

Työasemapalvelun kehittäminen virtualisoinnin avulla

Jonni Purho 2007

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto

Jonni Purho

Työasemapalvelun kehittäminen virtualisoinnin avulla

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa \_\_\_\_\_.\_\_\_\_.\_\_\_\_\_

Työn valvoja: Professori Raimo Kantola

Työn ohjaaja: Saara Marmo

<b>Tekijä:</b> Jonni Purho
<b>Työn nimi:</b> Työasemapalvelun kehittäminen virtualisoinnin avulla
<b>Päivämäärä:</b> 4.10.2007 <b>Sivumäärä:</b> 105
<b>Osasto:</b> Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto
<b>Professori:</b> Tietoverkkotekniikka
<b>Työn valvoja:</b> Raimo Kantola
<b>Työn ohjaaja:</b> Saara Marmo
<b>Tiivistelmäteksti:</b> <p>Tämä tutkimus käsittelee tietotekniikan palveluyrityksen tarjoaman työasemapalvelun kehittämistä virtualisoinnin avulla. Palvelu perustuu modulaariseen malliin, jossa eri virtualisointiteknologioita käytetään yhdessä. Se koostuu kolmesta pääteknologiasta, jotka ovat koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointi. Näiden teknologioiden avulla voidaan tuottaa virtuaalinen työasema (ts. virtuaalinen kone), jossa käytettävät sovellukset perustuvat käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointiin. Jokaisessa mallin avulla tuotetussa palvelussa ei kuitenkaan tarvita kaikkia virtualisointiteknologioita, vaan teknologioita voidaan käyttää myös erikseen.</p> <p>Tutkimus esittelee työasemapalvelun toteuttamisessa käytettävät teknologiat, niihin perustuvat käytännön sovellukset sekä mallin, jonka mukaan teknologioita voidaan yhdistää. Tämän jälkeen tarkastellaan palvelua sitä käyttävän yrityksen näkökulmasta. SWOT-analyysillä tutkitaan virtualisointiin perustuvan työasemapalvelun tarjoamia strategisia vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia perinteiseen PC-työasemaan verrattuna. Käyttötapausten mallintamisen avulla tuodaan esille virtualisoinnin työasemien käyttäjille tarjoamia ominaisuuksia. Sekä SWOT-analyysiä että käyttötapausta voidaan käyttää apuvälineinä palvelun tuotteistamisessa.</p>
<b>Avainsanat:</b> virtualisointi, työasemapalvelu, it-strategia, SWOT-analyysi, käyttötapausten mallintaminen, it-palvelun tuotteistaminen

<b>Author:</b> Jonni Purho	
<b>Name of the Thesis:</b> Developing workstation service with virtualization	
<b>Date:</b> 4.10.2007	<b>Number of pages:</b> 105
<b>Department:</b> Department of Electrical and Communications Engineering	
<b>Professorship:</b> Network Technology	
<b>Supervisor:</b> Raimo Kantola	
<b>Instructor:</b> Saara Marmo	
<b>Abstract text:</b> <p>This study aims at developing a workstation service offered by an IT service provider with virtualization. The service is based on a modular model in which different virtualization technologies are used together. It consists of three main technologies: machine, desktop and application virtualization. A virtual workstation (iow. a virtual machine) with applications based on desktop and application virtualization can be produced with these technologies. However, each service based on the model does not necessarily use all the technologies, but they can be also used separately.</p> <p>The study introduces the technologies used by the workstation service, practical applications based on them and a model which shows how the technologies can be combined. After that, the service is considered from the point of view of a company using it. SWOT-analysis is used to study the strategic strengths, weaknesses, opportunities and threats offered by a workstation service based on virtualization in comparison with a traditional PC workstation service. Use case modeling brings up the features of virtualization that are essential to the users of workstations. Both the SWOT analysis and the use cases can be used in productizing the service.</p>	
<b>Keywords:</b> virtualization, workstation service, IT strategy, SWOT-analysis, use case modeling, productization of IT services	

## Alkusanat

Tämä diplomityönä tehty tutkimus on syntynyt pääosiltaan itsenäisen työn tuloksena. Lopullisen sisällön muotoutumiseen ovat vaikuttaneet lisäksi useat keskustelut aihealueen asiantuntijoiden Pekka Järvisen, Petri Rantasen ja Juha Tujulan kanssa, sekä professori Raimo Kantolan antamat kommentit ja korjausehdotukset. Heille kuuluu suuri kiitos tutkimustyöni eteen tehdyistä uhrauksista; ilman heidän panostaan lopputulos olisi erilainen – eikä varmastikaan näin onnistunut. Kiitokset myös Saara Marmolle työn ohjauksesta. Hänen vaikutuksensa tutkimuksen sisältöön ei ollut suuri, mutta apu työhön liittyvien käytännön asioiden järjestämisessä korvaamaton.

Lisäksi haluan kiittää perhettäni – äitiäni Leenaa, isääni Tapania ja siskoani Johannaa – henkisestä, ja kahta ensin mainittua myös taloudellisesta tuesta opintojeni ja koko elämäni aikana. Kiitän myös ystäviäni kaikesta tuesta ja mukavista yhteisistä hetkistä opiskelun ja tämän työn tekemisen lomassa. Heistä Mikko Koskinen ansaitsee lisäksi erityiskiitoksen avusta tähän tutkimukseen liittyen. Lopuksi haluan kiittää Siniä elämäni, opintoihini ja tähän työhön vaikuttaneesta inspiraatiosta ja henkisestä tuesta.

Helsingissä 4.10.2007

Jonni Purho

## Sisällysluettelo

Alkusanat.....	4
Lyhenneluettelo.....	8
Kuvaluettelo.....	11
1. Johdanto.....	12
1.1. Tutkimuksen tausta.....	13
1.2. Tutkimuksen tavoitteet.....	14
1.3. Tutkimusmenetelmät.....	15
1.4. Tutkimuksen rakenne.....	15
2. Virtualisointiteknologiat.....	17
2.1. Suppeat työasemat.....	18
2.2. Koneiden virtualisointi.....	19
2.2.1. VMware.....	22
2.3. Käyttöliittymien virtualisointi.....	24
2.3.1. Multipoint Application Sharing.....	26
2.3.2. Citrix Presentation Server ja Windows Terminal Services.....	30
2.4. Sovellusten virtualisointi.....	32
2.4.1. SoftGrid.....	35
2.5. Muut virtualisointiin liittyvät käsitteet.....	38
2.6. Virtual Desktop Infrastructure.....	40
2.7. Virtualisointiteknologioiden vertailu.....	43
2.8. Virtualisointiteknologioiden yhdistäminen.....	45
2.9. Yhteenveto.....	47
3. Virtualisointi osana liiketoimintastrategiaa.....	49
3.1. Strategia, teknologiastrategia ja IT-strategia.....	49
3.2. SWOT-analyysi.....	52
3.2.1. Virtualisoinnin vahvuudet.....	52
3.2.2. Virtualisoinnin heikkoudet.....	58
3.2.3. Virtualisointiin liittyvät mahdollisuudet.....	61
3.2.4. Virtualisointiin liittyvät uhat.....	61

3.3. Yhteenveto.....	62
4. Virtualisointi käyttäjän näkökulmasta.....	64
4.1. Käyttötapausten mallintaminen.....	64
4.2. Virtuaalisten työasemien käyttäminen VDI:n avulla.....	67
4.3. Jaettujen palvelin pohjaisten sovellusten käyttäminen.....	69
4.4. Virtuaalisten sovellusten käyttäminen.....	70
4.5. Yhteenveto.....	72
5. Johtopäätökset.....	73
Lähdeluettelo.....	75
Liitteet.....	79
Liite 1: Virtualisointitekologioihin perustuvien työasemien käyttötapaukset.....	79
VDI – peruskäyttötapaus.....	80
VDI – käyttö Internetin välityksellä.....	82
VDI – työaseman vaihtaminen kesken istunnon.....	84
VDI – Useiden virtuaalisten työasemien käyttäminen samanaikaisesti.....	86
VDI – Power User.....	88
VDI – Päätelaitteen vikaantuminen.....	90
VDI – Palvelimen vikaantuminen.....	91
Citrix – peruskäyttötapaus suppealla työasemalla.....	92
Citrix – peruskäyttötapaus PC:llä.....	93
Citrix – työaseman vaihtaminen kesken käytön.....	94
Citrix – käyttö Internetin välityksellä.....	95
Citrix – käyttö web-käyttöliittymän avulla.....	96
Citrix – Päätelaitteen vikaantuminen.....	97
SoftGrid – peruskäyttötapaus.....	98
SoftGrid – käyttö www-käyttöliittymän avulla.....	99
SoftGrid – käyttö Internetin välityksellä.....	100
SoftGrid – käyttö offline-tilassa.....	101
SoftGrid – uuden sovelluksen käyttöönotto ilman ZeroTouchia.....	102
SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (itsepalvelu).....	103
SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (hyväksymismenettely) .....	105

## Lyhenneluettelo

Alla on luettelo tässä tutkimuksessa käytetyistä kirjainlyhenteistä. Monia kirjainyhdistelmiä voidaan käyttää tarkoittamaan useita eri asioita, mutta luettelo sisältää lyhenteet nimenomaan tässä tutkimuksessa käytetyssä merkityksessään.

API	Application Programming Interface
AS	Application Sharing
ASCE	Application Sharing Conferencing Entity
ASP	Application Service Providing/Provider
ASPDU	Application Service Protocol Data Unit
BIOS	Basic Input/Output System
CD	Compact Disc
COM	Component Object Model tai PC-tietokoneen sarjaportti
CPU	Central Processing Unit
DLL	Dynamically Linked Library
DRS	Distributed Resource Scheduler
DVD	Digital Versatile Disk
ERP	Enterprise Resource Planning
HA	High Availability
HTML	Hypertext Markup Language
I/O	Input/Output – syöte/tuloste
ICA	Independent Computing Architecture
ICO	Icon
IDC	International Data Corporation
IDE	Intergrated Drive Electronics
IEC	International Electrotechnical Commission
iSCSI	Internet Small Computer Systems Interface
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	Telecommunication Standardization Sector of ITU
JRE	Java Runtime Environment

LAN	Local Area Network
LPT	PC-tietokoneen rinnakkaisportti
MAC	Media Access Control
MCS	Multipoint Communication Service
MSDE	Microsoft Desktop Engine
NAS	Network Attached Storage
ODBC	Open Database Connectivity
OSD	Open Software Description
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
RAM	Random Access Memory
RDP	Remote Desktop Protocol
ROM	Read-Only Memory
RTP	Real-Time Protocol
SAAS	Software As A Service
SAN	Storage Area Network
SAP	Systems, Applications and Products
SCSI	Small Computer Systems Interface
SDK	Software Development Kit
SFT	Softricity
SLA	Service Level Agreement
SMS	Systems Management Server
SOAP	Simple Object Access Protocol
SPRJ	Sequencer Project
SQL	Structured Query Language
SSL	Secure Sockets Layer
SVS	Software Virtualization Solution
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TCP	Transmission Control Protocol
TS	Terminal Server
UML	Unified Modeling Language
USB	Universal Serial Bus



VI	Virtual Infrastructure
VDI	Virtual Desktop Infrastructure
VDM	Virtual Desktop Manager
VM	Virtual Machine
VMFS	Virtual Machine File System
VMM	Virtual Machine Monitor
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
XML	Extensible Markup Language

## **Kuvaluettelo**

Kuva 1: Koneiden virtualisointi, s. 11

Kuva 2: Käyttöliittymien virtualisointi, s. 18

Kuva 3: Esimerkki AS-istunnon osapuolten työpöydistä ja näyttöjen näkymistä, s. 21

Kuva 4: Sovellusten virtualisointi, s. 26

Kuva 5: SoftGrid-järjestelmän osat ja niiden välinen kommunikaatio, s. 29

Kuva 6: VDI:n rakenne, s. 35

Kuva 7: Eri virtualisointitekniikoiden yhdistäminen, s. 38

Kuva 8: Tekniikoiden yhdistäminen työasemassa, s. 39

Kuva 9: Informaatiotekniikan hyötysuhteen ja tehokkuuden vaikutus yritysten menestymiseen, s. 43

Kuva 10: Yritysten arvio virtualisoinnin etujen tärkeydestä, s. 46

Kuva 11: Palvelun tuottamiskustannusten ja odotuskustannusten muodostamat kokonaiskustannukset kapasiteetin funktiona, s. 52

Kuva 12: VDI:n käyttötapaukset, s. 59

Kuva 13: Citrix Presentation Serverin käyttötapaukset, s. 61

Kuva 14: SoftGridin avulla virtualisoitujen sovellusten käyttötapaukset, s. 63

## 1. Johdanto

Nykyään informaatioteknologiaa käyttävät yritykset ovat monesti maantieteelliseltä rakenteeltaan hajanaisia – konttoreita on useissa eri kaupungeissa, maissa ja jopa maanosissa. Liiketoiminta on dynaamista, minkä vuoksi tietokoneille ja niiden avulla käytettäville sovelluksille asetettavat vaatimukset muuttuvat nopeasti. Uusia työasemia ja sovelluksia tarvitaan usein lyhyellä varoitusajalla ja vanhoihin liittyvät ongelmat vaativat yhä nopeampaa ratkaisua. Perinteinen työasemamalli, jossa jokaisella työntekijällä on henkilökohtainen PC, käyttöjärjestelmä ja siihen asennetut sovellukset, on monilta ominaisuuksiltaan huono ratkaisu tämäntyyppiseen käyttöympäristöön. Järjestelmien ylläpito vaatii paljon kallista ja hidasta lähitukea, uusien työasemien ja sovellusten käyttöönotto runsaasti aikaa vievää testaus- ja asennustyötä. Virtualisointi tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa työasemat täysin erilaisella tavalla.

Virtualisointi on laaja käsite, joka merkitsee tietokoneen tai sovelluksen fyysisten ominaisuuksien erottamista tavasta, jolla muut tietokoneet, sovellukset tai niiden käyttäjät ovat vuorovaikutuksessa koneen tai sovelluksen kanssa. Se sisältää useita teknologioita, joista työasemien kannalta oleellimmat ovat koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointi. Koneiden virtualisoinnin avulla voidaan toteuttaa kokonainen työasema virtuaalisena, kun taas käyttöliittymiä ja sovelluksia virtualisoimalla muutetaan työaseman avulla käytettävien sovellusten toimintaperiaatteita. Työasemapalvelun toteuttamisessa voidaan käyttää kaikkia edellä mainittuja teknologioita joko yhdessä tai erikseen.

## 1.1. Tutkimuksen tausta

Tämä tutkimus tehtiin suomalaisessa tietotekniikan palveluyrityksessä, joka tarjoaa asiakkailleen virtualisointiin perustuvia palveluja. Virtualisointi on työasemapalvelujen toteutusteknologiana nousemassa kilpailemaan vahvasti perinteisen työasemamallin kanssa. Ymmärrys virtualisointiteknologioista sekä niihin perustuvien palvelujen toiminnallisuudesta on kuitenkin keskimäärin varsin alhaisella tasolla varsinkin palveluyritysten asiakkaiden keskuudessa. Tämä johtuu ymmärrettävistä syistä, sillä virtualisointi on uusi käsite työasemapalvelujen yhteydessä ja siihen perustuvat teknologiat saattavat vaikuttaa aiheeseen tarkemmin perehtymättömän silmissä monimutkaisilta. Järjestelmien monimutkaisuus sekä niiden toteuttamisen ja ylläpidon vaatima erityisasiantuntemus ovat syitä siihen, että yhä useampi yritys ostaa työasemiensa toteutuksen palveluna ja lisäksi ulkoistaa myös niiden ylläpidon palveluyritykselle. Tämän vuoksi palveluyritysten on tuotteistettava palvelunsa hyvin. Erityyppiset yritykset voivat nähdä työasemapalvelujen roolin liiketoiminnassaan eri tavoilla. Yrityksellä voi olla erillinen IT-strategia, johon työasemat kuuluvat olennaisena osana. Tällöin se näkee informaatioteknologian kriittisenä osana liiketoimintaansa. Työasemapalvelun toteuttamisteknologian valinta on tällöin strateginen kysymys, jossa apuna voi toimia analyysi virtualisoinnin liiketoimintastrategisista hyödyistä ja haasteista. On myös olemassa yrityksiä, joissa työasemat eivät ole liiketoimintakriittisiä työvälineitä, mutta niitä käytetään siitä huolimatta. Tällainen yritys voi nähdä työasemat ongelmanratkaisuvälineinä, joiden avulla tietyt asiat voidaan tehdä mahdollisimman helposti ja yksinkertaisesti. Tällöin työasemapalvelun toteuttamisteknologian valintaa helpottavat käyttötapaukset, joissa eri teknologioiden avulla toteutettujen työasemien toiminta erilaisissa käyttötilanteissa on kuvattu yksityiskohtaisesti.

Tämän tutkimuksen taustalla on tarve tuotteistaa virtualisointiin perustuva työasemapalvelu. Palvelu perustuu modulaariseen malliin, jossa eri virtualisointiteknologioita – koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointia – käytetään rinnakkain. Mallista voidaan teknologioita valitsemalla räätälöidä kullekin asiakkaalle sopiva ratkaisu. Tutkimuksessa tarkastellaan eri teknologioiden ominaisuuksia, eroja ja yhdistämistä, sekä analysoidaan niihin perustuvaa palvelua sekä

strategiselta kannalta, että käyttötapauksiin perustuvan ongelmanratkaisun näkökulmasta.

Virtualisointiin liittyvää akateemista tutkimustyötä on toistaiseksi tehty varsin vähän. Esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun tutkimusarkistoista löytyy tähän päivään mennessä ainoastaan yksi koneiden virtualisointia käsittelevä lisensointityö. Tämä tutkimus on tietääkseni ensimmäinen laatuaan Suomessa, mikä on luonnollisesti asettanut työlle lisähaasteita. Tiedonhankintaan ja rakenteen suunnitteluun on käytetty runsaasti aikaa ja vaivaa, sillä vertailukohtia aiemmin tehdyistä vastaavatyypisistä tutkimuksista ei ole ollut saatavilla. Tutkimuksen aihe oli suurelta osin vieras myös itselleni ennen diplomityön aloittamista, minkä vuoksi työn rakenteen ja sisällön muotoilu vaati alkuvaiheessa runsaasti aiheeseen perehtymistä ja itseopiskelua.

## 1.2. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimus pyrkii esittämään perustellun näkemyksen siitä, millaisia ominaisuuksia virtualisointi työasemien toteuttamisteknologiana tarjoaa sitä käyttäville yrityksille. Asiaan esitetään kaksi erilaista lähestymistapaa: yrityksen liiketoimintastrategian toteuttaminen virtualisoinnin avulla sekä yksittäisen käyttäjän näkökulma virtualisoinnin avulla toteutettuihin työasemiin. Tutkimus pyrkii vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä tarkoitetaan työasemien, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisoinnilla?
- Miten edellä mainittuja teknologioita voidaan yhdistellä ja miten niiden avulla toteutettu työasemapalvelu eroaa perinteisestä paikallisesti asennettuihin käyttöjärjestelmiin ja sovelluksiin perustuvista työasemista?
- Mitkä ovat virtualisoinnin avulla toteutetun työasemapalvelun hyödyt ja haasteet perinteisiin työasemiin verrattuna informaatioteknologian hyötysuhteen parantamiseen tähtäävän liiketoimintastrategian näkökulmasta?
- Mitä samankaltaisuuksia ja eroja perinteisiin työasemiin verrattuna virtualisointiin perustuvien työasemien käyttäjä näkee tavanomaisissa

käyttötapauksissa?

### 1.3. Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä tässä työssä on käytetty laadullista eli kvalitatiivista tutkimustapaa, jossa tarkoituksena on ymmärtää tutkittavaa ilmiötä, nähdä se tutkimuskohteen tai tiedonlähteenä olevan subjektin, aktorin näkökulmasta. [Järvenpää ja Kosonen]. Tutkimus tarkastelee virtualisointiin perustuvia työasemia niitä käyttävän yrityksen kannalta. Tarkastelu tehdään sekä koko yrityksen (strategia), että yksittäisen työaseman käyttäjän (käyttötapaukset) näkökulmista.

Virtualisointia käsittelevää painettua kirjallisuutta on saatavilla varsin heikosti. Esimerkiksi TKK:n pääkirjastosta tai osastojen kirjastoista ei heinäkuussa 2007 löydy yhtäkään virtualisointiaiheista kirjaa. Tämän vuoksi aineistona on käytetty tavanomaista enemmän digitaalisessa muodossa julkaistuja lehtiä, internetistä löytyviä artikkeleja ja dokumentteja sekä asiantuntijoiden haastatteluja.

### 1.4. Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen ensimmäinen luku sisältää lyhyen johdannon aiheeseen, tutkimukseen liittyvää taustatietoa, tavoitteiden määrittelyn, tutkimusmenetelmän esittelyn sekä tiivistelmän tutkimuksen rakenteesta. Varsinainen sisältö koostuu luvuista 2, 3 ja 4.

Toisessa luvussa syvennyttään työasemapalvelun toteuttamisen kannalta oleellisimpiin virtualisointitekologioihin. Eri teknologiat esitellään sellaisella tarkkuudella, että lukijalle muodostuu näkemys niiden tärkeimmistä ominaisuuksista, toimintaperiaatteista, samankaltaisuuksista ja eroista. Lisäksi koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointiin liittyen perehdytään yhteen kuhunkin teknologiaan perustuvaan käytännön sovellukseen. Luvun lopussa esitellään ajatus mahdollisuudesta yhdistää eri virtualisointitekologioita siten, että jokaisen teknologian hyviä

ominaisuuksia voidaan hyödyntää.

Kolmannessa luvussa tarkastellaan työasemien toteuttamistavan merkitystä niitä käyttävän yrityksen liiketoimintastrategian kannalta. Alussa esitellään teoreettinen malli, joka kuvaa informaatioteknologian hyödyntämisen ja teknologiaa käyttävän yrityksen menestymisen välistä riippuvuussuhdetta. Tämän pohjalta suoritetaan SWOT-analyysi (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), jossa arvioidaan virtualisoinnin strategisia vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia perinteiseen työasemamalliin verrattuna.

Neljäs luku esittelee toisenlaisen lähestymistavan virtualisointiin. Siinä asiaa tarkastellaan työasemien käyttäjien näkökulmasta virtualisoinnin avulla toteutettujen työasemien erilaisten käyttötapausten mallintamisen kautta. Käyttötapauksilla pyritään havainnollistamaan sitä, miten virtualisoinnin avulla voidaan ratkaista perinteisiin työasemiin liittyviä käyttäjille ilmeneviä ongelmia menettämättä mitään hyödyllisiä osia työasemien toiminnallisuudesta.

Koko tutkimuksen sisältö vedetään yhteen viidennessä luvussa, joka sisältää työhön ja sen tuloksiin liittyviä johtopäätöksiä. Lisäksi siinä nostetaan esille avoimeksi jääneitä kysymyksiä ja mahdollisia aihealueeseen liittyviä jatkotutkimuksen aiheita.

## 2. Virtualisointitekniikat

Erilaisten teknologioiden suuri määrä ja yhtenäisen terminologian puute hankaloittavat virtualisoinnin osa-alueiden ja niihin liittyvien käsitteiden ymmärtämistä. Esimerkiksi sovellusten virtualisoinnista puhutaan monesti keskenään erilaisten teknologioiden yhteydessä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kolmea olennaisesti erilaista teknologiaa ja niiden rooleja työasemapalvelun toteuttamisessa [Beekelaar]:

- koneiden virtualisointi (machine virtualization)
- käyttöliittymien virtualisointi (desktop/session virtualization)
- sovellusten virtualisointi (application virtualization)

Tekniikat eivät ole toistensa substituutteja, vaan jokaisen avulla voidaan saavuttaa erilaisia hyötyjä. Tämän vuoksi tutkimuksen pääpaino on eri teknologioiden ja niiden hyvien ominaisuuksien yhdistämismahdollisuuksien tarkastelussa, eikä niinkään teknologioiden keskinäisessä vertailussa.

Muitakin virtualisointitekniikoita on olemassa, mutta ne ovat joko ainoastaan apuvälineitä edellämainituille kolmelle (työasemapalvelun toteuttamisen näkökulmasta) tai perustuvat kokonaan tai osittain näihin. Tällaisia tekniikoita ovat esimerkiksi levymuistin virtualisointi (storage virtualization), tiedon virtualisointi (data virtualization), klusterointi (clustering) ja verkkolaskenta (grid computing).

Virtualisoinnin yhteydessä puhutaan usein myös palveluna toteutetuista sovelluksista (SAAS – Software As A Service) sekä suoratoistosta (streaming), mutta nämä eivät itsessään ole virtualisointitekniikoita eivätkä välttämättä perustu mihinkään tiettyyn teknologiaan. [Enterprise Management Association]

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia virtualisointiin liittyviä osa-alueita



teknologianäkökulmasta. Aluksi käsitellään lyhyesti useiden virtualisoinnin avulla toteutettujen järjestelmien käyttämiseen soveltuvia suppeita työasemia. Tämän jälkeen perehdytään edellä mainittuihin teknologioihin – koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointiin. Jokaisen teknologian yhteydessä esitellään esimerkinomaisesti yksi suosittu kuhunkin teknologiaan perustuva tuote. Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi muita virtualisointiin liittyviä käsitteitä. Sitten paneudutaan VDI-infrastruktuuriin, joka mahdollistaa virtuaalisten työasemien käyttämisen etäyhteyden avulla. Lopuksi tarkastellaan vielä tapoja, joilla eri virtualisointiteknologioita voidaan yhdistellä. Luvun tarkoituksena on kuvata virtualisointiteknologioita sellaisella tarkkuudella, että lukija ymmärtää niiden toimintaperiaatteet ja tavat, joilla niitä voidaan hyödyntää työasemapalvelun toteuttamisessa.

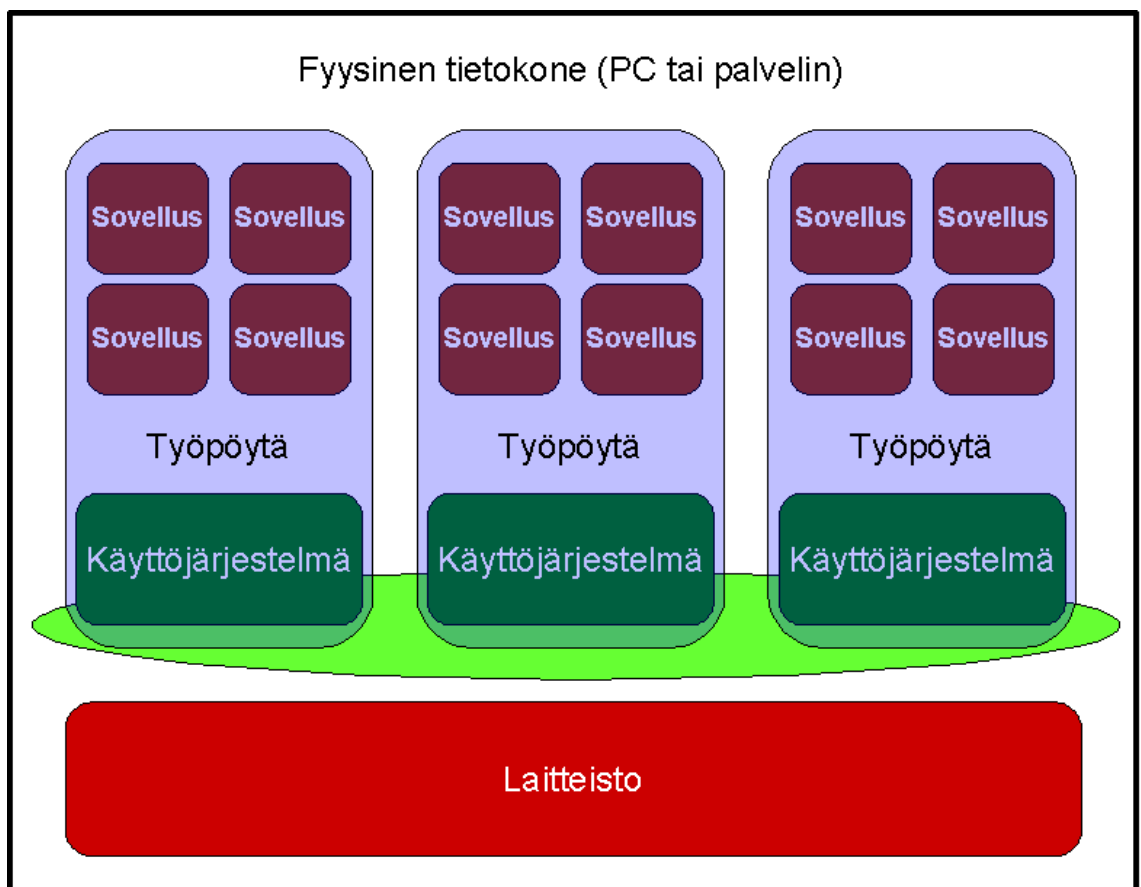
## 2.1. Suppeat työasemat

Eräs merkittävä virtualisointiin liittyvä käsite on suppeiden työasemien käyttö (thin-client computing). Suppea työasema on paikallinen järjestelmä, jossa on rajoitetusti tai ei ollenkaan omaa suoritus-tehoa. Tyypillisesti se on yhteydessä palvelimeen eikä prosessoi tietoa lainkaan, vaan ainoastaan lähettää ja vastaanottaa sitä. Käyttäjän käyttöjärjestelmä, työpöytä ja sovellukset toimivat tällöin kokonaisuudessaan palvelimella. [EMA]

Suppeimmillaan työasema (esimerkiksi Wyse S10) voi koostua ainoastaan virtalähteestä, Flash- ja RAM-muistista, USB-porteista ja niihin liitetystä näppäimistöstä ja hiirestä, verkkokortista sekä näytöstä. Tällaisella työasemalla voidaan käyttää sekä palvelin pohjaisia sovelluksia (Citrix Presentation Server/Terminal Server -palvelimelta), että virtuaalisia työasemia (VDI) käyttöliittymien virtualisoinnin avulla.

