



PILVIPALVELUT

Jussi-Petteri Penttilä

Opinnäytetyö
Syyskuu 2011
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan ja tietoverkkojen
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

PENTTILÄ, JUSSI-PETTERI: Pilvipalvelut

Opinnäytetyö 33 s.
Syyskuu 2011

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan pilvipalveluihin ja niiden tuomiin mahdollisuuksiin. Työssä tarkastellaan eri pilvityyppejä, joita ovat yksityinen-, yhteisöllinen-, julkinen- ja hybridipilvi. Opinnäytetyössä käsitellään myös kolmea erilaista palvelumallia, joita käytetään edellä mainituissa pilvityypeissä. Lisäksi työssä pohditaan pilvipalveluiden tietoturvaa ja henkilön tietosuojaa, kun henkilötietoja tallennetaan pilvipalveluihin. Työssä tutustutaan myös joihinkin keskeisiin avoimen lähdekoodin projekteihin pilvipalveluiden toteuttamiseksi.

Opinnäytetyö on tehty lähdemateriaaliin perustuvaksi, sillä opinnäytetyötä tehtäessä ei ollut mahdollisuutta laitteistoon, jolle pilvipalvelun olisi voinut asentaa. Lähdemateriaalina käytettiin sekä suomenkielisiä, että englanninkielisiä aiheesta kertovia artikkeleita ja teoksia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology
Option of Telecommunications and Networks

PENTTILÄ, JUSSI-PETTERI: Cloud computing

Bachelor's thesis 33 pages
September 2011

This thesis explores cloud computing and what kind of possibilities it brings. Thesis includes cloud deployment models which are private, community, public and hybrid cloud. Thesis also covers three different cloud service models. It also takes into consideration security in the cloud and persons privacy when saving personal data to the cloud. Open source has very important role in information and communication technologies and this thesis takes a look into some of the important open source projects that are used to deploy cloud services.

This thesis is completely written on the basis of source material, because in the time of writing there was no hardware to install and test cloud service. Articles and books that were used as a source of this thesis were written in Finnish and in English.

Keywords: Cloud computing, IaaS, PaaS, SaaS

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|--------------|--|
| API | Application Programming Interface, rajapinta jonka kautta ohjelmat voivat kommunikoida keskenään. |
| IaaS | Infrastructure as a Service, tietotekniikan infrastruktuuri pilvipalveluna. |
| Hypervisor | Täysvirtualisoinnissa käytetty ohjelmisto laitteistokomentojen välittämiseen virtuaalikoneesta laitteistolle. |
| LTSP | Linux Terminal Server Project. |
| NIST | National Institute of Standards and Technology, Yhdysvaltain elinkeinoministeriön alainen tutkimuslaitos. |
| OVF | Open Virtualization Format, avoin standardi ohjelmistojen jakeluun pilvialustoille. |
| PaaS | Platform as a Service, sovelluskehitysalusta pilvipalveluna. |
| Pilvi | Sanaa käytetään kuvaamaan lähiverkon ulkopuolista tietoverkkoa, jonka komponentteja ei voida tuntea. |
| Pilvipalvelu | Pilvipalvelu on toimintamalli, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä helposti ja nopeasti. |
| REST | Representational State Transfer, ohjelmistoarkkitehtuuri hajautetuille hypermediajärjestelmille. REST -tyylinen ohjelmistoarkkitehtuuri koostuu palvelimesta ja asiakasohjelmasta, jossa asiakasohjelma lähettää pyynnön palvelimelle jonka palvelin käsittelee ja lähettää siihen vastauksen. |
| SaaS | Software as a Service, ohjelmisto pilvipalveluna. |
| SLA | Service Level Agreement, palvelutasosopimus. Sopimus, joka kuvaa tuotettua palvelua ja siitä maksettua korvausta. |

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO..... | 7 |
| 2 PILVIPALVELUN KÄSITTEITÄ..... | 8 |
| 3 PILVIPALVELUN MÄÄRITELMÄ..... | 10 |
| 3.1 Itsepalvelun mahdollisuus..... | 10 |
| 3.2 Pääsy pilvipalveluun eri päätelaitteilla..... | 10 |
| 3.3 Käytön mittaaminen..... | 11 |
| 3.4 Palvelutasosopimus..... | 11 |
| 4 PILVITYYPIT..... | 13 |
| 4.1 Yksityinen pilvi..... | 13 |
| 4.2 Yhteisöllinen pilvi..... | 13 |
| 4.3 Julkinen pilvi..... | 14 |
| 4.4 Hybridipilvi..... | 14 |
| 5 PILVIPALVELUMALLIT..... | 15 |
| 5.1 Infrastruktuuri pilvipalveluna..... | 15 |
| 5.2 Sovellusalusta pilvipalveluna..... | 16 |
| 5.3 Ohjelmisto pilvipalveluna..... | 16 |
| 6 VIRTUALISOINTI..... | 17 |
| 6.1 Supermatrix..... | 18 |
| 6.2 LTSP..... | 19 |
| 7 TIETOTURVA..... | 20 |
| 8 AVOIN LÄHDEKODI PILVIPALVELUISSA..... | 23 |
| 8.1 Deltacloud..... | 23 |
| 8.2 Ubuntu Enterprise Cloud ja Eucalyptus..... | 24 |
| 8.3 OpenStack..... | 26 |
| 8.4 Open Virtualization Format..... | 27 |
| 9 YHTEENVETO..... | 29 |
| LÄHTEET..... | 31 |

1 JOHDANTO

Yleisesti sanalla pilvi tarkoitetaan tietotekniikassa käytössä olevan lähiverkon ulkopuolella olevaa tietoliikenneverkkoa, jonka komponentteja ei voida tuntea. Käyttäjä ei siis välttämättä tiedä missä käytettävät resurssit fyysisesti sijaitsevat, ja minkälaisista komponenteista resurssit koostuvat, kun ne ovat pilvessä.

Pilvipalvelu on toimintamalli, joka mahdollistaa tietotekniikkaresurssien nopean käyttöönoton ja poiston. Pilvipalvelut jaetaan pilvityyppeihin. Lisäksi tarkastellaan minkälaisia palvelumalleja niissä käytetään. Pilvipalveluita käytettäessä tulee ottaa huomioon, että ne ovat vielä kehityksensä alkuvaiheessa, eivätkä pilvipalveluntarjoajien toimintamallit ole vielä välttämättä vakiintuneet.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua pilvipalveluiden tuomiin mahdollisuuksiin. Tavoitteena oli saada selkeä kuva siitä, mistä pilvipalvelut koostuvat ja minkälaisia palvelumalleja niissä käytetään. Opinnäytetyössä käsitellään myös suppeasti avoimen lähdekoodin ohjelmistoja pilvipalvelun toteuttamiseksi.

2 PILVIPALVELUN KÄSITTEITÄ

Pilvipalvelut ovat vielä monilta osin kehityksensä alkuvaiheessa. Tästä hyvänä esimerkkinä on, että kun cloud computing -termiä alkoi esiintyä englanninkielisissä materiaaleissa, suomennettiin se muotoon pilvilaskenta. Vielä vuoden 2010 alussa käytettiin pilvilaskenta -sanaa, kuten käy ilmi Portaali -lehden numerosta 2/2010, jossa julkaistiin artikkeli otsikolla ”Suomalaiset yritykset ottavat pilvilaskennan ensiaskeleita” (Portaali -lehti 2010, 24). Pilvilaskenta -sana voi kuitenkin olla harhaanjohtava ja kuvaavampi pilvipalvelu -sana onkin vakiinnuttanut paikkansa termistössä.

Tiedeyhteisö on jo pidemmän aikaa käyttänyt hajautettuja tietojärjestelmiä yhtenä tutkimustyön työkaluna. Tiedeyhteisöissä hajautetuista tietojärjestelmistä käytetään nimitystä grid. Gridissä hyödynnetään eri puolilla maapalloa olevia tiedeyhteisön palvelinkeskuksia paljon laskentatehoa vaativissa tehtävissä ja suurten tietomäärien tallentamiseen. Gridin hyödyt tulevat helposti esille, kun tarkastellaan vuonna 2008 valmistuneen Large Hadron Colliderin (LHC) tuottamaa tietomäärää vuodessa (LHC Milestones - 2008). LHC tuottaa vuodessa 15 petatavua (10^{15} tavua) tietoa (CERN – LHC Computing 2008). Määrä riittäisi täyttämään vuodessa 1,7 miljoonaa kaksikerroksista DVD-levyä. Tiedon saatavuuden ja sen käsittelyyn vaativan laskentatehon takaamiseksi perustettiin Worldwide LHC Computing Grid, joka koostuu sadoista palvelinkeskuksista (WLCG – Welcome 2011). Myös pilvipalveluissa käytetään eri puolilla maapalloa olevia palvelinkeskuksia, mutta pääasiassa käyttäjän tehtävät suoritetaan ja tiedot tallennetaan yhdessä palvelinkeskuksessa, ja käyttäjällä on pääsy tietoihin internetin kautta. Pilvipalvelua voidaan ajatella kaupallisena versiona gridistä. Kehitys muistuttaa 1970 luvulla rakennetun ARPANETin laajenemista koko maailman kattavaksi internetiksi. ARPANET oli aluksi vain yliopistojen tutkijoiden ja Yhdysvaltojen puolustushallinnon käytössä. Grid muistuttaa tältä osin ARPANETtiä, sillä se on pääasiassa käytössä vain tiedeyhteisöissä.

