuuden säästää laitteistokustannuksissa, se ei poista ohjelmistolisensseistä muodostuvia kustannuksia. Käyttöjärjestelmien virtualisoinnissa on muistettava, että myös jokaisella virtualisoidulla käyttöjärjestelmällä on oltava voimassa oleva lisenssi. Tavallisimmassa tapauksessa ei ole merkitystä, käytetäänkö ohjelmistoa virtuaalikoneissa vai fyysisissä koneissa, vaan palvelin- ja käyttäjälisenssit on hankittava joka tapauksessa. Joissain tapauksissa itse virtualisointisovelluksen voi kuitenkin saada ilmaiseksi. Esimerkiksi VMware ja Microsoft tarjoavat isäntäkäyttöjärjestelmän alaisuudessa toimivat perusversiot ilmaiseksi. Sen sijaan laitteistopohjaisista hypervisor-ratkaisuista joutuu maksamaan lisenssimaksuja, joiden hinnat alkavat noin tuhannesta eurosta. Hinta nousee laitteiston tehon ja virtuaalikoneiden lukumäärän myötä. Virtualisoinnin hallintaohjelmistot ovat valmistajien rahasampoja ja näin uskotaan olevan myös tulevaisuudessa. Hallintaohjelmistojen tarve tulee

kasvamaan edelleen, koska myös virtualisoinnin suosio on kasvanut viime vuosina jatkuvasti. (Hämäläinen 2007, 62.)

Vuonna 2008 Microsoft teki lisenssiehtoihinsa pienen, mutta monelle yritykselle tärkeän muutoksen. Sen mukaan ohjelmistolisenssit eivät enää ole sidottuna palvelinrautaan, vaan jatkossa lisenssit voivat liikkua vapaasti prosessorilta tai palvelimelta toiselle. Aiemmasta poiketen lisenssit ovat nyt sidottuna virtualisoituun palvelinjärjestelmään. Entinen lisenssiehto vaikeutti virtualisointia merkittävästi, koska nykyajan tyypillinen virtualisointijärjestelmä on rakennettu siten, että pohjalla on useita palvelimia ja niiden päällä virtualisointikerros, jossa palvelinkäyttöjärjestelmiä ja niiden ohjelmistoja voidaan liikutella helposti koneelta toiselle. (Kotilainen 2008.)

### 3 TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko kolmella eri virtualisointiohjelmalla merkittäviä eroja esimerkiksi käytettävyydessä, ominaisuuksissa, nopeudessa ja suorituskyvyssä. Testauksissa oli tarkoituksena löytää kotikäyttäjän kannalta mahdollisimman helppokäyttöinen ja varmatoiminen virtualisointiohjelma, jolla useamman käyttöjärjestelmän yhtäaikainen käyttäminen sujuisi vaivattomimmin. Työssä kaikilla ohjelmilla suoritettiin kaksi erilaista testiosuutta. Ensimmäisessä osuudessa testattiin kotikäyttäjän kannalta oleellisten toimintojen, eli oheislaitteiden toimintaa. Toisessa osuudessa mitattiin virtuaalikäyttöjärjestelmien käynnistysnopeuksia eri virtualisointiohjelmilla. Tämä testaus suoritettiin kahdella eri isäntälaitteistolla, jotta erot tulisivat paremmin esille.

#### 3.1 Tutkimustehtävän määrittely

Jokaisella kolmella virtualisointiohjelmalla virtualisoitiin Microsoft Windows XP Professional ja Linux Ubuntu -käyttöjärjestelmät. Sama toistettiin molemmilla isäntälaitteistoilla. Ubuntuista käytettiin sen uusinta versiota 9.10.

Tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Tutkimuksessa pyrittiin siis keräämään sellaista havaintoaineistoa, jonka avulla virtualisointiohjelmien välillä olevia eroja pystyttiin luonnehtimaan järkevästi. Tällainen ero on esimerkiksi USB-laitteiden tuki, joka ei sisällynyt yhteen testatuista ohjelmista, Microsoft Virtual PC 2007:ään. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, löytyykö kahden ilmaisen ja yhden maksullisen virtualisointiohjelman joukosta kotikäyttäjälle sopiva ohjelma. Tavoitteena on, että virtuaalikäyttöjärjestelmän avulla käyttäjällä on käytettävänä toinen täysiverinen käyttöjärjestelmä isäntäkäyttöjärjestelmän lisäksi. Tämä tarkoittaa sitä, että virtuaalikoneen on esimerkiksi tuettava monia erilaisia oheislaitteita. Virtuaalikoneen tulisi myös toimia isäntäjärjestelmän tehoihin nähden kohtuullisella nopeudella, jotta työskentely on sujuvaa. Hidastelu saattaa johtua ohjelmien yhteensopimattomuudesta tai siitä, ettei jonkin käyttöjärjestelmän virtualisointi ole tuettua tietyllä virtualisointiohjelmalla.



### 3.2 Isäntäjärjestelmät

Testauslaitteina oli pöytäkone sekä kannettava tietokone. Seuraavassa molempien laitteistojen tärkeimmät tekniset tiedot (taulukko 1.).

Taulukko 1. Testauslaitteistojen tärkeimpiä teknisiä tietoja

	Pöytäkone	Kannettava
Prosessori	AMD Athlon 64 Processor 3500+ 2,21 GHz	AMD Athlon 64 X2 Dual-Core Processor TK-57 1,90 GHz
Keskusmuisti	2 Gt	2 Gt
Näytönohjain	NVIDIA GeForce 6600 256 Mt	ATI Radeon X1250
Käyttöjärjestelmä	Windows XP Professional (Service Pack 3)	Windows Vista Home Premium (Service Pack 2)

Jokaisessa kolmessa virtualisointiohjelmassa on mahdollisuus määrittellä virtuaalikäyttöjärjestelmille annettavat keskusmuistin ja kiintolevytilan määrät. Määrittely voidaan tehdä joko virtuaalikoneen asennuksen yhteydessä, tai myöhemmin ohjelman asetuksista. Testit tehtiin kaikkien näiden asetusten ollessa ohjelmien ehdottamissa oletusarvoissa. Seuraavassa taulukossa on kerrottu nämä tiedot jokaisen ohjelman ja virtuaalikäyttöjärjestelmän osalta (taulukko 2.). VMware Workstation tunnisti automaattisesti asennettavan virtuaalikäyttöjärjestelmän tyyppin ja määritteli keskusmuistin ja kiintolevytilan määrän automaattisesti. Sun VirtualBox sisältää valikon, jossa on kattava joukko eri käyttöjärjestelmiä. Näistä virtualisoitavaa käyttöjärjestelmää vastaavan valitsemalla ohjelma määrittelee sille keskusmuistin ja kiintolevytilan. Microsoft Virtual PC sisältää myös VirtualBoxin kaltaisen valikon, mutta siinä valittavana on vain Microsoftin käyttöjärjestelmiä ja muu-vaihtoehto.

Taulukko 2. Virtuaalikäyttöjärjestelmien käyttämät keskusmuistit ja kiintolevytilat eri ohjelmilla

	Keskusmuisti		Kiintolevytila (max)	
	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10
Microsoft Virtual PC	128 MB	128 MB	65 GB	16 GB
Sun VirtualBox	192 MB	384 MB	10 GB	8 GB
VMware Workstation	512 MB	512 MB	40 GB	20 GB

### 3.3 Käytettävät virtualisointiohjelmat

Microsoft Virtual PC ja Sun VirtualBox valittiin tutkimukseen siksi, että ne molemmat ovat ilmaisia ja yksinkertaisia virtualisointisovelluksia, jotka soveltuvat erinomaisesti kenelle tahansa kotikäyttäjälle. Tämän lisäksi kaikkien käytettyjen virtualisointiohjelmien tuli toimia Windows-isäntäkäyttöjärjestelmässä. VMware Workstation valittiin kolmanneksi ohjelmaksi pääasiassa siksi, että siitä on saatavilla ilmainen 30 päivän kokeiluversio, joka sisältää kaikki maksullisen version ominaisuudet. Toisena syynä oli se, että VMware on yksi maailman suurimmista virtualisointiohjelmien valmistajista, joka on erikoistunut esimerkiksi organisaatioiden palvelinten virtualisointiin. Tästä johtuen VMware Workstation tarjosi jonkin verran ammattimaisemman ja raskaamman vaihtoehdon myös kotikäyttäjän virtualisointiin.