## 2.2. Koneiden virtualisointi

Koneiden virtualisoinnilla tarkoitetaan fyysisen tietokoneen ja sen käyttämän laitteiston toiminnallisuuden mallintamista ohjelmallisesti. Tämän ansiosta työasemat ja palvelimet eivät välttämättä tarvitse omaa suoritinta (CPU) ja emolevyä voidakseen toimia loogisesti erillisinä kokonaisuuksina, vaan ne voidaan mallintaa virtuaalisina koneina. Fyysisen tietokoneen näkökulmasta virtuaalinen kone on laitteiston tai käyttöjärjestelmän päällä toimiva kokonaisuus, jossa on oma käyttöjärjestelmä ja sen päällä toimivia sovelluksia. Se käyttää isäntäkoneen suoritinta, muistia, kiintolevyä ja oheislaitteita, jotka on mallinnettu siten, että virtuaalisen koneen käyttöjärjestelmä näkee ne sille kuuluvina fyysisinä laitteina. Tämän ansiosta yksi fyysinen kone voi isännöidä useita virtuaalisia koneita. Saman fyysisen koneen isännöimät virtuaaliset koneet toimivat eristettyinä toisistaan ja isäntäkoneen mahdollisesta käyttöjärjestelmästä ja sovelluksista. [Wolf & Halter] Tätä on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1: Koneiden virtualisointi

Virtuaalisella koneella voidaan tarkoittaa myös tietokoneohjelmaa, jonka avulla tietyt sovellukset voidaan erottaa tietokoneesta, jolla niitä käytetään. Tällöin samaa sovellusta voidaan käyttää millä tahansa tietokoneella ja käyttöjärjestelmällä, eikä jokaista erilaista kokoonpanoa varten tarvita eri versioita sovelluksista. Hyvä esimerkki tällaisesta virtuaalisesta koneesta on Java Virtual Machine (JVM). [Singh] Tässä tutkimuksessa koneiden virtualisoinnilla tarkoitetaan kuitenkin aina tietokoneen ja sen käyttämän laitteiston mallintamista virtualisoinnin avulla.

Kun yhdellä fyysisellä työasemalla tai palvelimella toimii useita virtuaalisia koneita, voi käynnissä olla samanaikaisesti useita käyttöjärjestelmiä. Tämän toteuttaminen vaatii virtualisointialustan, joka muodostaa ylimääräisen virtualisointikerroksen joko suoraan fyysisen isäntäkoneen laitteiston tai sen käyttöjärjestelmän päälle. Kerroksesta käytetään englanninkielisiä nimiä hypervisor ja virtual machine monitor (VMM). Sen avulla virtuaalisten koneiden käyttöjärjestelmät voivat kommunikoida isäntäkoneen laitteiston kanssa. [IBM]

Käyttöjärjestelmän päällä toimivia virtualisointialustoja ovat esimerkiksi VMware Workstation ja GSX Server, Microsoft Virtual PC ja Virtual Server, IBM VM sekä Xen. Suoraan isäntäkoneen laitteiston päällä toimiva virtualisointialusta on kuitenkin tehokkain tapa virtualisoida palvelimia ja työasemia. Se ei vaadi omaa käyttöjärjestelmää jokaiseen palvelinkoneeseen, mikä vähentää virtualisointikerroksen aiheuttamaa viivettä virtuaalisen koneen ja fyysisen laitteiston välisessä kommunikoinnissa sekä mahdollistaa säästön käyttöjärjestelmien lisenssikustannuksissa. Ainoa laajemmin käytössä oleva tämäntyyppinen ratkaisu on VMware ESX Server. Microsoft Windows Server 2008 -palvelinkäyttöjärjestelmään on myös tarkoitus sisällyttää laitteiston päällä toimiva koneiden virtualisointialusta, mutta se ei ole mukana vielä järjestelmän ensimmäisessä versiossa [Beekelaar]. VMwaren virtualisointialustoja ja niiden ominaisuuksia tarkastellaan lähemmin kappaleessa 2.2.1. Virtuaalinen kone koostuu sen käyttöjärjestelmälle esitetystä virtuaalisesta laitteistosta. Seuraavat laitteiston osat voidaan virtualisoida [Wolf&Halter]:

- levykeasema
- BIOS

- CD-ROM
- DVD-ROM
- kiintolevyn sisältö (ISO image)
- näppäimistö ja hiiri
- piirustus-/digitointilauta (tablet)
- keskusmuisti (RAM)
- emolevy
- rinnakkais- ja sarjaportit (LPT ja COM)
- suoritin
- äänikortti
- näytönohjain
- IDE-laitteet (kiintolevyt ja optiset asemat)
- SCSI-kiintolevy
- verkkokortti
- USB-portit
- PCI-korttipaikat

Virtuaaliset koneet ovat monin tavoin verrattavissa fyysisiin tietokoneisiin ja virtuaalista palvelinta tai työasemaa voidaan käyttää samoihin tarkoituksiin kuin fyysisistä palvelinkonetta tai PC:tä. Kun yksi fyysinen palvelinkone isännöi useita virtuaalisia koneita, vaaditaan palvelimelta luonnollisesti paljon prosessoritehoa ja muistia. Palvelinkoneen prosessoriaika ja keskusmuisti joudutaan jakamaan usealle virtuaaliselle prosessorille ja virtuaalisen koneen muistille, joten toimiakseen hyvin virtuaaliset koneet vaativat erittäin tehokkaan isäntäkoneen. Laitteistoresurssien mitoitus on pyrittävä tekemään siten, että resurssit ovat mahdollisimman tehokkaasti käytössä. Muistin ja prosessoritehon keskimääräinen käyttöaste ei kuitenkaan voi olla 100 prosenttia tai lähellä sitä, vaan hyvä lukema on 60-80 prosenttia. Tällöin virtuaaliset koneet säilyttävät suorituskäytönsä käyttökuorman vaihdellessa ja ylimääräisen

kapasiteetin määrä saadaan minimoitua. [Wolf&Halter]

Tässä tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan virtuaalisten koneiden käyttöä nimenomaan Windows-työasemina. Toinen luonnollinen käyttötarkoitus on fyysisen palvelinkoneen isännöimien virtuaalisten koneiden käyttäminen palvelimina, minkä ansiosta palvelinkapasiteettia voidaan dynaamisesti jakaa useampaan eri käyttötarkoitukseen ilman fyysisten koneiden määrän asettamia rajoituksia. Tämä mahdollistaa palveluyrityksille myös palvelinkapasiteetin tarjoamisen ns. on-demand -palveluna, kun keskitetystä palvelinklusterista voidaan lyhyessä ajassa luoda tarvittava määrä virtuaalisia palvelimia asiakkaan väliaikaiseen käyttöön.

Muita koneiden virtualisoinnin ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia ovat sovellusten eristäminen toisistaan, sovellusten testaaminen sekä virtuaalisten koneiden helppo siirrettävyys. Virtualisoinnin avulla sovelluksia on helppo eristää toisistaan niiden välisten konfliktien estämiseksi ja tietoturvatason nostamiseksi niin, ettei jokaista sovellusta varten tarvita omaa fyysistä konetta. Sovellusten erilaisten käyttöskenaarioiden testaaminen rinnakkain onnistuu parhaiten ajamalla useita virtuaalisia koneita samanaikaisesti yhdellä PC:llä. Virtuaalisia koneita voidaan lisäksi ”kelata taaksepäin”, mikä mahdollistaa esimerkiksi sovelluksen toimintaan vaikuttavien asetusten muuttamisen ja uuden testiajon suorittamisen helposti. Virtuaalisen koneen siirtäminen fyysiseltä koneelta toiselle on myös helppoa: se vaatii käytännössä vain yhden tiedoston kopioimisen. [Chao]

Työasemapalvelun toteuttamiseen koneiden virtualisoinnin avulla soveltuu parhaiten Virtual Desktop Infrastructure (VDI), jossa keskitetyssä palvelinympäristössä toimivia virtuaalisia koneita käytetään työasemina etäyhteyden avulla. VDI-infrastruktuuria käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.6. Seuraavassa kappaleessa tarkastellaan VMwaren virtualisointituotteita, joiden avulla VDI-ratkaisu voidaan toteuttaa.

### **2.2.1. VMware**

VMware on maailman johtava koneiden virtualisointialustojen tuottaja. Sen tuotteisiin kuuluvat muissa VMware Workstation, GSX Server ja ESX Server.

Workstation on yhden käyttäjän työkalu, jonka avulla tämä voi luoda ja käyttää

virtuaalisia koneita omalla työasemallaan. Sen avulla voidaan esimerkiksi emuloida eri käyttöjärjestelmiä rinnakkain yhdessä työasemassa tai suorittaa sovellusten testausta. Monen käyttäjän ympäristöihin soveltuvia tuotteita ovat Windowsiin tai Linuxiin asennettava GSX Server ja suoraan laitteiston päällä toimiva ESX Server. Useita kymmeniä tai satoja työasemia sisältävän palvelun tuottamiseen soveltuu parhaiten ESX Serveriin perustuva paketti, josta VMware käyttää nimeä Virtual Infrastructure (VI). VI3 koostuu seuraavista komponenteista ja ominaisuuksista [VMware Infrastructure Introduction]:

### **ESX Server**

Virtualisointialusta, joka toimii suoraan palvelinkoneen laitteiston päällä. Palvelinkone tarjoaa fyysiset resurssit virtualisointialustalla toimiville virtuaalisille koneille.

### **Virtual Center Management Server**

Virtuaalisten koneiden konfigurointi- ja hallinnointityökalu.

### **VI Client**

Sovellus, jonka avulla mistä tahansa Windows-käyttöjärjestelmällä varustetusta PC:stä voidaan muodostaa etäyhteys palvelimiin.

### **VI Web Access**

Virtuaalisten koneiden hallinnointityökalun web-käyttöliittymä.

### **Virtual Machine File System (VMFS)**

Virtuaalisten koneiden tiedostojärjestelmä, joka on yhteydessä jaettuun levymuistiin. VMFS:n ansiosta virtuaalisen työaseman kiintolevy ei ole sidottu fyysiseen palvelimeen, vaan samaa kiintolevyä voidaan käyttää miltä tahansa palvelimelta.

### **Virtual Symmetric Multi-Processing**

Ominaisuus, jonka ansiosta yksi virtuaalinen kone voi käyttää useampia fyysisiä prosessoreja samanaikaisesti.

### **VMotion**

Ominaisuus, joka mahdollistaa käynnissä olevan virtuaalisen koneen siirtämisen fyysiseltä palvelimelta toiselle siten, että työaseman käyttämistä ei tarvitse keskeyttää.

**High Availability (HA)**

Toiminto, joka fyysisen palvelimen vikaantuessa käynnistää sillä toimivat virtuaaliset koneet automaattisesti uudelleen toisella palvelimella.

**Distributed Resource Scheduler (DRS)**

Ominaisuus, jonka avulla virtuaalisten koneiden määrä yhdellä fyysisellä palvelinkoneella pidetään tasapainossa jakamalla virtuaalisia koneita tasaisesti eri palvelimille. DRS:n avulla palvelinten fyysiset resurssit saadaan käyttöön mahdollisimman tehokkaasti. Toimii ainoastaan yhdessä VMotionin kanssa.

**Consolidated Backup**

Toiminto, jonka avulla voidaan helposti luoda varmuuskopioita virtuaalisista koneista.

**VMware Infrastructure Software Development Kit (SDK)**

Työkalu, jonka avulla voidaan kehittää sovelluksia virtualisointialustojen ja virtuaalisten koneiden hallintaan, sekä integroida olemassaolevia hallinnointityökaluja VI3:een standardoidun rajapinnan kautta.

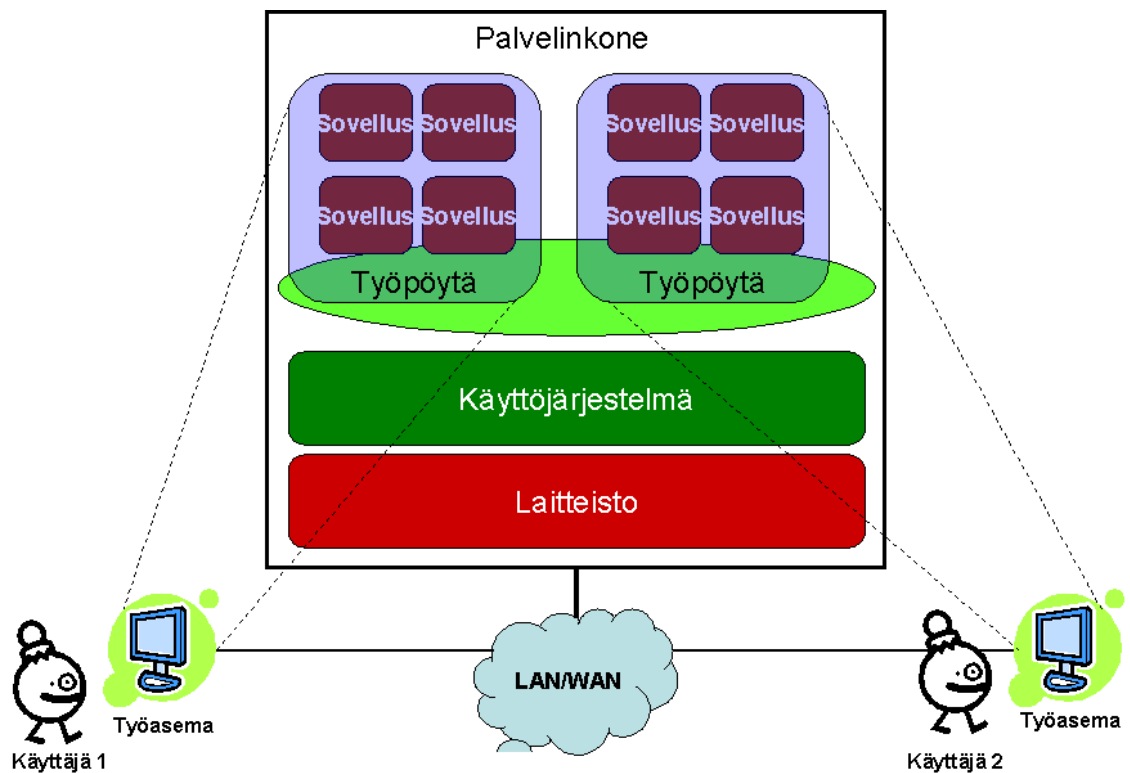
VI3 tarjoaa tehokkaan koneiden virtualisointialustan lisäksi toimivan tuen jaetun iSCSI-kiintolevyn käytölle, hyvän ja monipuolisen hallinnointikäyttöliittymän sekä kehittyneet työkalut järjestelmän vikasietoisuuden parantamiseen ja kuorman tasapainottamiseen palvelinklusterin sisällä. Nämä ominaisuudet tekevät siitä tällä hetkellä selkeästi parhaan ratkaisun koneiden virtualisointiin perustuvan palvelun toteuttamiseen.

[Venezia]

**2.3. Käyttöliittymien virtualisointi**

Käyttöliittymien virtualisoinnin perusajatuksena on tarjota käyttäjälle verkon välityksellä käyttöliittymä keskitetyssä palvelinympäristössä toimiviin sovelluksiin. Käyttöliittymän virtualisointi eroaa muista virtualisointiteknologioista siten, ettei siinä luoda mitään virtuaalista resurssia – kuten virtuaalista konetta, kiintolevyä tai sovellusta – vaan ainoastaan kuva sovelluksen käyttöliittymästä, jonka käyttäjä näkee PC:nsä tai

suppean työasemansa näytöllä. Sovelluksen suorittaminen tapahtuu palvelimella ja sitä voidaan käyttää aivan kuten paikallisesti asennettua sovellusta. Palvelin vastaanottaa syötetietoa käyttäjän näppäimistöstä ja hiirestä ja päivittää päätelaitteen näytöllä näkyvää kuvaa reaaliajassa. Yhdellä palvelimella voi olla samanaikaisesti useita käyttäjiä, joilla on henkilökohtaiset työpöydät. Tästä huolimatta he voivat käyttää samoja sovelluksia yhtä aikaa. Käyttöliittymien virtualisointia on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2: Käyttöliittymien virtualisointi

Koko näyttösignaalin sisältämän pikselimäärän lähettäminen verkon välityksellä vaatisi tiedonsiirtonopeuksia, joihin nykyiset verkkoyhteydet eivät riitä. Esimerkiksi resoluutiolla 640x480 jokaisen pikselin arvon ollessa kahdeksanbittinen tyypillisen näyttölaitteen virkistystaajuus vaatii yli 100 megabittiä dataa sekunnissa. Tämän vuoksi etätyöpöytien ja -sovellusten operointiin on kehitetty erityisiä tiedonsiirtoprotokollia. [Nieh, Jae Yong & Novik]

Valmistajakohtaisia protokollia tähän tarkoitukseen ovat esimerkiksi Microsoft RDP ja Citrix ICA. Ne perustuvat ITU-T:n suositukseen sovellusten monipistejakamisesta



(multipoint application sharing), jonka toiminta-ajatusta tarkastellaan seuraavaksi.

### 2.3.1. Multipoint Application Sharing

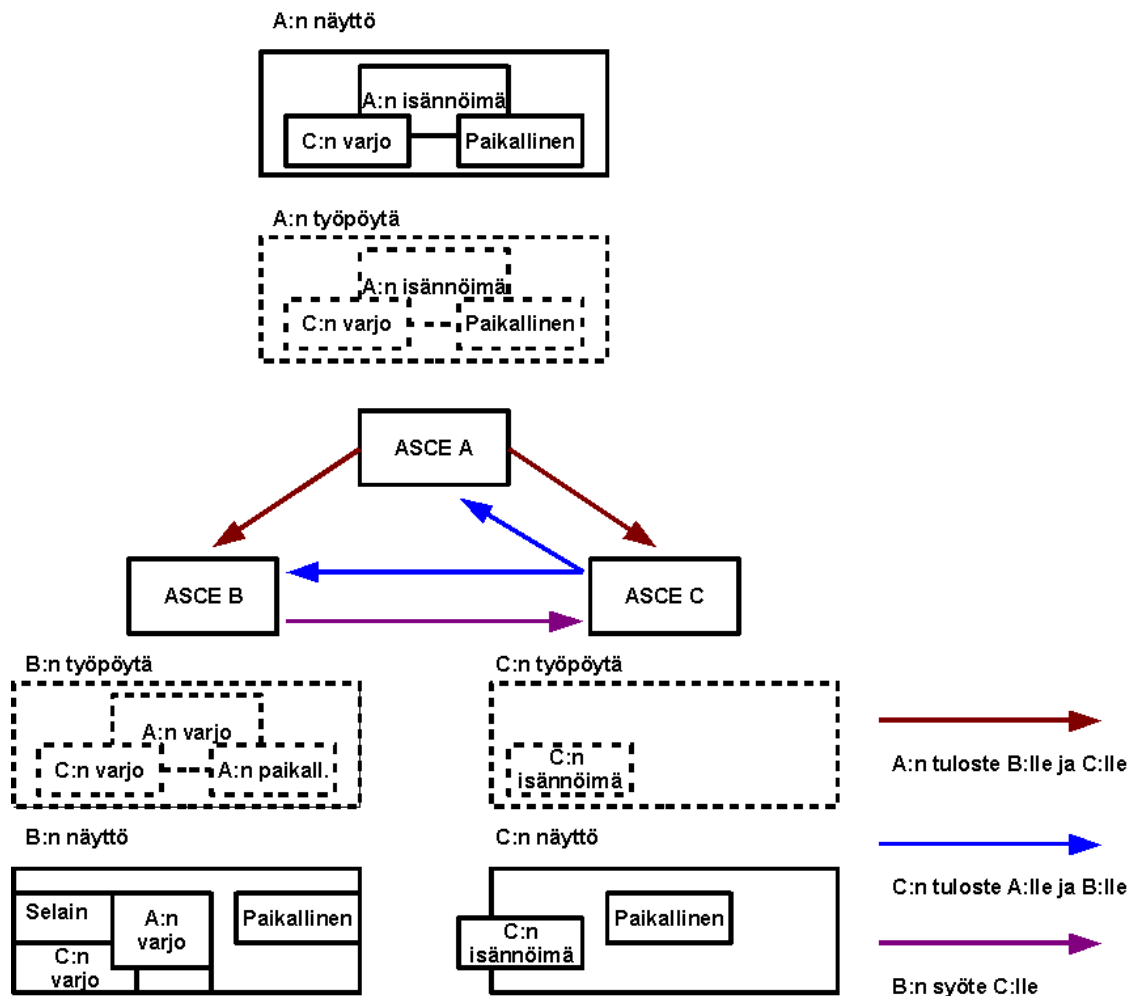
ITU-T:n suositus T.128 määrittelee protokollan, joka tukee sovellusten jakamista tietoverkon välityksellä useisiin eri pisteisiin. Se ei ota kantaa käytettäviin päätelaitteisiin eikä niiden käyttöliittymiin, vaan määrittelee ainoastaan laitteiden välisen yhteyskäytännön. Protokolla mahdollistaa tietokoneohjelmien jakamisen siten, että sovellusten suorittaminen ja käyttäminen tapahtuvat eri pisteissä. Käytettävää sovellusta ohjataan lähettämällä näppäimistö- ja osoituslaiteinformaatiota verkon kautta käyttäjältä palvelimelle. Palvelin vuorostaan lähettää käyttäjälle työpöydän ja eri sovellusikkunoiden piirtämiseen tarvittavaa tietoa. Tämä mahdollistaa sovelluksen käyttämisen siten, että käyttäjän kokemus on samanlainen kuin paikallisesti suoritettavan sovelluksen tapauksessa.

Sovellusten jakamisistunto (AS session) määritellään seuraavasti: yksi tai useampi sovellusten jakamisistunnon osapuoli eli ASCE kommunikoi protokollan mukaisesti ja jakaa yhtä tai useampaa sovellusta istunnon sisällä. Protokolla määrittelee osapuolten välisen vuorovaikutuksen. Se ei määrittele yksittäisen ASCE:n vuorovaikutusta päätelaitteen käyttöjärjestelmän eikä I/O-laitteiden kanssa.

AS-istunnon osapuolet voidaan jakaa rooliensa mukaisesti kolmeen ryhmään: ainoastaan sovelluksia jakavat osapuolet, ainoastaan niitä käyttävät osapuolet ja sekä sovelluksia jakavat että niitä käyttävät osapuolet. Tyypillisessä käyttöliittymien virtualisointiin perustuvassa järjestelmässä palvelimet kuuluvat ensimmäiseen ja käyttäjien päätelaitteet toiseen ryhmään. Istunnossa oleellista on näyttölaitteella näkyvien ikkunoiden määrittely siten, että ne näkyvät oikean kokoisina, oikeissa paikoissa sekä oikealla tavalla suhteessa toisiinsa.

Ikkunat jaetaan kolmeen tyyppiin: isännöidyt ikkunat, varjoikkunat ja paikalliset ikkunat. Isännöidyt ikkunat ovat sovelluksia, joita kyseinen ASCE jakaa istunnon muille osapuolille. Varjoikkunat ovat näkymiä, joiden kautta jaettua sovellusta käytetään. Paikalliset ikkunat ovat käyttäjän päätelaitteella toimivien sovellusten ikkunoita, joita ei jaeta AS-istunnossa. Eri osapuolten rooleja ja ikkunoiden määrittelyä on

havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3: Esimerkki AS-istunnon osapuolten työpöydistä ja näyttöjen näkymistä

Työpöytien ja niiltä näyttölaitteille heijastettavien näkymien määrittelyssä käytetään seuraavia parametreja:

- Työpöytä: yhden ASCE:n työpöytä, jonka rajat määritellään virtuaalisen työpöydän koordinaateissa.
- Virtuaalinen työpöytä: yhdiste sovelluksia jakavien osapuolten työpöydistä, joka on kooltaan yhtä suuri kuin suurin näistä. Yhteinen alue, jolle kaikki jakavat ASCE:t voivat sijoittaa ikkunoita.
- Ikkuna: suorakulmainen alue, jonka rajat määritellään virtuaalisen työpöydän koordinaatistossa. ASCE määrittelee ikkunoiden kuvauksen päätelaitteen

työpöydälle.

- Z-järjestys: määrää virtuaalisen työpöydän ikkunoiden välisen syvyysjärjestyksen siten, että korkeammalla järjestyksessä oleva ikkuna peittää näyttölaitteen näkyvässä sitä alempana olevat ikkunat.

Kun ASCE isännöi ja jakaa sovellusta, se on vastuussa informaation tuottamisesta ja välittämisestä istunnon muille osapuolille siten, että ne voivat piirtää sovellusikkunan päätelaitteensa näytölle. Mikäli jotakin sovellusta käyttävä ASCE ei tarvitse kaikkia istunnossa jaettavia sovelluksia, se voi näyttää käyttäjälle vain osan ikkunoista. Jakavan ASCE:n lähettämä antosignaali koostuu seuraavista tiedoista:

- tilatiedot – esimerkiksi ikkunoiden hallintaan liittyvä informaatio
- väritiedot – esimerkiksi käytettävä väripaletti
- käskyt ja bittikarttadata

Tyypillisesti käskyt muodostavat erittäin suuren osan ASPDU-liikenteestä. Ne liittyvät esimerkiksi rasterien, tekstin, viivojen ja kehysten piirtämiseen. T.128-suosituksessa on määritelty kaikki käskytyypit ja niiden sisältämät tiedot. Bittikarttadata sisältää päivitettävän alueen koordinaatit, bittien määrän pikselissä sekä varsinaisen määrittelylle alueelle piirrettävän bittikartan joko sellaisenaan tai tiivistetyssä muodossa. Ikkunaa jakava ASCE voi jaksottaa käskyjen ja bittikarttadatan lähettämistä siten, että sitä käyttävät osapuolet kokevat mahdollisimman vähän piirtämisestä johtuvaa kokonaisviivettä. Toinen tapa vähentää kokonaisviivettä on yhdistää peräkkäin lähetettävät osittain tai kokonaan päällekkäiset käskyjen tai bittikarttadatan päivitykset siten, että nopeasti muuttuvat alueet päivitetään vain kerran. Sovellusta isännöivä ASCE on kuitenkin vastuussa siitä, että lopullinen antosignaali mahdollistaa varjoikkunoiden piirtämisen oikeassa muodossaan. Lisäksi sen tulee huolehtia ikkunoiden tila- ja väritietojen päivittämisestä ennen kuin päivitettyihin tietoihin perustuvia käskyjä tai bittikarttadataa lähetetään.