Pilvipalveluiden tärkeys on otettu huomioon kansallisella tasolla liikenne- ja viestintäministeriön marraskuussa 2010 julkaisemassa selonteossa Suomen digitaalisuuden tilasta ja sen tulevaisuudesta. Selonteossa todetaan kuinka digitaaliset palvelut ovat enenevässä määrin siirtymässä pilvipalveluihin (Tuottava ja uudistuva Suomi 2010, 3). Tätä havaintoa tukee myös seikka, että Suomessa tuli voimaan vuoden 2010 heinäkuussa viestintämarkkinalaki, jossa internet-yhteys on osa yleispalvelua sekä valtioneuvoston

vuonna 2008 asettama tavoite, jonka mukaan 100 Mbit/s internet-yhteyksien tulee olla lähes kaikkien ulottuvilla vuoden 2015 loppuun mennessä (Megan laajakaista (yleispalvelu) 2010; Valtioneuvosto 2008). Internet-yhteyden sisällyttäminen yleispalveluun tarkoittaa, että jokaisella kuluttajalla tai yritysasiakkaalla on oikeus saada tarkoituksenmukainen internet-yhteys vakituiseen asuin- tai sijaintipaikkaansa (Viestintämarkkinalaki 393/2003 60 c §). Lisäksi 15.9.2009 voimaan tullutta asetusta internet-yhteyden vähimmäisnopeudesta alettiin soveltaa 1.7.2010.

1 §

Viestintämarkkinalain (393/2003) 60 c §:n 2 momentissa tarkoitetun tarkoituksenmukaisen internet-yhteyden vähimmäisnopeus saapuvassa liikenteessä on 1 Mbit/s.

Sen estämättä, mitä 1 momentissa säädetään, riittää, että internet-yhteyden keskimääräinen vähimmäisnopeus saapuvassa liikenteessä on 750 Kbit/s 24 tunnin mittausjakson aikana ja 500 Kbit/s minkä tahansa 4 tunnin mittausjakson aikana. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus tarkoituksenmukaisen internet-yhteyden vähimmäisnopeudesta yleispalvelussa. 7.10.2009/732.)

Alimman yhteysnopeuden määrittelyllä pyritään takaamaan, että digitaaliset palvelut ovat helposti kaikkien saatavilla ja, niiden käyttö olisi sujuvaa. Viestintävirasto on nimennyt Suomen jokaiselle kunnalle yleispalveluyrityksen, jonka tulee tarjota kohtuuhintainen internet-yhteys käyttäjälle (Internet-yhteyspalveluja koskevat yleispalvelupäätökset).

Tämän päivän maailmassa vihreät arvot ovat nousussa ja pilvipalveluiden käyttöönotto edesauttaa tietotekniikkaa pienempään hiilijalanjälkeen. Pilvipalveluita käytettäessä ei ole enää väliä sillä, missä työtä tehdään, joten työperäistä matkustusta voidaan vähentää. Konesalien käyttöasteet kasvavat tiedonsiirtokapasiteetin rajoissa, mikä tarkoittaa tilojen ja energian tarpeen kasvun hidastumista. Konesalit ovat useimmiten yritysten hallinnoimia palvelinkeskuksia joissa on paljon laskentatehoa ja tallennustilaa. Kevyet toimisto-ohjelmat voidaan ostaa palveluna pilvestä, mikä vähentää työpisteellä tarvittavaa laskentatehoa. Tällöin isot ja paljon tehoa kuluttavat tietokoneet voidaan vaihtaa pienempiin ja vähän tehoa kuluttaviin vaihtoehtoihin.

3 PILVIPALVELUN MÄÄRITELMÄ

Pilvipalvelu käsitteenä on vielä niin tuore, ettei sille ole vakiintunut yhtä selkeätä määritelmää. Pilvi-sanana käyttö juontaa juurensa jo 1980-luvulle, jolloin puhelinoperaattorit käyttivät sitä kuvaamaan rajaa, joka erotti asiakkaan vastuulla olevat laitteet puhelinoperaattorin laitteista (Heino 2010, 32). Erilaisia määritelmiä pilvipalvelulle on mahdollista löytää jopa liki 70 kappaletta (Salo 2010, 16). Kaikille määritelmille on kuitenkin yhteistä, että ne määrittelevät tietotekniikan ja siihen liittyvät komponentit palveluna. Usein viitataan Yhdysvalloissa toimivan National Institute of Standards and Technology (NIST) määritelmään. Pilvipalvelu on toimintamalli, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä helposti ja nopeasti (Heino 2010, Grance, Mell 2009 mukaan).¹ Tietotekniikkaresursseiksi luetellaan laskentateho, tallennustila, sovelluskehitysalustat ja sovellukset. Lisäksi NIST listaa pilvipalvelulle ominaispiirteitä, joita ovat itsepalvelun mahdollisuus, pääsy pilvipalveluihin eri päätelaitteilla, resurssien yhteiskäyttö ja joustavuus sekä käytön tarkka mittaaminen.

3.1 Itsepalvelun mahdollisuus

Itsepalvelun mahdollisuus on tärkeä osa pilvipalvelua. Se osaltaan mahdollistaa nopean resurssien käyttöönoton ja poiston, sillä asiakas pääsee lisäämään tai poistamaan resursseja ilman yhteydenottoa pilvipalveluntarjoajan edustajaan. Tällainen joustavuus tuo helposti asiakkaalle mielikuvan loppumattomista resursseista. Asiakkaan on mahdollista ottaa tarvittavat resurssit käyttöönsä haluamukseen ajaksi.

3.2 Pääsy pilvipalveluun eri päätelaitteilla

Pääsy pilvipalveluihin eri päätelaitteilla tarkoittaa, että asiakas voi käyttää ja hallita ostamaansa pilvipalvelua mistä tahansa. Matkapuhelinverkkojen tiedonsiirtonopeuden kasvu on osaltaan mahdollistanut tällaisten palvelujen luomisen. Tällöin pilvipalveluntarjoajan on hyvä pitää huolta, että asiakas voi hoitaa työnsä esimerkiksi älypuhelimella

¹ “Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction” (Grance, Mell 2009).

tai muulla verkkoyhteydellä varustetulla laitteella, sillä langattomien verkkoyhteyksien yleistymisen myötä on myös erilaisten päätelaitteiden määrä markkinoilla kasvanut. Eri-laisten päätelaitteiden kirjo markkinoilla voi aiheuttaa ongelmia, jos hallinta tapahtuu ainoastaan pilvipalveluntarjoajan verkkosivujen kautta, sillä vaikka älypuhelin selaimet osaavat uusimmat verkkosivujen esitystekniikat voi niiden näyttöjen pieni resoluutio tuottaa ongelmia käytettävyyden kannalta. Pilvipalveluntarjoajalla on mahdollisuus ohjelmoida älypuhelimille oma hallintasovelluksensa, joka on optimoitu älypuhelin pienemmälle resoluutiolle, eikä älypuhelimien näytön pieni resoluutio tällöin olisi ongelma. Pilvipalveluntarjoajan tulisi kuitenkin ohjelmoida jokaiselle matkapuhelinkäyttöjärjestelmälle oma ohjelma, eikä tämä välttämättä ole kannattavaa kun merkittäviä matkapuhelinkäyttöjärjestelmiä on monia. Jos pilvipalveluntarjoajalla on avoimet ohjelmointirajapinnat pilvipalvelun hallintaan, on myös kolmansilla osapuolilla tällöin mahdollisuus ohjelmoida ohjelmat pilvipalveluiden hallintaan eri matkapuhelinkäyttöjärjestelmille käyttäen näitä pilvipalveluntarjoajan avoimia ohjelmointirajapintoja.

3.3 Käytön mittaaminen

Pilvipalveluissa käytön mittaamista käytetään laskutuksen pohjana, mutta samalla se on myös tärkeä työkalu asiakkaalle. Käyttöä mittaamalla asiakas pystyy seuraamaan pilvipalvelun käyttöastetta ja näin optimoimaan tarvittavien resurssien määrää, josta syntyy kustannussäästöjä. Pilvipalvelujen laskutus koostuu käytössä olevien resurssien määrästä, siitä kuinka kauan ne ovat käytössä ja mahdollisista ohjelmistojen käyttöoikeuslensseistä, sekä siirretyn tiedon määrästä tiedontallennuspalveluissa. Laskutus tapahtuu kuten vesi- tai sähköliittymässä, jossa käyttäjä maksaa vain siitä minkä on kuluttanut.