#### 3.3.1 Microsoft Virtual PC

Microsoft Virtual PC -sarjan ohjelmistot muuttuivat ilmaisiksi vuonna 2006. Nykyinen versio on Virtual PC 2007. Windows-isäntäkäyttöjärjestelmien lisäksi se toimii myös Applen OS X:ssä. Ohjelman avulla luoduilla virtuaalikoneilla sen sijaan voi ajaa mitä tahansa käyttöjärjestelmää, joihin käyttäjällä on voimassa olevat lisenssit. (Pitkänen 2008.)

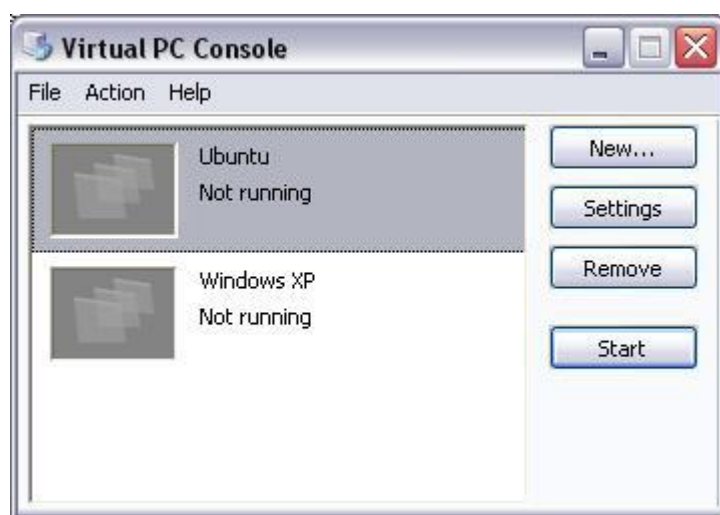
Microsoft suosittelee Virtual PC 2007:ää esimerkiksi vanhojen, mahdollisesti nykyisessä isäntäkäyttöjärjestelmässä yhteensopimattomien ohjelmien suorittamiseen, useiden yhtäaikaisten käyttöjärjestelmien suorittamiseen tai testaamiseen yhdessä fyysisessä tietokoneessa ja uusien ohjelmaversioiden tai käyttöjärjestelmien testaamiseen ennen niiden käyttöönottoa. (Microsoft 2009 a.)

Microsoft Virtual PC 2007:n järjestelmävaatimukset ovat x86- tai x64-pohjainen vähintään 400 MHz -prosessorilla ja Windows-isäntäkäyttöjärjestelmä Home-versioita lukuun ottamatta. Keskusmuistia tarvitaan isäntälaitteiston käyttöjärjestelmän ja virtuaalikäyttöjärjestelmän tarvitsema yhteenlaskettu määrä, samoin vapaata kiintolevytilaa. (Microsoft 2009 b.)

Uuden virtuaalikoneen luominen Microsoft Virtual PC 2007:llä tapahtuu ohjatusti velhotoiminnon avulla. Ohjelmassa on listattu valmiiksi eri käyttöjärjestelmiä, joiden mukaan se ehdottaa sopivaa virtuaalikoneelle annettavaa keskusmuistin ja kiintolevytilan määrää. Lista tosin sisältää vain Microsoftin omia käyttöjärjestelmiä, vaikka virtuaalikoneina luvataan voivan

ajaa melkein mitä tahansa käyttöjärjestelmää. Myöhemmin käytännön testeissäkin Linuxin virtualisointi osoittautui ongelmalliseksi.

Virtuaalikoneen käynnistämisen jälkeen voidaan siihen asentaa haluttu virtuaalikäyttöjärjestelmä. Windows XP:n virtualisointi onnistui molemmilla testilaitteilla helposti. Asennus tapahtuu aivan kuten fyysisissäkin laitteissa. Virtual PC:n tapauksessa kannattaa muistaa, että virtuaalikoneeseen juuttunut hiiren kursori saadaan takaisin fyysiseen järjestelmään painamalla alt gr ja siirtämällä kursori pois virtuaalikoneen ikkunasta. Hiiren rulla ei toiminut Virtual PC:llä virtualisoiduissa käyttöjärjestelmissä. Muilla testatuilla virtualisointiohjelmilla virtualisoiduissa käyttöjärjestelmissä rulla toimi normaalisti. Asennusohjelman päätyttyä virtuaalikäyttöjärjestelmä on valmis käynnistettäväksi ohjelman hallintakonsolista (kuvio 11.). Samasta paikasta voidaan myös määritellä monipuolisesti virtuaalikoneiden asetuksia. Testeissä käytetyn Microsoft Virtual PC 2007:n versio oli 6.0.192.0.



Kuvio 11. Microsoft Virtual PC:n käyttöliittymä

Microsoft Virtual PC:n ei luvata tukevan Windows Home -sarjan käyttöjärjestelmiä lainkaan. Tästä huolimatta Virtual PC toimi moitteettomasti testilaitteistossa, jonka isäntäkäyttöjärjestelmänä oli Windows Vista Home Premium. Ainoa haitta oli yhteensopimattomuudesta varoittava virheilmoitus ohjelman käynnistyksen yhteydessä (kuvio 12.).



Kuvio 12. Virtual PC:n virheilmoitus Vista Home Premium -käyttöjärjestelmässä

Ubuntun asentaminen virtualisoituna Virtual PC:llä meinasi osoittautua mahdottomaksi tehtäväksi, mutta onnistui lopulta. Normaalilta Live-CD:ltä asennettaessa asennusohjelma jumittui kerta toisensa jälkeen heti alkuvalikon jälkeen. Lopulta ratkaisuna oli ladata Ubuntun Internet-sivustolta Alternate Installation -levy, jossa ei ole graafista käyttöliittymää. Tältä levyltä virtuaalikäyttöjärjestelmän asennus onnistui täysin normaalisti. Virtual PC:llä virtualisoidut Ubuntu-käyttöjärjestelmät toimivat jostain syystä molemmissa testilaitteistoissa huomattavasti hitaammin, kuin muilla testatuilla virtualisointiohjelmilla virtualisoidut Ubuntut. Ubuntu-virtuaalikoneiden käynnistyminen ei kestänyt juuri muiden ohjelmien vastaavia pidempään, mutta varsinainen käyttöjärjestelmän käyttäminen oli tahmeaa.

