

Samuli Uotinen

## **BigBlueButtonin asennus Google Cloud -palveluun**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Tietotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Tietoverkkotekniikka

Tekijä: Samuli Uotinen

Työn nimi: BigBlueButtonin asennus Google Cloud -palveluun

Ohjaaja: Alpo Anttonen

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 54

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Opinnäytetyössä esitellään aluksi pilvipalveluiden toiminta- ja palvelumallit. Lisäksi vertaillaan kahta suurta ja tunnettua PaaS-palveluntarjoajaa niin hinnoiltaan kuin palveluiltaan. Vertailun kohteina ovat Microsoft Azure ja Google Cloud. Ensiksi esitellään palveluntarjoajat kummatkin omina lukuinaan. Niissä käydään läpi verkkosivustojen laskentamalleja. Tämän jälkeen näitä kahta vertaillaan hinnoiltaan ja yleiseltä tasoltaan toisiinsa. Näistä kahdesta valitaan edullisempi vaihtoehto, tässä tapauksessa Google Cloud. Neljännessä luvussa Google Cloudin instanssiin asennetaan BigBlueButton-opetusympäristö.

Asennusvaiheessa käydään läpi yksityiskohtaisesti, miten BigBlueButton asennetaan onnistuneesti instanssiin, ja mitä täytyy ottaa huomioon ennen itse varsinaista asentamista ja kuinka FreeSWITCH-kommunikointialusta saadaan toimimaan instanssiin asennetussa BigBlueButtonissa. Tämän jälkeen vielä esitetään komennot, joiden avulla palvelu saadaan yhdistettyä yrityksen domainiin halutulla tavalla.

Työn lopussa käydään työn tulokset läpi ja pohditaan, miten projektia voitaisiin jatkaa vielä eteenpäin.

Avainsanat: Pilvipalvelut, PaaS, Google Cloud, Microsoft Azure, BigBlueButton

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Technology

Specialisation: Information Network Technology

Author: Samuli Uotinen

Title of thesis: BigBlueButton's installation to Google Cloud

Supervisor: Alpo Anttonen

Year: 2016

Number of pages: 54

Number of appendices: 0

---

This thesis studied cloud computing and SPI models. Additionally, the prices and services of two large and well-known PaaS service providers were compared. The selected services were Microsoft Azure and Google Cloud. Firstly, both service providers were introduced separately, and computing models were reviewed. After that the prices and general standards of the two services were compared. The cheaper one was chosen, which in this case was Google Cloud.

The fourth chapter introduces the installing process of the BigBlueButton learning environment to the Google Cloud instance. The BigBlueButton's successful installation and things to consider before the actual installation are reviewed in detail in the installation chapter. Additionally, the FreeSWITCH communication platform's execution to the instance, in which BigBlueButton was installed, is introduced. After that the commands with which the service connects to the company's domain are presented. In the last chapter the results are reviewed, and it is discussed how the project could be extended.

Keywords: cloud computing, PaaS, Google Cloud, Microsoft Azure, BigBlueButton

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>9</b>
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoitteet.....	9
1.3 Työn rakenne.....	9
1.4 InFlow.....	10
<b>2 PILVIPALVELUT.....</b>	<b>11</b>
2.1 Määritelmä.....	11
2.2 Toimintamallit.....	13
2.2.1 Yksityinen pilvi eli Private cloud.....	13
2.2.2 Yhteisöllinen pilvi eli Community cloud.....	14
2.2.3 Julkinen pilvi eli Public cloud.....	14
2.2.4 Hybridipilvi eli Hybrid cloud.....	14
2.3 Pilvipalvelumallit.....	15
2.3.1 Infrastrukturi palveluna eli Infrastructure as a Service (IaaS).....	16
2.3.2 Sovellusalusta palveluna eli Platform as a Service (PaaS).....	16
2.3.3 Sovellukset palveluna eli Software as a Service (SaaS).....	17
2.3.4 Pilvipalvelumallien yhteenveto.....	18
2.4 Pilvipalveluiden tekniikka.....	19
2.5 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit.....	20
<b>3 PILVIPALVELUIDEN TARJOAJAT.....</b>	<b>23</b>
3.1 Microsoft Azure.....	23
3.1.1 Azure Active Directory.....	23
3.1.2 Microsoftin verkkosivustojen laskentamallit.....	23
3.2 Google Cloud.....	25
3.2.1 Googlen laskentamallit.....	26

3.3 Vertailu.....	27
3.3.1 Hintojen vertailu .....	27
3.3.2 Yleisvertailua .....	33
<b>4 BIGBLUEBUTTON.....</b>	<b>35</b>
4.1 Yleiskatsaus.....	35
4.2 Toimintaperiaatteet .....	35
4.2.1 Client.....	36
4.2.2 Third-party Applications (3rd-party) .....	37
4.2.3 Nginx.....	37
4.2.4 Web API.....	38
4.2.5 Presentation Conversion.....	38
4.2.6 Redis PubSub ja Redis DB .....	39
4.2.7 FreeSWITCH .....	39
4.2.8 BigBlueButton Apps.....	40
<b>5 BIGBLUEBUTTONIN ASENNUS GOOGLE CLOUD -PALVELUUN</b> .....	<b>41</b>
<b>6 YHTEENVETO JA POHDINTA .....</b>	<b>49</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>50</b>

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Pilvipalvelumallit.....	15
Kuvio 2. Yhteenveto.....	18
Kuvio 3. Verkkosivujen hallintamallit.....	24
Kuvio 4. SSH log-in.....	34
Kuvio 5. Arkkitehtuuri.....	36
Kuvio 6. Client.....	37
Kuvio 7. Dokumentin lataaminen opetusympäristöön.....	38
Kuvio 8. Äänikeskusteluun liittyminen.....	39
Kuvio 9. Apps.....	40
Kuvio 10. Palomuurisäännöt.....	41
Kuvio 11. FFmpeg-skripti.....	43
Kuvio 12. FFmpeg-skriptin asentuminen oikein.....	43
Kuvio 13. Vars.xml-tiedoston muokattavat kohdat.....	44
Kuvio 14. External.xml-tiedoston muokattavat kohdat.....	45
Kuvio 15. Sip.nginx.....	45
Kuvio 16. WebRTC-palvelun asettaminen päälle.....	45
Kuvio 17. Aloitus sivusto.....	46
Kuvio 18. API-demot.....	47
Kuvio 19. Testiliittyminen.....	48

Taulukko 1. Microsoft Azuren hinnat Standard-tason Windows Server -käyttöjärjestelmällä .....	28
Taulukko 2. Microsoft Azuren Standard-tason hinnat Linux-käyttöjärjestelmällä ..	29
Taulukko 3. Microsoft Azuren instanssien hintojen vertailu.....	29
Taulukko 4. Googlen Standard-tason virtuaalikoneen hinnat.....	30
Taulukko 5. Google Cloudin kustomoitu instanssi.....	30
Taulukko 6. Google Cloudin massamuistin hinnat .....	31
Taulukko 7. Microsoft Azuren lähtevän datan laskutus .....	32
Taulukko 8. Google Cloudin lähtevän datan laskutus .....	32
Taulukko 9. Esimerkki instanssien vertailusta.....	33

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>API</b>	Application Program Interface eli ohjelmointirajapinta, joka muodostaa kahden ohjelman välisen rajapinnan, jonka välissä nämä voivat vaihtaa tietoa.
<b>FFmpeg</b>	Kokoelma ohjelmistoja, jotka tallentavat, kääntävät ja suoraistavat digitaalista ääntä ja videota.
<b>Flex SDX</b>	Adoben ohjelmistotuotantotyökalu.
<b>FreeSWITCH</b>	Avoimeen lähdekoodiin perustuva kommunikointialusta. Tämä mahdollistaa VoIP (Voice over IP) -puhelut, joissa puhe lähetetään paketteina verkon kautta toiseen osoitteeseen.
<b>Ghostscript</b>	Tulkitssee tietokoneiden sivunkuvauskieltä, eli rasteroi ja renderoi sävyjä ja kuvia näytettäväksi.
<b>Grails</b>	Avoimeen lähdekoodiin perustuva internettyökehyssovellus.
<b>IIS</b>	Internet Information Services on Microsoftin kehittämä palvelinohjelmistokokonaisuus, jota käytetään Windows-pohjaisissa palvelimissa.
<b>Image Magick</b>	Joukko ohjelmistoja, joiden avulla voi luoda, vaihtaa ja muokata eri tiedostomuotoja, kuten kuvia tai tekstitiedostoja.
<b>LibreOffice</b>	Ilmainen avoimeen lähdekoodiin perustuva toimisto-ohjelma.
<b>Nginx</b>	Ilmainen, avoimeen lähdekoodiin perustuva HTTP-palvelin.
<b>PuTTY</b>	SSH-asiakasohjelma. Käytetään SSH-palvelimen käyttämiseen.



<b>Red5</b>	Vapaassa käytössä oleva median (mm. äänen ja videon) lähetyspalvelu.
<b>Redis</b>	Avoimeen lähdekoodiin perustuva tietorakenne-tallentamisohjelma, jota käytetään välimuistiin ja tietokantoihin.
<b>Repository</b>	Pakettivarasto eli tietovarasto, josta tietokoneohjelmien ohjelmapaketteja voidaan hakea tietoverkon kautta ja asentaa käyttäjän tietokoneelle.
<b>RTMP</b>	Real Time Messaging Protocol on protokolla, joka kehitettiin median ja datan siirtämiseen Flashin ja palvelimen välillä.
<b>RTMPT</b>	Real Time Messaging Protocol Tunneled on salattu SSL-tekniikalla, muuten se on sama, kuin RTMP.
<b>Skripti</b>	Komentosarjakielen ohjelma, jota ei tarvitse kääntää. Tämän käyttämiseen tarvitaan kielelle sopiva tulkki.
<b>SSH</b>	Secure Shell on salattuun tietoliikenteeseen tarkoitettu protokolla. SSH mahdollistaa sen, että asiakas pääsee etäyhteydellä palvelimen järjestelmään.
<b>swf Tools</b>	Avoimeen lähdekoodiin perustuva palvelukokoelma, joka lukee ja muokkaa Adobe Flashin tiedostoja, eli .swf-päätteisiä tiedostoja.
<b>Tomcat</b>	Apache Tomcat on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelma, joka suorittaa Java-koodia internetsivulla.
<b>vCPU</b>	Virtual Central Processing Unit. Palvelinkeskuksen fyysisestä suorittimesta määritetty näennäisprosessori virtuaalikonelle.
<b>VPN</b>	Virtual Private Network mahdollistaa tietoturvallisen keskusteluyhteyden asiakkaan ja palvelimen välille näennäisesti yksityisessä verkossa.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Toimeksiantaja halusi yritykselleen edullisen tavan saada palveluihinsa opetusympäristön. BigBlueButton valikoitui sopivaksi palveluksi sen muokattavuuden ja suositusten takia. Edullisin tapa luoda tällainen opetusympäristö oli tehdä se pilvipalveluun, mutta mikäli palvelua käytettäisiin suurellakin määrällä ihmisiä, loppuisi suoritusheho instanssista. Kuitenkaan toimeksiantajalla ei ollut minkäänlaista tarkoitusta luoda kuin yksi BigBlueButtonin opetusympäristö luokkahuone kerrallaan, joten pilvipalvelun instanssi oli parempi vaihtoehto kuin oma fyysinen palvelin. Tätä varten täytyi verrata erinäisiä pilvipalveluntarjoajia, mutta suositusten perusteella Microsoft Azure ja Google Cloud jäivät varteenotettavimmiksi vertailtaviksi vaihtoehdoiksi.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli löytää sopivin vaihtoehto BigBlueButtonille Google Cloudin ja Microsoft Azuren välillä vertailujen avulla. Tämän jälkeen toisena työvaiheena oli asentaa onnistunein lopputuloksien BigBlueButton edullisemmalle pilvipalvelulle.

## 1.3 Työn rakenne

Työ koostuu niin teoriasta, vertailusta kuin myös asennuksen dokumentoinnista. Teoriaosuudessa kerrotaan aluksi pilvipalveluiden määritelmästä, toimintamalleista, kuten yksityisestä- ja julkisesta pilvestä. Tämän jälkeen tutkitaan pilvipalvelumalleja, mitkä ovat IaaS, PaaS ja SaaS. Seuraavaksi tutustutaan pilvipalvelut mahdollistaviin tekniikoihin ja kerrotaan pilvipalveluiden hyödyistä ja riskeistä.