AS-istunnossa käyttäjän sovellukselle tuottama syötesignaali koostuu näppäimistön ja osoituslaitteen (yleensä hiiren) välityksellä annetuista komennoista. Protokollan määrittelyssä näppäimistö esitetään koodien avulla. Perinteinen vaihtoehto on käyttää laajennettua versiota ISO/IEC:n standardin 8859-1 (Latin-1) mukaisesta koodisivusta,

joka sisältää omat Unicode-koodit kaikille käytössä oleville merkeille. Toinen tapa on virtuaalinen näppäimistö, joka on toteutettu määrittelemällä oma koodi jokaiselle näppäimelle. Näppäimen painaminen pohjaan ja vapauttaminen kuvataan molemmissa vaihtoehdoissa kahden bittilipun ('down' ja 'release') avulla. Virtuaalisen näppäimistön tapauksessa tarvitaan lisäksi kahta muuta bittilippua. Right-bitin avulla erotetaan toisistaan sellaiset näppäimet, joita on kaksi kappaletta yhdessä näppäimistössä. Esimerkki tästä on vaihtonäppäin, jonka oikealla ja vasemmalla olevilla ilmentymillä on eri käyttötarkoitus joissakin sovelluksissa. Quiet-bitin avulla tehdään merkityksettömiksi sellaiset näppäinyhdistelmät, joilla on jokin paikallinen käyttötarkoitus. Esimerkiksi yhdistelmää ALT-TAB käytetään ikkunoiden päällekkäisyysjärjestyksen muuttamiseen paikallisesti, mutta sitä ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista lähettää muille AS-istunnon osapuolille. (Toisaalta virtuaalisen työaseman etäkäyttäjä saattaa haluta, että kyseinen yhdistelmä nimenomaan toimii samalla tavalla kuin paikallisessa työasemassa.) Virtuaalista näppäimistöä käytettäessä tietyt tiedot (esimerkiksi onko CAPS LOCK päällä vai ei) täytyy lähettää session alkaessa syötesignaalin synkronoimiseksi paikallisen näppäimistön tilan kanssa. Käytettävä fontti määritellään erillisen viestin avulla.

Osoituslaite esitetään AS-protokollassa loogisena kolminäppäimisenä laitteena, jossa mahdollisia tapahtumia ovat osoittimen liikuttelu sekä näppäinten klikkaukset. Käytännössä tämä on toteutettu viiden bittilipun ja koordinaattien avulla. Move-bitti asetetaan, kun osoitinta on liikutettu ja sen uusi paikka ilmoitetaan x- ja y-koordinaattien avulla. Muut bittiliput ovat jokaisen kolmen näppäimen omat liput sekä down-bitti. Näppäimen painaminen alas ilmoitetaan kyseisen näppäimen lipulla sekä down-bitillä ja vapauttaminen pelkällä näppäimen lipulla.

AS-protokollan toiminnan tarkempi kuvaaminen ei tämän työn yhteydessä ole tarkoituksenmukaista. ITU-T:n suositus määrittelee tässä tiivistettyjen asioiden lisäksi kaikkien protokollan mukaisten viestien sisällön. Myös AS-istunnon muodostaminen ja hallinta, AS-protokollan mukaisen verkkoliikenteen vuonohjaus, ikkunoiden ja sovellusten hallinta sekä muut protokollan toimintaan liittyvät asiat on dokumentoitu suosituksessa yksityiskohtaisesti. [ITU-T T.128]

### 2.3.2. Citrix Presentation Server ja Windows Terminal Services

Citrix Presentation Server on palvelin pohjainen ratkaisu sovellusten jakeluun käyttäjille verkon välityksellä. Se perustuu Windowsin Terminal Services -komponenttiin, joka mahdollistaa Windows-sovellusten käyttämisen etäyhteyden avulla.

Palvelintietokoneella, johon on asennettu Terminal Services -komponentin sisältävä Windows-käyttöjärjestelmä ja Citrix Presentation Server -palvelinsovellus, voidaan isännöidä Windows-sovelluksia siten, että niitä voidaan käyttää verkon välityksellä virtuaalisen käyttöliittymän avulla. Sovellusten suorittaminen tapahtuu kokonaisuudessaan palvelinkoneilla. Presentation Serverin kanssa yhteensopivia sovellusten käyttämiseen tarkoitettuja tiedonsiirtoprotokollia ovat Citrixin oma ICA sekä Terminal Services -asiakassovelluksen käyttämä RDP. Ne perustuvat kappaleessa 2.3.1 kuvattuun ITU-T:n suositukseen.

Presentation Server -palvelimilla useat käyttäjät voivat samanaikaisesti käyttää yhtä tai useampaa sovellusta. Palvelimista voidaan muodostaa farmeja, joissa eri sovelluksia isännöidään eri palvelinkoneilla. Tällöin yhdellä palvelimella toimii ainoastaan yksi sovellus, mutta sitä voi käyttää samanaikaisesti useampi käyttäjä. Jokaista sovellusta varten muodostetaan oma ICA- tai RDP-yhteys, joten samanaikaisesti käytettävät sovellukset toimivat käyttäjän kannalta samalla tavalla riippumatta siitä, millä palvelimilla ne sijaitsevat. Presentation Server vaatii käyttäjän päätelaitteelta yhteensopivuutta ainoastaan käytettävän tiedonsiirtoprotokollan kanssa, joten sovelluksia voidaan käyttää lähes millä tahansa päätelaitteella. ICA- tai RDP-asiakassovellus voidaan asentaa esimerkiksi Windows-, Unix- tai Linux-käyttöjärjestelmällä varustettuun PC- tai Macintosh-tietokoneeseen, suppeaan työasemaan, matkapuhelimeen tai muuhun datansiirtoon soveltuvaan langattomaan laitteeseen. Yhden sovelluksen käyttäminen muodostaa verkkoliikennettä käyttäjän päätelaitteelta palvelimelle päin keskimäärin 4 ja palvelimelta käyttäjälle päin 16 kilobittiä sekunnissa. Liikenteen määrä vaihtelee jonkin verran sovelluksesta riippuen, mutta ei käytännössä ylitä 40 kilobittiä sekunnissa. [Citrix]

Citrix Presentation Server 4.5 -arkkitehtuuriin voi sisältyä seuraavia komponentteja [Citrix]:

### **Citrix Presentation Server**

Varsinainen palvelinsovellus, joka mahdollistaa käyttäjän kirjautumisen palvelimille ja sovellusten käyttämisen erillisten suojattujen istuntojen avulla.

### **Management Consoles**

Presentation Serverin hallinnointikonsolien avulla voidaan seurata ja hallinnoida esimerkiksi sovelluksia, palvelinkoneita, käyttäjien yhteyksiä, tulostimia, palvelinsovellusten päivityksiä sekä ohjelmistolisenssejä.

### **Administration Tools**

Ylläpitotyökaluja voidaan käyttää esimerkiksi paikallisten tulostimien asentamiseen, istuntojen valvontaan ja salattujen yhteyksien konfigurointiin.

### **Clients**

Palvelinten asiakkaat ovat ICA- tai RDP-asiakassovellusta käyttäviä päätelaitteita, joiden avulla käyttäjät voivat käyttää palvelimilla toimivia sovelluksia.

### **Program Neighborhood Agent**

Palvelinsovellus, joka vastaa käyttäjän tunnistamisesta sisäänkirjautumisen yhteydessä, käyttäjän työpöydän pikakuvakkeista ja asetuksista, sekä sovellusten käynnistämisestä.

### **Web Interface**

Web-käyttöliittymän avulla voidaan tarjota käyttäjille pääsy omiin sovelluksiinsa www-selainohjelman avulla. Käyttäjän kirjautuessa sisään web-käyttöliittymä luo dynaamisesti HTML-sivun, jossa näkyvät niiden sovellusten pikakuvakkeet, joihin käyttäjällä on käyttöoikeus.

### **Secure Gateway**

Yhdyskäytävä, jonka kautta voidaan muodostaa internetin välityksellä salattu yhteys palvelinparmiin.

### **Document Center**

Tarjoaa yhtenäisen käyttöliittymän ylläpitoon liittyvien dokumenttien käyttämiseen.

### **Management Applications**

Sisältää Presentation Server -arkkitehtuurin hallintaan käytettäviä lisätyökaluja, joiden avulla voidaan hallinnoida palvelinten kuormitusta, seurata laitteistoresurssien käyttöä sekä helpottaa verkon hallintaa ja sovellusten asentamista palvelimille.

### **EdgeSight**

Täydentävä, varsinaisen Citrix Presentation Server -paketin ulkopuolinen työkalu, jonka avulla voidaan seurata sovellusten toimintaa käyttäjän näkökulmasta. EdgeSightin avulla voidaan tunnistaa Presentation Server -farmin sovellusten toimintaan liittyviä ongelmia ja havaita, mistä ne johtuvat.

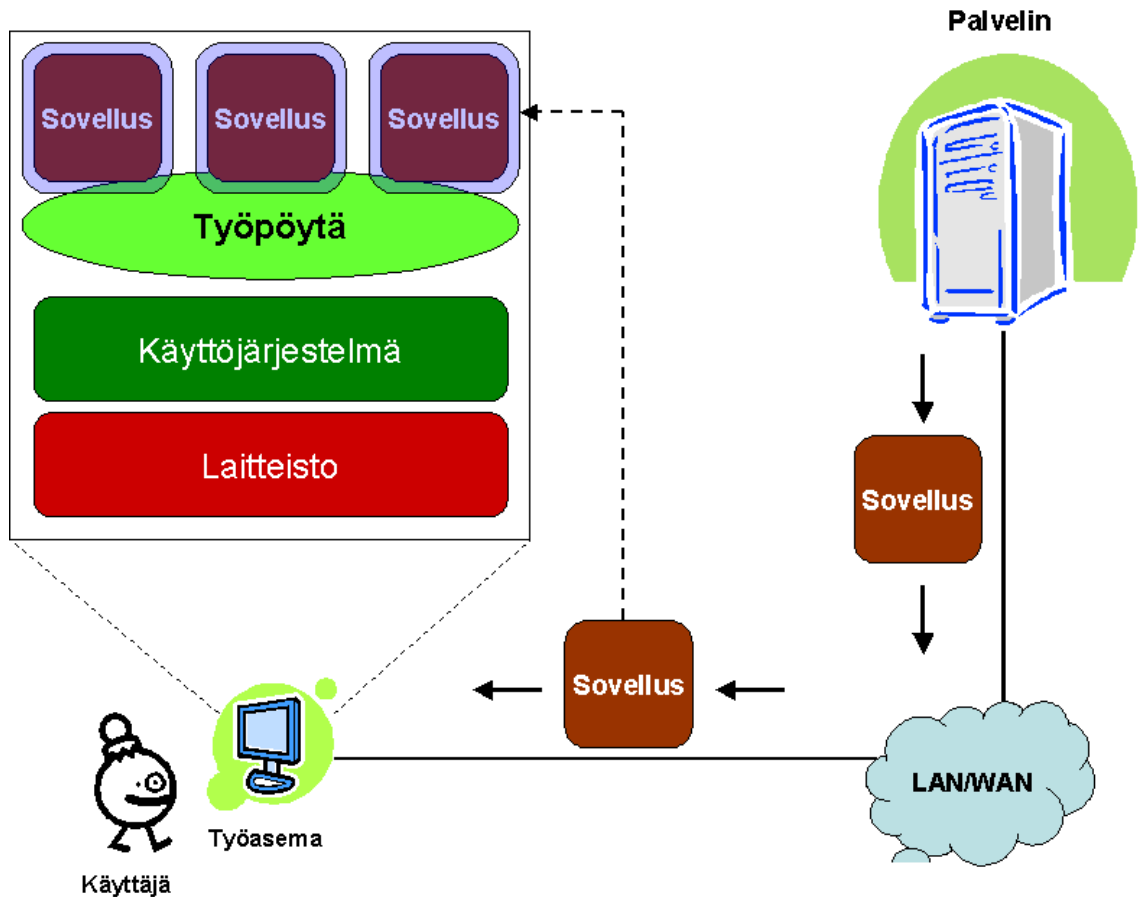
Citrix Presentation Server 4.5 on ensimmäinen ratkaisu, jossa on yhdistetty aiemmista Presentation Serverin versioista tuttu palvelimella suoritettavien sovellusten käyttäminen ja paketoitujen sovellusten siirtäminen verkon välityksellä käyttäjän työasemaan, jolloin niiden suorittaminen tapahtuu paikallisesti. Tällöin sovelluksia voidaan jakaa keskitetysti, mutta siitä huolimatta käyttää myös ilman verkkoyhteyttä. [Fudge]

Citrix on käyttänyt termiä sovellusten virtualisointi (application virtualization) jo aikaisemmin Presentation Serverillä suoritettavien sovellusten yhteydessä, mutta tässä tutkimuksessa käytetyssä merkityksessään sillä tarkoitetaan nimenomaan sovellusten paketoitua ja pakettien jakelua käyttäjien työasemiin, jolloin ne toimivat eristettyinä toisistaan ja työaseman käyttöjärjestelmästä. Sovellusten virtualisointiin perehdytään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

## **2.4. Sovellusten virtualisointi**

Uusin virtualisoinnin kolmesta pääosa-alueesta on sovellusten virtualisointi. Sillä tarkoitetaan yksittäisten sovellusten paketoitua ympäristöön, joka eristää ne tietokoneen käyttöjärjestelmästä ja muista sovelluksista. Tällöin sovellusta voidaan käyttää normaalisti, mutta se ei vaikuta muiden samassa käyttöjärjestelmässä toimivien sovellusten toimintaan, eivätkä muut sovellukset siihen. Sovellusten suorittaminen tapahtuu paikallisesti käyttäjän työasemassa, mutta niitä voidaan jakaa keskitetysti verkon välityksellä palvelimilta käyttäjille. Paketoitujen sovellusten asentaminen käyttäjien työasemiin ja niiden poistaminen työasemista on näin ollen huomattavasti helpompaa, kuin perinteisesti asennettujen sovellusten. Sovellusten asentamisen sijaan

voidaankin puhua ”julkaisemisesta”, sillä virtuaalisia sovelluksia ei tarvitse lainkaan asentaa käyttöjärjestelmään, vaan ne toimivat itsenäisinä, helposti siirrettävinä paketteina. [Drews] Sovellusten virtualisointia on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4: Sovellusten virtualisointi

Sovellusten virtualisoinnin avulla pyritään yhdistämään suppeiden työasemien hallinnoinnin helppous ja PC-tietokoneiden laskentateho. Virtuaalisia sovelluksia isännöidään keskitetyllä palvelimella, josta niitä siirretään verkon välityksellä käyttäjien PC-tietokoneille. Tällöin sovellus käyttää paikallisen työaseman resursseja – toisin kuin palvelin pohjaisissa järjestelmissä – mutta toimii ikään kuin omassa eristetyssä virtuaalikoneessaan. Tämä helpottaa järjestelmien hallinnointia merkittävästi, sillä eristetyt toimintaympäristöt estävät sovellusten välisten konfliktien syntymisen. Sovelluksia voidaan kuitenkin päivittää ja hallinnoida keskitetysti kuten palvelin pohjaisissa ympäristöissä. [Dornan]



Virtuaalinen sovellus sisältää itse sovelluksen suorittamiseen tarvittavan ohjelmakoodin lisäksi sen käyttämät rekisterit, DLL-tiedostot, COM-objektit (esimerkiksi DirectX:n komponentit) ja muut sovelluksen suorittamiseen vaadittavat resurssit. Näin ollen sovelluksen asentaminen ei muuta mitään virtuaaliympäristön ulkopuolella (tietokoneen käyttöjärjestelmässä) olevia asioita, mikä tekee siitä ulkopuolisista asioista riippumattoman. Virtuaalinen sovellus voi kuitenkin olla vuorovaikutuksessa käyttöjärjestelmän ja laitteiston kanssa ja käyttää esimerkiksi levymuistia, USB-laitteita ja tulostimia. [Softricity]

Kahden sovelluksen välinen konflikti syntyy, kun sovellukset tarvitsevat toimiakseen eri versioita samasta DLL-tiedostosta. Uuden sovelluksen asentaminen päivittää käyttöjärjestelmän DLL-kirjastoa ja saattaa aiheuttaa jonkin toisen sovelluksen käyttämän DLL:n ylikirjoittamisen, jonka jälkeen toinen sovellus ei enää toimi. Tämän ongelman – niinkutsutun DLL-helvetin – poistuminen on tärkein sovellusten virtualisoinnin avulla saavutettavista hyödyistä. [Drews]

Toinen, työasemien suorituskykyyn vaikuttava parannus on sovellusten asentamisen ja poistamisen tapahtuminen siten, etteivät ne jätä käyttöjärjestelmän kokoonpanoasetukset sisältävään rekisteriin jälkiä. Rekisterin täyttyminen on merkittävä Windows-työasemien suorituskykyä alentava ilmiö, joka näkyy erityisesti käyttöjärjestelmän ja sovellusten käynnistämisen hidastumisena. Lisäksi virtuaalisten sovellusten julkaiseminen ja poistaminen on erittäin nopeaa ja helppoa: sovellusta ei tarvitse asentaa lainkaan perinteisessä mielessä käyttöjärjestelmään, vaan ainoastaan virtuaalisen sovelluksen sisältävä paketti ladataan verkon välityksellä palvelimelta käyttäjän työasemaan ja sovellus on valmis käytettäväksi. Kaikki sovelluksen käyttämät rekisteritiedot ja DLL-tiedostot häviävät kerralla, kun paketti tuhoetaan. [Dornan]

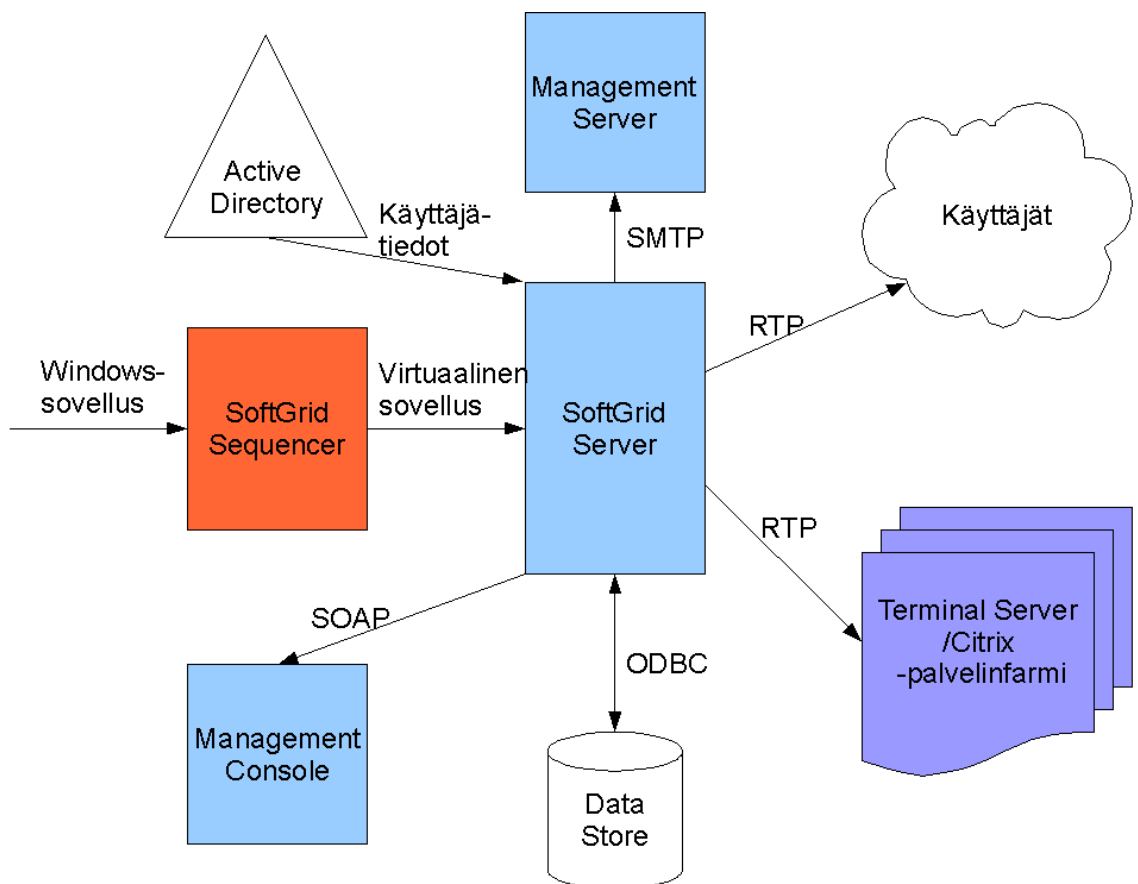
Kaikkia sovelluksia ei kuitenkaan voida virtualisoida. Esimerkiksi www-selainohjelmia ja virustorjuntasovelluksia ei voida erottaa käyttöjärjestelmästä niin, että ne voitaisiin toteuttaa virtuaalisina. [Softricity] Ongelmia voi syntyä myös useista sovelluksista koostuvien kokonaisuuksien, kuten Microsoft Office -paketin virtualisoinnin yhteydessä. Tällaiset kokonaisuudet vaativat toimiakseen täydellisesti nimenomaan eri sovellusten välistä vuorovaikutusta, joka virtualisoinnin avulla on eliminoitu. Tämän vuoksi esimerkiksi Office-sovelluksia ei voida olemassaolevien teknologioiden avulla

virtualisoida niin, että ne toimisivat kaikilta osin samalla tavalla kuin perinteisesti asennettuina.

Sovelluksia voidaan virtualisoida useiden keskenään hieman erilaisten tuotteiden avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi Microsoft SoftGrid, Altiris SVS, Thinstall Embedded ja Citrix Presentation Server Application Streaming. Seuraavaksi tarkastellaan lähemmin sovellusten virtualisointia Microsoft SoftGridin avulla.

### 2.4.1. SoftGrid

SoftGrid on sovellusten virtualisointiin perustuva tuote, jonka avulla virtuaalisia sovelluksia voidaan luoda, hallinnoida ja siirtää käyttäjien työasemiin. Järjestelmä koostuu seuraavista osista, joiden rooleja ja vuorovaikutusta on havainnollistettu kuvassa 5: [Softricity]



Kuva 5: SoftGrid-järjestelmän osat ja niiden välinen kommunikaatio

**SoftGrid Virtual Application Server**

SoftGrid-järjestelmän keskuspalvelin, joka isännöi virtuaalisia sovelluksia. Virtual Application Server -palvelimelta sovellukset siirretään käyttäjille. Palvelin hallinnoi lisäksi käyttäjien tunnistautumista ja ohjelmistolisenssejä.

**SoftGrid Client**

Asiakasohjelma, joka asennetaan käyttäjän Windows-työasemaan. Ohjelman avulla asiakas kommunikoi Virtual Application Server -palvelimen kanssa. Terminal Server/Citrix Presentation Server -palvelimille on myös olemassa oma asiakassovelluksensa.

**SoftGrid Data Store**

Tietokanta, jossa säilytetään sovelluksiin liittyvää tietoa ja niiden käyttöön perustuvia tilastoja. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää Microsoftin MSDE- tai SQL-tietokantoja. Palvelin kommunikoi tietokannan kanssa ODBC-rajapinnan (Open Database Connectivity) kautta.

**SoftGrid Management Console**

Windows-työasemaan asennettava sovellus, jonka graafisen käyttöliittymän avulla hallinnoidaan Virtual Application Server -palvelinten ominaisuuksia. Kommunikoi XML-pohjaisen SOAP-protokollan (Simple Object Access Protocol) avulla Virtual Application Server -palvelimen kanssa SoftGrid Management Web Service -etähallinnointirajapinnan kautta.

**SoftGrid Management Server**

Monitorointiin ja raportointiin käytettävä palvelin, joka ei ole pakollinen järjestelmän toiminnallisuuden kannalta. Käytetään yleensä kooltaan ja käyttäjämäärältään suurissa ympäristöissä.

**SoftGrid Sequencer**

Työkalu, jonka avulla sovellus virtualisoidaan. Luo paketin, joka sisältää virtuaalisen sovelluksen ja sen käyttöympäristön.

**Active Directory**

Active Directory -hakemistopalvelua käytetään käyttäjäprofiilien hallintaan. Järjestelmä hakee AD:stä käyttäjien henkilökohtaiset asetukset (esimerkiksi tiedot sovelluksista, joihin käyttäjällä on käyttöoikeus) sisäänkirjautumisen yhteydessä.

Lisäksi järjestelmään voidaan liittää Microsoftin SMS (Systems Management Server), jonka avulla ylläpitäjä voi etäasentaa virtuaalisia sovelluksia käyttäjien työasemiin. Sovellusten jakelua ja hallinnointia voidaan helpottaa ZeroTouch-palvelimen avulla, joka tarjoaa käyttäjille yhteisen käyttöliittymän sekä omalla työasemalla että Terminal Server/Citrix-palvelimella toimiviin sovelluksiin. Se optimoi lisäksi sovellusten jakelua ja tarjoaa käyttäjille mahdollisuuden ottaa käyttönsä uusia sovelluksia helposti itsepalveluna. ZeroTouch seuraa myös sovellusten käyttöä käyttäjä-, sovellus- sekä lisenssikohtaisesti ja luo seurannan tuloksista automaattisesti raportteja. Tämä helpottaa esimerkiksi kustannusten seuranta ja antaa valmista tilastotietoa sisäistä laskutusta varten.

SoftGridiä käytettäessä asiakassovellus toimii agenttina työaseman ja palvelimen välillä. Se lisää käyttäjän työpöydälle tämän käytössä olevien ohjelmien pikakuvakkeet ja linkittää ne oikeisiin sovelluksiin. Kun käyttäjä käynnistää sovelluksen ensimmäistä kertaa, asiakasohjelma ottaa yhteyden palvelimeen, joka aloittaa virtuaalisen sovelluspaketin siirtämisen RTP-protokollan avulla käyttäjälle. Tämä toimii käytännössä hieman kuten suoratoisto (katso kappale 2.5): sovelluksen käynnistämisen kannalta kriittiset komponentit siirretään ensin ja käyttäjä voi aloittaa sovelluksen käyttämisen ennen kuin koko paketti on ladattu työasemaan. Paketti tallennetaan levyvälimuistiin, josta sitä voidaan käyttää tulevaisuudessa niin, ettei koko sovellusta tarvitse ladata verkon välityksellä jokaisen käyttökerran yhteydessä. [Drews]

Yhteys palvelimeen muodostetaan jokaisella käyttökerralla, mutta sovelluksen ollessa kokonaan käyttäjän työasemalla tämä tehdään ainoastaan tunnistautumista, lisenssienhallintaa ja päivitystarkistuksia varten. Sovellus voidaan myös etäasentaa käyttäjän työasemaan ennen käyttöä esimerkiksi SMS:n avulla, jolloin verkkoyhteyttä ei välttämättä tarvita jokaisella käyttökerralla. Tällöin käyttäjille voidaan antaa oikeus käyttää sovelluksia offline-tilassa rajoitetun ajanjakson (tyypillisesti enintään 1-3 kuukauden) aikana. Tämä tulee kysymykseen esimerkiksi työskenneltäessä kannettavalla tietokoneella ilman verkkoyhteyttä.

Virtuaalisten sovellusten luomista kutsutaan SoftGridissä sekventoinniksi (sequencing). Siinä kerätään sovelluksen perinteisessä asennuksessa käytetyt tiedostot ja muut sovelluksen suorittamiseen tarvittavat (ulkopuoliset) komponentit ja luodaan niiden ympärille virtuaalinen suoritusympäristö. Lisäksi tarvitaan tieto siitä, missä järjestyksessä eri tiedostoja tarvitaan sovellusta suoritettaessa. Sen perusteella määritellään paketin osien lataamisjärjestys palvelimelta käyttäjän työasemaan.

Lopputuloksena sekventoinnista saadaan virtuaalinen suoritusympäristö, joka sisältää neljä tiedostoa:

- .SFT-päätteinen tiedosto ("Softricity-tiedosto")
- .OSD-päätteinen tiedosto (Open Software Description)
- .ICO-päätteinen tiedosto (ikoni)
- .SFRT-päätteinen tiedosto ("Sequencer Project -tiedosto")

Paketin varsinainen sisältö on SFT-tiedostossa, joka sisältää kaikki virtuaalisen sovelluksen käyttämät tiedostot, hakemistot, riippuvuussuhteet ja rekisteriasetukset. Näin ollen sovellus ei tarvitse toimiakseen mitään tiedostoja virtuaalisen käyttöympäristön ulkopuolelta. Paketin sisällä oleviin tietoihin ei myöskään pääse käsiksi sovelluksen ulkopuolelta (käyttöjärjestelmästä), vaan tiedostoja voi käyttää ainoastaan kyseinen sovellus.