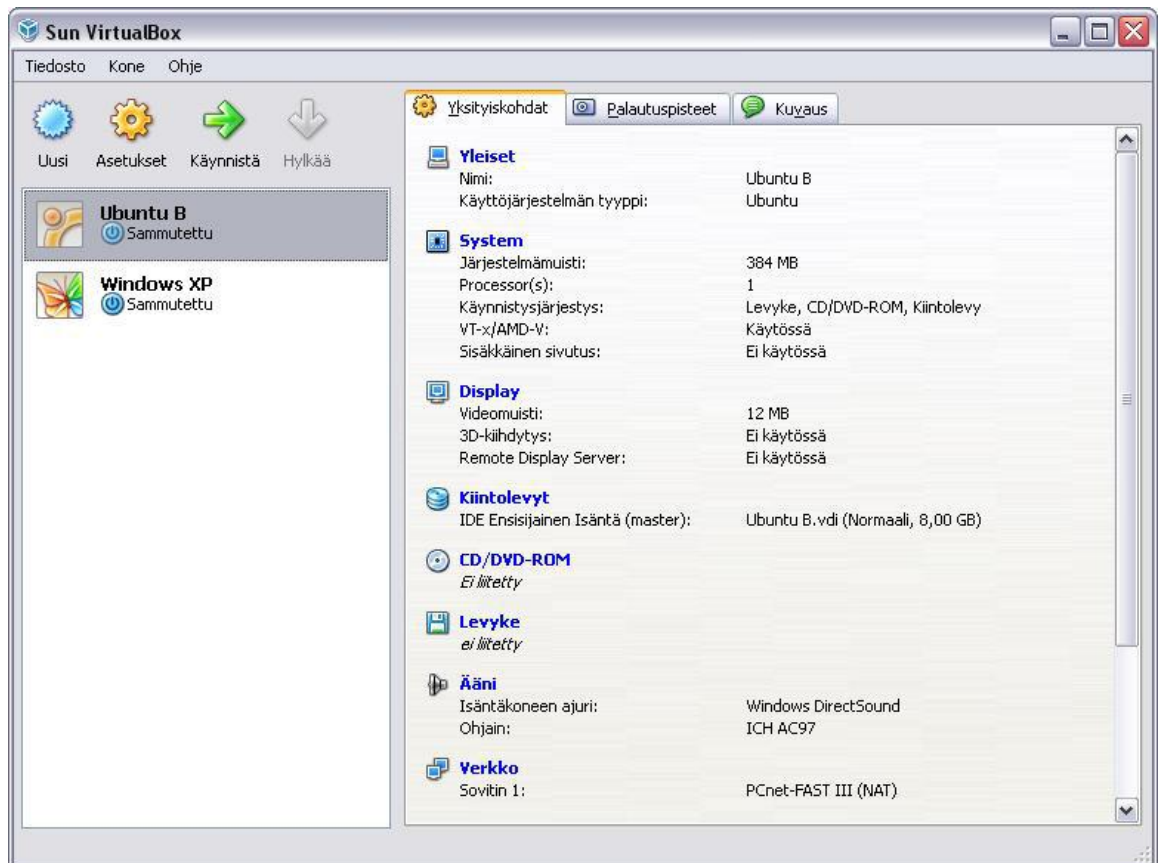
### 3.3.2 Sun VirtualBox

VirtualBox on Sun Microsystemsin avoimeen lähdekoodiin perustuva virtualisointiohjelma. Ohjelma toimii Windowsilla, Linuxilla ja Macilla ja sillä voi ajaa näitä kaikkia käyttöjärjestelmiä toistensa sisällä virtuaalikoneissa. (Pitkänen 2009.)

VirtualBox luo tarvittavat virtuaalilevyt tiedostoina, joiden kokoa voi tarvittaessa kasvattaa. Ohjelman useiden käyttöjärjestelmien asennus hoidetaan helppojen velhotoimintojen avulla. Virtuaalikoneet voivat käyttää isäntäkoneen cd- ja dvd-asemia, kuten myös sarjaportteja ja äänikorttia. Tiedostojen jako isäntä- ja virtuaalikoneen välillä tapahtuu samba-verkkojakojen kautta. (Pitkänen 2009.)

Sun Microsystemsin VirtualBoxille ilmoittamat järjestelmävaatimukset Windows-isäntäkäyttöjärjestelmää käytettäessä ovat melko suppeat. Ainoa rautapohjainen vaatimus on 32- tai 64-bittinen prosessori. Isäntäkäyttöjärjestelmistä tuettuja ovat Windows XP, Windows Server 2003, Windows Server 2008 ja Windows Vista. (Sun Microsystems 2009.)

Myös VirtualBoxissa uudet virtuaalikoneet luodaan asennusvelhon avulla. Ohjelmassa on valmiiksi valittavissa monia eri käyttöjärjestelmiä, joiden mukaan se suosittelee eri virtuaalikoneille annettavan keskusmuistin ja kiintolevytilan määrän. Lista on huomattavasti Virtual PC:n vastaavaa laajempi sisältäen Windows-käyttöjärjestelmien lisäksi runsaasti muun muassa Linux- ja Solaris-käyttöjärjestelmien eri versioita. VirtualBoxissa hiiren saa vapautettua virtuaalikoneesta takaisin isäntäjärjestelmään painamalla oikea ctrl -näppäintä. VirtualBoxilla sekä Windows- että Ubuntu-käyttöjärjestelmien asentaminen virtualisoituna onnistui molemmissa testilaitteistossa kertaheitolla. Virtuaalikoneet teknisine tietoineen näkyvät ohjelman pääikkunasta, josta voidaan myös määritellä niiden asetuksia ja käynnistää haluttu virtuaalikäyttöjärjestelmä (kuvio 13.). Uusia versioita julkaistaan ilmeisesti melko tiheään tahtiin, koska ennen testauksia uusin versio oli 3.0.6 ja testausten jälkeen 3.0.10. Testeissä käytettiin VirtualBoxin versiota 3.0.8. Ohjelma on testatuista ainoana suomenkielinen.



Kuvio 13. Sun VirtualBoxin käyttöliittymä

### 3.3.3 VMware Workstation

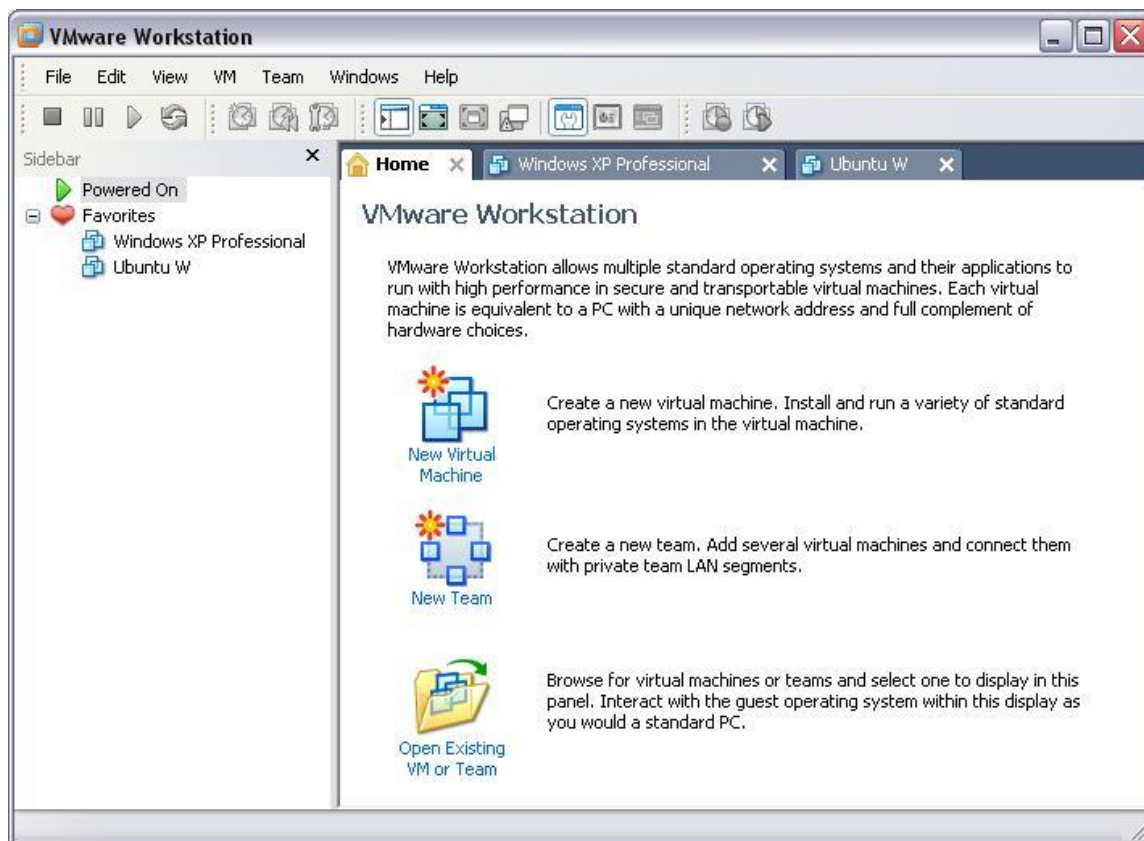
VMware Workstation on erittäin monipuolinen virtualisointiohjelma, joka tukee lähes kaikkia yleisimpiä käyttöjärjestelmiä. Ohjelma on maksullinen, mutta siitä on saatavilla ilmainen 30 päivän kokeiluversio, joka sisältää kaikki maksullisen version ominaisuudet. Myös ohjelman kokeiluversion käyttäminen vaatii rekisteröitymisen VMwaren Internet-sivustolle. Rekisteröitymisen jälkeen käyttäjän tiedoissa määrittelemään sähköpostiosoitteeseen lähetetään tuotetunnus, jonka avulla ohjelma aktivoidaan asennuksen yhteydessä. (Koivisto 2007.)