Tämän jälkeen on pilvipalveluiden vertailu, jossa kerrotaan Microsoft Azuren ja Google Cloudin ominaisuuksista, kumpikin omina lukuinaan. Tämän jälkeen verrataan näitä kahta pilvipalveluntarjoajaa toisiinsa niin hinnoiltaan kuin yleisestikin toimintaperiaatteiltaan. Seuraavaksi esitellään BigBlueButton teoriassa läpi, mikä se

on ja miten se toimii. Lopuksi kerrotaan, miten BigBlueButton asennetaan Google Cloudin instanssiin.

#### **1.4 InFlow**

InFlow on yhden miehen yritys, joka on alkujaan erikoistunut sosiaalisen median viestintään. Yritys on perustettu vuonna 2010. Nykyään yrittäjä pääasiassa kouluttaa opettajia kouluissa ja oppilaitoksissa tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämiseen. Kasvavana osana toimintaa on myös verkkomuotoinen opetus, johon BigBlueButtonia tarvitaan. InFlow'n asiakkaita ovat olleet muun muassa Itä-Suomen aluehallintovirasto, Snellman-kesäyliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Kuopion kaupunki ja Iisalmen lyseo. Yrityksen liikevaihto oli noin 100 000 euroa vuonna 2014. (Uotinen 2016.)

## 2 PILVIPALVELUT

### 2.1 Määritelmä

Pilvipalveluille ei ole yhtä hyväksyttävää määritelmää. Käsitettä pilvi eli cloud käytetään metaforana internetistä. Pilvipalveluilla eli cloud computing viitataan taas malliin, jossa tietotekniikkaresursseja tarjotaan verkossa käyttäjälle ilman että käyttäjän tarvitsee tietää, missä resurssit sijaitsevat. Käyttäjän ei tarvitse pitää huolta ylläpidosta ja resurssien toiminnasta. (Salo 2010, 16.)

Vuonna 2009 OSCON-konferenssissa Canonicalin edustaja Simon Wardley kertoi esityksessään löytäneensä 67 erilaista määritelmää pilvipalveluille ja lisää määritelmiä tulee koko ajan. Wardley luonnehtii omaa määritelmäänsä seuraavasti:

”Pilvipalvelut on yleinen käsite kuvaamaan informaatioteknologiassa meneillään olevaa muutosta, jonka suuntana on palveluihin perustuva toimintamalli ja muutosta ajavina voimina taloudelliset, kulttuuriset ja teknologiset olosuhteet.” (Salo 2010, 16.)

Wardleyn mukaan meneillään on murros sen suhteen, kuinka tietotekniikkaa käytetään (Salo 2010, 16).

Viime vuosikymmenen lama-aikana yritykset joutuivat miettimään uudestaan tuotantoaan ja kulutustaan. Tämä on mahdollistanut pilvipalvelumallien kasvun, koska yrityksen pilvipalveluun siirtyminen muuttaa yrityksen kustannusrakenteita ja parhaimmassa tapauksessa alentaa kokonaiskustannuksia. Pilvipalvelumalli vapauttaa osan yrityksen ICT-kustannuksista ja muuttaa kulunrakennetta kiinteästä muuttuvaan kulunrakenteeseen. (Salo 2010, 16.)

Yhtenä siteeratuimmista määritelmistä pidetään Yhdysvalloissa julkishallinnon standardeja pohtivan paikallisen elinkeinoministeriön alaisena toimivan NISTin (National Institute of Standards and Technology) antamaa määritelmää pilvipalveluille. (Salo 2010, 17.)

”Cloud Computing on toimintamalli, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, jotka voidaan ottaa käyttöön ja poistaa käytöstä helposti ja nopeasti.” (Salo 2010, 17.)

NIST antaa määritelmässään viisi ominaispiirrettä:

1. Itsepalvelullisuus (On-demand)

Käyttäjä saa käyttöön ja pois käytöstä itse tietotekniikkaresursseja, ilman yhteydenottoa palveluntarjoajaan. Käyttäjällä on resurssit tarvittaessa käytössä (on-demand), kuten ohjelmistoalustoja, sovelluksia ja laitekapasiteettia. Tämä tarkoittaa sitä, että resurssit ovat saatavilla tarvittaessa, mutta ne eivät aiheuta kuluja, kun niitä ei tarvita. (Salo 2010, 17.)

2. Pääsy palveluihin eri päätelaitteilla

Palvelut ovat käytettävissä päätelaitteesta riippumatta. Ainoana edellytyksenä on, että päätelaite on yhteydessä verkkoon. Päätelaite voi olla niin kannettava tietokone kuin vaikka mobiililaitekin. (Salo 2010, 18.)

3. Resurssien yhteiskäyttö (Resource Pooling)

Palveluntarjoajan resurssit ovat yhteiskäytössä lukuisien asiakkaiden käytössä samanaikaisesti, jolloin yksittäinen asiakas ei tiedä, miten ja missä palvelut toimivat. Asiakkaat voivat toisistaan tietämättä käyttää samoja resursseja. Resurssit ovat muun muassa laskentatehoa, käyttömuistia tai tallennustilaa. (Salo 2010, 18.)

4. Nopea joustavuus (Rapid Elasticity)

Asiakkaan näkökulmasta resurssien kapasiteettirajoitusta ei yleensä ole lainkaan, vaan resurssit näyttävät äärettömiltä. Tämä mahdollistaa asiakkaiden uusien resurssien käyttöönoton miltei välittömästi suunnittelemattomien tarpeiden vaatiessa. (Salo 2010, 18.)

5. Käytön mittaaminen (Measured Service)

Resurssien käyttöä mitataan tarkasti, koska asiakasta laskutetaan käytön mukaisesti. Laskutus on yleensä läpinäkyvää ja tämän takia asiakkaan on

helppo luottaa palveluntarjoajan laskuihin. Asiakas pääsee myös itse omiin resurssienkäytön tietoihinsa. (Salo 2010, 18.)

## **2.2 Toimintamallit**

Pilvipalvelumalleja on esitetty olevan neljä erilaista. Mallit esitellään tässä.

### **2.2.1 Yksityinen pilvi eli Private cloud**

Yksityinen pilvi on pilvipalveluinfrastruktuuri, joka on yrityksen tai julkisyhteisön omistuksessa. Laitteisto voi sijaita joko oman yrityksen tiloissa tai kolmannen osapuolen tiloissa. Tällöin pilveen otetaan yhteys LAN-lähiverkon tai jonkin muun luotetun verkon kautta. Erillistä tietoliikenneyhteyttä ei tarvita. Yksityisen pilven omistava yritys maksaa kaikki kustannukset, mitä siitä aiheutuu. (Heino 2010, 55.)

Yksityinen pilvi on suunniteltu sellaiseksi, että se ei vaadi erillistä ylläpitoa, vaan se toimii autonomisesti tai lähes autonomisesti. Tällaisen pilven resurssit ovat moninkertaistettuja ja perinteisistä varmenteista voidaan luopua. Yksityinen pilvi on myös teknisesti ylimitoitettu. Tämä mahdollistaa sen, että jos joku pilven käyttäjästä tarvitsee esimerkiksi lisää kapasiteettia, sitä voidaan myöntää. (Heino 2010, 208-209.)

Yksityinen pilvi koostuu LAN-lähiverkon järjestelyistä, sovellusohjelmista, tallennuksista, palvelimista ja niiden varmistamisesta. Yksityisen pilven ympäristö voi siis sisältää esimerkiksi blade-korttipalvelimia, useita virtualisoinnin isäntäkoneita, kuorman tasauksen ja klusteroinnin isäntäkoneiden välillä ja levykapasiteetin eli ”thin provisioning” -tekniikan. Näin levytila saadaan näyttämään palvelimelle enemmän levykapasiteettia, kuin siinä on vapaata kiintolevykapasiteettia. (Heino 2010, 209-210.)

Pienten yritysten ei ole kannattavaa hankkia yksityistä pilveä, koska pilvestä on hyötyä vain, jos se kattaa lähes kaikki tietojenkäsittelytarpeet yrityksen sisällä. Tästä syystä pienten yritysten on paljon kannattavampaa hankkia palvelut julkisesta pilvestä. (Heino 2010, 212.)

## **2.2.2 Yhteisöllinen pilvi eli Community cloud**

Yhteisöllinen pilvi saadaan aikaan, kun useampi kuin yksi yritys käyttää yksityistä pilveä, eli toisin sanoen yksityinen pilvi avataan muidenkin yritysten kesken. Tällä tavoin pilven kustannukset voidaan jakaa yritysten kesken. Yhteisöllinen pilvi on halvempi ratkaisu kuin yksityinen pilvi, kun pilveä käyttävät muutkin tahot. Pilven hallinnoimisesta voi vastata myös ulkopuolinen taho. Laitteiston ei tarvitse sijaita osallistuvien organisaatioiden tilassa. (Salo 2010, 19.)

## **2.2.3 Julkinen pilvi eli Public cloud**

Julkista pilveä käytetään internetyhteyden avulla. Julkista pilveä voivat käyttää niin yritykset kuin yksityisetkin henkilötkin. Asiakas saa palveluntarjoajalta nimi- ja osoitepalveluresurssit. Asiakas maksaa palveluntarjoajalle kuukausi-, tunti- tai muun kapasiteettiin tai aikaan sidotun hinnan. Yhteys palveluun toimitetaan yleensä salatun VPN-yhteyden kautta. (Heino 2010, 55.)

Verrattuna yksityiseen pilveen, eritoten pienten yritysten osalta, julkinen pilvi on kustannustehokkaampi vaihtoehto kuin yksityinen tai yhteisöllinen pilvi. Julkisesta pilvestä puhuttaessa ei kuitenkaan asiakkaalla ole välttämättä tietoa siitä, missä fyysinen laitteisto sijaitsee, eikä asiakas pääse itse vaikuttamaan laitteistoon. (Online Tech 2016.)

Esimerkkejä julkisesta pilvestä ovat muun muassa Google App Engine (GAE) ja Microsoft Azure Service Platform (Asigra 2016).

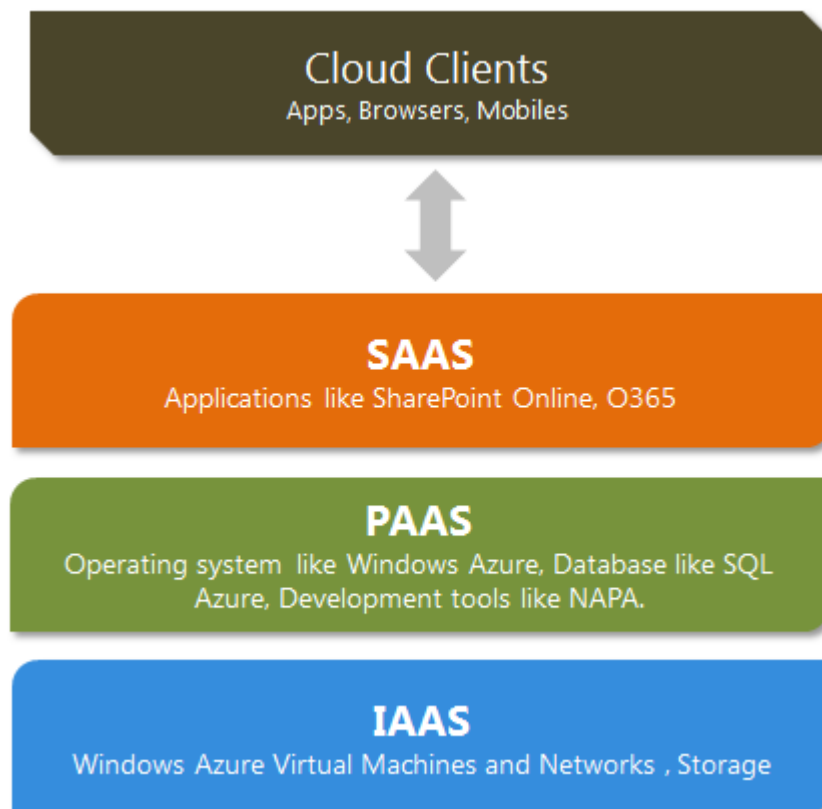
## **2.2.4 Hybridipilvi eli Hybrid cloud**

Hybridipilvessä yhdistetään julkinen ja yksityinen pilvi niin sanotusti yhdeksi. Yksityinen pilvi yhdistetään tietoliikenneyhteyden kautta palveluntarjoajan asiakkaan julkiseen pilveen. (Heino 2010, 56.)

Toisaalta taas hybridipilvi on väärä nimi kyseiselle pilvipalvelulle, koska julkinen ja yksityinen pilvi toimivat edelleen erinäisinä palveluina, eivätkä yhtenä ja samana palveluna. (Bias 2010.)