3.4 Palvelutasosopimus

Palvelutasosopimus eli SLA (Service Level Agreement) on ”sopimus, joka kuvaa tuotettua palvelua ja siitä maksettavaa korvausta” (Luoma 2003). Palvelutasosopimuksen osapuolina ovat palveluntarjoaja ja asiakas, joka voi olla yksityinen käyttäjä tai organisaatio (Luoma 2003). Sopimuksen sisältö määräytyy asiakkaalle tarjotun palvelun tyyppin ja rakenteen mukaan (Luoma 2003). Palvelutasosopimuksessa voidaan pilvipalvelun kohdalla määritellä muun muassa palvelun toiminta-ajoista, kuukausittaisesta huoltokatkojen määrästä ja niiden maksimipituudesta sekä korjauksiin kuluva vähimmäisajasta

(Heino 2010, 36). Palvelutasosopimuksessa voidaan esimerkiksi määritellä 99,9% toimintavarmuus tuotetulle palvelulle. Vuoden ajalle 99,9% toimintavarmuus tarkoittaisi sitä, että $8,76 = 24 \cdot 365 \cdot 0,001$ tuntia vuodesta palvelu voi olla poissa käytöstä. Jos palvelukatkos osuu esimerkiksi vuoden kiireisimpään aikaan tai juuri lanseeratun mainoskampanjan kohdalle, merkitsee se väistämättä tulon menetystä organisaatiolle. Palvelukatkoksen kestänyt yli sopimuksessa määritetyn ajan joutuu palveluntarjoaja maksamaan sanktion.

4 PILVITYYPIT

Pilvityyppejä on neljä erilaista: yksityinen-, yhteisöllinen-, julkinen- ja hybridipilvi. Pilvityypit jaotellaan käytettävän laitteiston omistajuussuhteen mukaan.

4.1 Yksityinen pilvi

Yksityisessä pilvessä yksi organisaatio omistaa ja käyttää laitteistoa. Laitteisto ei välttämättä sijaitse organisaation tiloissa, vaan se voi olla myös kolmannen osapuolen konealissa. Myös laitteiston ylläpito saattaa olla ulkoistettuna kolmannella osapuolella.

Yksityinen pilvi on käytännöllinen ratkaisu organisaatiolle, kun halutaan ohjelmoida ohjelmia, jotka skaalautuvat hyvin pilvipalveluihin tai kun ohjelmissä käsitellään arkaluontoisia tietoja kuten esimerkiksi potilas- ja pankkikorttitietoja (Barcet, Goyer & Wardley 2009, 8). Yksityisessä pilvessä organisaatio voi kehittää ja testata ohjelmia oman infrastruktuurinsa suojissa. Kun ohjelmia kehitetään organisaation sisäverkossa, josta ei ole pääsyä Internetiin, on tietovuotojen mahdollisuus hyvin pieni.

4.2 Yhteisöllinen pilvi

Yhteisöllisessä pilvessä laitteistoa käyttää monta organisaatiota ja laitteiston omistus voi olla joko yhdellä tai useammalla organisaatiolla. Tässäkään tapauksessa laitteiston ei tarvitse sijaita minkään kyseessä olevan organisaation tiloissa, vaan se voi olla kolmannen osapuolen konealissa. Tällöin laitteiston ylläpito voidaan ulkoistaa konesalipalveluntarjoajalle.

Yhteisöllinen pilvi ei välttämättä ole kovin houkutteleva vaihtoehto kaupalliselle organisaatiolle, mutta julkisen puolen organisaatiot voivat hyötyä mallista. Kaupungit ja kunnat järjestävät perusopetusta tuhansille oppilaille. Kouluja on sijoitettuna eri puolille kuntaa tai kaupunkia ja usein tietotekniset ratkaisut ovat koulukohtaisia. Yhteisöllisellä pilvellä koulujen tietotekniikkaratkaisuja saadaan yhdenmukaistettua kaupungin tai kunnan alueella. Tämä helpottaisi varmasti esimerkiksi sijaisuuksia tekevien opettajien työskentelyä, kun jokaisella koululla tietotekniikkaympäristö olisi tuttu.

4.3 Julkinen pilvi

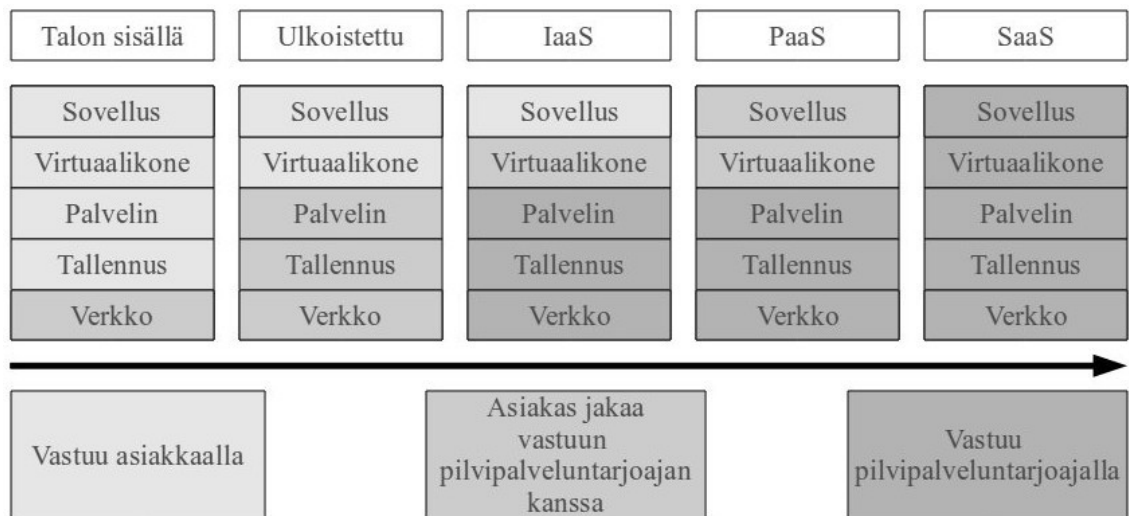
Julkisen pilven laitteiston omistaa pilvipalveluntarjoaja, joka myös ylläpitää sitä. Pilvipalveluntarjoaja myy tietotekniikkaresursseja omasta konesalistaan asiakkaille. Julkisesa pilvessä asiakkaan huolena on, kuinka hyvin pilvipalveluntarjoaja on huolehtinut tietoturvasta. Pilvipalveluntarjoajan tulee huolehtia siitä, etteivät samoja laitteistoresursseja käyttävät asiakkaat pääse toistensa tietoihin käsiksi. Ohjelmointirajapinnat julkiseen pilveen mahdollistavat asiakkaiden käyttää julkisia pilviä äkkinäisten resurssitarpeiden täyttämiseen tai yksittäisten, paljon laskentatehoa vaativien tehtävien suorittamiseen, joihin omalta konesalilta saattaisi kulua monta päivää. Ohjelmointirajapinnat mahdollistavat myös uusien liiketoimintojen luomisen.

4.4 Hybridipilvi

Hybridipilvi on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun asiakas ei halua sijoittaa toimintakriittisiä palveluja tai tietoja kolmannen osapuolen hallinnoimiin tiloihin. Tällöin kriittiset palvelut voidaan säilyttää omissa tiloissa, mutta vähemmän kriittiset palvelut voidaan sijoittaa julkiseen pilveen. Hybridipilven ongelmaksi saattaa muodostua yksityisen pilven integroiminen julkisen pilven kanssa. Kun yksityistä pilveä integroidaan julkiseen pilveen, voi asiakkaalla olla pelko joutua sidotuksi yhteen pilvipalveluntarjoajaan vielä alalta puuttuvien standardien vuoksi.

5 PILVIPALVELUMALLIT

Pilvipalvelumallit kuvaavat niitä palveluita, joita pilvipalveluissa yleisesti toteutetaan. Pilvipalvelumallit eroavat toisistaan asiakkaalla olevan vastuun mukaan. Kuvassa 1 on esitetty miten vastuu siirtyy asiakkaalta pilvipalveluntarjoajalle, siirryttäessä omasta koneesta eri pilvipalvelumalleihin (Pirinen 2010, Blum 2009 mukaan).



Kuva 1: Vastuun siirtyminen asiakkaalta pilvipalveluntarjoajalle.

5.1 Infrastruktuuri pilvipalveluna

Infrastruktuuri pilvipalveluna on suomennos englanninkielien sanoista infrastructure as a service, josta käytetään lyhennettä IaaS. IaaS-pilvipalvelumallissa asiakkaalla on eniten vastuuta pilvessä käytettävistä pilvipalvelumalleista. Asiakkaan vastuulla on virtuaalikoneen käyttöjärjestelmän toiminta ja sovellukset joita siinä ajetaan. IaaS-pilvipalvelumallissa pilvipalveluntarjoaja osoittaa tietyn määrän resursseja omasta palvelinkeskuksestaan asiakkaan käyttöön virtuaalikoneen tai mahdollisesti perinteisen fyysisen palvelimen muodossa. Resursseja ovat prosessoriaika, muistikapasiteetti, tallennuskapasiteetti ja tietoliikennekapasiteetti. Asiakas valitsee pilvipalveluntarjoajan valikoimasta itselleen sopivan pilvikonekuvan jota käytetään virtuaalikoneen käyttöjärjestelmänä. Pilvikonekuva määrittää käytettävän käyttöjärjestelmän ja se voi myös määrittää siihen valmiiksi asennetut ohjelmat.