OSD-tiedosto on XML-pohjainen SFT-tiedoston sisällön kuvaus, jossa on sovellukseen ja sen suorittamiseen liittyvää metatietoa. ICO-tiedosto on sovelluksen pikakuvakkeissa käytettävä ikoni. Lisäksi virtuaalinen suoritusympäristö sisältää SFRT-tiedoston, jossa on sekventointiprosessissa luodun SFT-tiedoston ulkopuolelle jätetyt alkuperäiseen sovellukseen kuuluvat tiedostot, hakemistot ja rekisteritiedot. Käyttäjän työasemaan ladattava paketti ei sisällä tätä tiedostoa, mutta sitä voidaan käyttää palvelimella olevan SFT-tiedoston päivittämiseen. [Softricity]

## 2.5. Muut virtualisointiin liittyvät käsitteet

Työasemapalveluiden toteuttamiseen käytettävien virtualisointitekniikoiden avulla

virtualisoidaan työasemia, käyttöjärjestelmiä, käyttöliittymiä ja sovelluksia. Virtualisointiin yhdistetään kuitenkin myös muita käsitteitä. Moni näistä liittyy teknologioihin, jotka usein toimivat apuvälineinä työasemien käytölle. Seuraavaksi käydään lyhyesti läpi muutama tällainen käsite [EMA].

### **Levymuistin virtualisointi**

Levymuistin virtualisoinnin avulla suuri yksittäinen kiintolevy voidaan jakaa useaksi käyttäjäkohtaiseksi loogiseksi levyksi, jotka näkyvät käyttäjille henkilökohtaisina verkkoasemina. Tällöin varsinaisen fyysisen levyn rakenne ja sijainti eivät näy käyttäjälle, vaan tämä voi käyttää omaa osaansa yhteisestä fyysisestä levystä aivan kuten henkilökohtaista kiintolevyä. Yleensä levymuistin virtualisoinnin avulla ositetaan suuria usean käyttäjän SAN- tai NAS-verkkolevyjä, mutta sitä voidaan soveltaa myös paikallisen kiintolevyn jakamiseen useammaksi loogiseksi asemaksi.

### **Tiedon virtualisointi**

Tiedon virtualisoinnin avulla erityyppisten tietoalkioiden – tiedostojen, tietokantojen sisällön, metatiedon, merkinantotiedon jne. – käsittelyä varten muodostetaan yhteinen kerros, joka toimii tulkkina sovellusten ja tietoalkioiden välillä. Kerros kääntää sovellusten pyynnöt päästä käsiksi tietoihin kunkin tietotyypin vaatiman protokollan mukaisiksi. Tällöin sovellukset voivat käsitellä tietoa yhteisen käytännön mukaisesti riippumatta siitä, minkätyyppisistä tietoalkioista on kysymys ja missä ne sijaitsevat.

### **Klusterointi**

Klusteri on virtuaalinen (palvelin)kokonaisuus, joka koostuu useammasta fyysisestä palvelimesta, mutta näkyy käyttäjälle yhtenä loogisena palvelimena. Klusteroinnin avulla voidaan luoda suuren käyttäjämäärän järjestelmiä varten useasta identtisestä fyysisestä palvelimesta koostuva kokonaisuus, jossa kaikki palvelinkoneet suorittavat samaa sovellusta. Tällöin palvelinkoneiden kuormaa klusterin sisällä voidaan helposti tasapainottaa ja taata jokaiselle käyttäjälle samanlainen palvelun laatu. Käytännön esimerkki klusteroinnista on palvelimilla toimivista virtuaalisista työasemista koostuvien poolien luominen, jossa yhteen pooliin voi kuulua useita fyysisiä palvelinkoneita.

### **Verkkolaskenta**

Verkkolaskennassa verkko (grid) koostuu useasta palvelimesta, jotka ovat yleensä laaja-alaisen verkon – mahdollisesti internetin – välityksellä yhteydessä toisiinsa. Se on ikäänkuin hajautettu klusteri, jonka sisältämät palvelinkoneet voivat olla keskenään erilaisia. Niiden laskentateho on verkkolaskennan avulla yhdistetty yhden sovelluksen suorittamista varten. Jokaisella palvelimella voi olla oma erityistehtävänsä sovelluksen suorittamisessa, minkä vuoksi resurssien ja tehtävien kohdentaminen vaatii keskitettyä koordinoitua.

### **Software-As-A-Service**

Software as a Service (SAAS) on tapa tuottaa sovellus palveluna loppukäyttäjälle. Sovelluspalvelujen tarjoaja (Application Service Provider, ASP) isännöi sovellusta, johon käyttäjällä on pääsy verkon kautta selainohjelman tai erityisen asiakassovelluksen avulla. SAAS-malliin yhdistetään yleensä sovelluksen käyttöön perustuva hinnoittelumalli, mutta esimerkiksi SoftGridin avulla virtualisoidut sovellukset ja käyttöliittymän virtualisoinnin avulla käytettävät palvelinperusteiset sovellukset voidaan nähdä erikoistapauksina tästä.

### **Suoratoisto**

Suoratoisto (streaming) on tapa siirtää tietoa verkon välityksellä palvelimelta käyttäjälle niin, että siirto ja tiedon toistaminen käyttäjän päätelaitteella voivat tapahtua samanaikaisesti. Siirrettävä data voi olla esimerkiksi reaaliaikaista videokuvaa, mutta myös sovelluksia voidaan jakaa dynaamisesti keskitetystä pisteestä useille eri käyttäjille. Tällöin sovellus on paketoitu siten, ettei sitä tarvitse lainkaan asentaa työasemaan. Paketin sisältö siirretään sellaisessa järjestyksessä, että käyttäjä voi aloittaa sovelluksen käyttämisen jo ennen, kuin lataaminen on kokonaisuudessaan suoritettu. Käytännön esimerkki suoratoistosta on SoftGridin avulla paketoitujen virtuaalisten sovellusten siirtäminen palvelimelta käyttäjän tietokoneelle.

## **2.6. Virtual Desktop Infrastructure**

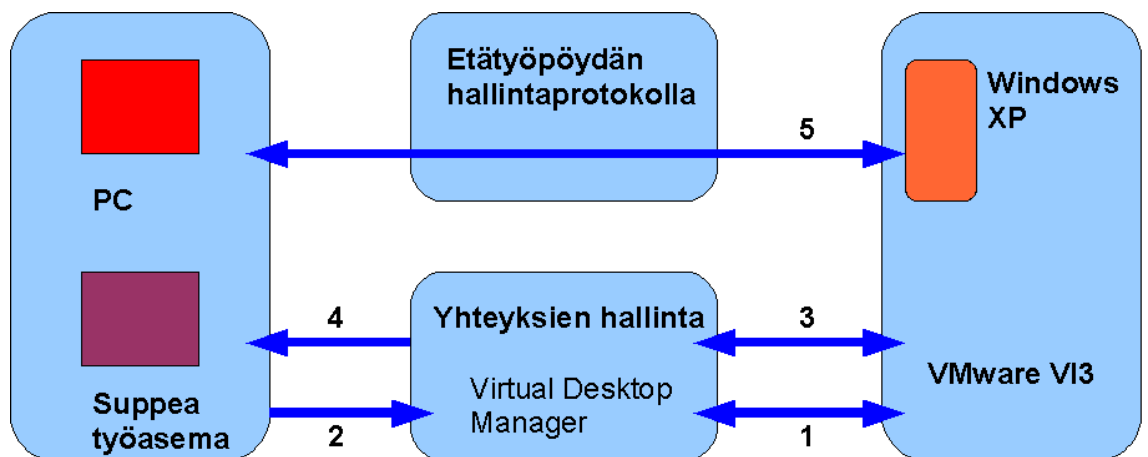
Virtual Desktop Infrastructure (VDI) on koneiden virtualisointiin perustuva ratkaisu, jossa keskitetyssä palvelinympäristössä toimivia virtuaalisia työasemia käytetään

verkon välityksellä käyttöliittymien virtualisoinnin avulla. VDI:n käyttäjä ottaa käyttäen esimerkiksi RDP- tai ICA-protokollaa etäyhteyden virtuaalisia työasemia isännöivään palvelimeen ja saa käyttöönsä työaseman, joka on palvelimella toimiva virtuaalinen PC-tietokone. Yksi RDP- tai ICA-yhteys vaatii verkkokaistaa noin 20-40 kilobittia sekunnissa.

Koneista voidaan muodostaa palvelimille keskenään samanlaisia työasemia sisältäviä pooleja, joista uusi käyttäjä saa aina omia käyttötarpeitaan vastaavan vapaan työaseman. VDI:n avulla voidaan myös toteuttaa uniikki käyttöympäristö joillekin käyttäjille – tai jokaiselle käyttäjälle – siten, että saman palvelimen isännöimillä virtuaalisilla työasemilla voidaan käyttää eri sovelluksia. Uusien sovellusten asentaminen virtuaalisille työasemille on yksinkertaista Citrix Presentation Server -ympäristöön verrattuna, sillä sovelluksen käyttöönotto ei vaadi palvelinten määrän kasvattamista. Näin ollen VDI mukautuu käyttäjien muuttuviin tarpeisiin perinteistä palvelin pohjaista ratkaisua huomattavasti paremmin. [Oglesby]

VDI-infrastrukturi koostuu käyttäjien fyysisistä (suppeista) työasemista ja niillä toimivista etätyöpöydän hallintasovelluksista, palvelinkoneista ja niille asennetuista koneiden virtualisointialustoista (esimerkiksi VMware ESX Server), niiden isännöimistä virtuaalisista työasemista, sekä näitä yhdistävästä verkosta. Yhteyksienhallinnan (connection broker) ja Active Directory -hakemiston avulla hallinnoidaan käyttäjien pääsyä omille virtuaalisille työasemilleen. Käyttäjä voi esimerkiksi kuulua Active Directoryssa määriteltyyn käyttäjäryhmään, joka käyttää tiettyyn pooliin kuuluvia virtuaalisia työasemia. Lisäksi tarvitaan jaettu levymuisti (esimerkiksi iSCSI SAN), joka sisältää kaikkien käyttäjien henkilökohtaiset virtuaaliset kiintolevyt. Näin käyttäjä pääsee käyttämään omia tiedostojaan miltä tahansa virtuaaliselta työasemalta. VDI:n rakennetta ja toimintaa on havainnollistettu kuvassa 6. [VMware Virtual Desktop Infrastructure]





Kuva 6: VDI:n rakenne ja toiminta

Kuvassa on nuolten avulla havainnollistettu vaiheittain yhteyksien hallintaa käyttäjien ja virtuaalisten työasemien välillä:

1. Yhteyksien hallinnan alla toimiva Virtual Desktop Manager (VDM) pitää jatkuvasti yllä tietoa palvelimella olevien virtuaalisten työasemien tilasta.
2. PC:tä tai suppeaa työasemaa käyttävä henkilö kirjautuu VDM:ään halutessaan käyttää työasemaansa.
3. VDM tunnistaa käyttäjän Active Directorystä (AD).
4. VDM valitsee käyttäjälle AD:n tietojen perusteella virtuaalisen työaseman.
5. Yhteys muodostetaan suoraan käyttäjän virtuaaliseen työasemaan.

VDI:n avulla pyritään yhdistämään hajautettujen ja keskitettyjen tietokonejärjestelmien hyvät puolet. Se on rakenteeltaan keskitetty järjestelmä, jossa jokaisella käyttäjällä on oma käyttöjärjestelmä kuten hajautetuissa järjestelmissä. Käyttäjät voidaan eristää toisistaan keskitetyn rakenteen hyviä puolia menettämättä. Tällöin esimerkiksi käyttöjärjestelmän tai sovelluksen kaatuminen vaikuttaa vain yhteen käyttäjään. [Beveridge]

Sovellusten asentaminen virtuaaliseen työasemaan tapahtuu periaatteessa samalla tavalla, kuin mihin tahansa Windows-käyttöjärjestelmällä varustettuun PC-koneeseen. Näin ollen virtuaalisessa työasemassa voidaan hyödyntää muita virtualisointitekniikoita – käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointia – samalla

tavalla kuin fyysisessä PC:ssä. Kappaleessa 2.8. perehdytään tarkemmin nimenomaan mahdollisuuksiin yhdistää virtualisoinnin kolme pääteknologiaa. Ennen tätä suoritetaan vielä lyhyt vertailu VDI:n, sovellusten virtualisoinnin ja käyttöliittymien virtualisoinnin välillä.

## 2.7. Virtualisointitekniikoiden vertailu

Ennen perehtymistä virtualisointitekniikoiden yhdistämiseen on syytä suorittaa vielä lyhyt virtualisointitekniikoiden keskinäinen vertailu. Koska teknologiat ja niihin perustuvat tuotteet eivät suoranaisesti ole keskenään kilpailevia eikä mikään teknologioista ole täysin korvattavissa toisella, mihinkään yhdenmukaiseen analyysimenetelmään perustuvan vertailun suorittaminen ei ole mielekästä. Tässä kappaleessa käydäänkin läpi erilaisia käyttötarkoituksia, joihin kukin teknologia ominaisuuksiensa puolesta parhaiten soveltuu.

VDI:n ja Citrix Presentation Serverin toiminnallisuus on periaatteessa samanlainen: niiden avulla voidaan tarjota käyttäjälle keskitetyssä palvelinympäristössä toimiva työpöytä ja sovellukset, joita käytetään RDP- tai ICA-protokollan välittämän virtuaalisen käyttöliittymän kautta. 95 prosentissa tapauksista VDI ei kuitenkaan ole hyvä vaihtoehto Citrixille tai päinvastoin. VDI soveltuu parhaiten uniikkien käyttäjäkohtaisten ympäristöjen toteuttamiseen, joissa on Citrix-ympäristöön huonosti soveltuvia sovelluksia. Lisäksi se skaalautuu nopeasti muuttuviin sovellustarpeisiin Citrixia paremmin, sillä uusien sovellusten asentaminen ei vaadi palvelinten määrän lisäämistä. [Oglesby] Citrixissä useampi käyttäjä voi käyttää yhtä sovellusta samanaikaisesti, minkä vuoksi se ei ole hyvä ratkaisu vain yhden käyttäjän käytettäväksi tarkoitettujen sovellusten suorittamiseen. [Madden] Lähtökohtaisesti VDI on kuitenkin huomattavasti Citrixia kalliimpi ratkaisu, joten sen käyttäminen on perusteltua vain silloin, kun sillä saavutetaan huomattavaa hyötyä Citrixin verrattuna. Harvoin muuttuvan monen käyttäjän sovelluksista koostuvan ympäristön toteuttamiseen pelkkä Citrix soveltuu kuitenkin erinomaisesti. Näiden ominaisuuksien vuoksi paras vaihtoehto monissa tapauksissa saattaa olla molempien tekniikoiden yhdistäminen, jolloin

jokainen sovellus voidaan toteuttaa sille parhaiten soveltuvassa ympäristössä. [Oglesby]

Yleisesti ottaen kaikki sovellukset toimivat virtuaalisessa työasemassa samalla tavalla kuin PC:ssä, eikä tiettyjen sovellusten voida sanoa soveltuvan paremmin tai huonommin virtuaalisessa ympäristössä käytettäväksi. Runsaasti grafiikkaa sisältävän, laskennallisesti raskaan sovelluksen (esimerkiksi AutoCad) suorittamiseen voi kuitenkin olla mielekästä varata erillisiä, pelkästään tälle sovellukselle tarkoitettuja laitteistoresursseja. Näin vältetään tilanne, jossa yksi raskasta sovellusta suorittava virtuaalinen työasema käyttää liian suurta osaa sitä isännöivän fyysisen palvelimen kapasiteetista hidastaen muita samalla palvelimella toimivia työasemia.

Sovellusten virtualisointi on perusajatukseltaan erilainen teknologia VDI:n ja Citrixin verrattuna, sillä keskitetysti jaettavien virtuaalisten sovellusten suorittaminen tapahtuu paikallisesti. Sen käyttötarkoituksena on helpottaa sovellusten käyttöönottoa ja vähentää niistä aiheutuvia ongelmia missä tahansa Windows-sovellusten käyttötapauksessa luvussa 2.5. mainittujen ominaisuuksien ansiosta. [Drews] Tästä voidaan päätellä, että sovellusten virtualisoinnin avulla saavutettava hyöty riippuu hyvin paljon kahdesta asiasta:

1. Mahdollisten konfliktien määrä, mikä riippuu suoraan erilaisten sovellusten määrästä yhdessä työasemassa
2. Uusien sovellusten käyttöönottotarve

Sovellusten virtualisointi on työasemien ylläpidettävyyttä parantava teknologia, joka sopii käytettäväksi samalla tavalla kaikkien ominaisuuksiensa puolesta virtualisoitavissa olevien sovellusten toteuttamiseen. Kappaleessa 2.4. mainitut tapaukset pois lukien voidaan sanoa, että se toimii samalla tavalla kaikkiin sovelluksiin. Poikkeuksellisen runsaasti levytilaa vaativien sovellusten siirtäminen palvelimelta käyttäjän työasemaan saattaa tosin kestää niin kauan, että odotusaika heikentää sovelluksen käytettävyyttä.

SAAS-sovellukset voidaan myös nähdä virtuaalisten sovellusten ja virtuaalisten käyttöliittymien avulla käytettävien palvelin pohjaisten sovellusten kilpailijana. Niihin liittyy kuitenkin yleensä käyttöön perustuva hinnoittelumalli, mikä erottaa SAAS-sovellukset perinteisen lisensointimallin mukaan hinnoitelluista virtualisointiin perustuvista sovelluksista. Selainohjelman avulla käytettävien, käytön perusteella

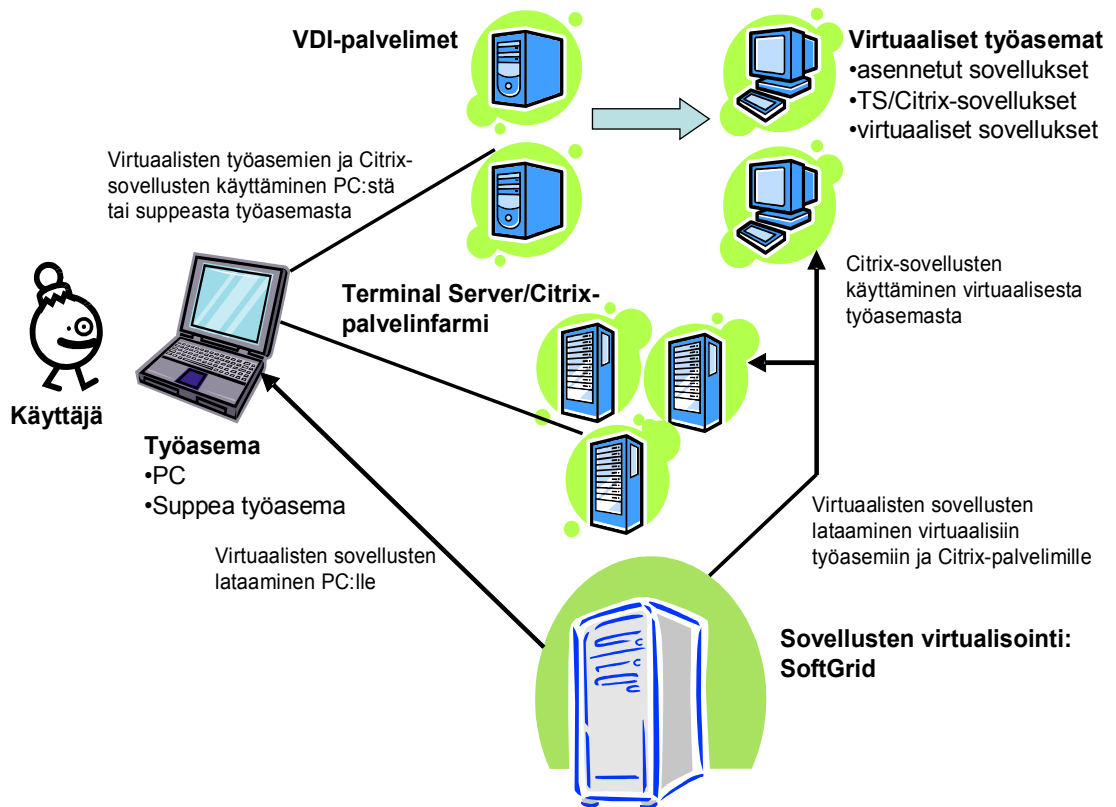
hinnoiteltujen sovellusten voidaankin todeta olevan käyttäjälleen hyvä ratkaisu silloin, kun tarvitaan jotakin harvemmin käytettävää erityissovellusta. Päivittäin käytettävien perussovellusten toteuttamiseen virtualisointi on yleisesti ottaen SAAS-sovelluksia parempi ratkaisu. Palveluntarjoajan kannalta SAAS soveltuu parhaiten yksittäisten sovellusten tarjoamiseen palveluna, kun taas virtualisointi on käyttökelpoisempi ratkaisu kokonaisen työasemapalvelun toteuttamisen apuvälineeksi.

Virtuaalisten sovellusten suorittaminen voidaan myös keskittää palvelimille yhdistämällä VDI ja/tai Citrix Presentation Server johonkin sovellusten virtualisointiratkaisuun, esimerkiksi SoftGridiin. Mahdollisuuksiin yhdistää virtualisointitekniikoita tutustutaan seuraavassa luvussa.

## **2.8. Virtualisointitekniikoiden yhdistäminen**

Yhtä kaikkia virtualisointitekniikoita – koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointia – yhdistävää tuotetta ei toistaiseksi ole olemassa. Teknologiat ja niihin perustuvat tuotteet ovat kuitenkin keskenään yhteensopivia, joten niitä yhdistelemällä voidaan saada hyötyä useamman eri teknologian ominaisuuksista. Eri tuotteiden yhdistämiseen perustuvan järjestelmän etuna on modulaarisuus: uusia teknologioita ja eri tuotteiden päivityksiä on helppo ottaa käyttöön, kun koko järjestelmä ei perustu yhteen tuotteeseen. Tällöin on mahdollista yhdistää uusimmat ja parhaat tuotteet virtualisoinnin eri osa-alueilta.

Eri virtualisointitekniikoita voidaan yhdistellä ainakin seuraavilla kahdella tavalla (kuva 7):



Kuva 7: Eri virtualisointitekniikoiden yhdistäminen

1. Työasemaan – joko PC-koneeseen tai virtuaaliseen työasemaan – voidaan yhdistää kolmentyyppisiä sovelluksia. Sovellukset, joita ei voi tai kannata virtualisoida – kuten www-selain, virustorjunta ja Microsoft Office – on asennettava perinteisesti työaseman omaan käyttöjärjestelmään. Laskennallisesti raskaita ja paljon levytilaa vieviä sovelluksia ei välttämättä kannata asentaa erikseen jokaisen käyttäjän työasemaan eikä myöskään julkaista virtuaalisina. Tällöin paras vaihtoehto on isännöidä sovelluksia Terminal Server/Citrix-palvelimilla, jolloin niitä käytetään virtuaalisen käyttöliittymän välityksellä työasemaan asennetun ICA Client-sovelluksen avulla. Hyvä esimerkki tällaisesta sovelluksesta on MySAP ERP -tietokantasovellus. Muut sovellukset virtualisoimalla voidaan saavuttaa luvussa 2.4 mainittuja etuja.
2. Virtuaalisia sovelluksia voidaan isännöidä Citrix-palvelimella, jolloin palvelinfarmin kokoa ei enää tarvitse määrittellä sovellusten määrän perusteella, vaan ainoastaan sovellusten vaatiman laskentatehon mukaan. [Softicity]

Kaikki virtualisoinnin kolme pääteknologiaa yhdistyvät virtuaalisessa työasemassa,

jossa sovellusrakenne on kuvan 8 mukainen. Tällöin kaikki sovellukset toimivat keskitetyssä ympäristössä, jonka ulkopuolelle jäävät ainoastaan käyttäjien suppeat työasemat sekä verkko, joka yhdistää ne palvelimiin. Jokainen sovellus voidaan implementoida sille parhaiten soveltuvalla tavalla – perinteisesti asennettuna, palvelin pohjaisena tai virtuaalisena.



*Kuva 8: Teknologioiden yhdistäminen työasemassa*

## 2.9. Yhteenveto

Kuten tästä luvusta käy ilmi, virtualisointi on teknologiamielessä varsin monimuotoinen käsite, jota voi olla vaikeaa mieltää yhtenä teoreettisena kokonaisuutena.

Työasemapalvelun tuottamisen näkökulmasta se on vaihtoehtoinen tapa toteuttaa kokonainen työasema ja siinä käytettävät sovellukset. Tämän tutkimuksen seuraavissa luvuissa keskitytään tarkastelemaan virtualisoinnin avulla toteutetun työasemapalvelun hyötyjä ja haasteita paikallisesti asennettuihin sovelluksiin perustuviin työasemiin verrattuna.

Yhdistettäessä eri virtualisointiteknologioita kappaleessa 2.8. mainituilla tavoilla jokaisella teknologialla on oma roolinsa kokonaisuuden kannalta. Mikään kolmesta teknologiasta ei ole täysin korvattavissa toisella, vaan jokaisen avulla voidaan saavuttaa erilaisia hyötyjä. Mitään yleispätevää ohjenuoraa teknologioiden soveltuvuudesta erilaisiin ympäristöihin ei voida muodostaa, vaan teknologiatarve on arvioitava tapauskohtaisesti. Palvelinten, työasemien ja sovellusten määrän kasvaessa eri teknologioista ja niiden yhdistämisestä saatavan hyödyn voidaan kuitenkin yleensä olettaa kasvavan, sillä:

1. Mitä enemmän hajautetussa järjestelmässä on palvelimia ja työasemia, sitä haastavampaa sen ylläpitäminen on.
2. Mitä enemmän erilaisia sovelluksia tarvitaan, sitä enemmän niistä aiheutuu ongelmia.

Palvelua käyttävän tahon kannalta erittäin olennaista on informaatioteknologian merkitys organisaation toiminnassa. Yritys on todennäköisesti valmis panostamaan virtualisointiin sitä enemmän, mitä kriittisempi IT:n rooli on sen liiketoiminnassa. Seuraavassa luvussa tarkastellaan virtualisointiin perustuvien työasemapalveluiden merkitystä yrityksen liiketoimintastrategian toteuttamisen kannalta SWOT-analyysin muodossa.

### **3. Virtualisointi osana liiketoimintastrategiaa**

Työasemat – ovat ne sitten itse toteutettuja ja ylläpidettyjä tai palveluna ostettuja – ovat monessa yrityksessä työntekijöiden tärkeimpiä työvälineitä. Tämän vuoksi työasemien hyödyntäminen ja vastaavasti niistä aiheutuvat kustannukset voivat olla merkittäviä tekijöitä koko yrityksen menestymisen kannalta. Osittain tämän vuoksi monet yritykset ovat ottaneet informaatioteknologian osaksi strategiaansa.

Työasemien olemassaolon tarkoitus on toteutustavasta riippumatta erilaisten sovellusten käyttäminen. Perinteisesti tämä on toteutettu asentamalla käyttöjärjestelmä ja sovellukset PC-tietokoneeseen. Edellisessä luvussa käsiteltiin virtualisointitekniologioita, joiden avulla työasemat ja sovellukset voidaan toteuttaa vaihtoehtoisella tavalla. Tässä luvussa näitä kahta toteutustapaa vertaillaan liiketoimintanäkökulmasta SWOT-analyysin (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats – Vahvuudet, Heikkoudet, Mahdollisuudet ja Uhat) avulla. Analyysin taustalla on informaatioteknologian strategista hyödyntämistä kuvaava malli, jota käsitellään ensin lyhyesti.