Ohjelman avulla on mahdollista esimerkiksi ajaa monia yhtäaikaista käyttöjärjestelmiä, testata uusia käyttöjärjestelmiä tai ohjelmistoja eristetyssä ympäristössä sekä testata eri ohjelmistojen määrittämiä nopeasti ja tehokkaasti. Ohjelmakehitysympäristössä VMware Workstation mahdollistaa nopean virhetestauksen usealla eri laitealustalla. Lisäksi virtuaalikone on helppo pa-

lauttaa aiempaan, vakaaseen tilaan mahdollisen virhetilanteen jälkeen. Ohjelman luvataan tukevan yli 200:aa käyttöjärjestelmää. (VMware 2009 a.)

Workstationin laitteistovaatimuksena on x86- tai x64-pohjainen tietokone vähintään 1,3 GHz prosessorilla. Keskusmuistia tarvitaan isäntäkäyttöjärjestelmän ja virtuaalikäyttöjärjestelmän tarvitsema yhteenlaskettu määrä. Ohjelma tukee myös moniydinproessoreita ja sillä on mahdollista virtualisoida 64-bittisiä käyttöjärjestelmiä, mikäli käytössä on AMD-V- tai Intel VT -yhteensopiva prosessori. VMware Workstation tukee isäntäkäyttöjärjestelminä lähes kaikkia mahdollisia Windowsin ja Linuxin eri versioita. Virtuaalikäyttöjärjestelminä on mahdollista ajaa Windowsien ja Linuxien eri versioiden lisäksi muun muassa Novell- ja Solaris -käyttöjärjestelmiä. Macin OS X ei kuitenkaan ole tuettujen listalla. (VMware 2009 b.)

VMware Workstationin virtuaalikoneet luodaan muiden testattujen ohjelmien tapaan asennusvelhon avulla. Ohjelma osoitti ammattimaisuutensa heti alussa tunnistuen automaattisesti CD-asemassa olleen levyn käyttöjärjestelmän tyyppin oikeaksi. Lisäksi se ehdotti niille muihin ohjelmiin nähden moninkertaisen määrän keskusmuistia. Windows XP virtualisoitui molemmilla testauslaitteistoilla normaalisti. Asennus tosin oli hieman erilainen fyysiseen laitteistoon asentamiseen verrattuna. VMware Workstation kysyi melkein kaikki tarvittavat asetukset jo ennen varsinaista asennusta, minkä jälkeen asennus sujui alusta loppuun lähes automaattisesti. Ubuntun virtualisointi ei jostain syystä onnistunut ensimmäisellä yrityksellä kummallakaan testauslaitteistolla. Asennus sujui kyllä näennäisesti normaalisti, mutta virtuaalikonetta käynnistäessä tuloksena oli vain musta näyttö. Toisen asennuskerran jälkeen kaikki toimi normaalisti, vaikka asennus tehtiin täsmälleen samalla tavalla kuin ensimmäiselläkin kerralla. Asennetut virtuaalikoneet ja niiden tekniset tiedot näkyvät ohjelman pääikkunassa (kuvio 14.), josta on mahdollista myös muuttaa niiden asetuksia tarvittaessa. Hiiren kursorin saa VMware Workstationista takaisin isäntäkäyttöjärjestelmään painamalla ctrl + alt -näppäinyhdistelmää. Testeissä käytettiin VMware Workstation 7.0 -versiota.



Kuvio 14. VMware Workstationin käyttöliittymä

### 3.4 Virtualisointiohjelmien ominaisuuksien testaaminen

Aluksi kaikilla kolmella virtualisointiohjelmalla luotuja virtuaalikäyttöjärjestelmiä testattiin erilaisilla käytännön testeillä, joita jokainen tavallinen kotikäyttäjä yleensä työskennellessään tarvitsee. Näitä olivat Internet-yhteyden toimivuus, USB-massamuistien tuki, optisen aseman tuki, äänien toimiminen sekä tulostustoiminto. Tulostuksen toimivuutta testattiin LPT-rinnakkaisliitännän kautta. Nämä testit suoritettiin ainoastaan Windows XP -käyttöjärjestelmällä varustetulla pöytäkoneella, koska isäntäkäyttöjärjestelmän ei pitäisi vaikuttaa näihin, virtualisointiohjelmien ominaisuuksista riippuviin testituloksiin. Kaikkia testauskohteita ainakin yritettiin testata jokaisella ohjelmalla ja jokaisessa virtuaalikäyttöjärjestelmässä, vaikka virtualisointiohjelma ei tukisikaan kyseistä ominaisuutta. Yllätyksiä näissä testeissä ei ilmennyt. Sen sijaan joidenkin tuettujen ominaisuuksien, esimerkiksi USB-laitteiden käyttöönoton yhteydessä ilmeni joissain tapauksissa melkoista asetusten muuttamistarvetta. Kappaleissa 3.4.1 - 3.4.6 on kerrottu tarkemmin jokaisella virtualisointiohjelmal-



la toteutettujen testien tuloksista, sekä siitä, kuinka jotkin ominaisuudet saatiin alkuvaikeuksien jälkeen toimimaan. Lisäksi tiedot on koottu kappaleen 3.4.6 päätteeksi (taulukko 3).

#### 3.4.1 Microsoft Virtual PC – Windows XP

Microsoft Virtual PC:llä virtualisoidussa Windows XP:ssä verkkoyhteys ei toiminut ennen pieniä säätötoimenpiteitä. Ilmeisesti useat yhtäaikaaisesti asennetut virtualisointiohjelmit aiheuttivat sen, että Virtual PC valitsi oletuksena verkkosovittimekseen Sun VirtualBoxin virtuaalisen verkkosovittimen. Kun asetuksista valittiin käyttöön isäntäkäyttöjärjestelmän oma verkkosovitin, verkkoyhteys toimi moitteetta. USB-massamuistin liittäminen virtuaalikoneeseen ei onnistunut, eikä USB-laitteille luvata tukea myöskään valmistajan toimesta. Optinen asema saatiin toimimaan virtuaalikoneessa, kun Virtual PC:n asetuksista muutettiin CD-asema ensisijaiseksi ohjaimeksi. Äänet toimivat suoraan asetuksiin koskematta. Tulostusta varten Virtual PC:n asetuksista oli LPT1-rinnakkaisliitäntä otettava käyttöön. Tämän jälkeen tulostus virtuaalikoneella onnistui. Huomioitavaa on, että USB-liitäntäisellä tulostimella edes tulostus ei olisi mahdollista Virtual PC:llä.