### 2.3 Pilvipalvelumallit

Pilvipalvelut voidaan jakaa kolmeen erilaiseen pilvipalvelumalliin, jossa infrastruktuuri (IaaS) on pohjana palvelualueelle (PaaS), jonka päälle rakennetaan palveluita (SaaS) (Salo 2010, 22).



Kuvio 1. Pilvipalvelumallit  
(Kumawat 2013.)

Salo (2010, 22) kertoo kirjassaan, kuinka International Data Corporation, lyhenteeltään IDC, ennusti vuoden 2013 pilvipalvelumarkkinoiden arvon olevan yhteensä noin 44,2 miljardia Yhdysvaltain dollaria, josta 49 % jakaantuu SaaS-palveluille, 38 % IaaS-palveluille ja loput PaaS-palveluille.



IDC:n tekemän ennusteen mukaan vuoteen 2018 mennessä pilvipalvelumarkkinoiden arvo on yhteensä noin 127,5 miljardia dollaria. Tästä osuudesta 82,7 miljardia dollaria kuuluu SaaS-palveluille, 24,6 miljardia dollaria IaaS-palveluille ja 20,3 miljardia dollaria PaaS-palveluille. (Leopold 2014.)

### **2.3.1 Infrastruktuuri palveluna eli Infrastructure as a Service (IaaS)**

Infrastruktuuri palveluna on pilvipalvelu, jossa asiakas ostaa palveluntarjoajalta resursseja käyttöönsä ja rakentaa niiden päälle haluamansa käyttöjärjestelmän ja asentaa sen päälle omia sovelluksiaan. Konesalit ovat virtualisoituja ja mahdollisimman pitkälle automatisoituja. Amazon Web Services on tunnetuin IaaS-palvelu. Palvelulla on myös oma API-rajapintansa, jolla ympäristöä etähallitaan. (Heino 2010, 52.)

IaaS eroaa normaaliin ulkoistamiseen verrattuna joustavuudessa, resurssien käyttöön perustuvassa laskutuksessa, resurssien yhteiskäytössä, itsepalvelussa ja automaatiassa. Mikäli IaaS-palvelua verrataan PaaS- tai SaaS-palveluihin, on IaaS-palvelussa asiakkaan huomattavasti vapaampaa toimia. Palveluntarjoajan laitteistoon asiakas ei pääse tekemään muutoksia, mutta muuten asiakkaalla voi olla hyvinkin paljon vapauksia tehdä kuten haluaa. Vapaudessa toisin on omat huonotkin puolet. Palveluntarjoajan vastuulle jää huolehtia palvelun toimivuudesta ja pitää samaa alustaa käyttävät asiakkaat erillään. Asiakkaan vastuulle jää tietoturva, päivittäminen, sovellusten toimivuus ja skaalautuvuus. (Salo 2010, 26.)

IaaS-palveluntarjoajia ovat muun muassa Amazon Web Services (AWS) ja VMware (Amazon Web Services [Viitattu 1.4.2016]; VMware [Viitattu 30.3.2016]).

### **2.3.2 Sovellusalusta palveluna eli Platform as a Service (PaaS)**

Sovellusalusta palveluna eli PaaS-palvelussa asiakkaalle annetaan palveluita käyttöön palveluntarjoajan virtuaalisesta palvelinympäristöstä. Alustan päälle asiakas voi kehittää sovelluksia, ylläpitää ja testata niitä. Hyviä puolia PaaS-palvelussa ovat rajapinnat, jotka ovat tunnettuja ja kevyitä. Huonona puolena mainittakoon se, että

asiakkaalla täytyy olla ahkeruutta, että ympäristön saa toimimaan ja että ympäristöä pystyy ylläpitämään. (Heino 2010, 51.)

PaaS-palvelu mahdollistaa helpon ratkaisun kehitystyöhön, koska infrastruktuurista ei tarvitse itse huolehtia ja toiminnallisuuksia on saatavilla paljon valmiina moduuleina. Jos asiakkaan tai palveluntarjoajan kyvyt eivät enää riitä, on saatavilla kolmannen osapuolen tuottamia yleensä maksullisia laajentavia lisäosia. (Salo 2010, 28.)

Asiakkaana olevan yrityksen näkökulmasta PaaS-palveluun liittyy huolia. Esimerkiksi riski lukkiutua standardoimattomaan palveluntarjoajaan ja kehitystyön uudet osaamisvaikeudet johtuen uusista ohjelmointikielistä, joita palvelut tukevat huolestuttavat asiakkaita. Huoli tietoturvasta on myös olemassa, koska data kulkee yrityksen omien palvelimien ulkopuolella. (Salo 2010, 28.)

PaaS mahdollistaa myös uusien pienten yritysten saapumisen markkinoille. Yritys tarvitsee vain sopivan idean ja osaavan henkilöstön, minkä jälkeen varovaisella investoinnilla voi ideaa alkaa myymään suurellekin käyttäjäkunnalle. (Salo 2010, 29.)

PaaS-palveluntarjoajia ovat muun muassa Googlen App Engine ja Microsoft Azure Platform (Salo 2010, 28).

### **2.3.3 Sovellukset palveluna eli Software as a Service (SaaS)**

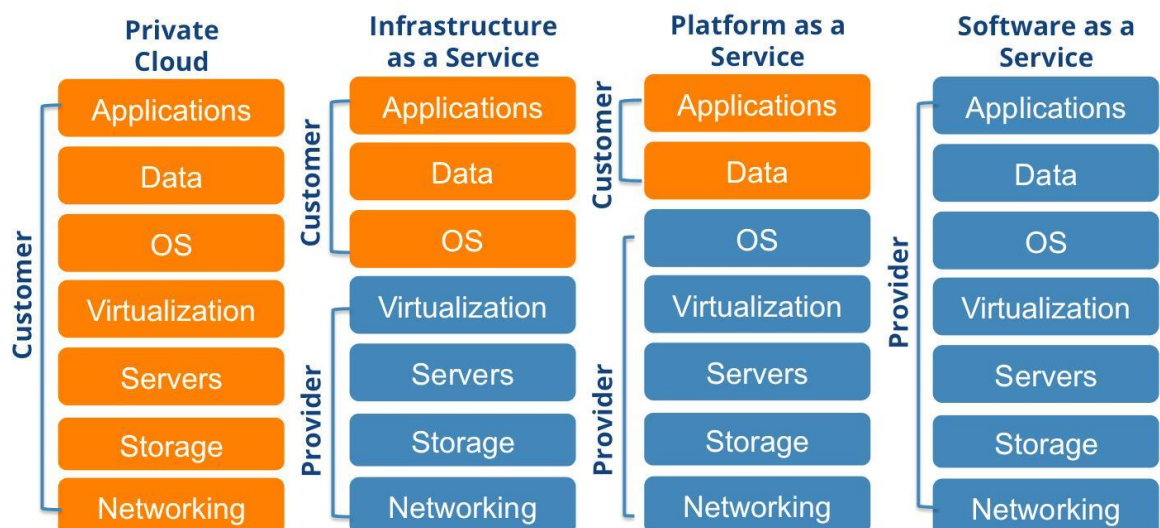
Sovellukset palveluna eli SaaS-palvelussa palveluntarjoaja antaa asiakkaalle käyttöön ohjelmiston, ohjelman tai käyttöjärjestelmän. Normaalia asentamista, ylläpitoa tai päivittämistä ei asiakkaan tarvitse itse tehdä, vaan nämä hoitaa palveluntarjoaja. Asiakas vastaavasti maksaa kone- tai käyttäjäkohtaisen maksun lisenssimaksun sijaan. Resurssien tehokas käyttö mahdollistaa sen, että suuri asiakaskunta voi käyttää sovellusta samanaikaisesti, mutta kuitenkin niin, että jokaiselle muodostuu yksilöllinen käyttäjäkokemus. (Salo 2010, 29.)

SaaS-palvelut ovat monelle jo ennestään tuttuja yksityiskäytössä ja tämä edesauttaa palveluiden hyödyntämistä myös yritystoiminnassa. Nopea käyttöönotto, investoinnin tarpeen puuttuminen, ja helppo ylläpito tekevät SaaS-palveluista kiinnostavia. (Salo 2010, 29.)

SaaS-palveluntarjoajiin lukeutuu esimerkiksi Google Apps, johon kuuluu muun muassa Gmail eli Googlen sähköpostipalvelu, Dokumentit eli Googlen toimisto-ohjelmistot ja Kalenteri. Microsoft tekee myös SaaS-palveluita ja näistä eräänä esimerkkinä mainittakoon Office 365, joka on selainkäyttöinen toimisto-ohjelmistopaketti. (Kumawat 2013; Google Apps [Viitattu 1.4.2016].)

### 2.3.4 Pilvipalvelumallien yhteenveto

Omassa ympäristössä käyttäjä joutuu huolehtimaan aivan kaikesta itse. IaaS-palvelussa käyttäjä joutuu ylläpitämään käyttöjärjestelmäänsä ja ohjelmistojaan, mutta virtualisoinnit ja muut tietoliikenteet hoitaa Microsoft tai jokin vastaava palveluntarjoaja. PaaS-palvelussa on käyttäjällä vähemmän huolehdittavaa, ainoastaan sovelusten päivittäminen, kun taas SaaS-palvelussa käyttäjän ei tarvitse huolehtia mistään. (SevOne [Viitattu 17.3.2016].)



Kuvio 2. Yhteenveto  
(SevOne [Viitattu 17.3.2016].)

## 2.4 Pilvipalveluiden tekniikka

Virtualisoinnin ansiosta on pystytty kehittämään ja tuottamaan pilvipalvelut. Virtualisoinnin avulla yksittäinen fyysinen resurssi, kuten palvelin, piilotetaan järjestelmältä, sovelluksilta ja asiakkailta. Näin yksittäinen fyysinen resurssi voi toimia monena loogisena resurssina. Virtualisoinnin avulla voidaan myös näyttää useat fyysiset resurssit yhtenä loogisena resurssina. Tämä tuo hyödyt palveluntarjoajalle, koska virtualisointi säästää tilaa palvelinhuoneesta, laskee virrankulutusta, nopeuttaa ongelmatilanteista toipumista, tehostaa toimintaa ja lisäksi parantaa ohjelmistojen ja laitteistojen käyttöastetta. Haittana mainittakoon se, että virtualisointi lisää yhden kerroksen arkkitehtuuriin. Arkkitehtuuri muuttuu monimutkaisemmaksi ja näin ollen lisää tietoturvariskiä. (Salo 2010, 47-48.)

Pilvipalveluissa käytetään montaa prosessoria laskentatehon maksimoimiseen yhden sijasta. Tätä prosessia kutsutaan rinnakkaislaskennaksi. Tämän avulla viikkoja kestävä tehtävä toteutetaan kustannustehokkaasti muutamassa tunnissa. (Salo 2010, 83.)

Pilvipalveluiden tekniikassa oleellisia ovat rajapinnat (API). Rajapintojen avulla spesifoidaan, millä tavoin ohjelmistot ovat yhteydessä pilvipalvelun resursseihin. Rajapintojen avoimuudesta haluttiin sopia, joten valmistajat loivat yhteisiä standardeja. Tämä siitä syystä, että vankka standardisoitu pohja luo hyvät kasvuedellytykset kehitykselle, asiakkailla ei ole pelkoa jumiutua yhteen ja samaan valmistajaan. Rajapintojen standardisointi avaa myös ovet uusille toimittajille, ja asiakas itsekin voi hyödyntää rajapintaa omalla ohjelmakehityksellä. (Heino 2010, 76-77.)

Palveluntarjoajat eivät tosin ole riippuvaisia standardeista kuten valmistajat ovat. IaaS-palveluiden rajapintoja käytetään virtuaalikoneiden järjestelmien hallintaan, mutta niin Amazonilla kuin esimerkiksi VMwarella on omat palvelukohtaiset rajapintansa. PaaS-palveluidentarjoajilla, kuten Microsoftin Azurella ja Googlen App Enginella, on myös omat rajapintansa. Näin ollen asiakkaalla on vaarana lukkiutua yhteen palveluntarjoajaan. Tätä ongelmaa varten työstetään multicloud-hankkeita. Tavoitteena luoda yhtenäisiä rajapintoja eri pilvipalvelulle. (Heino 2010, 77.)