IaaS helpottaa asiakkaiden yksityisten pilvien integrointia pilvipalveluntarjoajan julkiseen pilveen. IaaS ei kuitenkaan poista asiakkaalta asiantuntijoiden tarvetta, vaikka se integrointia helpottaakin. Integroimalla yksityisen pilvensä julkiseen pilveen asiakas pystyy lisäämään oman pilvensä skaalautuvuutta ilman laitteistoon kuluvia suuria investointeja. Asiakkaan integroidessa yksityisen pilvensä pilvipalveluntarjoajan pilveen puhutaan hybridipilvestä.

5.2 Sovellusalusta pilvipalveluna

Sovellusalusta pilvipalveluna on suomennos englanninkielen sanoista platform as a service, josta käytetään lyhennettä PaaS. PaaS-pilvipalvelumallissa asiakkaalle tarjotaan valmis sovellusalusta, jolle asiakas voi ottaa käyttöönsä halutun kolmannen osapuolen ohjelman tai ohjelmoida sellaisen itse. Sovellusalustalle ohjelmoidut ohjelmat skaalautuvat automaattisesti pilvipalveluntarjoajan tietotekniikkaresursseihin, jolloin ohjelmoiden ei tarvitse huolehtia mahdollisista käyttäjämääristä. Yleensä sovellusalustalle tarjotaan myös valmiita moduuleja, jotka sisältävät jonkin tietyn valmiiksi ohjelmoidun toiminnon. Valmiit moduulit vähentävät huomattavasti ohjelmistojen kehitykseen kuluva aikaa. PaaS-pilvipalvelumallissa vaara joutua sidotuksi yhteen pilvipalveluntarjoajaan on suuri, sillä eri pilvipalveluntarjoajien sovellusalustat ovat harvoin yhteensopivia. Sovellusalustoilla on usein eri ohjelmointikieli sekä erilaiset ohjelmointirajapinnat.

5.3 Ohjelmisto pilvipalveluna

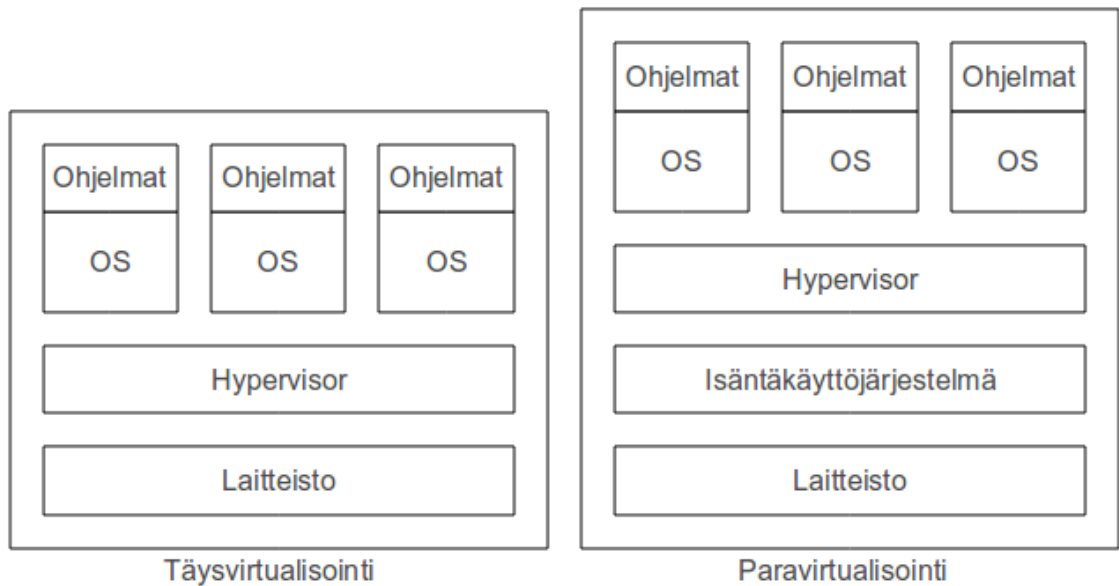
Ohjelmisto pilvipalveluna on suomennos englanninkielen sanoista software as a service, josta käytetään lyhennettä SaaS. SaaS-pilvipalvelumallissa asiakkaalle annetaan käyttöoikeus ohjelmistoon, jota voidaan käyttää tietoverkon kautta. Usein ohjelmistoa käytetään internetselaimen avulla. Asiakas ostaa pilvipalveluntarjoajalta käyttöoikeuslisenssin tai -lisenssejä, jos käyttäjiä on monia. Ohjelmiston ylläpito on kokonaan pilvipalveluntarjoajan vastuulla. Laskutus tapahtuu lisenssien määrän ja ohjelmiston käyttöajan perusteella.

6 VIRTUALISOINTI

Virtualisointi on tärkeä osa pilvipalveluita, mutta se ei ole välttämättömyys. Virtualisointi helpottaa huomattavasti resurssien jakamista eri pilvikoneille ja juuri virtualisointia käyttämällä saadaan konesalien käyttöastetta nostettua.

Konesalien infrastruktuuri on muuttunut ajan kuluessa moneen kertaan. Perinteinen keskittetty malli, jossa kaikki palvelut ovat samalla palvelimella sai väistyä, kun palvelut hajautettiin kukin omalle palvelimelleen. Palvelujen hajauttaminen omille palvelimilleen jättää helposti palvelimen käyttöasteen alhaiseksi. Palvelimien käyttöasteiden nostamiseksi organisaatiot ovat siirtyneet virtualisoimaan palvelimiaan. (Foster & Tuecke 2005, 28.)

Virtualisoinnilla voidaan koota useita fyysisiä resursseja näkymään yhtenä loogisena resurssina tai jakaa yksi fyysinen resurssi moneksi loogiseksi resurssiksi. Laitteiston virtualisointiin on kolme menetelmää: täysvirtualisointi, osittainen virtualisointi ja paravirtualisointi. Täysvirtualisoinnissa laitteiston ja käyttöjärjestelmän välissä on hypervisor, joka toimii laitteistokomentojen välittäjänä. Osittaisessa virtualisoinnissa vain joitakin laitteiston komponentteja virtualisoidaan. Paravirtualisoinnissa laitteistolle täytyy asentaa isäntäkäyttöjärjestelmä, jonka avulla käytetään virtuaalikoneita. Kuvassa 2 on esitetty täys- ja paravirtualisoinnin ero. Kuvasta huomataan, että käytettäessä paravirtualisointia virtuaalikoneiden lähettämien laitteistokomentojen reitti on pidempi kuin täysvirtualisoinnissa ja täten paravirtualisointi on myös hitaampi. Kuvassa 2 esitetyt laatikot tarkoittavat seuraavaa: laitteisto on PC laitteisto, jolla virtualisointi toteutetaan, hypervisor on laitteistokomentojen välittäjä virtuaalikoneen ja laitteiston välillä, isäntäkäyttöjärjestelmä on pääasiallinen käyttöjärjestelmä, jota laitteistolla ajetaan, OS on virtuaalikoneen käyttöjärjestelmä ja ohjelmat ovat virtuaalikoneessa suoritettavia tietokoneohjelmia.



Kuva 2: Täys- ja paravirtualisoinnin ero.

Virtualisointi ja nopeiden tietoliikenneyhteyksien lisääntyminen on myös mahdollistanut käyttäjille uudentyyppisen pilvipalvelun, työpöydän virtualisoinnin. Työpöydän virtualisoinnissa käyttäjällä ei ole perinteistä tietokonetta resurssineen käytössään, vaan ainoastaan niin sanottu ohut pääte tai sovitinlaite. Pääte tai sovitinlaite sisältää vain tarvittavat liitännät ja laitteet tiedon syöttämiseen ja näyttämiseen. Työpöytä, ohjelmat ja tiedostot noudetaan palvelimelta, josta pääte hakee ne käynnistyessä.

6.1 Supermatrix

Suomessa Finnet-liitto on kehittänyt omaa sovellutustaan työpöydän virtualisoinnista Supermatrix -nimisessä projektissa, joka julkaistiin 6.10.2009 (Supermatrix – Lehdistö-tiedote 2009). Supermatrix on suunnattu pienyrityksille ja yksityisille käyttäjille, jotka eivät halua ylläpitää tietokonetta, tai joilla ei ole siihen tarvittavaa tietotaitoa. Ensimmäisenä vuonna projektissa hankittiin ”proof-of-concept” siitä, että HDTV-tason multimediaan ja peleihin pystyviä virtualisoituja työpöytiä on mahdollista tarjota valokuituyhteyden avulla (Wiio 2011). Supermatrix käyttää hyväkseen Finnet-liiton alueellisten operaattoreiden rakentamia valokuituyhteyksiä. Valokuituyhteyksillä päästään riittävän suuriin tiedonsiirtonopeuksiin, jotta käyttäjän ja Supermatrix-palvelualustan välinen viive pysyisi näkymättömänä palvelun käyttäjälle. Projektissa aloitettiin kesäkuussa 2010 yrityskäytön käyttäjäkokeilut. (Supermatrix.) Projektin saama palaute käyttäjäkokeilus-

sa mukana olleilta on ollut positiivista ja virtuaaliset työpöydät koettiin ainakin yhtä hyvinä kuin paikalliset tietokoneet. Käyttäjät arvostivat erityisesti virtuaalikoneen nopeaa käynnistymistä. (Wiio 2011.) Kuvassa 3 on esitetty minne supermatrix-palvelualusta sijoittuu verkkoinfrastruktuurissa. Kuvasta nähdään myös, että palvelualusta pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle loppukäyttäjiä, jotta viiveet pysyisivät mahdollisimman pieninä.