#### 3.4.2 Microsoft Virtual PC – Ubuntu

Virtual PC edellytti virtuaalikoneen sammuttamista jokaisen asetuksen muuttamisen ajaksi, mikä vaikeutti entisestään hitaan virtuaalikoneen testaamista. USB-laitteet eivät luonnollisesti toimineet, koska käytetty virtualisointiohjelma ei niitä tue. Internet-yhteys sen sijaan toimi alusta alkaen asetuksia muuttamatta. Tulostus onnistui virtualisointiohjelman asetuksista LPT1-rinnakkaisportin käyttöönoton jälkeen. Sivuhuomautuksena Ubuntu tulostuksen testisivun voidaan sanoa olevan hyvä tulostimen värien testaamiseen, mutta samalla se on myös melkoinen tulostusmusteen kuluttaja. Optinen asema toimi Virtual PC:n asetuksen muuttamisen jälkeen.

Minkäänlaisia ääniä Virtual PC:llä virtualisoidusta Ubuntuista ei saatu kuulumaan, vaikka kaikki asetukset olivat ainakin näennäisesti kohdallaan. Ihmetystä herätti myös se, ettei Ubuntu osannut oletusarvoisesti toistaa mp3-muotoon pakattua musiikkia. Virtuaalikoneeseen ladattiin Internetistä tarpeelliset lisäosat, mutta järjestelmä pysyi sen omia varoitusaäniä

myöten täysin mykkänä. Lopulta Internetistä löytyi keskustelupalsta (Tietokone 2007), jonka mukaan myös muilla käyttäjillä oli ollut ongelmia Virtual PC:llä virtualisoidun Linuxin äänien kanssa. Ratkaisuksi ehdotettiin ”snd-sb16”-rivin lisäämistä Ubuntuun /etc/modules -tiedostoon. Tätä lisäystä varten tarvitaan root-käyttäjän oikeuksia. Tunnuksen käyttöönotto oli muuttunut uudessa Ubuntu 9.10 -versiossa erilaiseksi kuin vanhemmissa versioissa, joten sitä joutui hieman etsimään. Root-käyttäjätunnuksella kirjautuminen on tietoturvasyistä johdettuna oletuksena estetty Ubuntuissa, mutta sen saa käyttöön kirjoittamalla päätteeseen komentona ”sudo passwd root”. Seuraavaksi määritellään root-käyttäjälle salasana. Tämän jälkeen kirjautuminen root-tunnuksella oli mahdollista ja ääniongelman ratkaisuksi ehdotettu muutos toteutettiin. Tämäkään ei kuitenkaan ratkaissut ongelmaa, vaan Ubuntu pysyi hiljaa, joten ainoaksi mahdollisuudeksi jäi todeta, että ainakaan testilaitteistossa Virtual PC 2007:llä virtualisoidun Ubuntu 9.10:n äänet eivät toimi.

### 3.4.3 Sun VirtualBox – Windows XP

Sun VirtualBoxilla virtualisoidussa Windows XP -käyttöjärjestelmässä Internet-yhteys toimi heti alusta alkaen ilman mihinkään asetuksiin koskemista. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että VirtualBox asensi isäntäjärjestelmään oman virtuaalisen verkkosovittimensa. Tämä sovitin tosin yritti välillä omia myös muiden testattujen virtualisointiohjelmien verkkoyhteydet itselleen. Optinen asema saatiin toimimaan virtuaalikoneen ikkunan alalaidan valikosta valitsemalla isäntäkoneen CD-asema. Virtual PC:stä poiketen VirtualBoxissa joitakin, esimerkiksi juuri lisälaitteiden asetuksia pystyi muuttamaan suoraan virtuaalikoneen ikkunan valikoista sammuttamatta sitä muutosten ajaksi. Äänet kuuluivat ilman mitään toimenpiteitä. VirtualBox ei tue lainkaan rinnakkaisportteja, joten tuloksen testaaminen ohjelmalla oli mahdotonta. Myöskään ohjelman asetuksissa tai käyttöoppaassa ei mainita rinnakkaisportteja lainkaan. USB-massamuistin käyttöä varten VirtualBoxin ikkunasta piti valita haluttu laite. Valikossa näkyivät kaikki isäntäkoneeseen liitetyt USB-laitteet. Halutun laitteen valitsemisen jälkeen VirtualBox asensi ilmeisesti jonkin oman virtuaalisen USB-ajurinsa. Tämän jälkeen koko virtualisointiohjelma kaatui. Internetistä löytyi runsaasti keskustelupalstoja, joissa käsiteltiin VirtualBoxilla luotujen Linux-käyttöjärjestelmien USB-ongelmia. Vastaaviin Windows-puolen ongelmiin ei kuitenkaan löytynyt juuri ollenkaan apua. VirtualBoxin asetuksissa näkyvät myös isäntäkoneeseen liitetyt USB-laitteet. Näistä asetuksista on myös mahdollista pakottaa jokin tietty USB-laite virtuaalikoneen käyttöön. Tämän jälkeen haluttu USB-laite oli ohjel-

man mielestä liitetty virtuaalikoneeseen, mutta sitä ei kuitenkaan näkynyt resurssienhallintaikkunassa. Lopulta VirtualBoxin asetuksista poistettiin kaikki USB-laitteet virtuaalikoneen käytöstä ja virtuaalikonetta käytettiin käynnissä ja sammutettiin taas. Tämän jälkeen USB-laite lisättiin uudestaan ja tästä lähtien USB-massamuistit toimivat VirtualBoxilla virtualisoidussa Windows XP:ssä normaalisti.

#### 3.4.4 Sun VirtualBox – Ubuntu

VirtualBox-alustaisessa Ubuntussa äänet, Internet-yhteys ja optinen asema toimivat välittömästi mitään asetuksia muuttamatta. Samalla virtualisointiohjelmalla virtualisoidun Windows XP:n USB-ongelmien jälkeen oli melkoinen yllätys, kun myös USB-massamuisti toimi heti laitteen liittämisen jälkeen. Ainoa toteuttamatta jäänyt testi oli siis tulostus LPT-rinnakkaisportin kautta, koska VirtualBox ei tue LPT-rinnakkaisliitäntöjä. Tulostus virtualisoidussa Ubuntussa olisi todennäköisesti onnistunut USB-liitäntäisen tulostimen kautta, koska muut USB-laitteet toimivat siinä hienosti. Tätä ei kuitenkaan ollut mahdollista testata käytännössä.

#### 3.4.5 VMware Workstation – Windows XP

VMware Workstation ilmoittaa heti virtuaalikonetta käynnistäessä isäntälaitteistoon liitetyistä lisälaitteista, jotka on mahdollista liittää myös virtuaalikoneen käytettäväksi. Näitä ovat muun muassa erilaiset USB-laitteet sekä äänilaite. Äänet kuuluivatkin heti normaalisti. Myös Internet-yhteys ja optinen asema toimivat ongelmitta. USB-massamuistilaite asensi ajurinsa laitteen liittämisen jälkeen samalla tavoin kuin fyysisissäkin käyttöjärjestelmissä. Tämän jälkeen USB-laite toimi virtuaalikoneessa normaalisti.

Tulostus LPT-rinnakkaisliitännästä onnistui VMware Workstationilla virtualisoidulla Windows XP:llä, kun virtualisointiohjelman asetuksista lisättiin sille virtuaalinen rinnakkaisliitäntä. Tämä onnistui helposti Workstationin käyttöoppaan erittäin yksityiskohtaisten, yli 500-sivuisen käyttöoppaan avulla. (VMware 2009 b, 333 - 334.)