## 2.5 Pilvipalveluiden hyödyt ja riskit

Yritys voi hyötyä pilvipalveluun siirtymisestä monellakin eri tapaa. Tietenkin ensimmäiseksi pitää tehdä kustannusarvio yrityksen sisällä ja miettiä, olisiko pilvipalveluun siirtymisestä kustannuksellista etua. Pilvipalveluissa yritys saa informaatiota hyvinkin tarkasti siitä, paljonko kustannukset tulevat olemaan. Yritys ei voi kuitenkaan tietää, jos jotain odottamatonta tapahtuu, esimerkiksi työntekijöiden irtisanomisia tai liiketoiminnan kasvua. Pilvipalveluiden joustavuus on kuitenkin hyvä asia yritykselle, millä tapahtuu jotain odottamatonta budjetoinnissa. Resursseja voi poistaa käytöstä tai ottaa käyttöön erilaisin muuttuvien tarpein, ilman lisäkustannuksia. Esimerkiksi SaaS-palvelusta yrityksen ei välttämättä tarvitse maksaa kuin käyttäjämäärän mukaisesti, joten esimerkiksi irtisanomiset eivät tältä osin vaikuta kustannuksiin lisäävästi. Myös IaaS- ja PaaS-palveluissa laskutustavan mukaan yksittäisen prosessorin käyttäminen sadalta tunnilta maksaa saman verran kuin sadan prosessorin käyttäminen tunnin ajan. (Salo 2010, 80.)

Pilvipalveluiden käyttö on mahdollista paikasta tai päätelaitteesta riippumatta. Esimerkiksi Google on tuonut Google App Engine -palveluun oman iOS- ja Android-sovelluksensa, joiden avulla voi hallita omia instanssejaan (Google [Viitattu 23.3.2016]). Instanssilla tarkoitetaan yleisesti ottaen virtuaalista palvelinta (Apprenda [Viitattu 17.3.2016]).

Monet yritykset käyttävät vielä vanhentuneita ohjelmistoja ja järjestelmiä, joista on joko hankalaa tai kallista päästä eroon. Nämä sovellukset ovat sittemmin myös tietoturvatonta. Vanhojen ohjelmistojen käytön syynä voi myös olla se, että jokin palvelu, kuten intranet ei tue uudempia versioita. (Salo 2010, 82.)

**Pilvipalveluiden riskit.** Pilvipalveluihin liittyy monesti kysymyksiä, ja suurimmat niistä ovat varmasti yksityisyys ja turvallisuus. Julkisessa pilvessä riskit ovat suurempia kuin yksityisessä- ja hybridipilvessä, koska data ja laitteisto sijaitsevat muualla kuin yrityksen omissa tiloissa. Yleisempiä riskejä ovat dataan, käyttäjänhallintaan, suorituskykyyn, hallintaan, sopimusehtoihin, tekniseen toteutukseen ja palveluntarjoajaan liittyvät riskit ja huolet. (Salo 2012, 36.)

**Dataan liittyvät riskit.** Yritysten näkökulmasta pilveen liittyy datan puolesta riskejä ja etenkin huolta, koska salaamatonta tietoa ei haluta säilyttää julkisessa pilvessä. Erityisesti henkilötietoja ei haluta EU:n tai kotimaan ulkopuolelle. Pilvipalveluista uutisoidaan maailmalla näkyvästi, ja esimerkiksi palvelimien kaatumisista ja rikoksista erityisesti suurimmat palveluntarjoajat kärsivät rahallisesti. Tämän takia palveluntarjoajat pyrkivät välttämään imagon kannalta epämukavia tilanteita parantamalla tietoturvaansa. Toinen huoli on datan saatavuus ja pysyvyys. Se, ettei pilveen saada yhteyttä, rajoittaa yrityksen toimintaa. Tätä varten palveluntarjoajat ilmoittavat sopimusehdoissaan SLA-tasosta eli palvelutasosopimuksesta. Tässä sopimuksessa ilmoitetaan pienellä pelivaralla datan saatavuusoikeudet pilvestä. Käyttökatkoksia voivat muun muassa olla tekniset virheet tai pahimmassa tapauksessa vaikka luonnonkatastrofit. Monet palveluntarjoajat, kuten Amazon AWS ja Microsoft Azure talentavat datan hajautetusti ja kolminkertaisesti. Jos jossakin palvelukeskuksessa tulee käyttökatko, on asiakkaan data edelleen saatavilla. (Salo 2012, 37-39.)

**Käyttäjähallintaan liittyvät riskit.** Asiakkaiden laiskuus ja huolimattomuus ovat pilvipalvelun kannalta yksi korkeimmista riskeistä. Se että asiakas käyttää samaa tai helposti arvattavaa salasanaa jokaisessa palvelussa, luo luonnollisesti suuren uhan pilvipalvelussa sijaitsevalle datalle. Myös liian vaikeat salasanat voivat olla haitaksi, varsinkin jos ne tallennetaan muistiin esimerkiksi tietokoneelle, matkapuhelimeen tai jopa lapulle näytön reunaan. (Salo 2012, 40.)

**Suorituskykyyn liittyvät riskit.** Palveluntarjoajat tarjoavat tietoa omasta suorituskyvystään niin potentiaalisille asiakkaille kuin nykyisillekin asiakkaille. Monesti asiakas kuitenkin haluaa yksityiskohtaisempaa ja puolueetonta tietoa. Tätä varten muutamamat yritykset myyvät tietoa pilvipalveluista verraten niitä toisiinsa puolueettomin mittaustuloksien. (Salo 2012, 44.) Esimerkkinä mainittakoon CloudHarmony, joka myy asiakkailleen raportteja eri pilvipalveluiden suorituskyvystä (CloudHarmony 2016).

**Hallintaan liittyvät riskit.** Asiakas ei itse pääse pilvipalveluntarjoajan tiloihin tarkastamaan laitteistoa ja henkilöstöä, vaan asiakkaalle annetaan käyttöön vain työvälineet ja rajapinnat, jotka palveluntarjoajalla on tarjota. Toisin sanoen asiakkaan täytyy vain luottaa palveluntarjoajaan, että laitteisto ja henkilöstö ovat luotettavia. (Salo 2012, 44.) On raportoitu tapauksista, joissa esimerkiksi vuonna 2010 Googlen

insinööri jäi kiinni asiakkaiden sähköpostiviestien urkinnasta, mikä on vastoin Googlen yksityisyyskäytäntöä (Zetter 2010).

**Sopimusehtoihin liittyvät riskit.** Asiakkuuden aloittamisessa palveluntarjoaja vaatii sopimusehtojen hyväksymistä palvelun aloittamiseksi. Valitettavan harvoin näihin sopimuksiin perehdytään tai niitä edes luetaan, vaikka yksityisyydensuojan kannalta se olisikin järkevää. Yrityksen kannalta tällainen laiskuus voi johtaa vaikeisiin ongelmiin, jos pilvipalvelussa sattuu jotain. (Salo 2012, 44-45.)

**Tekniseen toteutukseen liittyvät riskit.** Palveluntarjoaja ei voi kertoa julkisuuteen omasta teknisestä toteutuksesta tietoturvan ja kilpailijoiden takia, vaikka palveluntarjoajat kertovat hyvinkin avoimesti omista palveluistaan. Tiedottomuus luo turvallisuutta asiakaskuntaan, koska mitä vähemmän asiakas tietää palvelusta, sitä vaikeampaa on asiakkaan arvioida riskejä. (Salo 2012, 45.)

**Palveluntarjoajaan liittyvät riskit.** Palveluntarjoajaan liittyy monia huolia ja riskejä. Onko palveluntarjoaja tarpeeksi luotettava, löytyykö palveluntarjoajalta tarpeeksi tietoteknillistä osaamista ja se onko palveluntarjoaja esimerkiksi turvallinen vaihtoehto. Mikäli palveluntarjoajan verkko ylikuormittuu tai tukiasema rikkoutuu, palveluntarjoajan pilvipalvelun saatavuus alenee tai loppuu hetkellisesti kokonaan. (Salo 2012, 40-41.)

Hyvänä esimerkkinä voidaan todeta, kun tällainen käyttökatkos sattui Googlen sähköpostipalveluun Gmailiin 28.2.2011. 150 000 käyttäjältä kaikki Gmail sähköpostit olivat poistuneet palvelusta. Google itse ilmoitti, että ongelma koski vain alle promillea käyttäjäkunnasta, ja vaikka kaikkien käyttäjien sähköpostit onnistuttiinkin palauttamaan, oli tämä kolaus Googlen imagolle. (Segall 2011.)

## 3 PILVIPALVELUIDEN TARJOAJAT

### 3.1 Microsoft Azure

3.4.2014 alkaen Microsoft on alkanut kutsua Windows Azurea nimellä ”Microsoft Azure”. (Martin 2014.) Tästä syystä työssä käytetään uudempaa nimitystä.

Microsoft Azure on pilvipalvelu, joka antaa alustan kehitysympäristöihin ja palveluihin. Microsoft Azure tukee Microsoftin omia ja muiden ohjelmointiympäristöjä- ja -kieliä, kuten esimerkiksi PHP, Python, .NET ja Java. (Microsoft Azure [Viitattu 1.4.2016].)

#### 3.1.1 Azure Active Directory

Azure Active Directory on Microsoftin pilvessä oleva hakemisto, joka tallentaa tietoa yrityksistä ja käyttäjistä, eli toisin sanoen toimii identiteettihallintapalveluna. Tämä antaa yrityksille tavan varmentaa käyttäjiä yrityksiensä sisällä. Näin voidaan jakaa esimerkiksi SaaS-palveluihin, kuten Office365, kertakäyttöavaimia. Azure Active Directory ei kuitenkaan ole sama palvelu, kuin esimerkiksi Windows Server Active Directory. (Vilcinskas 2016.)

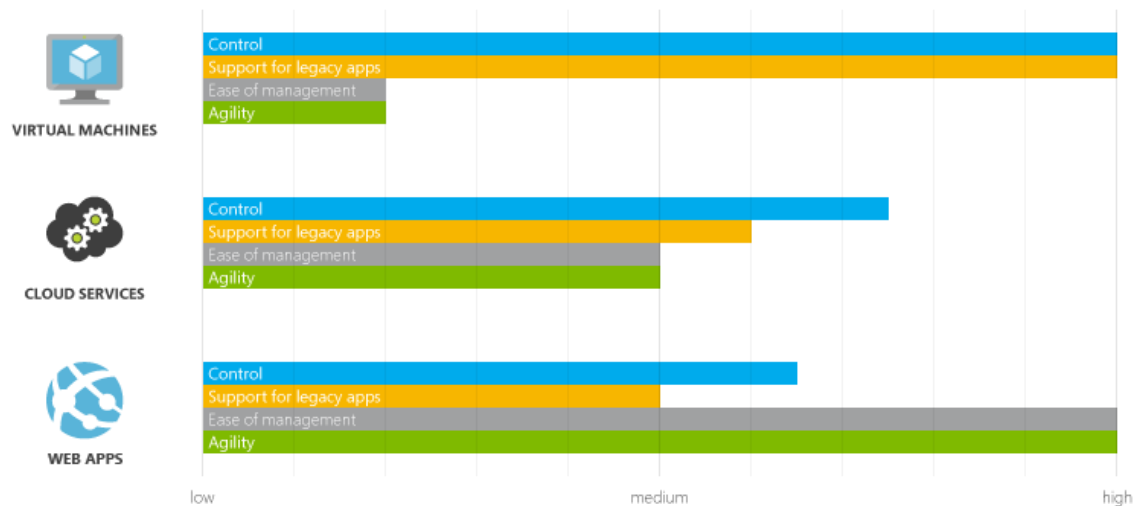
Sovelluskehittäjille Azure Active Directory keskittyy mahdollisimman helppoon ja nopeaan sovellusten rakentamiseen integroitavalla identiteetin hallintaratkaisulla. (Boucher 2015.)

#### 3.1.2 Microsoftin verkkosivustojen laskentamallit

Microsoft Azurella on kolme tärkeintä verkkosivustojen laskentamallia: Virtual Machines, eli virtuaalikoneet, Cloud Services eli pilvipalvelut ja Web Apps eli sovelluspalvelu. Web Apps eli Azure App Service on paras vaihtoehto web-sovelluksille. Käyttöönotto ja hallinnointi ovat valmiiksi alustassa ja sivustojen resurssit skaalautuvat nopeasti suuressakin kuormituksessa. Mikäli käyttäjä kuitenkin tarvitsee enemmän työkaluja hallinnointiin, niin paras vaihtoehto on Cloud Services. Mikäli taas



tarvitaan todella paljon hallintakykyä ja muokattavuutta, paras vaihtoehto on Virtual Machines. (Khan 2016.)



Kuvio 3. Verkkosivujen hallintamallit. (Dykstra 2016.)