#### **3.1. Strategia, teknologiastrategia ja IT-strategia**

Liiketoimintastrategialla (business strategy) tarkoitetaan yhtenäistä ja koordinoitua sitoumusten ja toimenpiteiden joukkoa, jonka avulla yritys pyrkii hyödyntämään ydinosaamistaan ja saavuttamaan kilpailuetua. Kilpailuedun ansiosta sitä omaavan yrityksen osakkeenomistajat voivat ansaita suurempaa taloudellista tuottoa, kuin vastaavalla riskillä varustetuissa sijoituksissa keskimäärin. [Hitt, Ireland & Hoskisson]



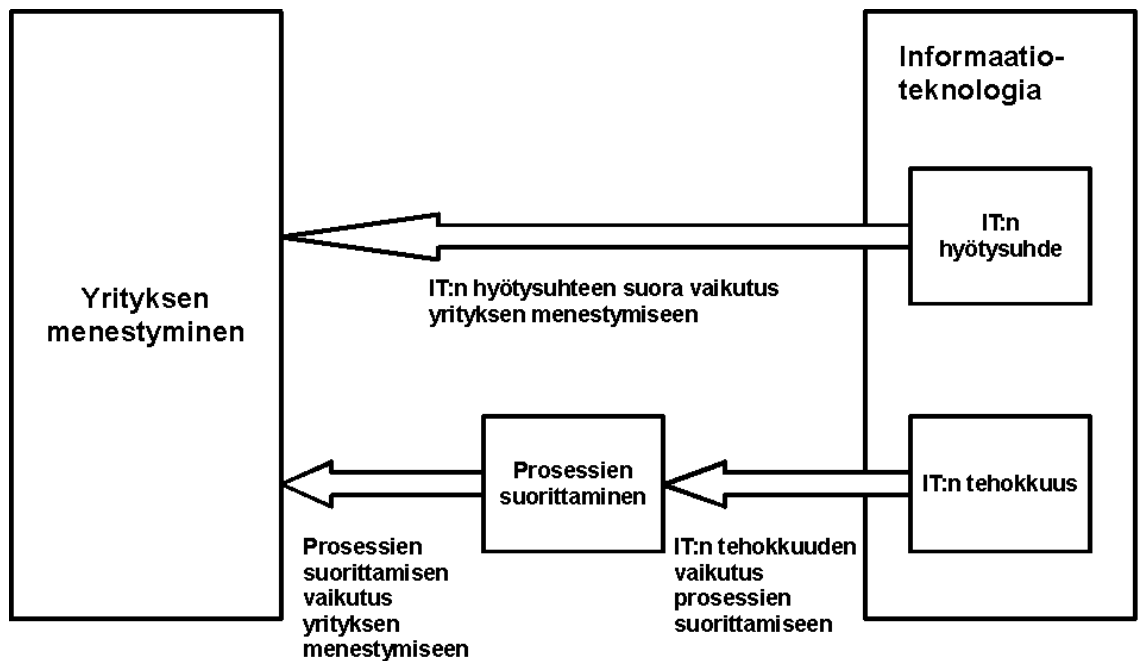
Teknologian nopean kehittymisen myötä sen merkitys yritysten voimavarana ja kilpailuedun lähteenä kasvaa jatkuvasti. Tämän vuoksi monet yritykset ovat ottaneet teknologian osaksi liiketoimintastrategiaansa. Teknologiastrategia (technology strategy) määrittelee suunnitelman, jonka mukaan yritys käyttää jotakin teknologiaa liiketoimintastrategian toteuttamisen apuvälineenä. Se edesauttaa organisaation sisäistä yhteisymmärrystä teknologian merkityksestä ja potentiaalista yrityksen kilpailuaseman kannalta sekä tämän potentiaalın hyödyntämisestä tulevaisuudessa. Lisäksi teknologiastrategiasta käy ilmi, miten teknologia täydentää strategian muita osa-alueita, kuten rahoitusta, markkinointia ja henkilöstöä. Toimiva strateginen suhtautumistapa teknologiaan antaa yritykselle mahdollisuuden käsitellä paremmin teknologian kehityksen ja lisääntyvän kilpailun aiheuttamia paineita sekä vähentää yritykseen ja sen työntekijöihin kohdistuvia uhkia ja epävarmuutta. [Dodgson]

Informaatioteknologian strateginen merkitys nykyaikaisessa liiketoiminnassa on 1980-luvun lopulta lähtien ollut olennainen ja kasvaa jatkuvasti. IT:n hyödyntäminen liiketoiminnassa vaatii tietoisuutta sen nykytilasta ja teknologioiden tarjoamista uusista mahdollisuuksista, tarvittaessa sen käyttötarkoitusten ja -tavoitteiden uudelleenmäärittelyä sekä yrityksen strategisen aseman tiedostamista. [Betts]

Informaatioteknologian vaikutusta sitä käyttävän yrityksen liiketoiminnan menestyksellisyyteen voidaan arvioida IT:n hyötysuhteen ja tehokkuuden kautta:

- **IT:n hyötysuhde (IT Efficiency):** Yrityksen tuloksen suhde IT-kustannuksiin, sekä projektienhallinnan suorituskyky aikataulujen ja budjetin puitteissa
- **IT:n tehokkuus (IT Effectiveness):** IT-sovellusten saatavuus, toimivuus ja käyttöaste kaikissa ydinliiketoimintaan liittyvissä projekteissa

IT:n hyötysuhde muodostuu tekijöistä, jotka vaikuttavat suoraan yrityksen menestykseen. Sen tehokkuus käsittää sellaiset tekijät, joiden vaikutus yrityksen menestykseen näkyy välillisesti prosessien suorittamisen tehokkuuden kautta. Tätä on havainnollistettu kuvassa 9 [Kempis et al.]:



Kuva 9: Informaatioteknologian hyötysuhteen ja tehokkuuden vaikutus yrityksen menestymiseen

Toinen vastaaventyyppinen malli käyttää kahden edellämainitun lisäksi IT-ratkaisujen hyödyllisyyttä mittaavana tekijänä suorituskykyä (performance). Tällöin IT:n vaikutusta yrityksen menestymiseen arvoidaan kolmella mittarilla, jotka voidaan määritellä seuraavasti:

- **Hyötysuhde (efficiency)** mittaa kykyä tehdä asioita oikealla tavalla
- **Tehokkuus (effectiveness)** mittaa kykyä tehdä oikeita asioita
- **Suorituskyky (performance)** mittaa kykyä tehdä parempia asioita

Käytännössä hyötysuhdetta kuvataan taloudellisilla mittareilla, eli siinä tapahtuvia muutoksia voidaan mitata puhtaasti rahassa. Tehokkuutta voidaan arvioida toimintojen suorittamista kuvaavien mittarien avulla, mutta ei suoraan rahana. Suorituskyky ei ole mitattavissa määräksi muutettavilla tekijöillä, mutta sen merkitystä liiketoiminnan menestyksellisyyteen esimerkiksi informaationhallinnan parantumisen kautta voidaan arvioida laadullisesti. [Betts]

Seuraavassa kappaleessa virtualisoinnin avulla toteutettujen työasemien vaikutusta niitä käyttävän yrityksen menestymiseen arvioidaan SWOT-analyysin avulla. Analyysi

keskittyy virtualisoinnin vahvuuksiin, heikkouksiin, mahdollisuuksiin ja uhkiin nimenomaan informaatioteknologian hyötysuhteen kannalta. Myös IT:n tehokkuuden parantaminen virtualisoinnin avulla on mahdollista, mutta se vaatii yrityksen liiketoimintaprosessien tutkimista tapauskohtaisesti. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa keskitytään hyötysuhteen parantamiseen suoraan virtualisointitekniikoiden ominaisuuksien mahdollistamalla tavalla.

### **3.2. SWOT-analyysi**

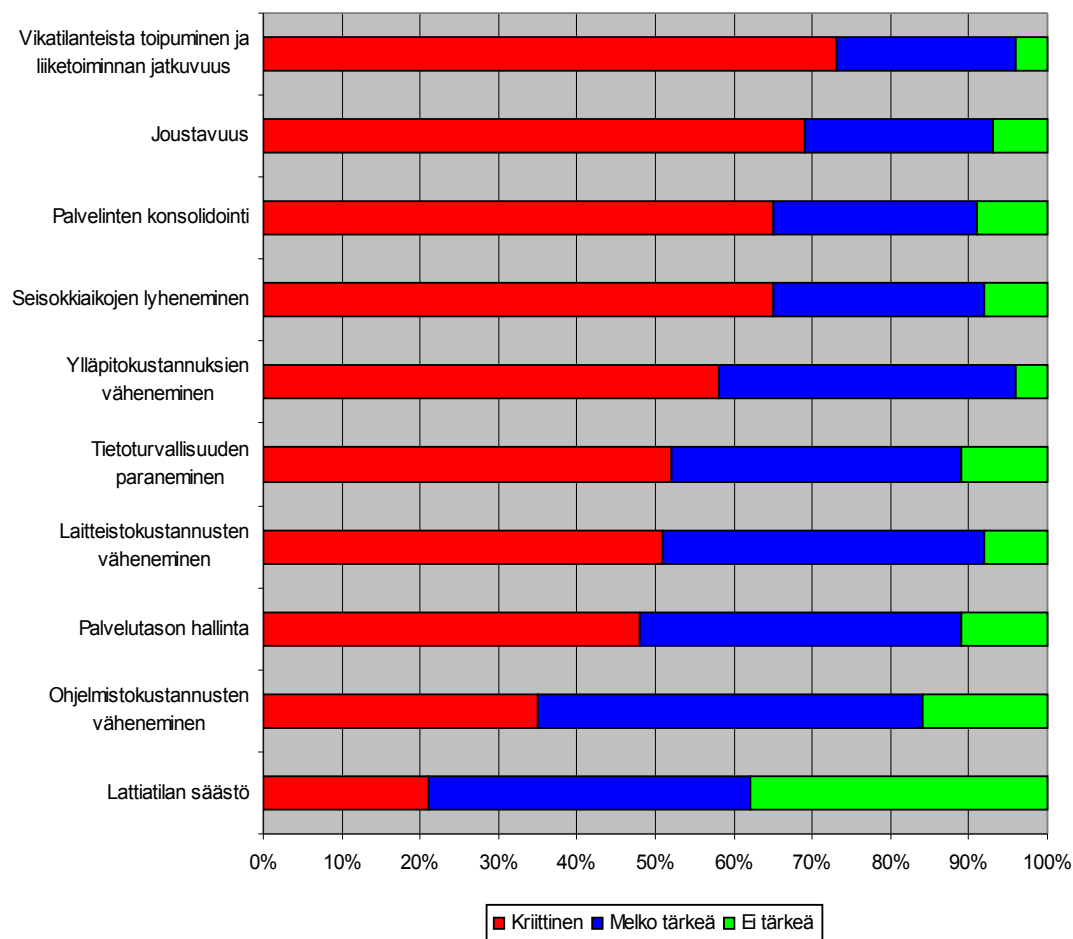
SWOT-analyysi on strategisen suunnittelun työväline, jonka avulla voidaan arvioida projektiin tai liiketoimintahankkeeseen liittyviä vahvuuksia (strengths), heikkouksia (weaknesses), mahdollisuuksia (opportunities) ja uhkia (threats) projektin tai hankkeen tavoitteen saavuttamisen kannalta. Vahvuuksilla ja heikkouksilla tarkoitetaan tutkittavan kohteen sisäisiä ominaisuuksia, joista on hyötyä tai haittaa päämäärän saavuttamisessa. Mahdollisuudet ja uhat ovat ulkoisia tekijöitä, jotka voivat edistää tavoitteeseen pääsemistä tai luoda esteitä sille.

Tässä tutkimuksessa SWOT-analyysiä käytetään eri virtualisointitekniikoita yhdistämällä toteutetun työasemapalvelun arviointiin, kun tavoitteena on yrityksen parempi menestyminen informaatioteknologian hyötysuhteen parantamisen ansioista saatavan taloudellisen lisäarvon kautta. Virtualisoinnin vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia arvioidaan suhteessa perinteisesti toteutettuihin työasemiin.

#### **3.2.1. Virtualisoinnin vahvuudet**

EMA:n tekemässä tutkimuksessa kysyttiin 150 yrityksen mielipidettä erilaisten virtualisoinnin avulla saavutettavien mahdollisuuksien ja hyötyjen tärkeydestä. Mukana oli työntekijämäärältään (alle 250 – yli 20000) ja liikevaihdoltaan (alle miljoona dollaria – yli 10 miljardia dollaria vuodessa) kaikenkokoisia yrityksiä. Yrityksistä lähes puolet (46 prosenttia) oli Yhdysvalloista, mutta vastaajia oli useita myös muualta Amerikasta, Euroopasta, Aasiasta ja Afrikasta. Ne edustivat tasaisesti eri aloja teknologiayritysten

muodostaessa suurimman yksittäisen osan, 20 prosenttia vastaajista. Kooste tutkimuksen tuloksista on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10: Yritysten arvio virtualisoinnin etujen tärkeydestä

Tuloksista voidaan havaita, että kolmena tärkeimpänä osa-alueena pidetään nopeaa vikatilanteista toipumista ja liiketoiminnan jatkumista, joustavuutta sekä palvelinten konsolidointia. Vastausvaihtoehtojen asettelua voidaan kuitenkin pitää kyseenalaisena, sillä esimerkiksi nopea vikatilanteista toipuminen ja seisokkiaikojen lyhentäminen ovat käytännössä lähes samoja asioita. Lisäksi laitteistokustannusten vähentäminen sekä lattiatiilan ja sähkön säästäminen ovat nimenomaan palvelinten konsolidoinnin avulla saavutettavia asioita, eivätkä niinkään erillisiä virtualisoinnin mukanaan tuomia etuja. Seuraavaksi tarkastellaan tärkeimpiä virtualisoinnin avulla saavutettavia hyötyjä, joista jotkut ovat keskenään osittain päällekkäisiä. Kaikkiin liittyy kuitenkin jokin muista erillinen, nimenomaan virtualisoinnin avulla saavutettava informaatioteknologian

hyötysuhteen parantamisen mahdollistava etu. Mitä suurempi informaatioteknologian merkitys on yrityksen liiketoiminnan kannalta, sitä enemmän se voi saada hyötyä virtualisointiteknologioiden ominaisuuksista.

### **Palvelinten konsolidointi**

Palvelinten konsolidoinnilla tarkoitetaan fyysisten palvelinkoneiden määrän vähentämistä siten, että niiden resurssit tulevat tehokkaammin käyttöön. Parhaita käytännön esimerkkejä tästä ovat seuraavat tapaukset:

1. Citrix Presentation Server -palvelinten määrää voidaan vähentää sovellusten virtualisoinnin avulla, kun toistensa kanssa konflikteja aiheuttavia sovelluksia ei enää tarvitse asentaa eri palvelinkoneille.
2. Tyypillisen PC-tietokoneen resurssit ovat käytössä vain noin viisi prosenttia koneen elinajasta [Ghostine]. Työasemien virtualisoinnin avulla jopa kymmeniä työasemia voidaan isännöidä samalla fyysisellä palvelinkoneella, mikä moninkertaistaa laitteistoresurssien käyttöasteen.

Palvelinten määrää vähentämällä saadaan aikaan monista eri asioista muodostuvia kustannussäästöjä. Kaikkein ilmeisin säästökohde ovat laitteiston hankintakustannukset, mutta pienempi palvelinten määrä vähentää myös sähkönkulutusta ja koneiden vaatimaa fyysistä tilaa. Lisäksi konsolidointi helpottaa ylläpitoa, kun mahdollisesti vikaantuvien koneiden määrä laskee.

### **Järjestelmien keskittäminen ja hallinnointi**

Virtualisoinnin avulla kokonaisia tietojärjestelmiä voidaan keskittää yhteen fyysiseen paikkaan. Kaikkia sovelluksia isännöidään palvelimilla, jotka voivat sijaita samassa konesalissa. Tällöin niitä voidaan hallinnoida keskitetysti, mikä parantaa lopputilannetta sekä palveluita ylläpitävän että niitä käyttävän osapuolen kannalta. Vikatilanteet ja päivitykset voidaan hoitaa yhdestä fyysisestä paikasta, jolloin käyttäjä saa nopeampaa palvelua ongelmatilanteissa. Keskitetysti palvelimilla toimivien sovellusten päivittäminen vie murto-osan siitä ajasta, joka kuluu useiden eri paikoissa sijaitsevien PC-koneiden sovellusten päivittämiseen. Hajautettujen järjestelmien ylläpitökustannuksista noin 80 prosenttia muodostuu lähituesta, mikä voidaan

virtualisoinnin avulla eliminoida lähes kokonaan [Järvinen]. Tämä luonnollisesti vaatii keskitetyn käyttäjätuen resurssien lisäämistä, mutta kokonaiskustannuksissa säästö on kaikesta huolimatta merkittävä. Mitä hajanaisempi työasemia käyttävän yrityksen maantieteellinen rakenne on, sitä enemmän se hyötyy keskittämisestä.

Myös organisaatiomuutoksien yhteydessä yrityksen IT-asioiden hallinnointi helpottuu keskittämisen ansiosta. Esimerkiksi uuden toimipisteen liittäminen keskitettyyn tietojärjestelmään onnistuu lisäämällä palvelinkapasiteettia, luomalla tarvittaessa uusia virtuaalisia työasemia ja asentamalla sovelluksia, sekä päivittämällä käyttäjätietokannat (keskitetysti). Tämä on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin hajautetussa mallissa, jossa käyttöjärjestelmät ja sovellukset on asennettava erikseen jokaiseen työasemaan ja vielä tämän jälkeen suoritettava niiden liittäminen yrityksen tietojärjestelmään. Myös kahden tai useamman yrityksen fuusioituessa keskitetty malli helpottaa tietojärjestelmien yhdistämistä merkittävästi.

### **Uusien sovellusten käyttöönotto**

Uusien sovellusten käyttöönotto helpottuu huomattavasti virtualisoinnin avulla. Perinteisesti sovellusten käyttöönottoprosessit ovat hitaita, sillä ne vaativat paljon testausta uusien ja vanhojen sovellusten yhteensopivuuden varmistamiseksi. Erilaisista sovelluskokoonpanoista johtuen työasemat eivät usein ole täysin samanlaisia, joten konfliktien välttämiseksi testaus on suoritettava erikseen jokaisessa erilaisessa ympäristössä. Palvelin pohjainen ympäristö ei sinänsä poista testaamisen tarvetta, mutta helpottaa työasemien standardointia ja vähentää erilaisten testausvaihtoehtojen määrää. Itse testaustyön suorittamista voidaan myös helpottaa virtualisoinnin avulla, sillä virtuaalisten työasemien avulla erilaisia testiympäristöjä voidaan helposti rakentaa ja ajaa rinnakkain.

Merkittävin uusien sovellusten käyttöönottoa helpottava virtualisointitekniikka on kuitenkin sovellusten virtualisointi. Sen avulla voidaan poistaa kokonaan tarve konfliktien välttämiseksi suoritettavaan testaustyöhön. Uusia sovelluksia voidaan julkaista helposti ja nopeasti käyttäjien työasemissa ilman perinteiseen asennusprosessiin liittyviä hankaluuksia ja mahdollisten konfliktien aiheuttamia ongelmia. Kun sovelluksia isännöidään palvelimella, myös niiden päivittäminen voidaan hoitaa keskitetysti. Perinteisesti 70-80 prosenttia Windows-työasemien

ylläpitoon käytetystä ajasta on kulunut sovellusten aiheuttamien ongelmien ratkaisemiseen, mikä monesti vaatii myös hidasta ja kallista lähitukea [Rantanen]. Sovellusten virtualisoinnin avulla suuri osa näistä ongelmista voidaan välttää kokonaan.

### **Liiketoiminnan jatkuvuus ja vikatilanteista toipuminen**

Liiketoiminnan jatkuvuus vikatilanteissa ja mahdollisimman nopea toipuminen niistä on – ehkä hieman yllättäenkin – EMA:n tutkimuksen mukaan yritysten mielestä tärkein virtualisoinnin avulla saavutettava asia. Palvelin pohjaisissa järjestelmissä vikatilanteisiin varautuminen vaatii varajärjestelmien luomista duplikoimalla palvelimia tai kokonaisia konesaleja, joihin palvelut voidaan siirtää vikatilanteissa ja laitteiston huoltojen ajaksi. Koneiden virtualisoinnin avulla tämä voidaan toteuttaa siten, ettei järjestelmän jokaista fyysistä osaa tarvitse kahdentaa, vaan varajärjestelmien laitteisto voi koostua erilaisista komponenteista. Myös tietojen varmuuskopiointi on helppoa, sillä virtuaalinen työasema on käytännössä yksi tiedosto, joka sisältää kokonaisen tietokonejärjestelmän.

Lisäksi työasemien virtualisointialustoissa on sisäänrakennettuja, automaattisesti toimivia vikasitoisuutta lisääviä toimintoja. Esimerkkejä tästä ovat vikaantuneella palvelimella toimivien työasemien siirtäminen toiselle palvelimelle ja käynnistäminen uudelleen sekä palvelinten kuormituksen tasaaminen (load balancing). Nämä ominaisuudet edesauttavat palvelinten vikaantumisista aiheutuvien ongelmatilanteiden välttämistä ja niistä toipumista.

Fyysisten työasemien puolella sovellusten virtualisoinnin avulla voidaan eliminoida konflikteista aiheutuvat sovellusongelmat ja niistä johtuvat käyttökatkot. Suppeita työasemia käytettäessä kaikki sovellukset toimivat palvelimilla eivätkä ole lainkaan sidottuja työasemaan, mikä helpottaa tilannetta laitteen vikaantuessa. Työntekijä pääsee helposti käyttämään samoja sovelluksia toisesta työasemasta, eikä rikkoutuminen pahimmassakaan tapauksessa aiheuta kiintolevyllä tallennettujen tietojen menettämistä. Toipuminen vikatilanteesta ei myöskään vaadi välitöntä laitteistohuoltoa tai sovellusten asentamista uudelleen.

### **Tietoturvallisuus**

Virtualisointi tarjoaa tietoturvan kannalta sekä mahdollisuuksia että uusia riskejä.

Riittävän tietoturvatason ylläpitäminen on IT:n hyötysuhteen kannalta ensiarvoisen tärkeää, sillä virusten tai haittaohjelmien aiheuttama tietojärjestelmän saastuminen ja järjestelmän sisältämien tietojen paljastuminen ulkopuolisille voivat aiheuttaa yritykselle massiivisia kustannuksia. Virtualisointiin perustuvan työasemapalvelun näkökulmasta turvallisuutta edistäviä tekijöitä ovat:

- Kaiken tiedon keskittäminen yhteen konesaliin, jonka suojaaminen sekä verkon kautta tapahtuvilta tietoturvahyökkäyksiltä että ulkopuolisten fyysiseltä pääsylvä käsiksi tietoa sisältäviin koneisiin on helpompaa kuin hajautetun järjestelmän, jossa tietoa on useissa eri paikoissa.
- Käyttäjien eristäminen toisistaan keskitetyssä järjestelmässä: jokainen käyttäjä ei tarvitse omaa PC:tä, mutta voi silti työskennellä virtuaalisella työasemalla toisista eristetyssä ympäristössä.
- Sovellusten käyttäminen turvallisesti jaetuista työasemista: yksi fyysinen työasema voi olla usean käyttäjän käytettävissä (vuorotellen), jolloin jokainen käyttäjä autentikoituu palvelimelle omilla tunnuksillaan ja pääsee käsiksi ainoastaan omiin sovelluksiinsa ja tietoihinsa.

### **Käyttäjien liikkuvuus**

Kun kaikkia sovelluksia isännöidään palvelimilla, ne eivät ole lainkaan sidottuja fyysiseen työasemaan. Yhteys palvelimeen voidaan ottaa mistä tahansa yrityksen sisäiseen verkkoon kytketystä työasemasta, mikä mahdollistaa pääsyn käsiksi henkilökohtaisiin tietoihin sekä sovellusten käyttämisen eri työpisteistä. Salatun VPN-yhteyden avulla pääsy palvelimille voidaan tarjota myös internetin välityksellä, jolloin sovelluksia voidaan käyttää mistä tahansa verkkoyhteydellä varustetusta paikasta. Virtuaalisia sovelluksia voidaan lisäksi julkaista siten, että niitä voidaan käyttää rajatun ajanjakson ajan myös ilman verkkoyhteyttä esimerkiksi kannettavalla tietokoneella.

### **Päätelaitekustannusten vähentäminen**

Konsolidoinnin ansiosta kustannussäästöjä syntyy palvelinkoneiden määrän vähentämisestä, mutta virtualisointi tarjoaa mahdollisuuden säästää myös käyttäjien päätelaitteista aiheutuvissa kuluissa. Suppeat työasemat ovat halvempia kuin PC-tietokoneet, ne vikaantuvat harvemmin, eikä niitä tarvitse uusia käyttöjärjestelmien ja



sovellusten laskentateholle asettamien vaatimusten kasvaessa (ainakaan yhtä usein kuin PC-koneita). Lisäksi virtualisoinnin avulla voidaan toteuttaa jaettuja työpisteitä, joista jokainen käyttäjä voi vuorollaan kirjautua järjestelmään ja käyttää omaa henkilökohtaista virtuaalista työasemaansa tai palvelimella isännöityjä sovelluksiaan. Tämä toimii erinomaisesti ympäristössä, jossa käyttötapaukset ovat kertaluontoisia ja lyhyitä, eikä jokainen käyttäjä tarvitse omaa fyysistä työasemaa.

### **3.2.2 Virtualisoinnin heikkoudet**

Edellisessä kappaleessa käsitellyistä ilmeisistä ja huomattavista strategisista hyödyistä huolimatta virtualisointi – kuten kaikki uudet teknologiat – tuo mukanaan luonnollisesti myös haasteita. Se asettaa joukon uudentlaisia vaatimuksia järjestelmien suunnittelulle, toteutukselle ja ylläpidolle. Seuraavaksi käydään läpi virtualisointiin perustuvien työasemien ominaisuuksia, jotka saattavat vaikeuttaa informaatioteknologian hyötysuhteen parantamista, mikäli yritys siirtyy perinteisten työasemien käytöstä virtualisointiin perustuviin työasemiin. Mahdollisuuksia eliminoida näitä heikkouksia tarkastellaan lyhyesti tämän luvun lopussa.

#### **Vaatimukset verkolle**

Virtualisointiteknologioiden avulla kaikki palvelut voidaan keskittää yhteen konesaliin, mikä asettaa tiukat vaatimukset käyttäjiä ja palvelimia yhdistävän verkon toiminnalle. Tällöin kaikkien sovellusten käyttäminen vaatii verkkoyhteyttä, poikkeuksena ainoastaan virtuaalisten sovellusten mahdollinen offline-käyttö. Verkkoyhteyden katketessa sovelluksia ei voida käyttää lainkaan, minkä vuoksi verkon käytettävyyssprosentin on käytännössä oltava 100. Työasemien ja sovellusten etäkäyttö sekä virtuaalisten sovellusten lataaminen palvelimilta työasemiin asettavat myös vaatimuksia verkon kaistanleveydelle. Yksi virtuaalisen käyttöliittymän välityksellä käytettävän työaseman tai sovelluksen käyttäjä vaatii tiedonsiirtokapasiteettia kuitenkin enintään 40 kilobittiä sekunnissa. Mikäli Citrix Presentation Server -palvelimella toimivaa sovellusta käytetään virtuaalisesta työasemasta, sama kaistanleveys on luonnollisesti oltava käytettävissä sekä käyttäjän päätelaitteen ja virtuaalisen työaseman, että virtuaalisen työaseman ja Presentation Server -palvelimen välillä.