Kuva 3: Supermatrix-verkon rakenne. (Skytt 2009.)

6.2 LTSP

Finnet-liiton julkaisema supermatrix-palvelualusta muistuttaa paljolti Linux Terminal Server Projectin (LTSP) mahdollistamaa palvelin – pääte -mallia. LTSP mahdollistaa palvelin – pääte -mallin, jossa ohjelmia ja tiedostoja käytetään palvelimelta heikkotehokkaammalla päätteellä. LTSP on suosittu koulu ympäristössä, jossa yhdellä tehokkaalla palvelimella pystytään palvelemaan kaikkia käyttäjiä. LTSP pidentää huomattavasti luokissa käytettävien tietokoneiden elinkaarta, kun tietokoneita ei tarvi uusien ohjelmien teho vaatimusten kasvaessa, vaan raskaat ohjelmat suoritetaan palvelimella.

7 TIETOTURVA

Pilvipalveluihin siirtyminen saattaa herättää paljon tietoturvakysymyksiä organisaation IT-palveluista vastaaville tahoille ja myös valveutuneen yksityisen käyttäjän mielessä. Pelko kriittisten tietojen hallinnan menettämisestä on yksi suurimmista esteistä pilvipalveluihin siirtymisessä, eikä sitä pidä jättää huomioimatta. Tieto siitä, että mahdollisesti samalla laitteistolla on monia muita pilvipalveluntarjoajan asiakkaita on myös pelottava, kun puhutaan organisaation toiminnalle kriittisten palveluiden siirtämisestä pilveen. Lopulta pilvipalvelu on kuitenkin yhtä turvallinen kuin sen heikoin lenkki.

Yritysten on hyvä olla tarkkoja lainsäädännön kanssa ja tietoisia siitä, minne tiedot fyysisesti sijoittuvat, jos asiakkaiden tietoja aiotaan siirtää pilveen. Suomen henkilötietolain 22 § mukaan ”Henkilötietoja voidaan siirtää Euroopan unionin jäsenvaltioiden alueen tai Euroopan talousalueen ulkopuolelle ainoastaan, jos kyseisessä maassa taataan tietosuojaan riittävä taso.” Myös Euroopan alueelle tietoja siirrettäessä on pystyttävä takaamaan riittävä tietosuojaan taso. Jotta yhdysvaltalaiset organisaatiot voisivat käsitellä Euroopan unionin kansalaisten henkilötietoja, solmittiin vuonna 2000 Euroopan unionin ja Yhdysvaltojen välillä safe harbor -sopimus. Yhdysvaltalaiset organisaatiot voivat rekisteröityä Yhdysvaltain kauppaministeriön (US Department of Commerce) ylläpitämälle listalle, jossa on lueteltuna organisaatiot, jotka ovat ilmoittaneet täyttävänsä safe harbor -sopimuksen mukaiset periaatteet henkilötietojen säilytyksestä. Listalle rekisteröityminen on täysin vapaaehtoista ja periaatteiden noudattaminen on itsesääntelyn varassa. Organisaation on täytettävä safe harbor periaatteet tai organisaatiolla on oltava omat tietosuoja menettelynsä, jotka vastaavat safe harbor -periaatteita. (Tietosuojavaltuutetun toimisto – Yhdysvaltalainen Safe harbor -järjestelmä.) Organisaation on myös vuosittain ilmoitettava ministeriölle, että sillä on edelleen käytössä safe harbor -sopimuksen mukaiset periaatteet (Export.gov – Safe Harbor Annual Reaffirmation). Safe harbor -periaatteita ovat:

- Organisaation on ilmoitettava henkilöille mihin tarkoitukseen se kerää ja käyttää tietoja.
- Henkilöillä tulee olla mahdollisuus kieltää tietojen luovuttaminen kolmansille osapuolille tai tietojen käyttäminen muuhun kuin alkuperäistä tarkoitusta varten.

- Varmistaa, että jos tietoja luovutetaan kolmannelle osapuolelle, myös tämä noudattaa samaa tietosuojan tasoa.
- Henkilöillä tulee olla mahdollisuus tarkistaa, muuttaa tai poistaa tiedot, jotka eivät ole paikkansapitäviä.
- Ottaa käyttöön tarvittavat toimenpiteet tietojen häviämistä, väärinkäyttöä ja paljastumista vastaan.
- Ottaa käyttöön tarvittavat toimenpiteet varmistamaan tietojen oikeellisuus.
- Oltava käytössä riittävät menettelyt, joilla varmistetaan periaatteiden noudattaminen. (Ransome & Riffinghouse 2010, xxxii-xxxiii; Tietosuojavaltuutetun toimisto – Yhdysvaltalainen Safe harbor -järjestelmä.)

Muita maita, joissa Euroopan komissio on todennut riittävän tietosuojan tason ovat Argentiina, Guernsey, Isle of Man, Kanada ja Sveitsi. Euroopan talousalueeseen kuuluvia maita joihin henkilötietoja voidaan siirtää ovat Islanti, Liechtenstein ja Norja. (Commission decisions on the adequacy of the protection of personal data in third countries 2011.)

Tiedon omistaja on aina vastuussa tiedon tietoturvallisesta säilyttämisestä. Asiakkaan on myös hyvä selvittää minkälaiset varmuuskopiointikäytännöt pilvipalveluntarjoalla on. Kun asiakas luopuu pilvipalvelusta ja haluaa poistaa tietonsa sieltä, tulee vastaan kysymys, onko tiedot lopullisesti poistettu myös varmuuskopioista. Riippuen pilvipalveluntarjoajan käytännöistä, voi olla mahdollista, että asiakkaan tiedot säilyvät varmuuskopioissa vielä monta viikkoa tiedon poistamisen jälkeen.

Pilvipalveluilla on myös monia muita uhkia tiedon hallinnan menettämisen lisäksi. Jos käytössä on monta pilvipalvelua, joutuu käyttäjä kirjautumaan jokaiseen erikseen. IT-osastojen ohjeistuksesta huolimatta monet käyttäjät valitsevat saman salasanan ja käyttäjänimen moneen eri palveluun. Keskitetty käyttöoikeuksien hallinta olisi ratkaisu tällaisiin tilanteisiin, joissa käyttäjä joutuu kirjautumaan moneen palveluun erikseen. Keskitetyssä käyttöoikeuksien hallinnassa yhdellä taholla on oikeus myöntää ja muokata käyttöoikeuksia. Lisäksi eri palvelut tarkistavat käyttöoikeudet samasta tietokannasta käyttäen siihen suunniteltuja ohjelmointirajapintoja. Kun käyttöoikeuksien hallinta on keskitetty, tarvitsee käyttäjän muistaa vain yhdet tunnukset palveluiden käyttämiseen. (Pirinen 2010.)

Organisaatio, joka siirtää toimintojaan pilvipalveluihin voi menettää tietoturvasertifiointinsa, jos pilvipalveluntarjoajan tietoturvakäytännöt eivät vastaa sertifiointin vaatimuksia (Pirinen 2010). Tietoturvasertifiointin menettäminen voi olla huomattava haitta, jos tietoturvasertifikaattia on käytetty esimerkiksi markkinoinnissa. Cloud Security Alliance on julkaissut oman listansa pilvipalveluiden merkittävimmistä uhista. Listalla ovat pilvipalveluiden rikollinen käyttö, ohjelmointivirheet ohjelmointirajapinnoissa, vihamieliset sisäpiiriläiset, virtualisoinnin ongelmat, tiedon häviäminen, tietovuodot ja käyttäjätunnuksen tai pilvipalvelun kaappaaminen (Top Threats to Cloud Computing V1.0 2010).