**Virtual Machinen** tarkoitusperä on luonnollisesti luoda virtuaalikone eli instanssi (instance). Kuten aiemmassa kappaleessa kerrottiin, Virtual Machine on erinomainen vaihtoehto silloin, kun halutaan paljon hallintakykyä sellaiselle sovellukselle, joka ei vaadi korkeaa saatavuutta. Microsoft Azurelta löytyy kirjasto, josta käyttäjä voi valita itselleen parhaiten sopivan käyttöjärjestelmän, kuten Windows Serverin, SQL Serverin tai vaihtoehtoisesti vaikkapa Ubuntu Serverin. Näistä jokainen sisältää eri versioita. Azuren käyttöjärjestelmien kirjastossa on yhteisöltä, yhtiökumppaneilta ja Microsoftilta saatavilla tällä hetkellä yhteensä 642 eri käyttöjärjestelmää. Mikäli kuitenkin sopivaa käyttöjärjestelmää ei löydy, käyttäjä voi itsekin halutessaan lisätä virtuaalikoneeseensa uuden käyttöjärjestelmän. Se ladataan palveluun image-tiedostona. (Microsoft [Viitattu 20.3.2016]; Microsoft [Viitattu 21.3.2016].)

**Cloud Services** on toteutettu tukemaan sovelluksia, jotka ovat skaalautuvia, halpoja ja luotettavia ylläpitää. Cloud Services sisältää kaksi erilaista virtuaalikonetyyppiä: "Web role" ja "Worker role". Ne ovat molemmat instansseja. Web role konfiguroi web-sovelluksia, joita IIS-palvelinohjelmisto tukee. Nämä web-sovellukset tulee olla kirjoitettu IIS:n tukemilla ohjelmointikielillä. Worker role on taas rooli, joka suorittaa

sovelluksia. Tämä ei vaadi IIS-palvelinohjelmistoa. Esimerkiksi Web role hyväksyy clientin kutsun ja siirtää tämän Worker role -instanssille käsiteltäväksi. Cloud Services toimii virtuaalikoneen sisällä, mutta kyseisellä palvelulla ei luoda varsinaisesti virtuaalikonetta. Ennen Cloud Servicesin käyttöönottoa käyttäjä määrittää asennustiedostossa montako Web role- ja Worker role -instanssia käyttäjä haluaa. (De George 2015; Sarfraz 2015.)

Cloud Services on PaaS-palvelu, joten käyttäjän ei tarvitse huolehtia itse alustasta, vaan pelkästään kiinnittää huomionsa sovelluksiin (De George 2015).

**Web Apps**, eli App Service, on hyödyllinen, kun halutaan nopeasti luoda web- tai mobiilisovellus mille tahansa alustalle tai laitteelle. App Serviceen on integroitu Visual Studio Team Services eli Visual Studio online -ryhmätyöskentelymahdollisuudella ja Github eli verkkosivusto, jota käytetään versionhallintaan projekteille. (Github [Viitattu 22.3.2016]; Khan 2016.)

App Service on hyödyllinen suurillekin yrityksille, koska palvelu tukee yleisempiä ohjelmointikieliä, kuten Javaa, PHP:tä tai Pythonia. Palvelu on myös nopeasti skaalautuva. Mikäli käyttäjäkuntaa on sovelluksella enemmänkin, ei yrityksen palvelu ylikuormitu. App Servicen voi liittää myös datan kannalta helposti muihin palveluihin, kuten Twitteriin tai DropBoxiin. Palvelussa on sisäänrakennettu varmuuskopiointijärjestelmä, joten data ei voi kadota inhimillisenkään erehdyksen takia. (Khan 2016.)

App Servicesta on neljä erilaista sovellustyyppiä. Web Apps on nopeasti skaalautuva web-sovellus muun muassa yrityksille. Mobile Appilla voidaan lähestyä niin asiakkaita kuin yhtiökumppaneitakin milloin tahansa ja millä laitteella tahansa. API Appsilla voidaan luoda rajapintoja Web Appiin ja Logic Appsilla voidaan saada dataa pilvestä, ilman erillistä koodia. (Khan 2016.)

### 3.2 Google Cloud

Google Cloud tarjoaa palveluitaan niin sanotuissa blokeissa (block). Käyttäjä voi rakentaa itselleen tarvittavan ympäristön aina vaikeista sovelluksista normaaleihin

web-sivuihin. Laskentapalveluihin Google Cloud lukee App Enginen eli alustan sovelluksille, Compute Enginen eli virtuaalikoneet ja Container Enginen. Muita tällaisia palveluita ovat muun muassa Cloud SQL, jossa käyttäjä voi hallita MySQL-tietokantojaan, ja Cloud Storage, johon käyttäjä voi tallentaa dataa. (Google Cloud [Viitattu 21.3.2016]; Google Cloud [Viitattu 22.3.2016].)

### 3.2.1 Googlen laskentamallit

Kuten aiemmassa kappaleessa esitettiin Google sisältää kolme tärkeintä laskentamallia: App Engine, Compute Engine ja Container Engine. Seuraavassa käydään tarkemmin läpi nämä laskentamallit.

**App Engine** on Google Cloudin alusta mobiili- ja web-sovelluksille. App Engine sisältää sisäänrakennettuja ominaisuuksia ja rajapintoja, kuten käyttäjän tunnistautumisrajapinnan. Kuten Microsoft Azure, myös Googlen App Engine skaalautuu automaattisesti käyttäjäkuormituksen mukaisesti, eikä päivityksiä tai konfiguraatiota tarvitse itse tehdä palvelimiin. App Engine käyttää yleisempiä ohjelmointikieliä, jotka ovat Java, Python, PHP ja Googlen oma ohjelmointikieli Go. Websivuja voi myös tehdä käyttämällä JavaScript- ja HTML-kieliä. Palvelu sisältää Google Cloud Security Scannerin, joka on täysin maksuton lisäosa. Tämä työkalu tutkii mahdollisia haavoittuvuuksia mobiili- ja web-sovelluksista. Työkalu tutkii kaikki sovelluksen sisäiset linkit, jotka voisivat häiritä sovellusta itsessään, etsii tietoturva-aukkoja ja lisäksi tutkii käyttääkö sovellus turvattomia JavaScript-kirjastoja. (Google Cloud [Viitattu 23.3.2016]; Google Cloud [Viitattu 25.3.2016].)

**Compute Engine** on hyvin samanlainen kuin Microsoftin Virtual Machine. Compute Enginen tarkoituksena on luoda virtuaalikone. Lähtökohtaisesti Microsoftin ja Googlen virtuaalikone on hyvin samanlainen. Google Compute Enginella voi luoda virtuaalikoneen joko valmiista käyttöjärjestelmien kirjastosta tai vaihtoehtoisesti ladata oman käyttöjärjestelmän. Googlen Compute Enginessä käyttäjä voi vaihtoehtoisesti valita instanssin joko valmiiksi skaalatuista resursseista, käsittäen prosessointitehon ja muistin, tai kustomoidun vaihtoehdon, jossa määritetään montako virtuaalista ydintä (vCPU) käyttäjä instanssilleen haluaa. Muistin suhteen käyttäjä voi tehdä omia muutoksiaan ja luoda instanssin. (Google Cloud [Viitattu 24.3.2016].)

**Container Enginen** avulla sovelluskehittäjät voivat keskittyä sovellusten koodiin, palvelinympäristön konfiguroinnin asemasta. Palvelu perustuu Kubernetes-nimiseen avoimeen lähdekoodin järjestelmään. Palvelu kokoaa resurssit, kuten muistin, suoritintehon tai kaistanleveyden ja sovellukset, niin sanotuiksi säiliöiksi (container). Näitä säiliöitä Container Engine jaksottaa ryhmiksi (cluster). Näiden ryhmien avulla tietyt käynnissä olevat ohjelmistot voivat eristetyksi käyttää ryhmiä (container clusters) häiritsemättä muuta käyttöjärjestelmää. (Wallner 2014.)

Container Engine sopii niin julkiseen-, yksityiseen- kuin hybridipilveenkin. Se on myös automaattisesti skaalautuva ja virheistä korjaantuva, eli kaikin puolin mukautuva järjestelmä. (Wallner 2014.)

Koska Kubernetes sopii hyvin myös hybridipilveen, se on mahdollista ottaa käyttöön muidenkin palveluntarjoajien, kuin vain Googlen instansseissa (Kubernetes [Viitattu 23.3.2016]).

### **3.3 Vertailu**

Jokaisella pilvipalveluntarjoajalla on omat tapansa laskuttaa asiakkaita. Maksusopimus vaihtelee yleensä käytön mukaan ja riippuu siitä, millainen palvelu on käytössä. Yleensä palveluntarjoajat tarjoavat myös ylimääräisiä palveluita lisämaksua vastaan ja joskus myös ilmaiseksi. Palveluista kuitenkin maksetaan joko kiinteä kuukausihinta tai lasku käytettyjen tuntien mukaan. Ensiksi esitetään kummankin palveluntarjoajan hinnastot virtuaalikoneille ja laskutus lähtevän datan suhteen. Lopuksi verrataan näitä toisiinsa esimerkin avulla. Vertailu on suoritettu 24.3.2016.

Lisäksi vertaillaan Google Cloud- ja Microsoft Azure -palveluita yleiselläkin tasolla: millaiset käyttöliittymät palveluissa on ja ovatko ne helposti käytettäviä. Lopuksi tarkastellaan yleisesti tapoja, miten nämä kaksi palveluntarjoajaa toimivat.

#### **3.3.1 Hintojen vertailu**

Vertailun kohteina toimivat Euroopan hinnastot ja vertailtavina ovat virtuaalikoneet ja lähtevän datan hinnoittelu. Lopuksi esitetään hinnoista realistinen arvio.

Kun vertaillaan Google Cloudin Compute Enginen ja Microsoft Azuren Virtual Machinen laskutustapoja, huomataan että kummallakin palveluntarjoajalla on erilaiset hinnat Yhdysvalloissa, Euroopassa sekä Aasiassa. Kumpikin palveluntarjoaja ilmoittaa hintansa myös dollareina, ja mikäli maksu suoritetaan esimerkiksi euroina, muutetaan valuuttaa ennen maksun suorittamista. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016]; Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016].)

**Microsoft Azure** laskuttaa erilailla käyttöjärjestelmästä riippuen, mutta kuitenkin käytettyjen tuntien mukaan. Windowsia käytettäessä hinnat ovat hieman korkeampia kuin Linuxin kanssa. Microsoft Azure käyttää instansseista eri nimityksiä. Numerot kertovat suuremmasta instanssista ja kirjaimet ovat yleisnimityksiä: "A" tarkoittaa tavallisella kiintolevyllä varustettua instanssia, kun taas "D" viittaa Microsoftin mukaan optimoituun, 60 % nopeampaan suorittimeen ja paikalliseen SSD-levyyn. (Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016].)

Taulukko 1. Microsoft Azuren hinnat Standard-tason Windows Server -käyttöjärjestelmällä  
(Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016].)

Instance (Windows)	vCPU	RAM (GB)	Disk size (GB)	Price (\$)
<b>A0</b>	<b>1</b>	<b>0.75</b>	<b>20</b>	<b>0,02/h</b>
<b>A2</b>	<b>2</b>	<b>3.5</b>	<b>135</b>	<b>0,18/h</b>
<b>A3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>285</b>	<b>0,36/h</b>
<b>A4</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>605</b>	<b>0,72/h</b>
<b>D1</b>	<b>1</b>	<b>3.5</b>	<b>50</b>	<b>0,129/h</b>
<b>D4</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>400</b>	<b>1,032/h</b>

Taulukko 2. Microsoft Azuren Standard-tason hinnat Linux-käyttöjärjestelmällä (Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016].)

Instance (Linux)	vCPU	RAM (GB)	Disk size (GB)	Price (\$)
<b>A0</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>	<b>20</b>	<b>0,02/h</b>
<b>A2</b>	<b>2</b>	<b>3,5</b>	<b>135</b>	<b>0,12/h</b>
<b>A3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>285</b>	<b>0,24/h</b>
<b>A4</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>605</b>	<b>0,48/h</b>
<b>D1</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>50</b>	<b>0,073/h</b>
<b>D4</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>400</b>	<b>0,584/h</b>

Taulukko 3. Microsoft Azuren instanssien hintojen vertailu (Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016].)

Instance	Erotus (\$)
A0	<b>0/h</b>
A2	<b>0,06/h</b>
A3	<b>0,12/h</b>
A4	<b>0,24/h</b>
D1	<b>0,056/h</b>
D4	<b>0,448/h</b>

Windows-käyttöjärjestelmällinen instanssi maksaa hieman enemmän kuin Linuxilla toimiva, koska Windows Server-käyttöjärjestelmä on lisensoitu tuote, joten siitä peritään joka kuukausi provisio (Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016]).

Mitä suuremmasta instanssista on kyse, sitä suurempi on hinnan korotus, jos käyttäjä tarvitsee käyttöjärjestelmäkseen esimerkiksi Windows Server 2012:n.