### **Eri teknologioista koostuvan järjestelmän hallinnointi**

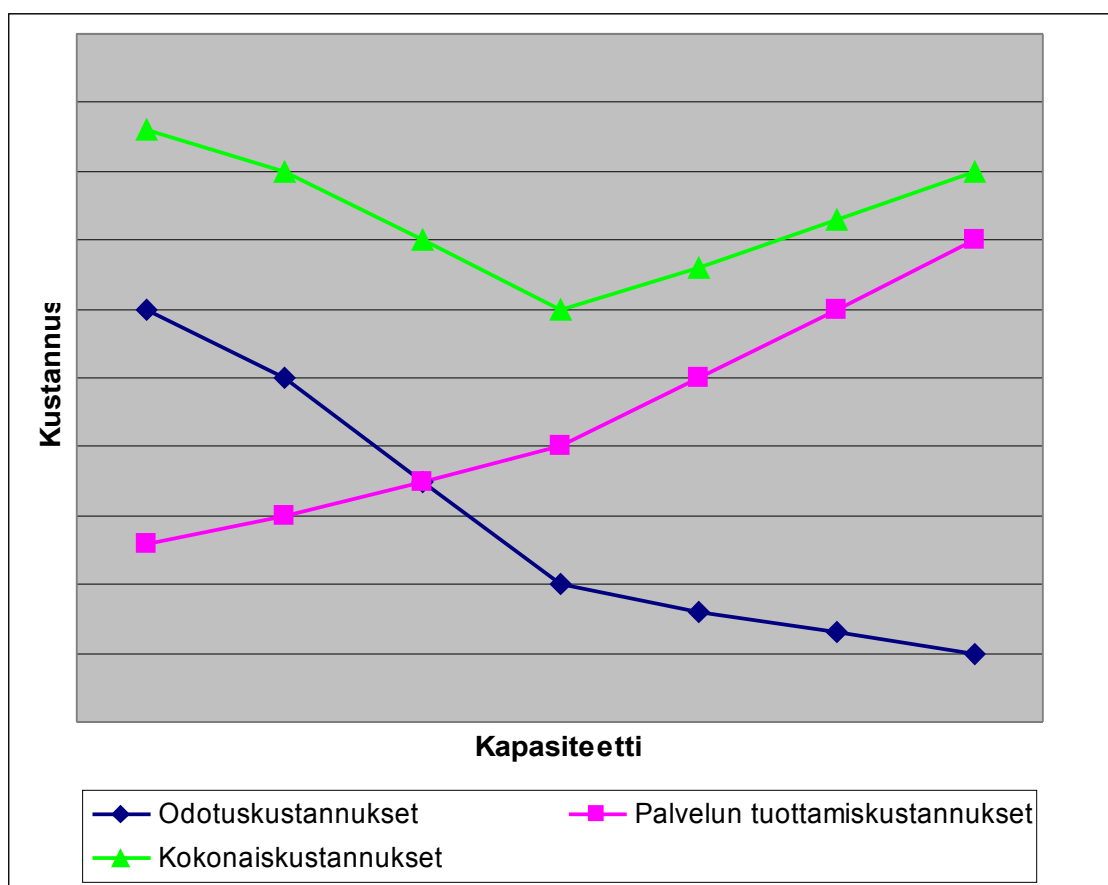
Koneiden, käyttöliittymien ja sovellusten virtualisointia ei toistaiseksi ole yhdistetty yhdeksi tuotteeksi, joten niitä hyödyntävien järjestelmien on koostuttava useammasta eri tuotteesta. Tämän vuoksi yleispäteviä hallinnointityökalujakaan ei ole olemassa, vaan järjestelmiä on hallinnoitava useamman eri työkalun avulla. Lisäksi virtualisointiteknologioihin perustuvat järjestelmät vaativat usein toimiakseen muitakin komponentteja, kuten yhteyksien hallinta ja Active Directory. Tämä asettaa lisävaatimuksia sekä ylläpitoon tarvittavan työvoiman määrälle että osaamiselle.

### **Järjestelmän käyttöönottokustannukset**

Palvelinten konsolidoinnista ja mahdollisista päätelaitekustannussäästöistä huolimatta virtualisointiin perustuvan työasemajärjestelmän käyttöönotto vaatii huomattavia investointeja. Järjestelmä voi koostua useista eri teknologioista, mikä lisää erityisesti vaadittavien ohjelmistolisenssien määrää. Toisaalta suurimmat kustannussäästöt muodostuvat hallinnointi- ja ylläpitokulujen minimoinnista, mikä näkyy vasta järjestelmän oltua jo käytössä suhteellisen pitkään. Virtualisointiteknologioiden käyttöönotosta voi aiheutua suuri kertaluontoinen kustannuserä, joka kompensoituu vasta pitkän ajan kuluessa muodostuvien säästöjen avulla.

### **Kapasiteetin mitoitus**

Erityisesti työasemien virtualisointiin perustuvassa järjestelmässä palvelinkoneiden kapasiteetin mitoittaminen sekä laitteistoresurssien käyttöasteen että työasemien käytettävyyden kannalta järkeväksi ei ole välttämättä helppo tehtävä. Jos käyttökuorman muutokset lyhyellä aikavälillä ovat suuria, palvelinkoneiden määrän ja resurssien käytön tehokkuuden suhteen on pakko tehdä kompromisseja. Mitoitusongelmaa voidaan mallintaa matemaattisesti kapasiteetti-kustannuskäyrällä [Fitzsimmons], joka kuvaa palvelun tuottamisen ja sen toimimattomuudesta tai jonotuksesta aiheutuvan odotusajan aiheuttamia kustannuksia palvelun kapasiteetin funktiona (kuva 11). Tällaisen mallin avulla voidaan löytää optimaalinen kapasiteetti, joka minimoi palvelun tuottamisen ja odotusajan muodostamat kokonaiskustannukset.



Kuva 11: Palvelun tuottamiskustannusten ja odotuskustannusten muodostamat kokonaiskustannukset kapasiteetin funktiona

Odotuksesta aiheutuvia kustannuksia voi olla hankalaa arvioida, ja työasemapalvelun tapauksessa kapasiteetin ylittyminen ei välttämättä aiheuta palvelun käytön estymistä, vaan voi näkyä myös sovellusten toiminnan hidastumisena. Tällöin mitataan palvelun käytettävyyttä (usability). Huono käytettävyys aiheuttaa palvelun saatavuusongelmien tavoin käyttäjien tyytymättömyyttä ja ylimääräisiä kustannuksia.

### Tietoturvallisuus

Kappaleessa 3.1. mainittiin virtualisoinnin avulla saavutettavia hyötyjä tietoturvan kannalta. Kääntöpuolena virtualisointi tuo mukanaan myös uusia haasteita, joihin varautuminen on ensiarvoisen tärkeää tietoturvan kokonaistason nostamisen takaamiseksi. Tällaisia haasteita ovat:

- Kaiken tiedon keskittäminen yhteen fyysiseen paikkaan mahdollistaa hyökkääjän pääsyn käsiksi koko järjestelmään yhdellä kertaa. Tämä asettaa

erittäin tiukat vaatimukset konesalien varautumiselle sekä fyysisiin että verkon kautta tapahtuviin hyökkäyksiin.

- Viruksen tai haittaohjelman pääsy palvelimille voi helposti aiheuttaa todella suuren tietomäärän infektoitumisen kerralla.
- Koneiden virtualisointi mahdollistaa uudentyypisten, vaikeasti torjuttavissa olevien virusten ja haittaohjelmien toiminnan. Virtualisointikerrokseen tunkeutuva infektio pääsee käyttöjärjestelmän ja siihen asennetun virustorjuntaohjelman alapuolelle, josta sitä on nykyisillä työkaluilla mahdotonta havaita. Virtuaalisia koneita sisältävät palvelimet on suojattava sellaisilla tunkeutumisenestojärjestelmillä ja palomuureilla, että tällaiset tilanteet voidaan ennaltaehkäistä.

### **3.2.3. Virtualisointiin liittyvät mahdollisuudet**

#### **Kilpailevien teknologioiden vähäisyys**

Virtualisointi voidaan nähdä kokoelmana teknologioita, jotka muodostavat uuden, perinteisestä mallista radikaalisti eroavan tavan toteuttaa työasemapalvelu. Kilpailevia toteuttamismalleja ei PC-työasemamallin lisäksi ole olemassa, mikä voidaan nähdä suurena mahdollisuutena virtualisoinnin kannalta.

### **3.2.4. Virtualisointiin liittyvät uhat**

#### **Uusiin teknologioihin liittyvä epävarmuus**

Uusiin teknologioihin ja teknologioiden yhdistämiseen uudella tavalla liittyy epävarmuutta, jota on hankala ennakoida. Esimerkiksi sovellusten virtualisointi on niin uusi teknologia, ettei sen laajamittaisesta käytöstä ole vielä kokemusta. Siihen liittyviä riskejä ja niiden suuruutta on hankalaa kvantifioida, mutta epävarmuustekijöiden olemassaoloa ei myöskään voida poissulkea. Riskejä sisältävässä tilanteessa päätöksentekijä pyrkii usein minimoimaan tappion mahdollisuuden.

Uuden teknologian käyttöönottoa voidaan päätöksentekoa analyysin näkökulmasta verrata

tilanteeseen, jossa henkilö saa tilaisuuden osallistua arvontaan. Arvonnassa on mahdollisuus voittaa esimerkiksi 100 000 euroa todennäköisyydellä  $X\%$  ja hävitä 100 000 euroa todennäköisyydellä  $100-X\%$ .  $X$ :n arvon ylittäessä 50 prosenttia arvonnasta saatavan voiton odotusarvo muuttuu positiiviseksi, jolloin siihen osallistuminen on matemaattisesti kannattavaa. Useimmissa tapauksissa  $X$ :n on kuitenkin oltava huomattavasti suurempi kuin  $50\%$ , jotta henkilö tekisi päätöksen osallistua arvontaan.

### **Vaikeus ymmärtää uusia teknologioita**

Uusien teknologioiden hyödyntäminen liiketoiminnassa vaatii yleensä niiden syvällistä ymmärtämistä. Virtualisointiin perustuvat työasemajärjestelmät ovat usein monimutkaisia ja koostuvat – varsinkin useampia eri teknologioita yhdisteltäessä – monista erityyppisistä palvelinsovelluksista. Vaikeus ymmärtää virtualisointiin perustuvien työasemien toimintaa voi olla monelle yritykselle esteenä niiden käyttämiselle. Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että tietotekniikan palveluyritysten tarjoamat työasemapalvelut ovat hyvin tuotteistettuja.

## **3.3. Yhteenveto**

SWOT-analyysin tuloksista voidaan päätellä, että virtualisointi tarjoaa useita erittäin merkittäviä työasemajärjestelmän kokonaiskustannuksia alentavia ominaisuuksia. Heikkouksista verkon toiminta-asteelle asetetut vaatimukset ovat ilmeisiä, mutta toisaalta myös suuri osa perinteisillä työasemilla suoritettavista tehtävistä vaatii verkkoyhteyttä. Useammasta teknologiasta koostuvan järjestelmän hallinnointi vaatii ylläpidolta enemmän työvoimaa ja laajempaa asiantuntemusta, mutta hallinnoinnin keskittämisen ja sovellusongelmien vähenemisen ansiosta saavutettavien kustannussäästöjen uskotaan kuitenkin selvästi ylittävän tästä aiheutuvat lisäkulut [Rantanen]. Järjestelmän käyttöönottokustannuksista muodostuvan suuren kertaluontoisen kuluerän yritys voi välttää ostamalla työasemansa kapasiteettipalveluna, jolloin se maksaa kiinteää kuukausihintaa palveluyrityksen omistaman palvelinjärjestelmän käytöstä. Tällainen malli soveltuu hyvin pienemmille yrityksille, joilla ei ole varaa kalliisiin kertainvestointeihin. Kapasiteetin mitoitusongelman

ratkaiseminen vaatii tiettyjä kompromisseja, mutta resurssien käyttöasteen nostaminen PC-tietokoneiden tasoa huomattavasti korkeammaksi onnistuu helposti. Ulkosena uhkana virtualisointiteknologioiden toiminnan ymmärtämisen vaikeus vaatii palveluyrityksiltä hyvää tuotteistamista, missä apuna voivat toimia esimerkiksi seuraavassa luvussa tarkasteltavat käyttötapaukset.

## 4. Virtualisointi käyttäjän näkökulmasta

Virtualisoinnin mukanaan tuomat hyödyt – kuten keskittämisen avulla saavutettava kustannustehokkuus ja järjestelmien ylläpidon helppous – ovat hienoja asioita virtualisointia käyttävien yritysten ja IT-palveluntarjoajien kannalta. Ne ovat kuitenkin vain teknologioiden ja palvelujen ominaisuuksia – käyttäjät ovat näiden olemassaolon tarkoitus. Tämän vuoksi käyttäjien huomioiminen työasemapalveluiden suunnittelussa ja toteutuksessa on ensiarvoisen tärkeää.

Tässä luvussa lähestytään virtualisointiteknologioita ja niihin perustuvia palveluja käyttäjän näkökulmasta. Käyttötapausten mallintamista sekä VDI:n, käyttöliittymien virtualisoinnin (Citrix) ja sovelusten virtualisoinnin (SoftGrid) käyttötapauksia tarkastellaan use case -mallinnuksen avulla. Samassa yhteydessä käsitellään käyttäjän kannalta sellaisia virtualisointiin liittyviä asioita, jotka eivät käy suoraan ilmi käyttötapauksista.

### 4.1. Käyttötapausten mallintaminen

Käyttötapaus (use case) määrittelee joukon vuorovaikutustapahtumia ulkopuolisten vaikuttajien ja tarkasteltavan järjestelmän välillä. Vaikuttajat ovat osapuolia, jotka pyrkivät vuorovaikutuksellaan järjestelmän kanssa saavuttamaan jonkin päämäärän. Vaikuttaja voi olla yksittäinen käyttäjä, jonkin käyttäjäryhmän edustaja, joukko käyttäjiä erilaisissa rooleissa tai toinen järjestelmä. Käyttötapaus vastaa seuraaviin kysymyksiin: kuka järjestelmää käyttää (vaikuttajat), miten sitä käytetään (vuorovaikutustapahtumat) ja miksi sitä käytetään (päämäärä). [Bredemeyer & Malan]

Käyttötapaukset ovat keino määrittellä järjestelmän erilaisia käyttötarkoituksia.

Yksittäinen käyttötapaus tuottaa yleensä jonkin havaittavissa olevan lopputuloksen, josta on hyötyä yhdelle tai useammalle vaikuttajalle. Käyttötapauksia voidaan käyttää sekä järjestelmän (ulkoisten) vaatimusten määrittelyyn, että sen käyttäjille tarjoaman toiminnallisuuden mallintamiseen. [Object Management Group]

Käyttötapaukset ovat lähtökohtaisesti tekstimuotoisia, mutta niitä voidaan mallintaa myös vuo- ja sekvenssikaavioiden, tilakoneiden sekä ohjelmointikielien avulla. Myös useimmat UML-kaavioiden avulla kuvatut liiketoimintamallit perustuvat käyttötapauksiin [Molina et al.]. Normaaliolosuhteissa käyttötapaukset toimivat ihmisten välisen kommunikoinnin apuvälineinä. Usein nämä henkilöt eivät ole aihealueen (tarkasteltavan järjestelmän) asiantuntijoita, joten yksinkertainen tekstimuoto on tavallisesti paras vaihtoehto. Hyvin kirjoitettu käyttötapaus on helppo lukea ja sen ymmärtämiseen ei pitäisi kulua aikaa kuin muutama minuutti. [Cockburn]

Täydellinen joukko käyttötapauksia määrittelee kaikki järjestelmän erilaiset käyttötavat ottamatta kantaa järjestelmän sisäiseen rakenteeseen. Käyttötapausten avulla käyttäjän on helppo ymmärtää järjestelmän käyttötarkoitus ja hahmottaa sen käyttötapoja. [Bredemeyer & Malan]

Tässä tutkimuksessa käyttötapausten mallintamista on käytetty eri virtualisointiteknologioihin perustuvien sovellusten toiminnan kuvaamiseen käyttäjän näkökulmasta. Virtuaalisten työasemien (VDI), Citrix Presentation Serverin ja virtuaalisten sovellusten (SoftGrid) erilaiset käyttötapaukset on mallinnettu yhteisen mallipohjan mukaisesti. Pohjaan on koottu tämän mallinnustapausten kannalta olennaisimmat kohdat eri asiantuntijoiden (Cockburn, Coleman) ehdottamista käyttötapausmallin osista. Se koostuu seuraavista kentistä:

- **Käyttötapausten nimi:** lyhyt ja ytimekäs käyttötapausta kuvaava nimi.
- **Käyttötapausten kuvaus:** mitä käyttötapausten kuvataan tiivistettynä muutamaan lauseeseen. Käyttötapausten tavoitteiden määrittely: miksi tämä käyttötapaus halutaan mallintaa?
- **Olosuhteet:** missä olosuhteissa käyttötapaus tapahtuu ja mitä sen suorittamiseen vaaditaan.



- **Tarpeet:** mitkä tarpeet laukaisevat käyttötapauksen, toisin sanoen miksi käyttäjä aloittaa järjestelmän käyttämisen ja minkä päämäärän hän sen avulla haluaa saavuttaa.
- **Tapahtumien kulku perustapauksessa:** käyttötapauksen tapahtumat luettelomuodossa tapahtumisjärjestyksessään. Kuvataan ne vaikuttajien ja järjestelmän väliset vuorovaikutustapahtumat, jotka vaaditaan käyttäjän päämäärän saavuttamiseksi.
- **Vaihtoehtoiset tapahtumat:** poikkeukset tapahtumien kulun perustapauksesta. Kuvataan tilanne, jossa käyttötapaus voi poiketa peruskaavasta ja luetteloidaan poikkeavat tapahtumat. Voidaan kuvata myös toisen järjestelmän käyttö samoihin tarpeisiin.
- **Huomautukset:** sellaiset käyttötapaukseen liittyvät tärkeät tiedot, jotka eivät käy ilmi muista kohdista.

Käyttötapauksista on pyritty kuvaamaan ainoastaan kunkin teknologian kannalta erilaiset vaihtoehdot. Esimerkiksi virtuaalisten työasemien erilaisista käyttötapauksista valtaosa liittyy käyttäjärjestelmien ja sovellusten erilaisiin käyttötarkoituksiin, mutta tässä tutkimuksessa on keskitytty nimenomaan VDI-teknologian käytön kannalta erilaisiin tilanteisiin. Käyttötapaukset on pyritty mallintamaan siten, että niiden avulla voidaan sekä ymmärtää käyttäjien erilaisia tarpeita, että esittää käyttäjille heidän päämääriensä saavuttaminen eri virtualisointitekniologioiden avulla.

Seuraavaksi tarkastellaan käyttäjien näkökulmasta eri virtualisointitekniologioita ja niiden käyttötapauksia. VDI:n, käyttöliittymien virtualisoinnin (Citrix) ja sovellusten virtualisoinnin (SoftGrid) käyttötapauksia on havainnollistettu kuvien avulla, minkä lisäksi tarkat tekstimuotoiset kuvaukset eri käyttötapauksista löytyvät liitteestä 1. Useammista virtualisointitekniologioista muodostuvan palvelun käyttöä voidaan mallintaa yksinkertaisesti käyttötapauksia yhdistelemällä.

## 4.2. Virtuaalisten työasemien käyttäminen VDI:n avulla

VDI:n käyttäjä käyttää palvelimella toimivaa virtuaalista Windows-työasemaa fyysisen päätelaitteensa – yleensä suppean työaseman – avulla. Käyttöjärjestelmän ja sovellusten käyttökokemus on käytännössä täysin samanlainen, kuin paikallisesti asennetussa Windowsissa. Käyttöympäristö voi olla sovellusten osalta eri- tai samanlainen kuin muilla käyttäjillä, mutta virtuaalinen työasema ja sen sisältämät sovellukset ovat kerrallaan ainoastaan yhden käyttäjän käytössä. Käyttäjän kannalta VDI tuo tullessaan seuraavia hyödyllisiä asioita:

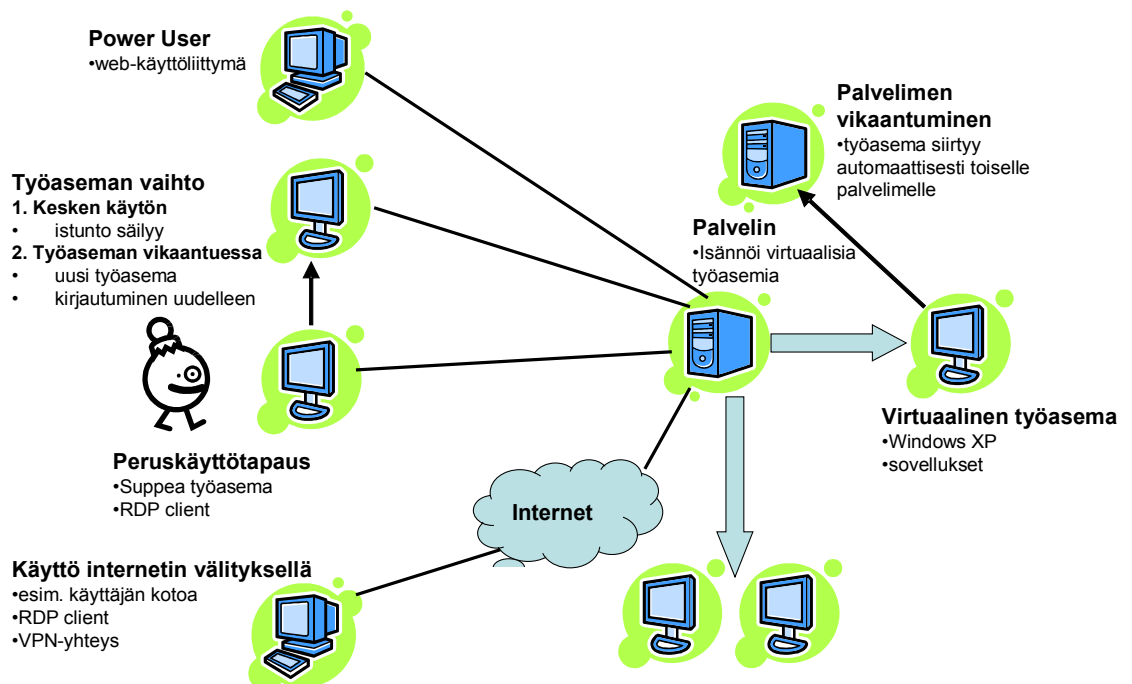
- Virtuaalinen työasema käynnistyy nopeasti, noin viidessä sekunnissa. PC:n käynnistäminen kestää monesti useita minuutteja.
- Suppea työasema on hiljainen. Siitä ei kuulu PC:n prosessorituulettimen hurinaa eikä muita ääniä, minkä vuoksi työasemaa on mukava käyttää.
- Käyttäjän käyttöjärjestelmä ja sovellukset toimivat palvelimella, eivätkä näin ollen ole sidottuja fyysiseen työasemaan. Samoja sovelluksia voidaan helposti käyttää eri työpisteistä.
- Suppea työasema on yksinkertainen laite, ja virtuaalisia työasemia isännöivät palvelimet voivat vikaantumistapauksissa siirtää työasemia toisille palvelimille ja käynnistää niitä uudelleen. Näistä syistä johtuen laitevikojen aiheuttamia käyttökatkoja tulee huomattavasti harvemmin, kuin PC-tietokoneita käytettäessä.
- Sovellusten toimintavarmuutta voidaan parantaa sovellusvirtualisoinnin avulla.

Virtuaalisten työasemien käyttötapaukset on mallinnettu VMwaren Virtual Infrastructure 3 -alustan toiminnallisuuden perusteella. Erilaisia käyttötapauksia ovat:

- Peruskäyttötapaus, jossa käyttäjä käyttää Windows-sovelluksia suppeasta työasemasta RDP-yhteyden avulla
- Fyysisen työaseman vaihtaminen kesken käytön, jolloin käynnissä olevaan istuntoon voidaan palata toisesta työpisteestä
- Käyttö internetin välityksellä esimerkiksi käyttäjän kotoa salatun VPN-yhteyden avulla

- Usean virtuaalisen työaseman käyttö samanaikaisesti esimerkiksi testaustarkoituksessa
- Power User -käyttäjä, joka voi hallinnoida virtuaalisten työasemien ominaisuuksia web-käyttöliittymän kautta
- Suppean työaseman rikkoutuminen, jolloin käyttäjä itse voi helposti kytkeä paikalle uuden päätelaitteen ja jatkaa työskentelyä
- Palvelimen vikaantuminen, jolloin sen isännöimät virtuaaliset työasemat käynnistyvät automaattisesti uudelleen toisella palvelimella ja käyttökatko kestää vain muutaman minuutin

Käyttötapauksia on havainnollistettu kuvassa 12. Jokaisen tapauksen yksityiskohtainen kuvaus löytyy liitteestä 1.



Kuva 12: VDI:n käyttötapaukset

### 4.3. Jaettujen palvelinpohjaisten sovellusten käyttäminen

Jaettujen palvelinpohjaisten sovellusten käyttäjä käyttää virtuaalisen käyttöliittymän välityksellä palvelimilla toimivia monen käyttäjän yhteisiä Windows-sovelluksia.

Fyysisenä työkaluna käyttäjällä on suppea työasema tai PC. Sovellusten käyttökokemus on käytännössä täysin samanlainen, kuin paikallisesti asennettujen Windows-sovellusten tai virtuaalisen työaseman tapauksessa. Käyttäjälle palvelinpohjaisten sovellusten käyttö tarjoaa seuraavia etuja:

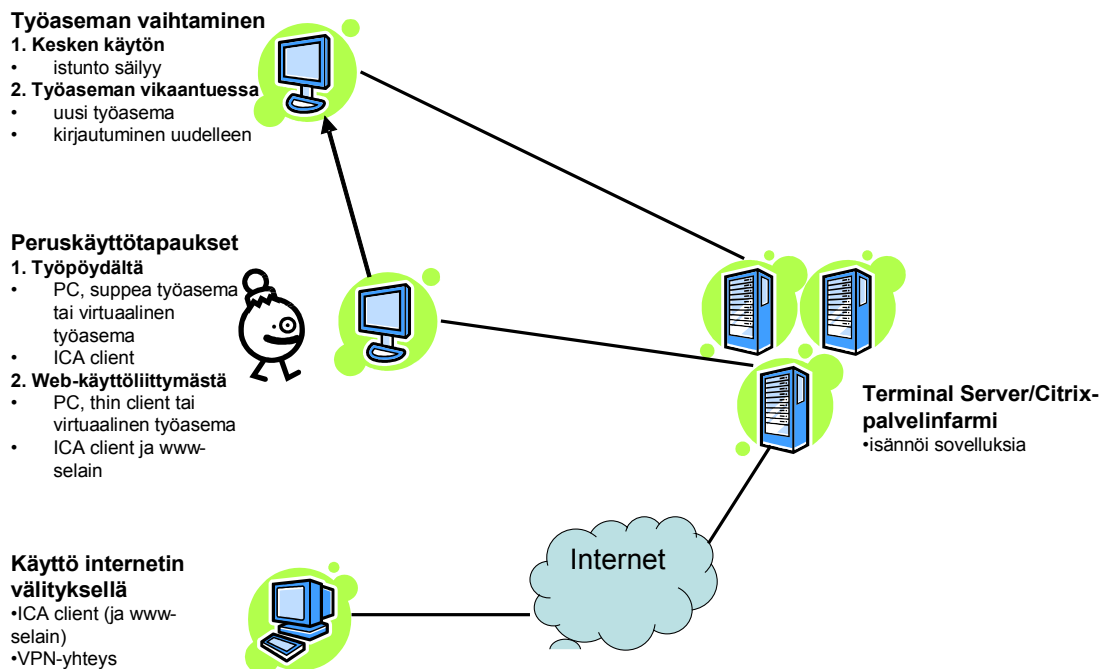
- Suppea työasema on hiljainen. Siitä ei kuulu PC:n prosessorituulettimen hurinaa eikä muita ääniä, minkä vuoksi työasemaa on mukava käyttää.
- Käyttäjän sovellukset toimivat palvelimella, eivätkä näin ollen ole sidottuja fyysiseen työasemaan. Samoja sovelluksia voidaan helposti käyttää eri työpisteistä.
- Suppea työasema on yksinkertainen laite, minkä vuoksi laitevikojen aiheuttamia käyttökatkoja tulee huomattavasti harvemmin, kuin PC-tietokoneita käytettäessä.
- Sovellusten toimintavarmuutta voidaan parantaa sovellusvirtualisoinnin avulla.

Jaettujen palvelinpohjaisten sovellusten käyttötapaukset on mallinnettu Terminal Server/Citrix Presentation Server -palvelinten toiminnallisuuteen perustuen. Erilaisia käyttötapauksia ovat:

- Peruskäyttötapaus, jossa sovellukset käynnistetään käyttäjän työpöydältä.
- Peruskäyttötapauksista vastaava tapaus, jossa sovellukset käynnistetään web-käyttöliittymän kautta.
- Fyysisen työaseman vaihtaminen kesken käytön, jolloin käynnissä olevaan istuntoon voidaan palata toisesta työpisteestä.
- Käyttö internetin välityksellä esimerkiksi käyttäjän kotoa salatun VPN-yhteyden avulla
- Suppean työaseman rikkoutuminen, jolloin käyttäjä itse voi helposti kytkeä paikalle uuden päätelaitteen ja jatkaa työskentelyä.

Käyttötapauksia on havainnollistettu kuvassa 13. Jokaisen tapauksen yksityiskohtainen

kuvaus löytyy liitteestä 1.