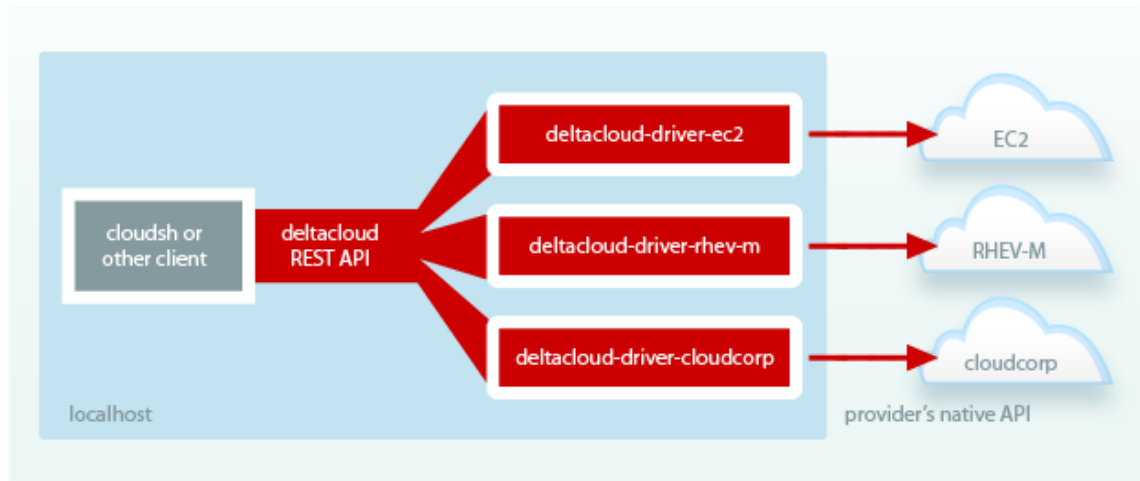
Pilvipalveluntarjoaja Amazonilla on palvelu, jonka kautta käyttäjät voivat jakaa tekemiään pilvikonekuvia (Amazon Machine Image, AMI). Center for Advanced Security Research Darmstadtin tekemän tutkimuksen mukaan nämä pilvikonekuvat voivat sisältää tekijän salausavaimia, varmenteita tai salasanoja. Tutkimuksen mukaan 1100:sta julkisesta pilvikonekuvasta 30% sisälsi tietoja joiden avulla rikollinen taho voisi joko osittain tai kokonaan ottaa haltuunsa pilvipalvelun tai muita tekijän resursseja. (Many Amazon cloud users reveal confidential data 2011).

8 AVOIN LÄHDEKODI PILVIPALVELUISSA

Avoimilla standardeilla oli jo internetin alkuaikoina tärkeä rooli sen kehityksen ja kasvun kannalta. Nykyinen Googlen Chief Internet Evangelist ja yksi internetin alkuvaiheiden kehittäjistä Vinton G. Cerf painotti vuotuisessa Australian Linux-konferenssissa vuoden 2011 tammikuun lopussa pitämässään puheessa avoimien standardien kehittämisen tärkeyttä pilvipalveluille (Cerf 2011). Avoimet standardit mahdollistaisivat tietojen siirtämisen eri pilvipalveluiden välillä ja käyttäjille vaivattoman siirtymisen pilvipalveluntarjoajien välillä. Tämä poistaisi pilvipalveluiden käyttäjiltä pelon joutua sidotuksi yhteen pilvipalveluntarjoajaan, sekä toisi lisää asiakkaita markkinoille ja samalla sallisi asiakkaiden liikkuvuuden pilvipalveluntarjoajien välillä. Kun asiakkaat pystyvät vaivattomasti vaihtamaan pilvipalveluntarjoajaa, syntyy markkinoille enemmän kilpailua. Kilpailun kasvaessa pilvipalveluntarjoajat joutuvat miettimään uusia ominaisuuksia palveluilleen, joilla saadaan lisää asiakkaita. Markkinoilla on saatavilla sekä suljetun, että avoimen lähdekoodin ohjelmistoja pilvipalvelujen toteuttamiseen.

8.1 Deltacloud

Ohjelmistoyritys Red Hat julkaisi 3. syyskuuta 2009 avoimen lähdekoodin projektin Apache 2.0-lisenssillä nimeltä Deltacloud, jonka tarkoituksena on luoda yksi yhteinen REST API eri pilvipalveluille (Red Hat News 2009). Se ei niinkään ole alusta pilvipalveluiden toteuttamiseen vaan työkalu eri pilvipalveluissa olevien pilvikoneiden hallintaan. Deltacloud on jaettu kahteen osaan, Deltacloud-ytimeen ja Aeolus-projektiin. Deltacloud-ydin keskustelee eri pilvipalveluiden kanssa sille ohjelmoiduilla ajureilla. Kuvassa 4 on esitetty Deltacloudin toimintaperiaate.



Kuva 4: Deltacloudin toimintaperiaate (Deltacloud | Many Clouds. One API. No Problem.).

Ajureiden ominaisuuksia ovat muun muassa uusien pilvikoneiden luonti ja poistaminen, pilvikoneen pysäytys ja käynnistys sekä informaation näyttö laitteistosta, pilvikonekuvista, pilvikoneesta ja ”realmeista” (Deltacloud | Supported providers). ”Realmit” ovat pilvipalveluntarjoajan palvelinkeskusten sijainteja. Esimerkiksi Amazon EC2 pilvipalvelun tapauksessa ”realmeja” on US - N. Virginia, US N. California, EU – Irlanti ja APAC – Singapore (Amazon EC2 Pricing). Aeolus-projektin alle on koottu useita pilvipalveluihin liittyviä ohjelmiston osia:

- Conductor, web käyttöliittymä pilvipalveluiden hallintaan.
- Oz, automaattinen virtuaalikoneen asennin.
- Image Factory, työkalu pilvikonekuvan rakentamiseen.
- Image Warehouse, työkalu pilvikonekuvien siirtämiseen sääntöjen perusteella pilvipalvelusta toiseen.
- Audrey, työkaluja pilvikoneen ajon aikaiseen konfigurointiin.

8.2 Ubuntu Enterprise Cloud ja Eucalyptus

Pilvipalveluiden yleistyminen on käynnistänyt muitakin avoimen lähdekoodin projekteja, joissa kehitetään ohjelmistoja pilvipalveluiden toteuttamiseen. Suurta suosiota saaneen Ubuntu linux-jakelun takana oleva Canonical tarjoaa Ubuntu Enterprise Cloud ratkaisua, joka perustuu Eucalyptus-projektin avoimen lähdekoodin julkaisuun, jonka lisenssi on GPLv3. GPLv3-lisenssi antaa käyttäjälle oikeuden käyttää, kopioida, muokata

ja levittää ohjelmaa ja sen lähdekoodia samalla lisenssillä (Välimäki 2007). GPLv3 kuitenkin vaatii, että ohjelmaan tehdyt muutokset julkaistaan samalla lisenssillä. Ubuntu Enterprise Cloud on kohdennettu yrityksille, jotka haluavat luoda yksityisen pilven oman tietotekniikkainfrastruktuurinsa sisälle (Ubuntu Enterprise Cloud | Eucalyptus 2010).

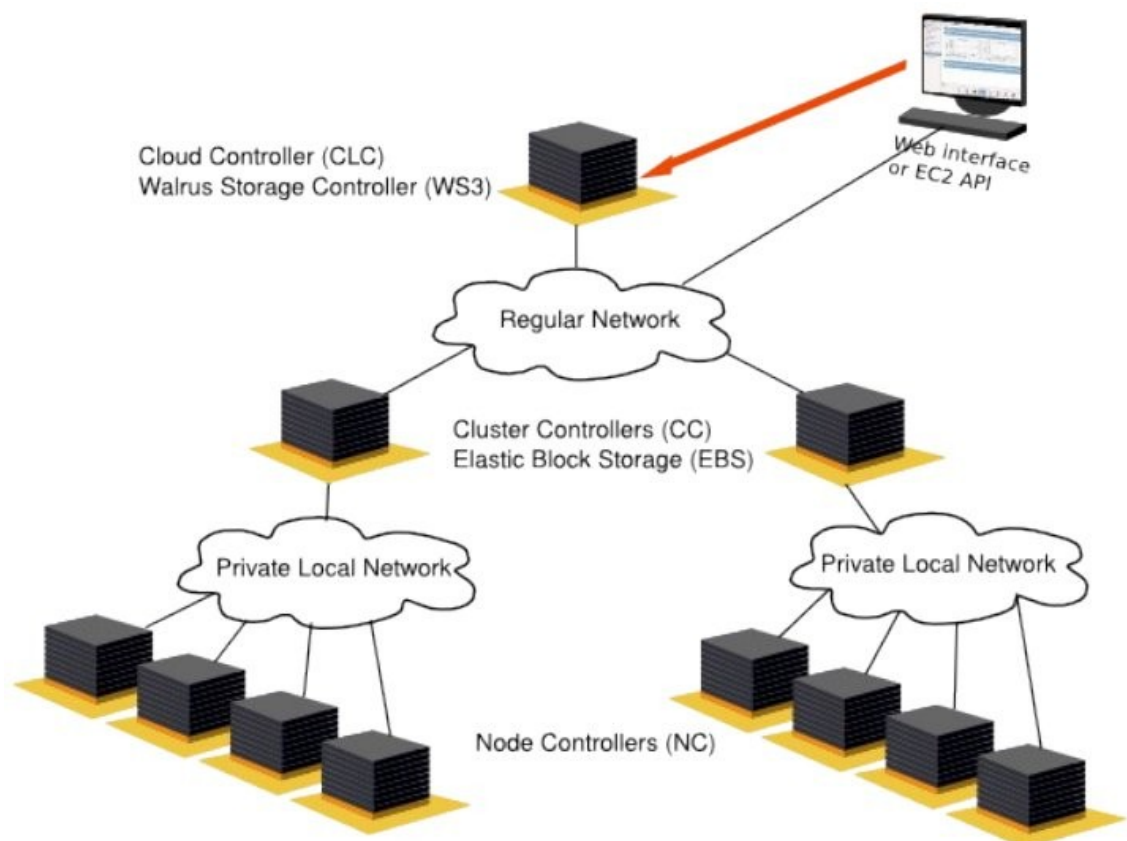
Ubuntu Enterprise Cloud käyttää Amazonin EC2-, EBS- ja S3-rajapintoja, joita Canonical pitää tärkeinä suunnannäyttäjinä pilvipalveluiden rajapintojen standardoinnissa (Barcet, Goyer & Wardley 2009, 7). Käyttämällä Amazonin rajapintoja Canonical haluaa varmistaa asiakkaan mahdollisuuden lisätä pilvipalvelunsa kapasiteettia oman infrastruktuurinsa ulkopuolelta. Samalla pyritään vähentämään riippuvuutta yhteen pilvipalveluntarjoajaan.