### 3.4.6 VMware Workstation – Ubuntu

VMware Workstationilla virtualisoidussa Ubuntu Internet-yhteys ja optinen asema toimivat heti ilman erikoistoimenpiteitä. Äänetkin toimivat, kunhan Ubuntu-asetuksista huomasi ottaa jostain syystä oletuksena päällä olleen mykistys-toiminnon pois päältä. Muilla testatuilla virtualisointiohjelmilla virtualisoiduissa Ubuntu-käyttöjärjestelmissä äänet olivat oletuksena päällä. USB-massamuistilaitte toimii normaalisti. Workstationissa USB-laitteen liittäminen asentaa sen tarvitsemat ajurit ja kaappaa samalla laitteen automaattisesti isäntäkäyttöjärjestelmästä virtuaalikoneeseen.

Tulostaminen rinnakkaisportista onnistui samalla tavalla, kuin samalla ohjelmalla virtualisoidussa Windows XP:ssä, eli ohjelman asetuksista on aluksi luotava halutulle virtuaalikoneelle virtuaalinen rinnakkaisportti. Sen jälkeen tulostimen asentaminen tapahtuu aivan kuten fyysiseen laitteeseenkin. (VMware 2009 b, 333 - 334.)

Taulukko 3. Virtualisointiohjelmilla suoritettujen testien tulokset

	Microsoft Virtual PC		Sun VirtualBox		VMware Workstation	
	Windows	Ubuntu	Windows	Ubuntu	Windows	Ubuntu
Verkkoyhteys	X	X	X	X	X	X
Optinen asema	X	X	X	X	X	X
USB-massamuisti			X	X	X	X
Tulostus LPT-portista	X	X			X	X
Äänet	X		X	X	X	X

### 3.5 Virtualisointiohjelmien nopeuksien testaaminen

Testeissä käytettyjen ohjelmien nopeutta testattiin kellottamalla niiden avulla luotujen virtuaalikäyttöjärjestelmien käynnistymisnopeuksia. Aika mitattiin kaikilla kolmella ohjelmalla luoduista Windows- ja Linux-virtuaalikoneista. Tämän lisäksi samanlaiset mittaukset tehtiin molemmilla käytettävissä olleilla isäntälaitteistoilla. Saatuja tuloksia voidaan verrata monella eri tavalla, esimerkiksi etsimällä nopeimmin virtuaalisena käynnistyvää käyttöjärjestelmää tietyllä isäntälaitteistolla. Toinen vaihtoehto on vertailla virtuaalikoneiden käynnistymisnopeuksia eri virtualisointiohjelmilla tai eri isäntälaitteistoilla.

Kellotuksen alussa jokaista virtuaalikäyttöjärjestelmää käytettiin yhdesti käynnissä. Tätä aikaa ei vielä mitattu. Sen jälkeen virtuaalikone sammutettiin ja käynnistettiin uudelleen ja käynnistymiseen kuluva aika mitattiin sekuntikellolla. Ajan mittaamiseen käytettiin Tevero Stopwatch -ohjelmaa, joka on ilmainen, Java-pohjainen sekuntikello matkapuhelimiin. Nopeusmittaus toistettiin 20 kertaa jokaisella eri virtuaalikoneella molemmissa isäntäjärjestelmissä. Mittauksista saatujen tulosten keskiarvot on koottu tämän kappaleen loppuun (taulukko 4.). Täydelliset tulokset kaikista mittaustuloksista on koottu liitteeksi työn loppuun (liite 1.). Mittausten aikana isäntäjärjestelmissä ei ollut virtualisointiohjelman lisäksi käynnissä mitään muita sovelluksia käyttöjärjestelmän omien taustasovelluksia ja viruksentorjuntaohjelmistoa lukuun ottamatta. Ajan mittaaminen aloitettiin sillä hetkellä, kun virtuaalikoneen käynnistämispainiketta klikattiin virtualisointiohjelmassa. Ajanotto pysäytettiin, kun virtuaalikäyttöjärjestelmän kirjautumisikkuna ilmestyi näkyviin. Tässä vaiheessa käyttöjärjestelmä ei toki ole vielä täysin käynnistynyt, mutta kirjautumisikkuna valittiin ajanoton lopetuspisteeksi sen vuoksi, ettei muissa tapauksissa olisi ollut mitään mahdollisuutta määrittellä sellaista pistettä, jossa monen erilaisen käyttöjärjestelmän voitaisi olettaa olevan täysin käynnistynyt.

Taulukko 4. Virtuaalikoneiden käynnistymisnopeuksien keskiarvot eri virtualisointiohjelmilla (ajat sekunteina)

	Microsoft Virtual PC		Sun VirtualBox		VMware Workstation	
	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10
<b>Pöytäkone</b>	35,30	74,00	14,18	33,30	36,25	101,11
<b>Kannettava</b>	46,00	72,40	18,93	48,93	41,10	64,01

Saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina ainakin siinä mielessä, että kunkin virtuaalikoneen käynnistymisaajat olivat keskenään hyvin tasaisia. Ainoat hieman suuremmat vaihtelut olivat Windows XP -isäntäjärjestelmällä virtualisoidussa Ubuntu-käyttöjärjestelmässä.

#### 4 YHTEENVETO JA POHDINTA

Virtualisointi on suurimmaksi osaksi organisaatioiden hyödyntämä tietotekniikan osa-alue. Ylivoimaisesti suurin osa virtualisoinnin mahdollisuuksista, kuten esimerkiksi laitteistojen hyötysuhteen korottaminen ja sovellusten toisistaan eristäminen, tuottavat hyötyä pääasiassa vain palvelinympäristössä. Samoin on myös tallennustilan virtualisoinnin kanssa. Osittain tästä johtuen opinnäytetyö on hieman kaksijakoinen. Teoriaosuus käsittelee virtualisointia pääasiallisesti organisaatioiden näkökulmasta, kun taas käytännön osuudessa vertaillaan ja testataan kotikäyttäjille suunnattuja virtualisointisovelluksia.

Toisaalta tällä hetkellä monet suuret organisaatiot ovat jo hyödyntäneet virtualisointia palvelinratkaisuisaan. Teoriaosuudessa käsitelty uuden Windows 7:n XP Mode -ominaisuus kuitenkin osoittaa, että virtualisoinnin hyödyntäminen on tulossa vahvasti myös kotikäyttöön. Kyseinen ominaisuus mahdollistaa esimerkiksi vanhojen, mahdollisesti uuden käyttöjärjestelmän kanssa yhteensopimattomien ohjelmien käyttämisen. Juuri tämänkaltaiset ominaisuudet ovat varmasti suurimpia ja hyödyllisimpiä ominaisuuksia, joiden avulla virtualisointia voidaan hyödyntää kotikäytössä. Tarvittaessa on siis mahdollista käyttää kahta tai mahdollisesti vieläkin useampaa, täysin toisistaan eristettyä käyttöjärjestelmää samalla tietokoneella. Periaatteessa virtualisoinnin avulla voitaisiin korvata kokonaan käyttäjätilit sellaisilta tietokoneilta, joita käyttää useampi henkilö. Kun jokaisen käytössä on oma, toisistaan eristetty virtuaalikäyttöjärjestelmä, ei tarvitse pelätä ohjelmistojen yhteensopimattomuuksista johtuvia ristiriitoja tai sitä, että eri käyttäjät näkisivät toistensa tallentamat tiedostot.

Käytännön osuudessa suoritettu virtualisointiohjelmien testaaminen osoitti, että jokaisella käytetyllä ohjelmalla useamman yhtäaikaisen käyttöjärjestelmän käyttäminen onnistuu helposti. Ainoa ongelma tässä vaiheessa oli Linux Ubuntu -käyttöjärjestelmän asentaminen virtualisoituna Microsoft Virtual PC -ohjelmalla. Tämä ongelma ratkesi kuitenkin helposti, kun huomattiin Ubuntusta olevan saatavilla Alternate Installion -asennuspaketti, jossa asennusohjelman graafinen ulkoasu on korvattu tekstipohjaisella. Tällä keinolla Ubuntun asentaminen virtualisoituna Virtual PC:llä kyllä onnistui, mutta sen toiminta oli molemmissa isäntälaitteistossa niin hidasta, ettei sen käyttämistä voi suositella. Hitaus itse käyttöjärjestelmää käytettäessä oli huomattavasti suurempaa, kuin mitä mitatuista käynnistymisajoista olisi voinut päätellä.