Kuva 13: Citrix Presentation Serverin käyttötapaukset

#### 4.4. Virtuaalisten sovellusten käyttäminen

Virtuaalisten sovellusten käyttäjä käyttää palvelimella isännöitäviä virtuaalisia sovelluksia siten, että sovellukset ladataan verkon välityksellä tämän PC:lle tai virtuaaliseen työasemaan ja niiden suorittaminen tapahtuu paikallisesti. Käyttökokemus on käytännössä täysin samanlainen, kuin perinteisesti asennettujen Windows-sovellusten tapauksessa. Virtuaalisia sovelluksia voidaan isännöidä myös Terminal Server/Citrix Presentation Server -palvelimilla, jolloin niiden käyttö tapahtuu luvussa '4.3. Jaettujen palvelin pohjaisten sovellusten käyttäminen' kuvatulla tavalla. Käyttäjälle sovellusten virtualisointi tuo tullessaan seuraavia etuja:

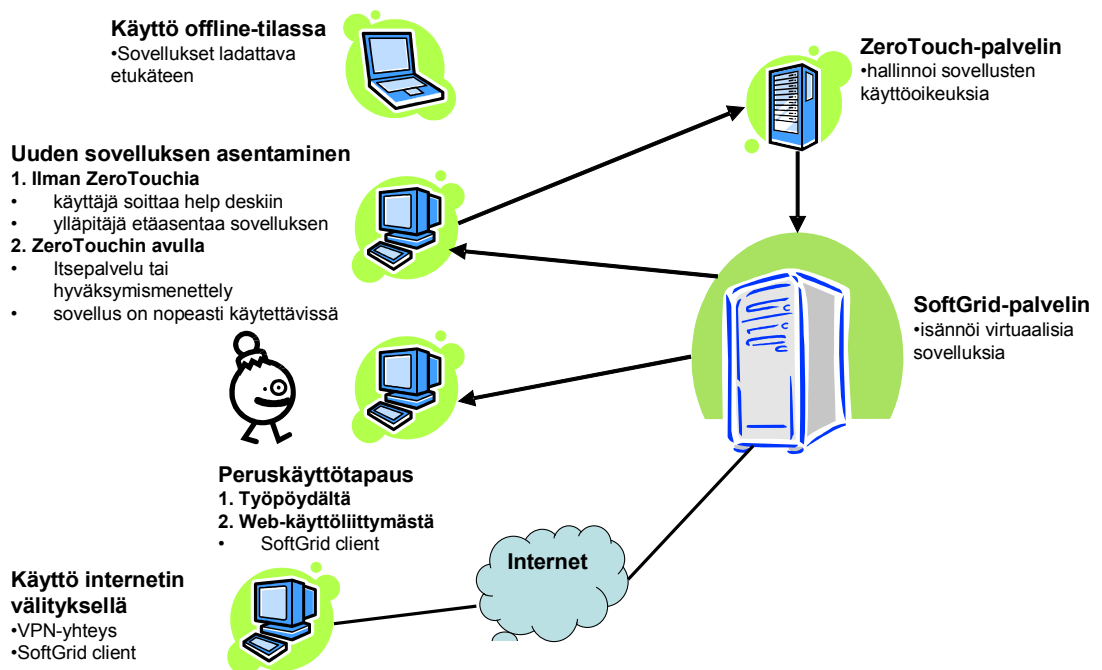
- Uusien sovellusten käyttöönotto on helppoa ja nopeaa. Se voi tapahtua ZeroTouch-palvelimen avulla jopa kokonaisuudessaan itsepalveluna.
- Sovellusten väliset konfliktit ja niiden aiheuttamat käyttökatkot vähenevät.

- Työaseman suorituskyky paranee, kun Windowsin rekisteri ei täyty uusien sovellusten asentamisen takia.
- Sovelluksia isännöidään palvelimella, minkä ansiosta ne eivät ole sidottuja fyysiseen työasemaan vaan niitä voidaan käyttää eri työpisteistä.
- Sovelluksia voidaan ladata työasemaan ennen käyttöä, jolloin niitä voidaan käyttää myös ilman verkkoyhteyttä offline-tilassa.

Virtuaalisten sovellusten käytötapaukset on mallinnettu Microsoft SoftGrid -virtualisointisovelluksen toiminnallisuuden perusteella. Erilaisia käytötapauksia ovat:

- Peruskäyttötapaus, jossa sovellukset käynnistetään käyttäjän työpöydältä.
- Peruskäyttötapausta vastaava tapaus, jossa sovellukset käynnistetään web-käyttöliittymän kautta.
- Käyttö internetin välityksellä esimerkiksi käyttäjän kotoa salatun VPN-yhteyden avulla.
- Käyttö offline-tilassa esimerkiksi kannettavalla PC:llä, jolloin sovellukset on ladattava työasemaan ennen käyttöä.
- Uuden sovelluksen käyttöönotto ilman ZeroTouch-palvelinta, jolloin sovelluksen ylläpitäjä etäasentaa sovelluksen käyttäjän työasemaan.
- Uuden sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin hyväksymismenettelyn avulla, jossa käyttäjä lähettää ylläpitäjälle pyynnön saada sovellus käyttöönsä.
- Uuden sovelluksen käyttöönotto itsepalveluna. Käyttäjä voi itse aktivoida sovelluksen käyttöönsä, mikäli lisenssejä on vapaana.

Käyttötapauksia on havainnollistettu kuvassa 14. Jokaisen tapauksen yksityiskohtainen kuvaus löytyy liitteestä 1.



Kuva 14: SoftGridin avulla virtualisoidujen sovellusten käyttötapaukset

## 4.5. Yhteenveto

Käyttäjän näkökulmasta katsottuna virtualisointia hyödyntävät työasemapalvelut tarjoavat samanlaisen käyttökokemuksen, kuin PC:n ja siihen asennetun käyttöjärjestelmän sekä sovellusten avulla toteutettu palvelu. Siirtyminen virtualisoinnin käyttöön aiheuttaa vain kosmeettisia muutoksia sovellusten käyttämiseen, mikä tekee palvelujen toteutusteknologian vaihtumisen käyttäjille helpoksi ja lähes näkymättömäksi. Suurin hyöty virtualisoinnista käyttäjille syntyy käyttäjätukea vaativien tilanteiden vähenemisestä ja tukitapausten nopeutumisesta. Esimerkiksi vikatilanteista toipuminen ja uusien sovellusten asentaminen tapahtuu virtualisoinnin avulla huomattavasti nopeammin, kuin hidasta lähitukea vaativilla menetelmillä. Yksityiskohtaisesti mallinnettujen käyttötapausten avulla voidaan esittää käyttäjille palvelun ominaisuuksia. Niistä käy ilmi virtualisoinnin tuoma lisäarvo käyttäjälle, minkä ansiosta käyttötapausta voidaan käyttää palvelun tuotteistamisen pohjana.

## 5. Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen lopputuloksina saatiin SWOT-analyysi virtualisoinnin strategisista vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista ja uhista sekä mallinnukset virtualisointiin perustuvan työasemapalvelun erilaisista käyttötapauksista. Näitä voidaan palvelun tuotteistamisessa hyödyntää seuraavasti:

- SWOT-analyysin avulla voidaan esittää palveluyrityksen asiakkaille virtualisoinnin strategiset hyödyt ja haasteet
- Käyttötapausten avulla voidaan esittää virtualisointiin perustuvien työasemien tarjoamia ratkaisuja työasemien käyttöön liittyviin ongelmiin
- Käyttötapausten avulla voidaan arvioida virtualisointiin perustuvien työasemien soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin
- Yksittäisen käyttäjän näkökulmasta käyttötapaukset tarjoavat mallin siitä, miten virtualisointiin perustuvien työasemien käyttäminen eroaa perinteisistä työasemista

SWOT-analyysi antaa mielestäni yleispätevän näkemyksen työasemien toteuttamisteknologian valintaan vaikuttavista strategisista tekijöistä. Jokaisen analyysin sisältämän vahvuuden, heikkouden, mahdollisuuden ja uhan olemassaolo on perusteltu sen yhteydessä. Etenkään kaikki teknologioiden sisäisistä ominaisuuksista johtuvat hyödyt eivät välttämättä toteudu jokaisessa käytännön ratkaisussa, vaan saavutettavien hyötyjen määrä riippuu siitä, millä tavalla teknologioita yhdistetään. Yrityksen halu panostaa virtualisointiteknologioihin riippuu informaatioteknologian kriittisyydestä sen liiketoiminnan kannalta. Strategisten hyötyjen saavuttaminen on valintakysymys: mitä enemmän teknologiaan ollaan valmiita panostamaan, sitä suurempia strategisia hyötyjä



voidaan saavuttaa. Kutakin teknologiainvestointia vastaava hyöty on arvioitava tapauskohtaisesti.

Toinen vaihtoehto virtualisoinnin strategisten hyötyjen arviointiin olisi ollut kustannuslaskelman tekeminen. Perinteisiin työasemiin liittyvät taloudelliset kustannukset ovat tunnettuja, joten virtualisointiin perustuvien työasemien aiheuttamia kuluja olisi mielenkiintoista verrata niihin. Tällainen laskelma pätee kuitenkin aina vain tiettyyn esimerkkitapaukseen, eikä sitä sen vuoksi voida soveltaa jokaiseen yksittäiseen ratkaisuun. Lisäksi useampia virtualisointitekniologioita yhdistäviä työasemajärjestelmiä on tällä hetkellä käytössä niin vähän – ja ne ovat olleet käytössä niin vähän aikaa – että todellisia ylläpitokustannuksia ei vielä tunneta. Tämän vuoksi kustannuslaskelmassakin olisi turvaututtava ainoastaan arvioimaan tutkittavan järjestelmän ylläpitokuluja. Muutaman vuoden kuluttua suoritettavan jatkotutkimuksen aiheena kustannusten laskeminen ja vertailu olisi varmasti mielenkiintoinen ja hyödyllinen. Kulut olisi järkevää jakaa riittävän moneen eri ryhmään (laitteisiin ja sovelluksiin tehtävistä alkuinvestoinneista ylläpitokustannusten eri osa-alueisiin, sähkökuluihin, koneiden vaatiman lattiatilan kustannuksiin jne.), jotta kustannuserojen todelliset lähteet ja suuruusluokat voitaisiin hahmottaa mahdollisimman tarkasti.

Käyttötapausten mallintaminen liitettiin osaksi työtä sen vuoksi, että työasemien käyttäjilleen tarjoamasta toiminnallisuudesta kaivattiin hyvin dokumentoitua, helposti ymmärrettävässä muodossa olevaa tietoa. Toisaalta myös työasemien paras mahdollinen strateginen hyödyntäminen vaatii tarkkaa käsitystä niiden toiminnasta. Suunniteltaessa työasemajärjestelmää johonkin tiettyyn ympäristöön käyttötapausten avulla voidaan hahmottaa eri teknologioiden soveltuvuutta tarkoitukseen. Esimerkkinä tästä toimii jaettujen fyysisten työasemien toteuttaminen, jolloin jokainen käyttäjä voi käyttää omia sovelluksiaan mistä tahansa työasemasta. Käyttötapauksilla voidaan myös perustella jonkin teknologian valinta juuri tietyn sovelluksen toteuttamiseen. Lisäksi yritys voi käyttää niitä apuvälineenä suunnitellessaan informaatioteknologian tehokkuuden parantamista omissa liiketoimintaprosesseissaan luvussa 3 esitetyn mallin mukaisesti.

## Lähdeluettelo

Beekelaar, Ronald, Using Microsoft Virtualization Technologies Today and Tomorrow, Beekelaar Consultancy (seminaari 23.1.), materiaali

[http://www.codezone.fi/Virtualization\\_Tour.Codezone](http://www.codezone.fi/Virtualization_Tour.Codezone)

Betts, Martin, Strategic Management of I.T. in Construction, Blackwell Science Ltd 1999, ISBN 0-632-04026-2

Beveridge, Daniel, VDI – A New Desktop Strategy,

[http://www.vmware.com/pdf/vdi\\_strategy.pdf](http://www.vmware.com/pdf/vdi_strategy.pdf), 2006, luettu 9.5.2007

Bredemeyer, Ruth ja Malan Dana, Functional Requirements and Use Cases,

[http://www.bredemeyer.com/pdf\\_files/functreq.pdf](http://www.bredemeyer.com/pdf_files/functreq.pdf), Bredemeyer Consulting 2001, luettu 28.3.2007

Chao, Wellie, The Pros And Cons Of Virtual Machines In The Datacenter,

<http://www.devx.com/vmspecialreport/Article/30383>, 2006, luettu 18.1.2007

Citrix Presentation Server 4.5 Reviewer's Guide, Citrix Systems Inc. 22.1.2007,

<http://support.citrix.com/servlet/KbServlet/download/12610-102-16411/RevGuide.pdf>,

luettu 21.4.2007

Cockburn, Alistair, Writing Effective Use Cases, Addison-Wesley 2001, ISBN 0-201-70225-8

Coleman, Derek, A Use Case Template: Draft for discussion 1998,

<http://www.hpl.hp.com/fusion/news/apr98.ppt>, luettu 28.3.2007

Dodgson, Mark, Technology Strategy and the Firm: management and public policy,

Longman Group UK Limited 1989, ISBN 0-582-05057-X

Dornan Andy, Application Streaming: The Virtual Thin Client, IT Architect tammikuu 2006

Drews, James E., Escape DLL Hell, Network Computing 31.8.2006

Enterprise Management Association, Virtualization: Exposing the Intangible Enterprise, heinäkuu 2006, rekisteröityneiden käyttäjien saatavilla www-osoitteessa

<http://www.enterprisemanagement.com/>

Fudge Jr., Michael: Rollout, Citrix Presentation Server 4.5, Network Computing 19.3.2007

Garfinkel, Tal ja Rosenblum, Mendel, When Virtual is Harder than Real: Security Challenges in Virtual Machine Based Computing Environments, Stanfordin yliopiston tietojenkäsittelytieteen laitos 2005,

<http://www.stanford.edu/~tal/papers/HOTOS05/virtual-harder-hotos05.pdf>, luettu 26.5.2007

Ghostine, Peter, Provisioning Hosted Desktops for Centralized Access, Management, Improved Security, Compliance and Disaster Recovery, Provision Networks 2006, <http://download3.vmware.com/vmworld/2006/med9960.pdf>, luettu 7.6.2007

Hitt, Michael A., Ireland, R. Duane, Hoskisson, Robert E., Strategic Management: Competitiveness and Globalization (Concepts), South-Western 2003, ISBN 0-324-11480-X

IBM Systems Virtualization Version 2, IBM 2005, <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/eserver/v1r2/topic/eicay/eicay.pdf>, luettu 11.5.2007

ITU-T Recommendation T.128, Multipoint Application Sharing, helmikuu 1998, [http://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-T.128-199802-I!!PDF-E&type=items](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-T.128-199802-I!!PDF-E&type=items), luettu 10.3.2007

Järvenpää, Eila ja Kosonen, Karri, Johdatus tutkimusmenetelmiin ja tutkimuksen tekemiseen, Teknillinen korkeakoulu, Tuotantotalouden osasto, Espoo 1997, ISBN 951-22-3321-5

Kempis, Rolf-Dieter; Ringbeck, Jürgen; Aurgustin, Ralf; Bulk, Günter; Höfener, Christopher; Trenkel-Bögle, Berthold, Do IT Smart - Seven Rules for Superior Information Technology Performance, The Free Press 1999, ISBN 0-684-86425-8

Madden, Brian, Providing Desktops to Users: Centralized Virtual Machines or Terminal Server Desktops?, 2005, <http://www.brianmadden.com/content/article/Providing-Desktops-to-Users-Centralized-Virtual-Machines-or-Terminal-Server-Desktops>, luettu

22.4.2007

Microsoft SoftGrid v4 – Application Virtualization and Streaming, 2007,  
<http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb608285.aspx>, luettu 19.2.2007

Molina, Garcia J.; Ortin, M. José; Moros, Begona; Nicolas, Joaquin; Toval, Ambrosio,  
Towards Use Case and Conceptual Models through Business Modeling, Software  
Engineering Research Group, Murcian yliopisto 2000,  
<http://dis.um.es/~jmolina/er2000paper183.pdf>, luettu 29.3.2007

Nieh, Jason; Jae Yong, S.; Novik, Naomi, A Comparison of Thin-Client Computing  
Architectures, Columbia University, marraskuu 2000,  
<http://www.ncl.cs.columbia.edu/publications/cucs-022-00.pdf>, luettu 10.3.2007

Object Management Group, Unified Modeling Language: Superstructure version 2.1.1,  
helmikuu 2007, <http://www.omg.org/docs/formal/07-02-03.pdf>, luettu 25.3.2007

Oglesby, Ron, Virtual Desktop Infrastructures (VDI): What's real today, what's not, and  
what's needed, 20.7.2006, <http://www.brianmadden.com/content/article/Virtual-Desktop-Infrastructures-VDI-Whats-real-today-whats-not-and-whats-needed>, luettu  
15.4.2007

Semilof, Margie, Comparing App Streaming To Thin Clients: Pros And Cons, 2006,  
[http://searchsecurity.techtarget.com/originalContent/0,289142,sid1\\_gci1210573,00.html](http://searchsecurity.techtarget.com/originalContent/0,289142,sid1_gci1210573,00.html)  
, luettu 6.2.2007

Singh, Amit, An Introduction To Virtualization, 2006,  
<http://www.kernelthread.com/publications/virtualization/>, luettu 30.5.2007

Softricity, Exploring The Softgrid Platform, September 2005,  
[http://www.softricity.com/download/Exploring\\_Softgrid.pdf](http://www.softricity.com/download/Exploring_Softgrid.pdf), luettu 11.2.2007

Venezia, Paul, Deep Dive Into VMware's Virtual Infrastructure, Infoworld 12.11.2006

VMWare Infrastructure 3 Introduction, 2006,  
[http://www.vmware.com/pdf/vi3\\_intro\\_vi.pdf](http://www.vmware.com/pdf/vi3_intro_vi.pdf), 25.5.2007

VMWare Virtual Desktop Infrastructure, 2007,  
<http://www.vmware.com/solutions/desktop/vdi.html>, luettu 1.2.2007

VMWare, Addressing Desktop Challenges With VMWare Virtual Desktop Infrastructure,

[http://www.vmware.com/pdf/vdi\\_solution.pdf](http://www.vmware.com/pdf/vdi_solution.pdf), luettu 6.2.2007

Wolf, Chris ja Halter, Erick M., Virtualization From The Desktop To The Enterprise,  
Apress 2005, ISBN 978-159059-495-7

## **Liitteet**

### **Liite 1: Virtualisointiteknologioihin perustuvien työasemien käyttötapaukset**

## **VDI – peruskäyttötapaus**

**Käyttötapausten kuvaus:** VDI:n peruskäyttötapauksessa kuvataan tavanomainen virtuaalisen työaseman käyttötapaus käyttäjän näkökulmasta. Tapausten avulla voidaan havainnollistaa käyttäjille virtuaalisen työaseman käytön samankaltaisuuksia ja eroja PC-työasemaan verrattuna.

**Olosuhteet:** Käyttö voi tapahtua käyttäjän henkilökohtaisesta tai jaetusta työpisteestä. Käyttö tapahtuu suppean työaseman kautta, eli käyttäjällä on käytössään näppäimistö, hiiri ja näyttölaite.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää Windows-käyttöjärjestelmää ja siihen asennettuja sovelluksia, esimerkiksi kirjoittaa Word-dokumentin, käyttää sähköpostia tai muokata tietokantaa. Toisin sanoen halutaan tehdä samoja asioita, kuin PC-työaseman avulla.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä painaa suppean työaseman aloitusnäppäintä.
2. Näytölle ilmestyy ikkuna, jossa pyydetään käyttäjätunnusta ja salasanaa. Ikkuna on vastaavanlainen kuin Windows XP:n sisäänkirjautumisessa.
3. Käyttäjä kirjoittaa käyttäjätunnuksensa ja salasanansa niille osoitettuihin kenttiin.
4. Käyttäjän Windows XP -työpöytä ilmestyy näytölle noin viiden sekunnin kuluttua (vrt. pöytä-PC:n tai kannettavan tietokoneen käynnistäminen saattaa kestää useita minutteja).
5. Näkymä käyttäjän näytöllä on täysin samanlainen, kuin PC:lle asennetussa Windows XP -käyttöjärjestelmässä. Käyttäjä voi käyttää kaikkia sovelluksiaan normaalisti.
6. Lopettaessaan käytön käyttäjä kirjautuu ulos kuten Windows XP:ssä (Käynnistä -> Kirjautu ulos).

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

- 1-3. Sisäänkirjautuminen voi tapahtua myös muulla tavalla, esimerkiksi käyttämällä älykorttia lukijassa.

**Huomautukset:** Virtuaalista työasemaa voidaan käyttää minkä tahansa RDP-asiakassovellusta tukevan laitteen avulla. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi pöytä-PC, kannettava PC, suppea työasema ja Xbox 360 -pelikonsoli.



## **VDI – käyttö Internetin välityksellä**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta, miten virtuaalisen työaseman käyttö tapahtuu Internetin välityksellä yrityksen verkon ulkopuolelta, esimerkiksi käyttäjän kotoa.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu salatun VPN-yhteyden avulla turvallisesti mistä tahansa laajakaistaisella Internet-yhteydellä varustetusta työasemasta, esimerkiksi käyttäjän kotoa PC-tietokoneelta.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää työasemaansa yrityksensä yksityisen tietoverkon ulkopuolella sijaitsevasta työpisteestä. Hän haluaa työskennellä esimerkiksi kotonaan ja käyttää samoja sovelluksia ja tiedostoja kuin työpaikalla.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää VPN-asiakassovelluksen PC:n työpöydällä olevasta pikakuvakkeesta tai Käynnistä-valikosta ja kirjautuu käyttäjätunnuksellaan ja salasanallaan yrityksensä VPN-verkkoon.
2. Käyttäjä käynnistää RDP-asiakassovelluksen PC:n työpöydältä tai Käynnistä-valikosta.
3. Hän kirjoittaa VDI-palvelimen osoitteen sille varattuun kenttään tai valitsee palvelimen yhteystietolistasta. Käyttäjä klikkaa ”OK” ja RDP-sovelluksen ikkunaan ilmestyy kirjautumisruutu.
4. Hän kirjoittaa käyttäjätunnuksensa ja salasanansa niille varattuihin kenttiin.
5. RDP-sovelluksen ikkunaan ilmestyy käyttäjän Windows XP -työpöytä. Hän voi käyttää kaikkia sovelluksia kuten perustapauksessa.
6. Lopettaessaan käytön hän kirjautuu ulos (Käynnistä -> Kirjaudu ulos) ja sulkee RDP-sovelluksen ikkunan.
7. Mikäli käyttäjä ei halua käyttää muita yrityksensä yksityisessä verkossa olevia palveluita, hän katkaisee VPN-yhteyden.

**Huomautukset:** Järjestelmän ylläpitäjä voi rajoittaa virtuaalisten työasemien käyttöä yrityksen verkon ulkopuolelta tietoturvasyistä. Erilaisia käyttöoikeuksia voidaan

Työasemapalvelun kehittäminen virtualisoinnin avulla  
määritellä eri käyttäjille ja alueille tapauskohtaisesti.

Jonni Purho 2007

## **VDI – työaseman vaihtaminen kesken istunnon**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan, miten käyttäjä voi kesken käytön siirtyä paikasta toiseen (esimerkiksi työpaikalta kotiin) ja jatkaa käyttämistä toisesta työpisteestä.

Käyttäjän istunto virtuaalisella työasemalla voidaan säilyttää työpisteen vaihtamisen aikana, vaikka yhteys palvelimeen katkaistaan.

**Olosuhteet:** Käyttö voi tapahtua miltä tahansa kahdelta työasemalta, esimerkiksi kahdesta jaetusta työpisteestä (suppeat työasemat) tai omasta työpisteestä (suppea työasema) ja käyttäjän kotoa (PC).

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa vaihtaa työpistettä ja jatkaa sovellustensa käyttämistä samasta tilanteesta toisessa työpisteessä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä painaa suppean työaseman aloitusnäppäintä.
2. Näytölle ilmestyy ikkuna, jossa pyydetään käyttäjätunnusta ja salasanaa. Ikkuna on vastaavanlainen kuin Windows XP:n sisäänkirjautumisessa.
3. Käyttäjä kirjoittaa käyttäjätunnuksensa ja salasanansa niille osoitettuihin kenttiin.
4. Käyttäjän Windows XP -työpöytä ilmestyy näytölle noin viiden sekunnin kuluttua (vrt. pöytä-PC:n tai kannettavan tietokoneen käynnistäminen saattaa kestää useita minutteja).
5. Näkymä käyttäjän näytöllä on täysin samanlainen, kuin PC:lle asennetussa Windows XP -käyttöjärjestelmässä. Käyttäjä voi käyttää kaikkia sovelluksiaan normaalisti.
6. Käyttäjä kirjautuu ulos järjestelmästä. Kirjautuessaan ulos käyttäjä voi jättää sovelluksia auki, esimerkiksi Word-dokumentin tai sähköpostiviestin kirjoittamisen kesken.
7. Käyttäjä kirjautuu uudelleen sisään toisesta työpisteestä. Työpaikan ulkopuolelta käsin kirjautuminen tapahtuu kuten käyttötapauksessa ”VDI – käyttö Internetin välityksellä”.

8. Käyttäjän näytölle ilmestyy Windows XP -työpöytä sellaisessa tilassa, kuin se oli ennen käytön lopettamista ensimmäisessä työpisteessä. Sovellusten käyttöä (esim. sähköpostiviestin kirjoittamista) voidaan jatkaa siitä tilanteesta, mihin se jäi ennen uloskirjautumista.
9. Lopettaessaan käytön käyttäjä kirjautuu ulos (Käynnistä – Kirjaudu ulos).

**Huomautukset:** Palvelimen asetukset voidaan konfiguroida myös niin, ettei tällainen käyttötapaus onnistu. Tällöin työasema sulkee kaikki sovellukset käyttäjän kirjautuessa ulos ja ne täytyy käynnistää uudelleen seuraavan sisäänkirjautumisen jälkeen.

## **VDI – Useiden virtuaalisten työasemien käyttäminen samanaikaisesti**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan, miten käyttäjä voi käyttää useita virtuaalisia työasemia samanaikaisesti yhdeltä fyysiseltä työasemalta esimerkiksi testaustarkoituksessa.

**Olosuhteet:** Käyttäjä käyttää virtuaalisia työasemia PC-tietokoneelta joko power user -moodissa tai useamman samanaikaisen RDP-yhteyden välityksellä, jolloin hänellä on oltava käyttöoikeus useampaan virtuaaliseen työasemaan. Virtuaalisissa työasemissa voi olla asennettuna eri käyttöjärjestelmiä ja sovelluksia.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa esimerkiksi testata jonkin sovelluksen toimintaa eri käyttöjärjestelmissä tai useita eri käyttöskenaarioita rinnakkain samassa käyttöjärjestelmässä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää RDP-asiakassovelluksen PC:n työpöydältä tai Käynnistä-valikosta.
2. Hän kirjoittaa VDI-palvelimen osoitteen sille varattuun kenttään tai valitsee palvelimen yhteystietolistasta. Käyttäjä klikkaa ”OK” ja RDP-sovelluksen ikkunaan ilmestyy kirjautumisruutu.
3. Hän kirjoittaa käyttäjätunnuksensa ja salasanansa niille varattuihin kenttiin.
4. Käyttäjä saa käyttöönsä yhden virtuaalisen työaseman.
5. Seuraavaksi hän voi käynnistää uusia RDP-ikkunoita ja käyttää useita samanlaisia virtuaalisia työasemia samanaikaisesti.

### **Vaihtoehdot tapahtumat:**

1. Käyttäjä kirjautuu palvelimelle power user -tunnuksella ja salasanalla. (Katso Power User -käyttötapausta).
2. Hän voi käynnistää Virtual Desktop Manager -käyttöliittymän avulla itse mitä tahansa vapaita virtuaalisia työasemia, joihin power user -käyttäjällä on käyttöoikeus. Tämä tapahtuu klikkaamalla linkkiä ”Desktops”, jolloin selaimen ikkunaan ilmestyy lista virtuaalisista työasemista. Käyttäjä voi käynnistää

valitsemansa työasemat listasta. Tämä mahdollistaa erilaisten työasemien (esimerkiksi eri käyttöjärjestelmien) käyttämisen rinnakkain.