Ubuntu Enterprise Cloudin käyttämä Eucalyptus on jaettu viiteen pääkomponenttiin:

- Cloud Controller tarjoaa liittymän, jonka kautta käyttäjät ovat yhteydessä pilveen.
- Walrus Storage Controller mahdollistaa tiedon tallennuksen ja pääsyn tietoihin joko käynnissä olevalta pilvikoneelta tai internetin kautta.
- Elastic Block Storage Controller antaa käyttäjälleen mahdollisuuden luoda virtuaalisen tiedostojärjestelmän tiedon tallennusta varten.
- Node Controller ohjaa laitteistoa, jossa pilvikoneita ajetaan.
- Cluster Controller toimii tiedon välittäjänä cloud controllerin ja node controllerin välissä.

(Barcet, Goyer & Wardley 2009, 9-11).

Kuvassa 5 on esitetty esimerkki Ubuntu Enterprise Cloudilla toteutetusta yksityisestä pilvestä. Kuvasta 5 nähdään, että useampia komponentteja Eucalyptuksesta voidaan sijoittaa samalle palvelimelle.



Kuva 5: Esimerkki Ubuntu Enterprise Cloudilla toteutetun yksityisen pilven infrastruktuurista (Barcet, Goyer & Wardley 2009, 9).

Helmikuun toisena 2011 Dell ja Canonical julkaisivat tietoja yhteistyöstään, jossa Dell aikoo tuoda valituille palvelimalleille Ubuntu Enterprise Cloudin (Dell Partners With Ubuntu for Linux Cloud Computing Technology – ServerWatch.com 2011).

8.3 OpenStack

Toinen avoimen lähdekoodin pilvikäyttöjärjestelmä on Rackspacein ja NASAn yhteistyönä aloittama OpenStack, jonka kehittämiseen on liittynyt jo 80 eri organisaatiota (OpenStack Open Source Cloud Computing Software). Projekti sai alkunsa Rackspace yhtiön omasta tarpeesta luoda hallintasovellus suurelle määrälle fyysisiä ja virtuaalisia palvelimia. Rackspacein ja NASAn lisäksi projektissa on mukana muita alan merkittäviä toimijoita, kuten virtualisointiratkaisuistaan tunnettu Citrix, verkkolaittevalmistaja Cisco, tietokonevalmistaja Dell sekä prosessori- ja näytönohjainvalmistajina tunnetut AMD ja Intel (OpenStack Participating Companies). Open Stack perustuu avoimen läh-

dekoodin tekniikoihin, ja on julkaistu Apache 2.0-lisenssillä (OpenStack Open Source Cloud Computing Software). Apache 2.0-lisenssi on sallivampi kuin GPLv3-lisenssi. Se sallii samat perusoikeudet käyttäjälle ohjelman käyttämisestä, kopioinnista, muokkaamisesta ja levittämisestä kuin GPLv3. Apache 2.0-lisenssi ei kuitenkaan vaadi, että muokattua lähdekoodia tarvitsisi julkaista ohjelmaa jaettaessa (Saastamoinen 2006, 96). Tämä on vain yksi niistä monista ominaisuuksista, joka tekee Apache 2.0-lisenssistä sopivamman kaupalliseen käyttöön.

OpenStack koostuu kolmesta osasta, jotka ovat Compute, Object Storage ja Image Service. Compute on järjestelmän ydin. Sen tehtävänä on hallita virtuaalikoneita ja provisioda niiden resursseja käyttäjille ja käyttäjäryhmille. Lisäksi sillä hallitaan käyttäjien oikeuksia resursseihin. Käyttäjä voi hallita järjestelmää joko mukana tulevan hallintapaneelin avulla, tai ohjelmoida oman ohjelman pilvipalvelun hallintaan käyttämällä OpenStack APIa. Object Storage on Openstackin skaalautuva tietovarasto, joka on suunniteltu suurille tietomäärille ja pysyvän tiedon pitkäaikaiseen säilyttämiseen. Object Storage käyttää hajautettua arkkitehtuuria. Tallennettava tieto tallennetaan samaan aikaan usealle tallennusyksikölle. OpenStack Image Service on pilvikonekuvien tietokantapalvelu. OpenStack Image Servicen avulla pilvikonekuvia voidaan rekisteröidä tietokantaan ja niistä voidaan tehdä kyselyitä. (OpenStack: An Overview 2011.)

8.4 Open Virtualization Format

Open virtualization format eli OVF on Distributed Management Taskforcen julkaisema avoin standardi ohjelmistojen levitykseen pilvialustoille (Open Virtualization Format Specification version 1.1.0 2010, 6). Standardin ensimmäisen julkaisu tapahtui 10. syyskuuta 2007 ja sen kehityksen takana ovat Dell, HP, IBM, Microsoft, VMware ja XenSource (DMTF Accepts New Format for Portable Virtual Machines from Virtualization Leaders 2010). Uusin versio standardista on vuonna 2010 julkaistu 1.1.0, jonka myös amerikkalainen standardointiorganisaatio ANSI (American National Standards Institute) on ratifionut (INCITS 469-2010 Information technology – Open virtualization format (OVF) specification). Standardin tavoitteena on luoda yhteinen formaatti ohjelmistojen jakeluun pilvialustoille. Standardissa määriteltyjen ominaisuuksien mukaan formaatin tulee olla jakelun kannalta optimaalinen, yksinkertainen, yksinkertaisia ja monikerroksisia virtuaalikoneita tukeva, helposti laajennettavissa ja lokali-

soitavissa, eikä se saa olla alustariippuvainen. (Open Virtualization Format Specification version 1.1.0 2010, 6.)

9 YHTEENVETO

Pilvipalvelut ovat seuraava askel internetin palveluiden kehityksessä. Pitkään internetissä olleista palveluista ilmaiset sähköpostipalvelut muistuttavat paljon SaaS-palvelumallia. Suurin osa käyttäjistä saattaa jopa olla täysin tietämättömiä, että käyttää pilvipalvelua. Pilvipalvelu termin laajuus käsitteenä osaltaan hämärtää käyttäjille pilvipalveluiden tunnistamista. Näin on varsinkin SaaS-palveluiden kohdalla. IaaS- ja PaaS-palveluita käyttävät pääasiassa organisaatiot. IaaS-palvelun selkeä hyöty on muita pilvipalveluita korkeampi vastuu. IaaS-palvelun tehokas käyttö kuitenkin vaatii osaavan henkilökunnan. PaaS-malli helpottaa sovellusten ohjelmointia pilvipalveluihin skaalautuvaksi ja sovellusten kehitys nopeutuu valmiiden moduuleiden ansiosta, mutta alustojen eri ohjelmointikielet ja ohjelmointirajapinnat aiheuttavat sitoutumisen yhteen palveluntarjoajaan.

Pilvityypeistä yksityinen ja julkinen pilvi ovat yleisimpiä ja helpoiten toteutettavissa. On myös hyvä huomata, että eräänlaisia yksityisiä pilviä on voinut jo pidemmän aikaa rakentaa esimerkiksi LTSPn avulla. Pilvipalveluiden rajapintojen standardisoinnin myötä myös hybridipilvi voisi saada enemmän käyttäjiä. Yhteisöllinen pilvi sopii parhaiten kuntien, valtioiden ja tutkimuslaitosten käytettäväksi. Tutkimuslaitoksilla on kuitenkin jo käytössä eri puolilla maailmaa olevia gridejä.

Organisaatioiden ja yksityisten tallentaessa enenevässä määrin tärkeitä tietoja pilvipalveluihin keskittyy tietojen fyysinen sijainti isoihin palvelinkeskuksiin. Tiedon keskittyminen saattaa houkuttaa rikollisia tahoja ja varsinkin organisaatioille on tärkeää olla selvillä minkälaiset turvajärjestelyt konesaleissa on paikan päällä ja kuinka moni tiedostoihin pääsee käsiksi. Kuten Center for Advanced Security Research Darmstadtin tekemä tutkimus osoitti, voi jo nyt monet IaaS-palveluissa olevat virtuaalikoneet olla haavoittuvia. Onneksi virtualisointi kuitenkin estää rikollisten pääsyn samalla laitteistolla oleviin muihin virtuaalikoneisiin.