**Google Cloud** laskuttaa vähintään ensimmäiseltä kymmeneltä minuutilta, vaikka virtuaalikone olisi päällä vain minuutinkin ajan. Tämän kymmenen minuutin jälkeen laskutus siirtyy normaaliin minuutilaskutukseen. Kuitenkin, jos instanssi on päällä esimerkiksi 11 minuuttia ja 35 sekuntia, laskutetaan käyttäjää lähimmän minuutin mukaan, eli tässä tapauksessa kahdentoista minuutin käytöstä. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Google Cloudilla on sama laskutushinnasto Euroopassa ja Aasiassa, mutta erilainen laskutushinnasto Yhdysvalloissa. Laskutus tapahtuu siis tuntien käytön mukaan, mutta mikäli instanssi on päällä ilman taukoja koko kuukauden, myönnetään siihen pieni tuntihintainen alennus. Google Cloudilla on eri laskutushinta myös, kun instanssi on päällä vähemmän kuin 25 % kuukaudesta. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Taulukko 4. Googlen Standard-tason virtuaalikoneen hinnat (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Instance	vCPU	RAM (GB)	100 % päällä (\$)	Tyypillinen hinta (\$)	>25% (\$)
<b>n1-standard-1</b>	<b>1</b>	<b>3,75</b>	<b>0,039/h</b>	<b>0,042/h</b>	<b>0,055/h</b>
<b>n1-standard-4</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>0,156/h</b>	<b>0,168/h</b>	<b>0,220/h</b>
<b>n1-standard-8</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	<b>0,624/h</b>	<b>0,0672/h</b>	<b>0,880/h</b>

Tämän lisäksi Windows Server -käyttöjärjestelmän käyttö maksaa 0,04 \$/h ja tähänkin maksuun pätee Google Cloudin määrittelemä minuuttisääntö, joka aiemmin esitettiin. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Kuten kappaleessa 3.2.1. todettiin, Google Cloud antaa käyttäjälle mahdollisuuden luoda oma kustomoitu instanssi, jossa käyttäjä itse valitsee tarvittavien virtuaalisten ydinten lukumäärän ja tarvittavan muistin määrän, mikäli yksikään instanssi ei vastaa omaa tarvetta. Tällä tavalla käyttäjä säästää mahdollisesti myös rahaa, kun ei tarvitse valita yli- tai alimitoitettua instanssia. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Taulukko 5. Google Cloudin kustomoitu instanssi (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

	per vCPU	per 1GB RAM
Hinta (\$)	<b>0,03841/h</b>	<b>0,00515/h</b>

Google Cloud kuitenkin huomauttaa, että mikäli käyttäjän haluama kustomoitu instanssi on saatavilla jo valmiiksi skaalatuista instansseista, ehdottaa järjestelmä alennusta valmiiksi skaalatuista instansseista (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016]).

Instansseissa Google Cloud ei kuitenkaan suoraan kerro massamuistia, koska Google Cloud antaa käyttäjän itsensä valita oikean kokoisen massamuistin käyttöönsä. Käyttäjän on mahdollista valita joko paikallinen SSD, joka on tällöin poikkeuksetta kooltaan 375 GB, tai vaihtoehtoisesti ei-paikallinen kiintolevy tai ei-paikallinen SSD. Laskutus tapahtuu kiinteällä laskutuksella kerran kuukaudessa jokaisesta gigabitistä laskuttaen. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Taulukko 6. Google Cloudin massamuistin hinnat (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Tyyppi	Hinta per GB /kuukausi (\$)
Ei-paikallinen HDD	<b>0,04</b>
Ei-paikallinen SSD	<b>0,17</b>
Paikallinen SSD	<b>0,218</b>

**Lähtevän datan laskituksen** suhteen löytyy eroavaisuuksia näillä kahdella palveluntarjoajalla. Kummallakin palveluntarjoajalla on kolme eri vyöhykettä ja jokaisella vyöhykkeellä erilainen laskutus. Sisään tuleva data on ilmaista kummallakin palveluntarjoajalla. Microsoft Azure listaa vyöhykkeikseen ensimmäiseen koko Yhdysvaltain ja Euroopan alueen, toiseen vyöhykkeeseen kuuluu Aasian alue ja kolmanteen Brasilia. (Microsoft Azure [Viitattu 26.3.2016]; Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)



Taulukko 7. Microsoft Azuren lähtevän datan laskutus  
(Microsoft Azure [Viitattu 26.3.2016].)

Kuukausittainen käyttö	1. vyöhyke per GB (\$)	2. vyöhyke per GB (\$)	3. vyöhyke per GB (\$)
Ensimmäiset 5 GB	<b>Ilmainen</b>	<b>Ilmainen</b>	<b>Ilmainen</b>
5 GB – 10 TB	<b>0,087</b>	<b>0,138</b>	<b>0,181</b>
Seuraavat 40 TB (10 – 50 TB)	<b>0,083</b>	<b>0,135</b>	<b>0,175</b>
Seuraavat 100 TB (50 – 150 TB)	<b>0,07</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>
Seuraavat 350 TB (150 – 500 TB)	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>

Google Cloud määrittelee lähtevän datan laskutukseen ensimmäisen vyöhykkeen kansanväliseksi, lukuun ottamatta Australiaa tai Kiinaa (poikkeuksena kuitenkin Hong Kong). Toiseen vyöhykkeeseen kuuluu Kiinan alue, lukuun ottamatta Hong Kongia. Kolmas vyöhyke koskee Australiaa. (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Taulukko 8. Google Cloudin lähtevän datan laskutus  
(Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Kuukausittainen käyttö	1. vyöhyke per GB (\$)	1. vyöhyke per GB (\$)	1. vyöhyke per GB (\$)
0 – 1 TB	<b>0,12</b>	<b>0,23</b>	<b>0,19</b>
1 – 10 TB	<b>0,11</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>
+10 TB	<b>0,08</b>	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>

**Esimerkkinä** hinnoista ja siitä, kumpi ainakin paperilla näyttää halvemmalta käyttää, esitetään käytännön esimerkki. Ajatellaan, että asiakas haluaisi instanssin halvemmalta palveluntarjoajalta. Instanssissa pitäisi olla neljä virtuaalista ydintä, käyttömuistia (RAM) 6 GB on riittävästi, tämän lisäksi massamuistia tarvittaisiin 250 GB, ja käyttöjärjestelmänä toimisi Ubuntu Server 14.04. Palvelu olisi päällä kokoaikaisesti ympäri kuukauden. Asiakkaat ovat pelkästään Euroopasta, joten kummankin palveluntarjoajan kohdalla voidaan käyttää ensimmäistä vyöhykettä, kun lasketaan lähtevän datan hintaa. Uloslähtevää dataa kertyy instanssilla noin 500 GB per kuukausi.

Näiden tietojen pohjalta Microsoft Azurelta asiakas valitsisi Standard-tason A3-instanssin, kun taas Google Cloudissa asiakkaan olisi edullisempaa valita kustomoitu instanssi. Näiden tietojen perusteella Google Cloudin käyttäminen tulisi asiakkaalle tässä tapauksessa halvemmaksi vaihtoehdoksi, kuten seuraavassa taulukossa 9 on esitetty.

Taulukko 9. Esimerkki instanssien vertailusta  
(Microsoft Azure [Viitattu 24.3.2016]; (Google Cloud [Viitattu 26.3.2016].)

Microsoft Azure		Google Cloud	
A3 instanssi (Linux)	30pv * 24h = 720h 720h * 0,24\$/h = 172,8\$	Kustomoitu in- stanssi (4 vCPU, 6GB RAM)	(4 * 0,03841) * 720h ~ 110,62\$ (6 * 0,00515) * 720h ~ 22,25\$
Lähtevä data, 500 GB, 1. vyöhyke	500 GB * 0,087 GB = 43,5\$	Lähtevä data, 500 GB, 1. vyöhyke	500 GB * 0,12 GB = 60\$
		Ei-paikallinen HDD	250 GB * 0,04 per GB = 10\$
Yhteensä (\$)	<b>216,3</b>	Yhteensä (\$)	<b>202,87</b>

### 3.3.2 Yleisvertailua

Niin Google Cloud kuin myös Microsoft Azure antavat uusille asiakkailleen ilmaista kokeilu-aikaa. Google Cloud tarjoaa palveluitaan ilmaiseksi 60 päivän ajan tai 300 dollarin edestä. Tällä tarkoitetaan sitä, että jos kolmensadan dollarin raja ylittyy, asiakkaan täytyy alkaa maksamaan omista instansseistaan tai vaihtoehtoisesti 60 päivän jälkeen. Microsoft Azure ei sitä vastoin ole ilmoittanut päivärajitusta, vaan ilmoittaa ilmaiseksi käyttörahaksi uusille asiakkailleen 200 dollaria. (Microsoft Azure [Viitattu 25.3.2016]; Google Cloud [Viitattu 27.3.2016].)

Google käyttää omaa kirjautumisjärjestelmää palveluihinsa, ja sama kirjautuminen käy jokaiseen palveluun. Mikäli käyttäjä kirjautuu esimerkiksi Gmail-sähköpostiinsa,

niin hän on myös automaattisesti kirjautunut Google Cloudiin. Microsoftilla asia on kutakuinkin samalla tavalla. Yhdellä Microsoftin käyttäjättilillä voi kirjautua niin Office 365:een kuin myös Microsoft Azureen. (Microsoft [Viitattu 27.3.2016]; Google Developers [Viitattu 27.3.2016].)

Kummallakin palveluntarjoajalla on hieman erilaiset keinot siihen, kuinka kirjaudutaan esimerkiksi virtuaalikoneeseen, jossa käyttöjärjestelmänä on Linux. Microsoft Azure suosii SSH-kirjautumista esimerkiksi PuTTYn avulla. Tarvittavat kirjautumistiedot saa tällöin Microsoft Azuren Management Portalista. (Squillace 2015.)

The screenshot displays the Azure portal interface for a virtual machine. On the left, a sidebar shows 'virtual machines' with 'MyTestVM1' selected. The main area is divided into three sections: 'usage overview', 'disks', and 'quick glance'. The 'usage overview' section shows a bar chart indicating that 'MYTESTVM1' is using 1 core(s) out of 5 available. The 'disks' section contains a table with one entry: 'MyTestVM1-M...' of type 'OSDisk'. The 'quick glance' section provides key details: NAME (MyTestVM1), STATUS (Running), DISKS (1), DNS NAME (http://myservice1.cloudapp-preview.net/), HOST NAME (MyTestVM1), and IP ADDRESS (10.26.203.13). At the bottom of this section, the 'SSH DETAILS' are listed as 'myservice1.cloudapp-preview.net : 60528', which is highlighted with a red rectangular box.

Kuvio 4. SSH log-in  
(Squillace 2015.)

Kuviossa 4 "SSH DETAILS" syötetään PuTTYssa ja näin päästään virtuaalikoneen konsoliin (Squillace 2015).

Google Cloudissa voidaan kirjautua instanssiin niin PuTTYn avulla kuin selaimenkin kautta. Myöskään selaimella ei ole väliä, Google Chrome ei ole välttämättömyys kirjautumiseen. (Google 14.3.2016)

## 4 BIGBLUEBUTTON

### 4.1 Yleiskatsaus

BigBlueButton on avoimeen lähdekoodiin perustuva, vuonna 2009 käynnistetty opetusympäristöprojekti. Siinä käyttäjät perustavat niin sanottuja luokkahuoneita, joissa yksi käyttäjä toimii opettajana ja loput oppilaina. Palvelusta on tehty tähän mennessä yhteensä kaksitoista versiota. Jokaisessa versiossa on tuotu jotain uutta itse palveluun. Tällä hetkellä viimeisin versio on 0.9.1, mutta testauksessa on jo versio 1.0. Versiossa 0.9.0 palvelun äänenlaatua parannettiin ja lisättiin uusi ominaisuus liittyä opetusympäristöön ilman mikrofonia. (BigBlueButton 2015a.)

BigBlueButton muodostuu monesta eri palvelusta. Ensinnäkin tarvitaan Ubuntu-palvelinympäristö. Kehittäjät suosittelevat käyttämään eritoten Ubuntu Server 14.04 -versiota. (BigBlueButton 2015b.)