Virtualisointiohjelmien ominaisuuksia vertailtaessa ilmeni monia eroavaisuuksia. Ainoa ohjelma, joka suoriutui kaikista testatuista kohteista, oli VMware Workstation. Tulosta voidaan pitää suurelta osin odotettuna, koska vertailun ainoan maksullisen virtualisointiohjelman oletettiin olevan monipuolisempi kuin ilmaiset kilpailijansa. Toisaalta myös ilmaiset, Microsoft Virtual PC 2007 ja Sun VirtualBox, suoriutuivat ainakin pienempien tai suurempien asetusmuutosten jälkeen kaikista testeistä, joille ohjelman valmistaja oli luvannut toimivuuden. Poikkeuksena tästä oli kuitenkin Ubuntu-äännet Virtual PC -ohjelmalla. Internetin keskustelupalstoilta löydettyillä ohjeilla ongelmaa ei saatu ratkaistua, mikä voi johtua siitä, että ohjeistus oli tarkoitettu vanhemmalle Ubuntu-versiolle, kuin mitä testeissä käytettiin. Huomattavasti suurempi ongelma Virtual PC:ssä on kuitenkin USB-tuen puute. Tätä voidaan tänä päivänä pitää melko isona puutteena. USB-massamuistilaitteiden lisäksi on olemassa lukematon määrä erilaisia USB-liitäntäisiä oheislaitteita, joille varmasti löytyisi käyttöä myös virtuaalista käyttöjärjestelmää käytettäessä. Sun VirtualBox suoriutui kaikista testatuista testeistä. Ohjelmassa ei kuitenkaan ole tukea LPT-rinnakkaisporteille, joten yksi testiosuus jäi sillä suorittamatta. Tällä ei käytännössä liene enää nykypäivänä kovin suurta merkitystä. Monissa uusissa tietokoneissa ei nykyään edes ole rinnakkaisportteja, ja USB-tuki korvaa sen useimmissa tilanteissa.

Virtuaalikäyttöjärjestelmien käynnistymisnopeutta mittaavat testit osoittivat, että käynnistymisnopeuksissa oli suuria eroja riippuen käytettävästä virtualisointiohjelmasta. Sen sijaan isäntäjärjestelmä ei vaikuttanut tuloksiin kovinkaan paljoa. Kannettava tietokone oli lähes kaikissa mittauksissa hieman pöytäkoneita hitaampi. Poikkeuksen teki ainoastaan pöytäkoneen VMware Workstationilla virtualisoitu Ubuntu-käyttöjärjestelmä. Tämän yhdistelmän käynnistymisnopeudet olivat myös testatuista ylivoimaisesti hitaimmat, mikä herätti pientä ihmetystä. Mitään erityistä syytä käynnistymisen hitauteen ei löytynyt, varsinkin kun virtuaalikone toimi käynnistymisen jälkeen aivan sujuvasti, ja huomattavasti esimerkiksi Virtual PC:llä virtualisoitua Ubuntu nopeammin. Yllättävää oli myös se, kuinka tasaisia kunkin virtuaalikoneen käynnistymisajat keskenään olivat. Myös tässä kohtaa pöytäkoneen VMware Workstationilla virtualisoitu Ubuntu-käyttöjärjestelmä erosi eniten muista. Tulosten vaihteluväli oli suurimmillaan yli 25 sekuntia, kun se kaikissa muissa tapauksissa oli vain muutaman sekunnin luokkaa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että periaatteessa mikä tahansa kolmesta testatusta virtualisointiohjelmasta käy usean rinnakkaisen käyttöjärjestelmän käyttämiseen. Käytännön testiä perusteella Microsoft Virtual PC:tä ei kannata hankkia ainakaan Ubuntu virtualisointia

varten. Myös ohjelmasta puuttuva USB-tuki puoltaa vaihtoehtoisen ohjelman etsimistä. Jos testattujen ohjelmien joukosta pitäisi valita voittaja, sellainen olisi ehdottomasti Sun VirtualBox. Se oli kaikissa nopeustesteissä ylivoimainen, eikä puuttuvaa rinnakkaisporttien tukea voida pitää kovinkaan suurena puutteena. VMware Workstation on toki toiminnallisuudeltaan lähes täydellinen lukuun ottamatta Ubuntun hidasta käynnistymistä pöytäkoneessa, mutta VirtualBoxin saa ilmaiseksi, ja Workstationista joutuu maksamaan yli 150 euroa. Joka tapauksessa ainakin väliaikaisessa käytössä jokaisella voidaan käyttää virtuaalista käyttöjärjestelmää isäntäjärjestelmän rinnalla. Kotikäytössä tämä tarkoittaa esimerkiksi isäntäkäyttöjärjestelmän kanssa yhteensopimattomien ohjelmien ajamista virtuaalikäyttöjärjestelmässä. Lisäksi Sun VirtualBox ja VMware Workstation tarjoavat halukkaille oivan mahdollisuuden tutustua esimerkiksi Linux-pohjaisiin käyttöjärjestelmiin. Virtuaalikäyttöjärjestelmää mielivän tulee siis hankkia sellainen virtualisointiohjelmaa, joka vastaa hänen omia tarpeitaan. Eroja ominaisuuksissa nimittäin testien perusteella löytyy. Varmuuden asialle saa tietenkin kokeilemalla ohjelmia käytännössä omassa laitteistossaan. Se on mahdollista kaikille testatuilla ohjelmilla, koska ilmaisten Microsoft Virtual PC:n ja Sun VirtualBoxin lisäksi VMware Workstationista on saatavilla ilmainen 30 päivän kokeiloversio.

Tässä opinnäytetyössä tehdyille tutkimukselle luonnollisena jatkotutkimuksena voisi olla tutkia virtualisointiohjelmaa useammassa isäntäjärjestelmässä. Samalla testattavien virtualisointiohjelmien määrää voisi lisätä. Lisäksi isäntäjärjestelmät voisivat olla tehoiltaan eroavaisempia kuin tässä työssä. Näin saataisiin mahdollisesti vielä suurempia eroja nopeustesteissä. Mielenkiintoista olisi myös nähdä, miten esimerkiksi virtuaalikoneille annettavan keskusmuistin määrän lisääminen tai vähentäminen vaikuttaisi nopeustestien tuloksiin. Toinen mahdollisuus olisi tutkia ohjelmien ominaisuuksien toimintaa pidempiaikaisessa käytössä. Pelkkien lisälaitteiden toimivuuden lisäksi virtuaalikäyttöjärjestelmällä voisi suorittaa joitakin pidempiaikaisia työskentelytestejä, joiden avulla eroja ohjelmien välillä syntyisi ehkä enemmän.