## VDI – Power User

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan power user -käyttöoikeuksilla varustetun käyttäjän mahdollisuuksia vaikuttaa virtuaalisten työasemien tilaan ja asetuksiin. Tapaus perustuu VMwaren Virtual Desktop Manager -käyttöliittymään, jonka avulla voidaan hallinnoida VMware ESX Serverin avulla toteutettuja virtuaalisia työasemia.

**Olosuhteet:** Käyttö voi tapahtua suppean työaseman tai PC:n avulla. Päätelaitteessa on oltava asennettuna www-selain.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa muuttaa virtuaalisten työasemien asetuksia, kytkeä työasemia päälle ja/tai pois päältä, käynnistää työasemia uudelleen, luoda uusia työasemia ja käyttää useita työasemia samanaikaisesti.

### Tapahtumien kulku:

1. Käyttäjä käynnistää www-seläinohjelman ja avaa Virtual Desktop Manager -käyttöliittymän kirjautumissivun.
2. Hän kirjautuu sisään kirjoittamalla power user -käyttäjätunnuksen ja salasanan niille osoitettuihin kenttiin.
3. Selainikkunaan ilmestyy VDM-käyttöliittymä, jossa on linkit ”VM Pools”, ”Desktops” ja ”Preferences”.
4. VM Pools -linkistä käyttäjä pääsee sivulle, jossa on näkyvillä keskenään samanlaisten virtuaalisten työasemien muodostamia pooleja. Klikkaamalla ”Connect” jonkin poolin kohdalta hän voi ottaa yhteyden johonkin kyseiseen pooliin kuuluvaan työasemaan.
5. Desktops -linkistä käyttäjä saa näkyviin listan niistä virtuaalisista työasemista, joihin hänellä on käyttöoikeus. Hän voi käyttää työasemia sekä kytkeä niitä päälle ja pois päältä. Työasemia voidaan lisäksi käynnistää uudelleen (reboot) ja poistaa kokonaan käytöstä. Mikäli järjestelmän ylläpitäjä on tehnyt valmiita malleja (template) virtuaalisista työasemista, power user voi niiden avulla myös luoda kokonaan uusia työasemia.
6. Preferences -linkistä käyttäjä pääsee muuttamaan virtuaalisten työasemien asetuksia. Näitä ovat esimerkiksi näytön resoluutio ja värien määrä.

7. Lopettaessaan käytön käyttäjä kirjautuu ulos VDM:stä klikkaamalla logout-näppäintä.



## **VDI – Päätelaitteen vikaantuminen**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan tilanne, jossa virtuaalista työasemaa käyttävän käyttäjän suppeaan työasemaan tulee vika. Verrataan tilannetta PC-työaseman vikaantumiseen.

**Olosuhteet:** Virtuaalista työasemaa käytetään suppean työaseman avulla.

Päätelaitteeseen tulee vika, joka keskeyttää käytön. Vaihtoehtoisessa tapauksessa käytetään PC-tietokonetta, joka menee rikki kesken käytön.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa päästä mahdollisimman nopeasti jatkamaan työskentelyä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä on käyttämässä työasemaansa normaalisti, kun päätelaite vikaantuu (esimerkiksi suppean työaseman virtalähde hajoaa).
2. Hän irrottaa suppean työaseman johdot ja laittaa paikalle varatyöaseman.
3. Kytettyään johdot käyttäjä käynnistää työaseman ja kirjautuu uudelleen sisään palvelimelle (katso perustapaus). Hän voi jatkaa työskentelyä normaalisti.
4. Vikaantunut työasema voidaan viasta riippuen joko toimittaa huoltoon tai poistaa lopullisesti käytöstä.

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

1. Käyttäjä käyttää PC-tietokonetta ja siihen tulee vika (esimerkiksi virtalähde hajoaa).
2. Hän soittaa help deskiin ja odottaa huoltohenkilön saapumista paikalle. Kaikki käyttäjän sovellukset ja tiedostot ovat PC:n sisällä, eikä hän pääse niihin käsiksi.
3. Käyttäjä voi jatkaa työskentelyä vasta, kun PC on korjattu.
4. Mikäli vikaa ei voida korjata, käyttäjälle täytyy hankkia uusi PC, johon pitää asentaa uudelleen käyttöjärjestelmä ja kaikki sovellukset. Aikaa kuluu useita päiviä, ennen kuin uusi työasema on käyttövalmis.

**Huomautukset:** Suppeissa työasemissa on huomattavasti vähemmän osia kuin PC-koneissa ja näin ollen laitteiston vikaantumiset ovat selvästi harvinaisempia.

## **VDI – Palvelimen vikaantuminen**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan tilanne, jossa käyttäjä käyttää virtuaalista työasemaa ja palvelintietokoneeseen tulee vika (esimerkiksi emolevy rikkoutuu).

Verrataan tapausta PC-tietokoneen (emolevyn) vikaantumiseen.

**Olosuhteet:** Perustapauksessa virtuaalista työasemaa käytetään suppean työaseman avulla ja palvelintietokone menee rikki. Työasemien virtualisointialustana on VMWare VI3. Vaihtoehtoisessa tapauksessa PC vikaantuu käytön aikana.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa jatkaa työskentelyä siten, että vikatilanne aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriötä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä on käyttämässä virtuaalista työasemaansa, kun palvelintietokone vikaantuu (esimerkiksi emolevy menee rikki).
2. Virtuaalinen työasema siirtyy automaattisesti toiselle palvelimelle ja käynnistyy uudelleen.
3. Käyttäjä voi jatkaa työasemansa käyttämistä parin minuutin kuluttua.
4. Vikaantunut palvelin voidaan korjata ja palauttaa takaisin käyttöön siten, ettei huolto aiheuta käyttökatoja virtuaalisiin työasemiin.

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

1. Käyttäjä käyttää PC-tietokonetta ja se menee rikki (esimerkiksi emolevyyn tulee vika).
2. Hän soittaa help deskiin ja odottaa huoltohenkilön saapumista paikalle. Kaikki käyttäjän sovellukset ja tiedostot ovat PC:n sisällä, eikä hän pääse niihin käsiksi.
3. Käyttäjä voi jatkaa työskentelyä vasta, kun PC on korjattu.
4. Mikäli vikaa ei voida korjata, käyttäjälle täytyy hankkia uusi PC, johon pitää asentaa uudelleen käyttöjärjestelmä ja kaikki sovellukset. Aikaa kuluu useita päiviä, ennen kuin uusi työasema on käyttövalmis.

## **Citrix – peruskäyttötapaus suppealla työasemalla**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan suppean työaseman käyttäjän näkökulmasta Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivan sovelluksen tavanomainen käyttötapaus.

**Olosuhteet:** Käyttäjällä on käytössään verkkoyhteydellä (yrityksen sisäiseen verkkoon) varustettu suppea työasema, johon on asennettu Citrix ICA -asiakasohjelma. Työpiste voi olla jaettu tai henkilökohtainen.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää jotakin Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivaa sovellusta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä kirjoittaa ICA-asiakassovelluksen kirjautumisikkunaan käyttäjätunnuksensa ja salasanansa.
2. Hän klikkaa 'Yhdistä' ja näytölle ilmestyy hetken päästä Windows-työpöytä, jossa on hänen käyttämiensä sovellusten pikakuvakkeet.
3. Käyttäjä voi käynnistää sovelluksia pikakuvakkeista ja käyttää niitä normaalisti.
4. Lopettaessaan käytön hän kirjautuu ulos kuten Windows-käyttöjärjestelmästä (Käynnistä -> Kirjautu ulos).

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

1. Kirjautuminen voi tapahtua myös muulla tavalla, esimerkiksi käyttämällä älykorttia lukijassa.

**Huomautukset:** Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivia sovelluksia voidaan käyttää myös virtuaalisesta työasemasta (katso VDI – peruskäyttötapaus). Tällöin virtuaalisessa työasemassa on oltava asennettuna ICA-asiakasohjelma.

## **Citrix – peruskäyttötapaus PC:llä**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivan sovelluksen tavanomainen käyttötapaus.

**Olosuhteet:** Käyttäjällä on käytössään PC, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon) ja Citrix ICA -asiakasohjelma.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää jotakin Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivaa sovellusta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää sovelluksen Windows-työpöydällään olevasta pikakuvakkeesta tai Käynnistä-valikosta.
2. ICA-asiakasohjelma ottaa yhteyden Citrix-palvelimeen ja sovellus käynnistyy noin 10 sekunnissa.
3. Käyttäjä voi käynnistää samanaikaisesti muitakin sovelluksia. Kirjautuminen palvelimelle on tapahtunut jo ensimmäisen sovelluksen avaamisen yhteydessä, joten muut sovellukset käynnistyvät nopeammin.
4. Sovellusten käyttäminen tapahtuu samalla tavalla, kuin tavanomaisten Windows-ohjelmien tapauksessa.
5. Kun käyttäjä lopettaa sovelluksen käyttämisen, hän sulkee sen normaalisti ja yhteys palvelimeen katkeaa.

## **Citrix – työaseman vaihtaminen kesken käytön**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan, miten käyttäjä voi kesken Terminal Server/Citrix-istunnon katkaista yhteyden palvelimeen, siirtyä työpisteestä toiseen, ottaa uudelleen yhteyden palvelimeen ja palata samaan istuntoon.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu kahdesta eri työpisteestä, joko PC-tietokoneiden tai suppeiden työasemien kautta. Päätelaitteissa on oltava asennettuna Citrix ICA-asiakasohjelma.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa kesken työskentelyn vaihtaa työpistettä esimerkiksi jaetusta työpisteestä toiseen (työpaikalla) tai työpaikalta kotiin. Hän haluaa pitää ensimmäisessä työpisteessä aloittamansa istunnon muuttumattomassa tilassa työpisteen vaihdon ajan.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä aloittaa istunnon käynnistämällä sovelluksia joko työpöydältä (katso 'Citrix – peruskäyttötapaus') tai www-käyttöliittymästä (katso 'Citrix – käyttö www-käyttöliittymän avulla').
2. Kesken käytön käyttäjä haluaa vaihtaa työasemaa. Hän katkaisee yhteyden palvelimeen ja siirtyy toiseen työpisteeseen.
3. Käyttäjä ottaa uudesta työasemasta ICA-yhteyden palvelimeen. Palvelin kysyy, haluaako käyttäjä palata edelliseen käyttöistuntoonsa.
4. Jos käyttäjä ilmoittaa haluavansa palata edelliseen istuntoon, hän pääsee jatkamaan sovellusten käyttämistä siitä tilanteesta, johon hän jäi ennen työaseman vaihtoa.

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

4. Mikäli käyttäjä ei halua palata edelliseen istuntoonsa, palvelin aloittaa kokonaan uuden istunnon. Tällöin käyttäjä käynnistää sovellukset normaaliin tapaan.

## **Citrix – käyttö Internetin välityksellä**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta Citrix/Terminal Server-palvelimella toimivan sovelluksen käyttäminen yrityksen verkon ulkopuolelta – esimerkiksi käyttäjän kotoa – Internetin välityksellä.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu kannettavalla PC:llä tai pöytä-PC-llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, laajakaistainen verkkoyhteys, Citrix ICA -asiakasohjelma, ja VPN-yhteyden käyttömahdollisuus.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivia sovelluksia yrityksen sisäisen verkon ulkopuolella sijaitsevasta työpisteestä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää VPN-asiakassovelluksen ja kirjautuu sisään tunnuksillaan.
2. Hän voi käynnistää sovelluksia joko työpöydältä ja Käynnistä-valikosta (katso Citrix – peruskäyttötapaus PC:llä) tai www-käyttöliittymästä (katso Citrix – käyttö www-käyttöliittymän avulla).
3. Sovellusten käyttäminen tapahtuu normaalisti.
4. Lopettaessaan käytön käyttäjä katkaisee VPN-yhteyden.

**Huomautukset:** Järjestelmän ylläpitäjä voi rajoittaa sovellusten käyttöä yrityksen verkon ulkopuolelta tietoturvasyistä. Erilaisia käyttöoikeuksia voidaan määritellä eri käyttäjille ja alueille tapauskohtaisesti.

## **Citrix – käyttö web-käyttöliittymän avulla**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivan sovelluksen käyttäminen www-käyttöliittymän kautta.

**Olosuhteet:** Käyttäjällä on käytössään verkkoyhteydellä (yrityksen sisäiseen verkkoon) varustettu PC tai suppea työasema, johon on asennettu www-selain ja Citrix ICA-asiakasohjelma.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää jotakin Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivaa sovellusta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää www-selaimen ja avaa Citrix-palvelimen www-käyttöliittymän kirjautumissivun.
2. Hän kirjautuu sisään palvelimelle käyttäjätunnuksellaan ja salasanallaan.
3. Käyttäjä näkee www-selainohjelmansa ikkunassa käytössään olevien sovellusten pikakuvakkeet.
4. Hän voi käynnistää sovelluksen klikkaamalla sen pikakuvaketta, jolloin ICA-asiakasohjelma muodostaa yhteyden sovellusta isännöivään palvelimeen ja sovellus käynnistyy noin 10 sekunnissa.
5. Käyttäjä voi käynnistää samanaikaisesti muitakin sovelluksia. Kirjautuminen palvelimelle on tapahtunut jo ensimmäisen sovelluksen avaamisen yhteydessä, joten muut sovellukset käynnistyvät nopeammin.
6. Sovellusten käyttäminen tapahtuu samalla tavalla, kuin tavanomaisten Windows-ohjelmien tapauksessa.
7. ICA-yhteys palvelimeen katkeaa, kun käyttäjä sulkee sovelluksen.
8. Lopettaessaan käytön käyttäjä kirjautuu ulos www-käyttöliittymästä (Logout).

**Huomautukset:** Terminal Server/Citrix-palvelimella toimivia sovelluksia voidaan käyttää myös virtuaalisesta työasemasta (katso VDI – peruskäyttötapaus). Tällöin virtuaalisessa työasemassa on oltava asennettuna ICA-asiakasohjelma ja www-selain.

## **Citrix – Päätelaitteen vikaantuminen**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan tilanne, jossa virtuaalista työasemaa käyttävän käyttäjän suppeaan työasemaan tulee vika. Verrataan tilannetta PC-työaseman vikaantumiseen.

**Olosuhteet:** Virtuaalista työasemaa käytetään suppean työaseman avulla.

Päätelaitteeseen tulee vika, joka keskeyttää käytön. Vaihtoehtoisessa tapauksessa käytetään PC-tietokonetta, joka menee rikki kesken käytön.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa päästä mahdollisimman nopeasti jatkamaan työskentelyä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä on käyttämässä työasemaansa normaalisti, kun päätelaite vikaantuu (esimerkiksi suppean työaseman virtalähde hajoaa).
2. Hän irrottaa suppean työaseman johdot ja laittaa paikalle varatyöaseman.
3. Kytettyään johdot käyttäjä käynnistää työaseman ja kirjautuu uudelleen sisään palvelimelle (katso perustapaus). Hän voi jatkaa työskentelyä normaalisti.
4. Vikaantunut työasema voidaan viasta riippuen joko toimittaa huoltoon tai poistaa lopullisesti käytöstä.

### **Vaihtoehtoiset tapahtumat:**

1. Käyttäjä käyttää PC-tietokonetta ja siihen tulee vika (esimerkiksi virtalähde hajoaa).
2. Hän soittaa help deskiin ja odottaa huoltohenkilön saapumista paikalle. Kaikki käyttäjän sovellukset ja tiedostot ovat PC:n sisällä, eikä hän pääse niihin käsiksi.
3. Käyttäjä voi jatkaa työskentelyä vasta, kun PC on korjattu.
4. Mikäli vikaa ei voida korjata, käyttäjälle täytyy hankkia uusi PC, johon pitää asentaa uudelleen käyttöjärjestelmä ja kaikki sovellukset. Aikaa kuluu useita päiviä, ennen kuin uusi työasema on käyttövalmis.

**Huomautukset:** Suppeissa työasemissa on huomattavasti vähemmän osia kuin PC-koneissa ja näin ollen laitteiston vikaantumiset ovat selvästi harvinaisempia.



## **SoftGrid – peruskäyttötapaus**

**Käyttötapausten kuvaus:** SoftGridin peruskäyttötapauksessa kuvataan virtuaalisen sovelluksen tavanomainen käyttötapaus käyttäjän näkökulmasta. Tapauksen avulla voidaan havainnollistaa virtuaalisen ja perinteisesti asennetun sovelluksen käytön samankaltaisuutta.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu käyttäjän henkilökohtaisesta kannettavasta tai pöytä-PC -työasemasta, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon) ja SoftGrid-asiakasohjelma.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää jotakin Windows-sovellusta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää haluamansa sovelluksen klikkaamalla työpöydällä olevaa pikakuvaketta tai Windowsin Käynnistä-valikosta.
2. Uuden sovelluksen ensimmäisellä käyttökerralla tai päivityksen ilmestyttyä sovellus ladataan palvelimelta käyttäjän työasemaan. Tällöin sen käynnistyminen kestää noin 15-20 sekuntia. Muussa tapauksessa sovellus käynnistyy heti.
3. Sovelluksen käyttöliittymä ja toiminnallisuus ovat identtisiä vastaavan ei-virtuaalisen sovelluksen kanssa ja sitä voidaan käyttää täysin samalla tavalla.

## **SoftGrid – käyttö www-käyttöliittymän avulla**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan virtuaalisten sovellusten käynnistäminen ja käyttäminen www-käyttöliittymän avulla käyttäjän näkökulmasta.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu PC:llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon) SoftGrid-asiakasohjelma ja www-selain. Käyttäjällä on lisäksi oltava käyttöoikeus (tunnus ja salasana) www-käyttöliittymään.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää jotakin Windows-sovellusta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää www-selaimen ja avaa SoftGrid-kirjautumissivun.
2. Hän kirjoittaa käyttäjätunnuksensa ja salasanansa niille varattuihin kenttiin ja kirjautuu sisään järjestelmään.
3. Käyttäjä näkee www-selaimensa ikkunassa käytössään olevien sovellusten pikakuvakkeet. Hän voi käynnistää kuvaketta klikkaamalla haluamansa sovelluksen.
4. Sovelluksen käynnistyminen kestää ensimmäisellä käyttökerralla noin 15-20 sekuntia, kun se ladataan palvelimelta. Jos sovellus on jo ladattu käyttäjän työasemaan, se käynnistyy välittömästi.
5. Tämän jälkeen sovellusta voidaan käyttää normaalisti.
6. Lopettaessaan käytön käyttäjä kirjautuu ulos www-käyttöliittymästä (Logout).

## **SoftGrid – käyttö Internetin välityksellä**

**Käyttötapauksen kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta SoftGrid-sovellusten käyttäminen yrityksen verkon ulkopuolelta – esimerkiksi käyttäjän kotoa - Internetin välityksellä.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu kannettavalla PC:llä tai pöytä-PC:llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, SoftGrid-asiakassovellus, laajakaistainen verkkoyhteys ja salatun VPN-yhteyden käyttömahdollisuus.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää Windows-sovelluksiaan yrityksensä sisäisen verkon ulkopuolella sijaitsevasta työpisteestä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää VPN-asiakassovelluksen ja kirjautuu sisään tunnuksillaan.
2. Hän voi käynnistää sovelluksia joko työpöydältä ja Käynnistä-valikosta (katso SoftGrid – peruskäyttötapaus) tai www-käyttöliittymästä (katso SoftGrid – käyttö www-käyttöliittymän avulla).
3. Sovellusten käyttäminen tapahtuu normaalisti.
4. Lopettaessaan käytön käyttäjä katkaisee VPN-yhteyden.

**Huomautukset:** Järjestelmän ylläpitäjä voi rajoittaa sovellusten käyttöä yrityksen verkon ulkopuolelta tietoturvasyistä. Erilaisia käyttöoikeuksia voidaan määritellä eri käyttäjille ja alueille tapauskohtaisesti.

## **SoftGrid – käyttö offline-tilassa**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta virtuaalisen sovelluksen käyttäminen ilman verkkoyhteyttä.

**Olosuhteet:** Sovelluksia käytetään esimerkiksi kannettavalla PC-tietokoneella, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä. Jatkuvaa verkkoyhteyttä ei ole käytettävissä.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttää sovelluksiaan paikassa, jossa ei ole käytettävissä verkkoyhteyttä – esimerkiksi lentokoneessa tai kesämökillä.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä voi käynnistää sovelluksia työpöydältään ja käyttää niitä normaalisti (katso SoftGrid – peruskäyttötapaus).
2. Järjestelmän ylläpitäjä voi määrittää aikarajan (esimerkiksi yksi kuukausi), jonka kuluessa käyttäjän on oltava yhteydessä palvelimeen lisenssinhallinnallisista syistä. Samalla sovelluksia voidaan myös tarvittaessa päivittää.
3. Jos sovelluksen lisenssitietoja ei päivitetä palvelimelta aikarajan puitteissa, se lakkaa toimimasta.

**Huomautukset:** Ennen offline-käyttöä virtuaalinen sovellus on asennettava käyttäjän tietokoneelle. Tämä voi tapahtua verkon välityksellä, jolloin järjestelmän ylläpitäjä etäasentaa tarvittavat sovellukset esimerkiksi SMS:n avulla.

## **SoftGrid – uuden sovelluksen käyttöönotto ilman ZeroTouchia**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan uuden virtuaalisen sovelluksen käyttöönotto ilman ZeroTouch-palvelua käyttäjän näkökulmasta. Tapausta voidaan verrata ZeroTouchin kautta tapahtuvaan sovellusten käyttöönottoon (käyttötapaus 'SoftGrid – uuden sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla').

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu PC:llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon), SoftGrid-asiakasohjelma ja www-selain.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttöönsä uuden sovelluksen, johon hänellä ei aikaisemmin ole ollut käyttöoikeutta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä soittaa help deskiin ja pyytää uutta sovellusta käyttöönsä.
2. Help desk lähettää pyynnön sovelluksen ylläpitäjälle.
3. Ylläpitäjä siirtää sovelluspaketin käyttäjän työasemaan esimerkiksi SMS:n avulla.
4. Sovellus on käyttäjän käytettävissä työpöydältä ja/tai www-käyttöliittymän kautta.

**Huomautukset:** Uuden sovelluksen ottaminen käyttöön tällä tavalla on virtualisoinnin ansiosta huomattavasti nopeampaa kuin perinteisesti asentamalla. Eri kokoonpanoja ei tarvitse testata konfliktien varalta, vaan virtuaalinen sovellus siirretään työasemaan eikä se vaikuta millään tavalla käyttöjärjestelmän ja muiden sovellusten toimintaan.

ZeroTouchin avulla käyttöönotto voidaan tehdä vieläkin helpommaksi ja nopeammaksi sekä käyttäjän että ylläpidon kannalta.

**SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (itsepalvelu)**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta, miten tämä voi ottaa itsepalveluna käyttöönsä uusia virtuaalisia sovelluksia SoftGrid ZeroTouch -portaalin kautta. Tapausta voidaan verrata virtuaalisten sovellusten käyttöönottoon ilman ZeroTouchia (käyttötapaus 'SoftGrid – uuden sovelluksen käyttöönotto ilman ZeroTouchia') ja ZeroTouchin hyväksymismenettelyn avulla (käyttötapaus 'SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (hyväksymismenettely)').

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu PC:llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon), SoftGrid-asiakasohjelma ja www-selain. Käyttäjällä on käyttöoikeus ZeroTouch-portaaliin.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttöönsä uuden sovelluksen, johon hänellä ei aikaisemmin ole ollut käyttöoikeutta.

**Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää www-selaimen ja avaa ZeroTouch-käyttöliittymän kirjautumissivun.
2. Hän kirjautuu sisään käyttäjätunnuksellaan ja salasanallaan.
3. Käyttäjän www-selaimen ikkunassa näkyvät hänen käytössään olevien sovellusten pikakuvakkeet. Anoaakseen käyttöönsä uutta sovellusta käyttäjä klikkaa kuvakkeiden alapuolelta linkkiä ”Manage My Applications”.
4. Www-selaimen ikkunaan ilmestyy lista kaikista SoftGrid-palvelimella olevista sovelluksista. Käyttäjä voi ottaa uuden sovelluksen käyttöönsä klikkamalla ”Activate” listasta haluamansa sovelluksen kohdalta.
5. Sovellus on välittömästi käyttäjän käytettävissä.
6. Uuden sovelluksen pikakuvake päivittyy automaattisesti sekä www-käyttöliittymään, että käyttäjän työpöydälle. Käyttäjä voi käynnistää sovelluksen klikkaamalla kumpaa tahansa pikakuvaketta.
7. Lopettaessaan ZeroTouchin käytön käyttäjä kirjautuu ulos www-käyttöliittymästä (Logout).

**Huomautukset:** Uuden sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla tapahtuu erittäin nopeasti ja helposti perinteisen ei-virtuaalisen sovelluksen asentamiseen verrattuna. Sovellusten virtualisoinnin ansiosta voidaan olla varmoja siitä, ettei uuden sovelluksen käyttöönotto aiheuta konflikteja muiden käyttäjän PC:lle asennettujen sovellusten kanssa. Ylläpidon kontrollia sovellusten käyttöön voidaan lisätä hyväksymismenettelyn avulla (katso käytötapaus 'SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (hyväksymismenettely)').

## **SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (hyväksymismenettely)**

**Käyttötapausten kuvaus:** Kuvataan käyttäjän näkökulmasta, miten tämä voi anoa käyttöönsä uusia virtuaalisia sovelluksia SoftGrid ZeroTouch -portaalin kautta.

**Olosuhteet:** Käyttö tapahtuu PC:llä, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä, verkkoyhteys (yrityksen sisäiseen verkkoon), SoftGrid-asiakasohjelma ja www-selain. Käyttäjällä on käyttöoikeus ZeroTouch-portaaliin.

**Tarpeet:** Käyttäjä haluaa käyttöönsä uuden sovelluksen, johon hänellä ei aikaisemmin ole ollut käyttöoikeutta.

### **Tapahtumien kulku:**

1. Käyttäjä käynnistää www-selaimen ja avaa ZeroTouch-käyttöliittymän kirjautumissivun.
2. Hän kirjautuu sisään käyttäjätunnuksellaan ja salasanallaan.
3. Käyttäjän www-selaimen ikkunassa näkyvät hänen käytössään olevien sovellusten pikakuvakkeet. Anoaakseen käyttöönsä uutta sovellusta käyttäjä klikkaa kuvakkeiden alapuolelta linkkiä ”Manage My Applications”.
4. Www-selaimen ikkunaan ilmestyy lista kaikista SoftGrid-palvelimella olevista sovelluksista. Käyttäjä voi pyytää uutta sovellusta käyttöönsä klikkamalla ”Request” listasta haluamansa sovelluksen kohdalta.
5. Sovelluksen ylläpitäjälle lähtee automaattinen sähköpostiviesti, josta hän voi yhdellä napinpainalluksella myöntää käyttäjälle luvan ottaa sovellus käyttöönsä.
6. Sovellus on heti hyväksymisen jälkeen käyttäjän käytettävissä. Hän saa asiasta myös varmistusviestin sähköpostiinsa.
7. Uuden sovelluksen pikakuvake päivittyy automaattisesti sekä www-käyttöliittymään, että käyttäjän työpöydälle. Käyttäjä voi käynnistää sovelluksen klikkaamalla kumpaa tahansa pikakuvaketta.
8. Lopettaessaan ZeroTouchin käytön käyttäjä kirjautuu ulos www-käyttöliittymästä (Logout).



**Huomautukset:** Uuden sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla tapahtuu erittäin nopeasti ja helposti perinteisen ei-virtuaalisen sovelluksen asentamiseen verrattuna. Sovellusten virtualisoinnin ansiosta voidaan olla varmoja siitä, ettei uuden sovelluksen käyttöönotto aiheuta konflikteja muiden käyttäjän PC:lle asennettujen sovellusten kanssa. Sovellusten käyttöönotto voidaan hoitaa myös täydellisenä itsepalveluna, jolloin käyttäjä voi aktiivoida uusia sovelluksia ilman ylläpitäjän hyväksyntää ja ainoastaan lisenssien määrä rajoittaa sovellusten käyttöä (katso käyttötapaus 'SoftGrid – sovelluksen käyttöönotto ZeroTouchin avulla (itsepalvelu)').