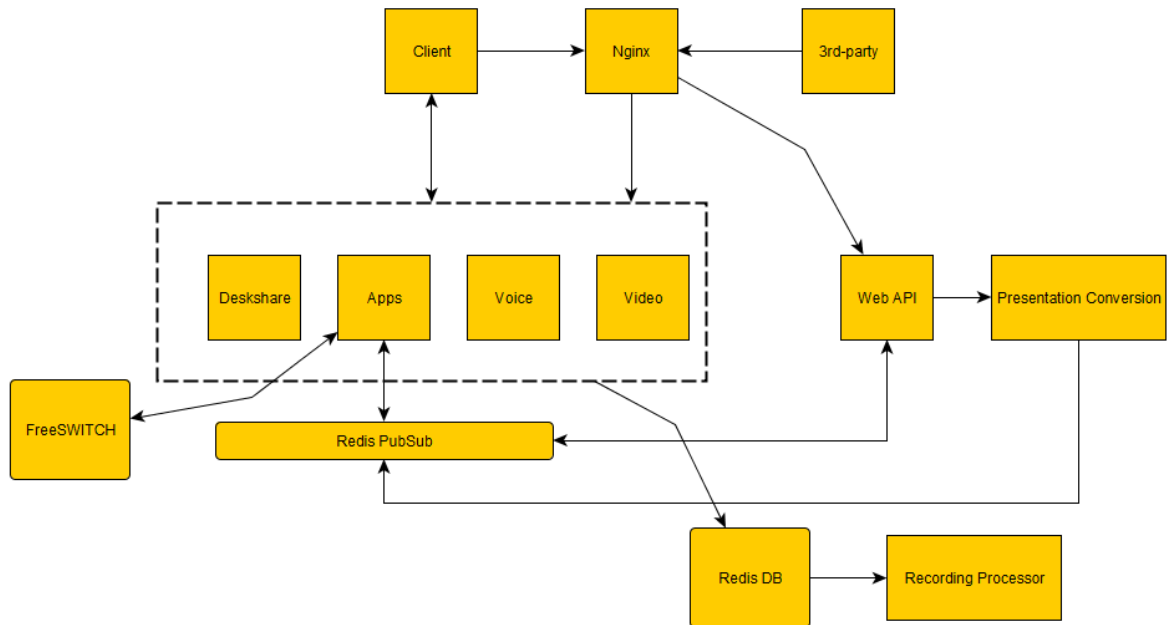
Ubuntu-palvelinympäristön lisäksi palvelussa yhdistyy Nginx, Red5, Grails, Flex SDX, Redis, Image Magick, Ghostscript, swf Tools, Tomcat, LibreOffice ja FreeSWITCH (BigBlueButton 2015c).

Kehittäjät luonnehtivat palvelun ydinprioriteeteiksi luotettavuuden, käytettävyyden, muokattavuuden, laajennettavuuden ja ominaisuudet (BigBlueButton 2015a).

BigBlueButtonin asennuksen yhteydessä täytyy avata portteja, joista TCP-portti 9123 on näytönjakamisen varten ja TCP-portti 1935 taas Adoben Flashia varten (RTMP) (Ward 2010).

### 4.2 Toimintaperiaatteet

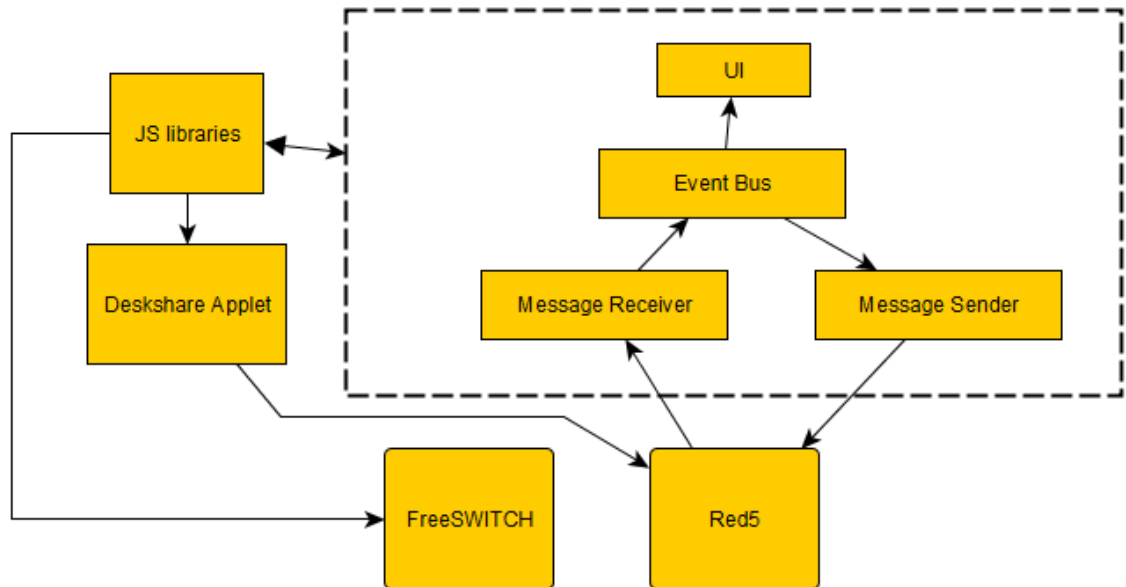
Kuviossa 5 on kuvattu BigBlueButtonin arkkitehtuuri. Tässä kappaleessa kerrotaan, kuinka BigBlueButton toimii ja selitetään kaikkien BigBlueButtonin komponenttien toimintaperiaatteet.



Kuvio 5. Arkkitehtuuri  
(BigBlueButton 2016.)

#### 4.2.1 Client

BigBlueButtonin client ajetaan selaimella, koska itse client on eräänlainen Flash-sovellus. Client lataa myös esitelmän web-rajapintaan (Web API). Client yhdistää Red5-lähetyspalveluun käyttäen apuna TCP-portti 1935, eli RTMPT. Pääohjelma sisältää Javascript-kirjastoja, jotka ottavat yhteyttä FreeSWITCH-applikaatioon, joka käynnistää näytönjakosovelluksen ja monet muutkin palvelut. Tämä palvelu ottaa BigBlueButton palvelulta vastaan viestejä ja lähettää niitä myös palvelulle. Client käyttää Event Bussia, jotta komponentit voisivat lähettää dataa toisilleen. (BigBlueButton 2016.)



Kuvio 6. Client  
(BigBlueButton 2016.)

#### 4.2.2 Third-party Applications (3rd-party)

BigBlueButtonin voi yhdistää muun muassa Moodleen, Wordpressiin tai Sakaihin (BigBlueButton 2016).

#### 4.2.3 Nginx

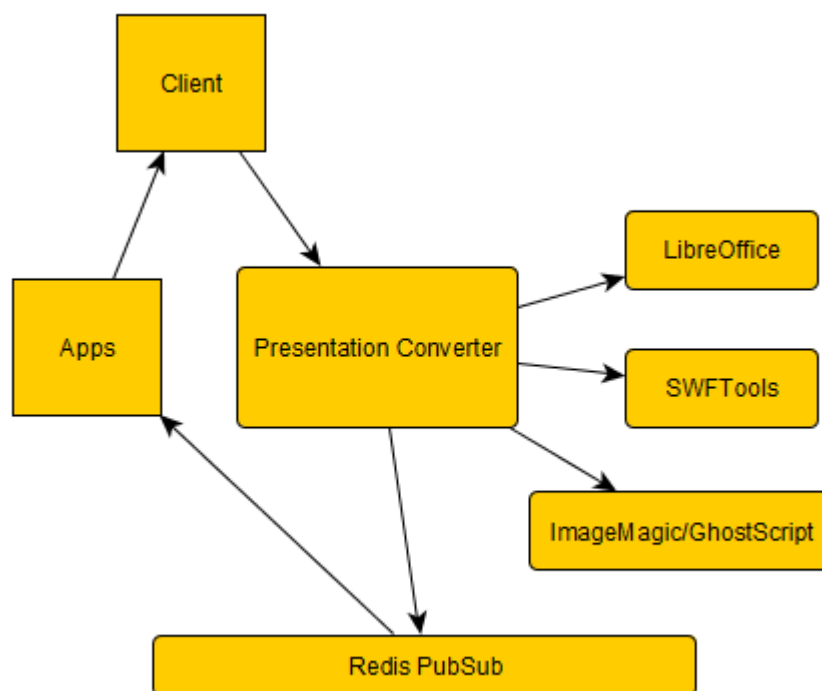
Nginx on www- ja Proxy-palvelin (välityspalvelin). Tämä kutsuu palvelimen palveluita TCP-portin 80 kautta. Nginx sallii myös clientien yhdistää käyttämällä RTMPT:a, mikäli clientin palomuri estää yhdistämisen suoraan Red5-lähetyspalveluun TCP-portissa 1935 Nginxin sijaan. WebRTC mahdollistaa pienemmän viiveen äänessä ja paremman laadun kuin Adobe Flash. (BigBlueButton 2016.)

#### 4.2.4 Web API

Ohemointirajapinnan avulla palvelu voidaan yhdistää erilaisiin palveluihin, kuten Wordpressiin tai oppimisympäristö Moodlen, joten opettajat voivat palvelun avulla ottaa käyttöön etäopetuksen (BigBlueButton 2016).

#### 4.2.5 Presentation Conversion

LibreOffice muuttaa kaikki BigBlueButtonin palveluun ladattavat dokumentit PDF-dokumenteiksi ja siitä edelleen SWF-dokumentiksi käyttämällä swf Tools-palvelukoelmaa. Nämä dokumentit palvelu lähettää edelleen käyttäjälle Redis PubSubin kautta. (BigBlueButton 2016.)



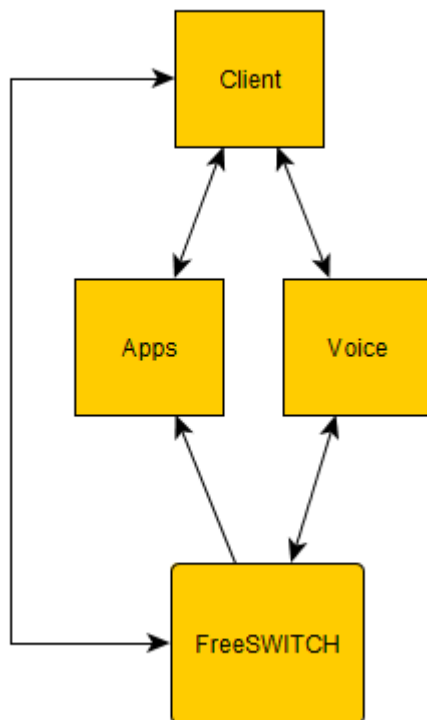
Kuvio 7. Dokumentin lataaminen opetusympäristöön (BigBlueButton 2016.)

#### 4.2.6 Redis PubSub ja Redis DB

Redis PubSub mahdollistaa kommunikoinnin BigBlueButtonin eri sivuohjelmien kanssa. Redis DB-palveluun tallentuvat kaikki opetustilanteet. (BigBlueButton 2016.)

#### 4.2.7 FreeSWITCH

Käyttäjät voivat liittyä äänikeskusteluun käyttämällä joko edellä mainittua WebRTC-palvelua, Flash Playeria tai matkapuhelinta. FreeSWITCH-palvelu mahdollistaa äänikeskustelut. WebRTC-palvelua on mahdollista käyttää Mozilla Firefoxilla tai Google Chromella. FreeSWITCH pystyy myös yhdistämään äänikeskustelut matkapuhelimien ja tietokoneen selaimien välillä. (BigBlueButton 2016.)