## LÄHTEET

- Hämäläinen, P. 2007. Verkkovoimaa virtuaalisesti. Tietokone 13 / 2007, 61 - 64.
- Hämäläinen, P. 2008. Virtuaalisen uhat ovat todellisia. Tietokone 2 / 2008, 61 - 62.
- Hämäläinen, P. 2009 a. Hallitusti ylös ja uneen. Tietokone 3 / 2009, 53 - 55.
- Hämäläinen, P. 2009 b. Tallennustila hyötykäyttöön. Tietokone 4 / 2009, 55 - 57.
- Hämäläinen, P. 2009 c. Työpöydät virtuaalisiksi. Tietokone 5 / 2009, 51 - 53.
- Hämäläinen, P. 2009 d. Virtualisointi muuttaa kaiken. Tietokone 2 / 2009, 54 - 56.
- Karkimo, A. 2008. Tietoturva virtualisointiin jälkijunassa. Tietokone 3 / 2008, 9.
- Karkimo, A. 2009 a. Tallennusvirtualisointi nostaa päätään. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=38162&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=38162&tyyppi=1) (Luettu (14.9.2009).
- Karkimo, A. 2009 b. Työasemavirtualisointi valtaa maailman. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=37332&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=37332&tyyppi=1) (Luettu 3.9.2009).
- Koivisto, J. 2007. Virtualisointi kotikäyttäjän kannalta. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Opin- näytetyö. Saatavilla: <http://koti.kainuu.com/jonttex/mina/opari.pdf> (Luettu 20.9.2009).
- Kotilainen, S. 2008. Microsoft muuttaa lisensointia – virtualisointi helpottuu. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutiset/2008/microsoft\\_muuttaa\\_lisensointia\\_virtualisointi\\_helpottuu](http://www.tietokone.fi/uutiset/2008/microsoft_muuttaa_lisensointia_virtualisointi_helpottuu) (Luettu 31.10.2009).
- Kotilainen, S. 2009. Turhien palvelimien lasku: 16 miljardia euroa. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutiset/turhien\\_palvelimien\\_lasku\\_16\\_miljardia\\_euroa](http://www.tietokone.fi/uutiset/turhien_palvelimien_lasku_16_miljardia_euroa) (Luettu 30.10.2009).
- Lehto, T. 2008. Windows-työpöytien virtualisointia testataan jo. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=35296](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=35296) (Luettu 3.9.2009).

- Leidenius, K. 2009. Suomi on virtualisoinnin etulinjassa. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news\\_id=37867&tyyppi=1](http://www.tietokone.fi/uutta/uutinen.asp?news_id=37867&tyyppi=1) (Luettu 14.9.2009).
- Microsoft. 2009 a. Microsoft Virtual PC 2007 -sovelluksen käyttäminen vanhempien sovel-  
lusten suorittamiseen. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://www.microsoft.com/business/Smb/fi-fi/office-ja-vista-kayttoonotto/vista-virtual-pc-kayttaminen-vanhojen-ohjelmien-suorittamiseen.mspix> (Luettu 20.9.2009).
- Microsoft. 2009 b. Virtual PC 2007. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyId=04D26402-3199-48A3-AFA2-2DC0B40A73B6&displaylang=en#Requirements> (Luettu 4.11.2009).
- Pitkänen, J. 2008. Microsoft Virtual PC 2007. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://www.tietokone.fi/softa/tiedosto.asp?id=13559> (Luettu 1.9.2009).
- Pitkänen, J. 2009. Virtualbox 2.2. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://www.tietokone.fi/softa/tiedosto.asp?id=13410> (Luettu 1.9.2009).
- Sun Microsystems. 2009. System Requirements. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://www.sun.com/software/products/virtualbox/specs.jsp> (Luettu 4.11.2009).
- Suvanto, V. 2009. Windows 7:n Windows XP Mode RC-asteelle. Web-dokumentti. Saatavil-  
la: <http://plaza.fi/muropaketti/windows-7n-windows-xp-mode-rc-asteelle> (Luettu 31.10.2009).
- Tietokone. 2007. Linuxin jäljillä. Web-dokumentti. Saatavilla: <http://blogit.tietokone.fi/linuxinjaljilla/44/terve-teille-avoimen-koodin-ystavat/> (Luettu 6.11.2009).
- VMware. 2009 a. VMware Workstation 7. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.vmware.com/files/pdf/ws\\_datasheet.pdf](http://www.vmware.com/files/pdf/ws_datasheet.pdf) (Luettu 4.11.2009).
- VMware. 2009 b. Workstation User's Manual. Web-dokumentti. Saatavilla: [http://www.vmware.com/pdf/ws7\\_manual.pdf](http://www.vmware.com/pdf/ws7_manual.pdf) (Luettu 6.11.2009).

## LIITTEIDEN LUETTELO

Liite 1. Nopeustestien täydelliset tulokset

## NOPEUSTESTIEN TÄYDELLISET TULOKSET

Taulukko 5. Virtuaalikäyttöjärjestelmien nopeustestien tulokset Windows XP - isäntäkäyttöjärjestelmässä (ajat sekunteina)

	Microsoft Virtual PC		Sun VirtualBox		VMware Workstation	
	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10
1.	37,03	73,84	14,34	33,37	35,92	109,40
2.	36,09	72,39	13,81	33,09	36,01	104,70
3.	34,59	73,89	13,90	33,07	35,73	99,92
4.	35,04	73,60	14,15	33,70	36,59	91,00
5.	35,36	72,78	14,21	33,50	36,14	103,39
6.	35,67	76,56	13,98	33,04	36,43	98,85
7.	35,78	73,28	14,11	33,31	36,32	100,64
8.	34,40	75,46	14,56	33,28	36,54	93,20
9.	36,09	74,70	14,01	33,45	37,18	99,90
10.	34,71	74,56	13,89	33,40	36,75	116,42
11.	33,45	73,81	13,84	33,28	36,54	98,45
12.	34,04	74,26	13,84	33,31	36,45	100,20
13.	35,84	72,42	14,23	33,15	36,76	91,96
14.	34,26	72,40	14,46	33,45	35,48	100,61
15.	35,62	74,00	14,14	33,18	35,67	106,15
16.	36,26	73,59	14,54	33,09	36,14	101,71
17.	36,14	75,96	14,04	33,42	36,43	101,79
18.	34,37	73,23	14,57	33,09	35,95	99,45
19.	34,96	75,59	14,03	33,54	36,07	95,23
20.	36,20	73,71	14,85	33,26	35,98	108,98
<b>ka</b>	<b>35,30</b>	<b>74,00</b>	<b>14,18</b>	<b>33,30</b>	<b>36,25</b>	<b>101,11</b>

Taulukko 6. Virtuaalikäyttöjärjestelmien nopeustestien tulokset Windows Vista -isäntäkäyttöjärjestelmässä (ajat sekunteina)

	Microsoft Virtual PC		Sun VirtualBox		VMware Workstation	
	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10	Windows XP	Ubuntu 9.10
1.	43,93	73,29	18,62	49,12	44,95	62,20
2.	46,12	72,31	18,85	49,76	39,42	67,25
3.	44,50	72,85	18,31	48,56	43,20	65,45
4.	46,48	72,15	19,03	49,71	42,53	63,04
5.	46,61	75,71	18,96	49,59	39,93	72,32
6.	47,00	72,04	19,00	48,82	39,56	64,95
7.	44,43	72,59	19,39	48,34	39,06	64,92
8.	44,79	72,89	18,53	47,51	41,87	62,70
9.	43,45	72,76	18,81	49,07	42,57	62,51
10.	45,57	70,65	18,71	48,03	41,65	66,64
11.	46,98	71,81	18,84	48,92	39,48	61,56
12.	45,43	72,43	19,59	48,10	43,14	62,76
13.	47,70	70,36	19,26	48,48	38,54	61,87
14.	46,67	71,60	20,20	48,71	39,46	63,46
15.	48,57	72,48	18,39	49,23	42,23	66,23
16.	46,43	73,42	18,14	49,51	40,57	62,53
17.	46,78	71,75	18,75	49,28	38,90	61,76
18.	46,95	70,84	19,42	47,43	43,76	62,23
19.	46,71	72,70	18,64	49,93	39,31	64,46
20.	44,82	72,61	19,12	50,56	39,50	61,37
<b>ka</b>	<b>46,00</b>	<b>72,40</b>	<b>18,93</b>	<b>48,93</b>	<b>41,10</b>	<b>64,01</b>