Avoimen lähdekoodin yhteisöt ovat rohkeasti lähteneet mukaan pilvipalveluiden toteuttamiseen. Monia avoimen lähdekoodin projekteja on ilmestynyt tavoittelemaan eri kokoisia toimijoita ja luomaan avoimia standardeja pilvipalveluiden ympärille. OpenStack

näyttäisi kuitenkin olevan suosituin ratkaisu tarkasteltaessa pelkästään sen kehitykseen liittyneiden organisaatioiden määrää.

Selvitystyötä tehdessä pilvipalveluiden ajankohtaisuus kävi hyvin ilmi, kun uusia artikkeleita ja uutisia aiheesta tuli vastaan lähes päivittäin. Osaltaan myös tekniikan tuoreuden vuoksi englanninkielisille sanoille oli vaikeaa löytää suomenkielisiä vastineita ja suomenkielisissä lähteissä käytettiin paljon englanninkielisiä sanoja. Lukiessa liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemaa tutkimusta gridistä, tulivat gridin ja pilvipalveluiden yhtäläisyydet hyvin esille.

Rajan veto siihen, mikä luokitellaan pilvipalveluksi ja mikä ei, on hankalaa, sillä joissain tapauksissa sanalla pilvi saatetaan viitata internetiin kokonaisuutena tai internetissä oleviin sivustoihin palveluina. Voi olla, että tulevaisuudessa puhutaan pelkästään pilvestä ja internet sanana poistuu käytöstä. Vaikka sivustoa pyörittävä laitteisto ja ohjelmisto valjaistaisivat pilvipalveluita käyttöönsä, esimerkiksi äkillisen käyttäjämäärän kasvun aiheuttaman lisälaskentatehon tarpeen täyttämiseen, ei se käyttäjälle näy mitenkään.

LÄHTEET

Amazon EC2 Pricing. 2010. Luettu 7.2.2011.
<http://aws.amazon.com/ec2/pricing/>.

Barcet, N., Goyer, E. & Wardley, S. 2009. Technical White Paper - Ubuntu Enterprise Cloud Architecture . Luettu 8.2.2011.
<http://www.ubuntu.com/system/files/UbuntuEnterpriseCloudWP-Architecture-20090820.pdf>.

Blum, D. 2009. Governance in th Public Cloud. Cloud computing security in enterprise, Burton Group Inc.

Castrén, K. 2010. Sopimalla saat turvallisemman pilvipalvelun. Tietosuoja-lehti 3/2010.

Cerf, V. Google Chief Internet Evangelist. 2011. Pääpuhe. Linux Conference Australia 24. – 29.1.2011. Brisbane.

CERN – LHC Computing. 2008. Luettu 9.9.2011.
<http://press.web.cern.ch/public/en/LHC/Computing-en.html>.

Commission decisions on the adequacy of the protection of personal data in third countries. Päivitetty 14.2.2011. Luettu 8.8.2011.
http://ec.europa.eu/justice/policies/privacy/thridcountries/index_en.htm.

Dell Partners With Ubuntu for Linux Cloud Computing Technology – ServerWatch.com. 2011. Luettu 8.2.2011.
<http://www.serverwatch.com/news/article.php/3923246/Dell-Partners-With-Ubuntu-for-Linux-Cloud-Computing-Technology.htm>.

Deltacloud | Many Clouds. One API. No Problem. Luettu 7.2.2011.
<http://incubator.apache.org/deltacloud/>.

Deltacloud | Supported providers. Luettu 7.2.2011.
<http://incubator.apache.org/deltacloud/index.html#providers>.

DMTF Accepts New Format for Portable Virtual Machines from Virtualization Leaders. 2010. Luettu 1.3.2011.
<http://dmtf.org/news/pr/2007/9/dmtf-accepts-new-format-portable-virtual-machines-virtualization-leaders>.

Export.gov – Safe Harbor Annual Reaffirmation. Päivitetty 31.3.2011. Luettu 15.8.2011.
http://export.gov/safeharbor/eg_main_018243.asp

Foster, I., Tuecke, S. The Different Faces of IT as Service. QUEUE July/August 2005.
http://www.ogf.org/documents/Diff_Faces_foster.pdf.

Grance, T., Mell, P. 2009. The NIST Definition of Cloud Computing . Luettu 22.3.2011.
<http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf>.

Heino, P. Pilvipalvelut. 2010. Talentum Media Oy.

Henkilötietolaki 22.4.1999/523.

INCITS 469-2010 Information technology – Open virtualization format (OVF) specification. Luettu 1.3.2011.
<http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=INCITS+469-2010>.

Internet-yhteyspalveluja koskevat yleispalvelupäätökset. 2010. Viestintävirasto. Päivitetty 29.6.2010. Luettu 4.5.2011.
<http://www.ficora.fi/index/saadokset/tulkinnat/internet-yhteyspalveluitakoskevatyleispalvelupaatokset.html>.

LHC Milestones – 2008. Päivitetty 2008. Luettu 17.8.2011.
<http://lhc-milestones.web.cern.ch/LHC-Milestones/year2008-en.html>.

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus tarkoituksenmukaisen internet-yhteyden vähimmäisnopeudesta yleispalvelussa. 7.10.2009/732.

Luoma, M. 2003. Verkkopalvelujen tuotanto – Luento 1: Service Level Agreement. www.netlab.tkk.fi/opetus/s38192/k2003/slides/L1/sla1.pdf.

Many Amazon cloud users reveal confidential data. Luettu 28.6.2011.
<http://h-online.com/-1263704>.

Megan laajakaista (yleispalvelu). 2010. Viestintävirasto. Päivitetty 02.12.2010. Luettu 27.12.2010.
<http://www.viestintavirasto.fi/index/internet/laajakaista/yleispalvelu.html>.

OpenStack: An Overview . 2011. OpenStack.
<http://www.openstack.org/downloads/openstack-overview-datasheet.pdf>.

OpenStack Open Source Cloud Computing Software. Luettu 28.6.2011.
<http://www.openstack.org/>.

OpenStack Participating Companies. Luettu 28.6.2011.
<http://www.openstack.org/community/companies/>.

Open Virtualization Format Specification version 1.1.0. 2010. Distributed management task force.
http://dmtf.org/sites/default/files/standards/documents/DSP0243_1.1.0.pdf

Pirinen, A. 2010. Hallittua kontrollin menetystä. Tietosuoja-lehti 3/2010.

Portaali -lehti 2/2010. 2010.

Ransome, J., Rittinghouse, J.2010. Cloud computing: Implementation, management and security. CRC Press.

Red Hat News | Introducing Deltacloud. 2009. Luettu 7.2.2011.

<http://press.redhat.com/2009/09/03/introducing-deltacloud/>.

Saastamoinen, M. 2006. Avoimen lähdekoodin lisenssit kaupallisessa liiketoiminnassa . Tampereen Yliopisto. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. Pro gradu-tutkielma.

Salo, I. 2010. Cloud computing: palvelut verkossa. Jyväskylä: WSOYpro Oy.

Skytt, R. 2009. Supermatrix-verkko.

<http://www.supermatrix.fi/jt3/paketit/kuvapaketti20100616.php>.

Supermatrix. 2010. Luettu 23.3.2011.

<http://www.supermatrix.fi/jt3/index.php>.

Supermatrix - Lehdistötiedote 6.10.2009. 2009. Luettu 29.8.2011.

<http://www.supermatrix.fi/jt3/index.php/lehdistoinfo/tiedotteet3/60-pressrelease-20091006>.

Tietosuojavaltuutetun toimisto – Yhdysvaltalainen Safe harbor -järjestelmä. Luettu 5.8.2011.

<http://www.tietosuoja.fi/25914.htm>.

Top Threats to Cloud Computing V1.0 . 2010. Cloud Security Alliance.

<http://www.cloudsecurityalliance.org/topthreats/csathreats.v1.0.pdf>.

Tuottava ja uudistuva Suomi. Digitaalinen agenda vuosille 2011-2020. 2010. Liikenne- ja viestintäministeriö. Helsinki.

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551286&name=DLFE-11771.pdf&title=Tuottava%20ja%20uudistuva%20Suomi.%20Digitaalinen%20agenda%202011-2020.

Ubuntu Enterprise Cloud | Eucalyptus. 2010. Luettu 7.2.2011.

http://eucalyptus.cs.ucsb.edu/products/ubuntu_enterprise_cloud.

Valtioneuvosto. 2008. Periaatepäätös. Kansallinen toimintasuunnitelma tietoyhteiskunnan infrastruktuurin parantamiseksi. Helsinki.

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=334377&name=DLFE-5612.pdf.

Viestintämarkkinalaki 23.5.2003/393.

Välimäki, Mikko. 2007. GPL-lisenssin epävirallinen käännös suomeksi. Luettu 28.6.2011.

http://www.turre.com/licenses/gpl_fi.html.

Wiio, A. 2011. Supermatrix-projektin kuulumisia.

Sähköpostiviesti.aw.kontakti.12@technologos.fi. Tulostettu 25.4.2011.

WLCG – Welcome. Päivitetty Tammikuu 2011 Luettu 17.8.2011.

<http://lwg.web.cern.ch/LWG/public/>.