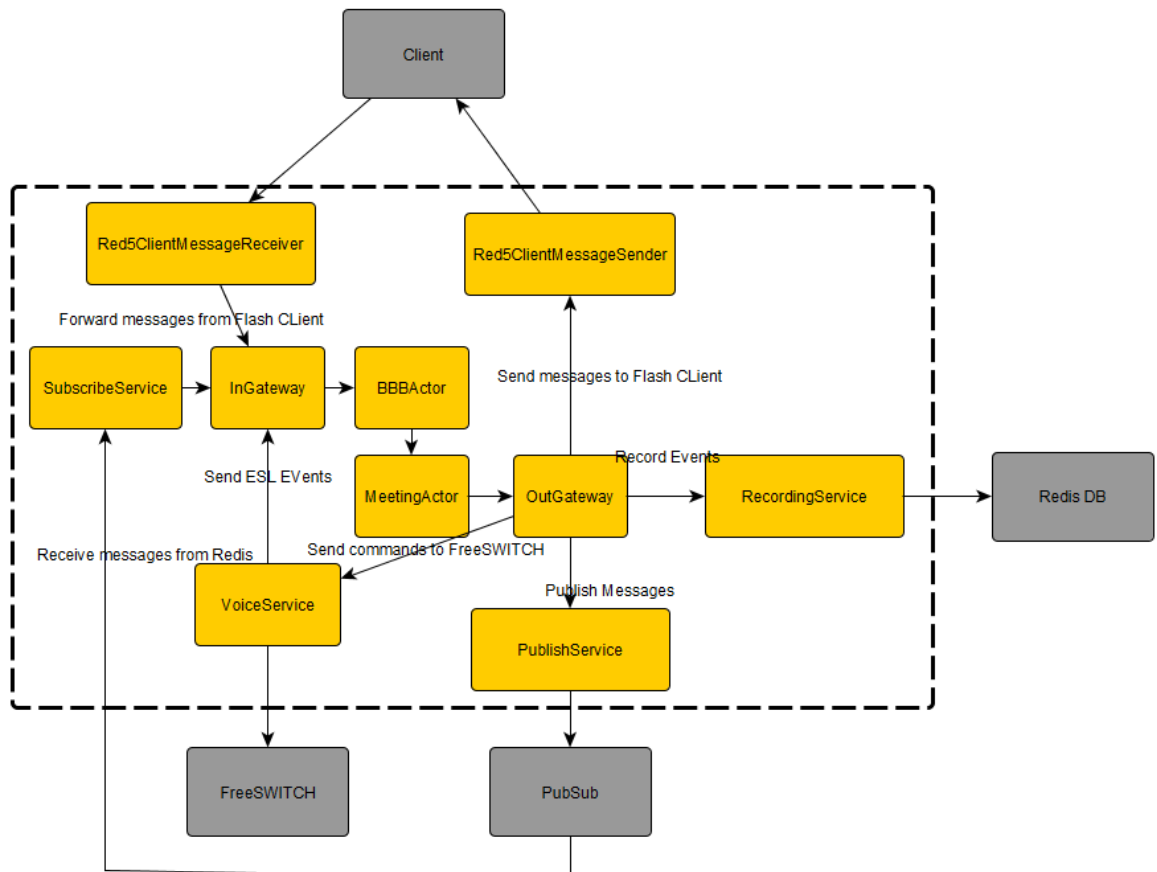


Kuvio 8. Äänikeskusteluun liittyminen (BigBlueButton 2016.)



#### 4.2.8 BigBlueButton Apps

Apps on pääohjelma BigBlueButtonissa. Apps kokoaa yhteen kaikki erilaiset palvelut ja voi antaa tietoa reaaliajassa käyttäjistä, keskustelusta ja esityksistä luokkahuoneessa (BigBlueButton 2016).



Kuvio 9. Apps  
(BigBlueButton 2016.)

”MeetingActor” on komponentti, johon palvelu säilöo kaiken tiedon opetustilanteesta luokkahuoneessa. Samassa komponentissa käsitellään myös kaikki viestit, jotka liittyvät itse käyttäjien väliseen viestintään.

Muutama Appsin palveluista kommunikoivat ulkoisesti. ”Red5ClientMessageReceiver” vastaanottaa ja ”Red5ClientMessageSender” lähettää Flash-clientille tietoa. ”Red5ClientMessageSender” myös tilaa viestejä Redis PubSubilta. ”VoiceService” sallii kommunikoinnin FreeSWITCHin ja ”Red5ClientMessageSenderin” välillä. Mikäli opetustilanne tallennetaan, tiedot tallentuvat ”Redis DB”-palveluun. (BigBlueButton 2016.)

## 5 BIGBLUEBUTTONIN ASENNUS GOOGLE CLOUD -PALVELUUN

Tässä osiossa näytettävät IP-osoitteet eivät ole voimassa toimeksiantajalla. Tätä osuutta varten on luotu uusi instanssi havainnollistamisen helpottamiseksi. Kuviosta on kuitenkin sensuroitu pois sähköpostiosoite ja yhdistämisoitteet.

BigBlueButtonin asennusta varten täytyy ensimmäiseksi luoda uusia palomuurisääntöjä portituksia varten.

Firewall rules + CREATE FIREWALL RULE 🗑️ DELETE

---

By default, incoming traffic from outside your network is blocked. To allow incoming traffic, set up a firewall rule. Firewall rules regulate only incoming traffic to an instance. When a connection is established with an instance, traffic is permitted in both directions over that connection. [Learn more](#)

<input type="checkbox"/> Name ^	Source tag / IP range / Subnetworks	Allowed protocols / ports	Target tags	Network
<input type="checkbox"/> default-allow-icmp	0.0.0.0/0	icmp	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> default-allow-internal	10.128.0.0/9	tcp:0-65535, 2 more ▾	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> default-allow-rdp	0.0.0.0/0	tcp:3389	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> default-allow-ssh	0.0.0.0/0	tcp:22	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> tcp1	0.0.0.0/0	tcp:1935	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> tcp2	0.0.0.0/0	tcp:9123	Apply to all targets	default
<input type="checkbox"/> udp1	0.0.0.0/0	udp:16384-32768	Apply to all targets	default

Kuvio 10. Palomuurisäännöt

Tämän jälkeen luodaan uusi instanssi BigBlueButtonin suositusten mukaan. Ubuntu Server 14.04 64-bit on välttämättömyys ja oikea versio helpottaa tehtävää työtä. Vähimmäisvaatimus järjestelmälle on 4 GB RAM-muistia (suositus 8GB), 500 GB massamuistia ja neliydinprosessori. (BigBlueButton 2015b.) Pilvipalvelu instansseissa ei ole mahdollista saada fyysisiä ytimiä. InFlow ei täysin täytä BigBlueButtonin tarkoitusperää pitää käynnissä montaa eri opetushuonetta yhtä aikaa. Tällöin prosessointitehon puute ei nouse esiin. Näin ollen luodaan kustomoitu instanssi, missä on neljä näennäisprosessoria ja 8 GB RAM-muistia.

Instanssin asentamisen jälkeen kirjaututaan palveluun, tässä tapauksessa selaimen kautta. Tämän jälkeen voidaan todeta komennolla `uname -m`, että instanssi on 64-bittinen käyttöjärjestelmä. Myös komennolla `cat /etc/lsb-release` voidaan todentaa, että instanssissa pyörii odotettu Ubuntu 14.04 -versio. Seuraavaksi päivitetään itse palvelin komennoilla `sudo apt-get update` ja `sudo apt-get dist-upgrade`.

Ubuntu 14.04:n mukana tulee LibreOffice 4.2.x, mutta BigBlueButton tarvitsee parempaa luotettavuutta varten LibreOffice 4.4. LibreOffice 4.4. repository lisätään komennoilla `sudo apt-get install software-properties-common` ja `sudo add-apt-repository ppa:libreoffice/libreoffice-4-4`. Tämän jälkeen annetaan palvelimelle oikeudet BigBlueButtonin repositoryyn komennolla `wget http://ubuntu.bigbluebutton.org/bigbluebutton.asc -O- | sudo apt-key add -`. Seuraavaksi annetaan palvelimelle osoite BigBlueButtonin repositoryyn `echo "deb http://ubuntu.bigbluebutton.org/trusty-090/ bigbluebutton-trusty main" | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/bigbluebutton.list`. Lopuksi päivitetään vielä pakettien lista `sudo apt-get update`.

Tämän jälkeen asennetaan FFmpeg. Tätä varten luodaan ja editoidaan uusi tiedosto nimeltään `install-ffmpeg.sh`. Sen sisään luodaan skripti ja tallennetaan se. Kyseinen skripti lataa ja asentaa FFmpeg-skriptin.

```

@bigbluebutton: ~ - Google Chrome
sudo apt-get install build-essential git-core checkinstall yasm texi2html libvorbis-dev libx11-dev libvpx-dev libxfixes-
dev zlib1g-dev pkg-config netcat libncurses5-dev

FFMPEG_VERSION=2.3.3

cd /usr/local/src
if [ ! -d "/usr/local/src/ffmpeg-${FFMPEG_VERSION}" ]; then
  sudo wget "http://ffmpeg.org/releases/ffmpeg-${FFMPEG_VERSION}.tar.bz2"
  sudo tar -xjf "ffmpeg-${FFMPEG_VERSION}.tar.bz2"
fi

cd "ffmpeg-${FFMPEG_VERSION}"
sudo ./configure --enable-version3 --enable-postproc --enable-libvorbis --enable-libvpx
sudo make
sudo checkinstall --pkgname=ffmpeg --pkgversion="5:${FFMPEG_VERSION}" --backup=no --deldoc=yes --default
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
~
-- INSERT --                                     14,105      All

```

Kuvio 11. FFmpeg-skripti

Seuraavaksi suoritetaan FFmpeg-skripti komennoilla `chmod +x install-ffmpeg.sh` ja `./install-ffmpeg.sh`. Asennuksen jälkeen voidaan tarkastaa, että asennus onnistui oikein.

```

@bigbluebutton:~$ ffmpeg -version
ffmpeg version 2.3.3 Copyright (c) 2000-2014 the FFmpeg developers
built on Mar 27 2016 13:30:41 with gcc 4.8 (Ubuntu 4.8.4-2ubuntu1-14.04.1)
configuration: --enable-version3 --enable-postproc --enable-libvorbis --enable-libvpx
libavutil      52. 92.100 / 52. 92.100
libavcodec     55. 69.100 / 55. 69.100
libavformat    55. 48.100 / 55. 48.100
libavdevice    55. 13.102 / 55. 13.102
libavfilter     4. 11.100 / 4. 11.100
libswscale     2.  6.100 / 2.  6.100
libswresample  0. 19.100 / 0. 19.100

```

Kuvio 12. FFmpeg-skriptin asentuminen oikein

Valmisteluiden jälkeen asennetaan itse BigBlueButton. Koska BigBlueButtonin repository on jo valmiiksi lisätty paketteihin, asentukseen tarvitaan vain yksi komento `sudo apt-get install bigbluebutton`. Tällä komennolla asennetaan yhdellä kertaa BigBlueButton ja kaikki sen komponentitkin.

Tämän jälkeen käydään asettamassa FreeSWITCH kuuntelemaan instanssin ulkoista IP-osoitetta (External IP) eli IP-osoitetta, jolla asiakkaat yhdistävät palvelimelle. Tämä toimenpide mahdollistaa äänen kuulumisen luokkahuoneessa. Big-BlueButton on automatisoitu valmiiksi yrityksen sisäisille palvelimille, mutta ei instansseille, koska instanssit voivat sisältää montakin eri verkkoa.

Muokataan tiedostoa, joka löytyy polusta `"/opt/freeswitch/conf/vars.xml"` ja poistetaan rivi, jossa lukee `<X-PRE-PROCESS cmd="set" data="LOCAL_IP_V4=XXX.YYY.ZZZ.QQQ"/>`. Tässä "XXX.YYY.ZZZ.QQQ" tarkoittaa jotain IP-osoitetta. Tämän jälkeen muokataan kuviossa 13 näkyviin kohtiin instanssin external IP-osoitteet.

```
Can be an ip address, a dns name, or "auto".
This determines an ip address available on this host to bind.
If you are separating RTP and SIP traffic, you will want to have
use different addresses where this variable appears.
Used by: dingaling.conf.xml
-->
<X-PRE-PROCESS cmd="set" data="bind_server_ip=23.251.140.255"/>
<!-- NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE NOTICE
      If you're going to load test FreeSWITCH please input real IP addresses
      for external_rtp_ip and external_sip_ip
-->
<!-- external_rtp_ip
      Can be an one of:
          ip address: "12.34.56.78"
          a stun server lookup: "stun:stun.server.com"
          a DNS name: "host:host.server.com"
      where fs.mydomain.com is a DNS A record-useful when fs is on
      a dynamic IP address, and uses a dynamic DNS updater.
      If unspecified, the bind_server_ip value is used.
      Used by: sofia.conf.xml dingaling.conf.xml
-->
<X-PRE-PROCESS cmd="set" data="external_rtp_ip=23.251.140.255"/>
<!-- external_sip_ip
      Used as the public IP address for SDP.
      Can be an one of:
          ip address: "12.34.56.78"
          a stun server lookup: "stun:stun.server.com"
          a DNS name: "host:host.server.com"
      where fs.mydomain.com is a DNS A record-useful when fs is on
-- INSERT --
174,67 61%
```

Kuvio 13. Vars.xml-tiedoston muokattavat kohdat

Tämän jälkeen muokataan toista tiedostoa, joka löytyy polusta `"/opt/freeswitch/conf/sip_profiles/external.xml"` ja etsitään tiedostosta kohta, jossa kutsutaan `"external-rtp-ip"`. Normaalisti kyseisessä kohtaa olisi arvo `"local_ip_v4"`, mutta tämä muokataan kuvio 14 osoittamalla tavalla.

```

DO NOT USE HOSTNAMES, ONLY IP ADDRESSES IN THESE SETTINGS!
<param name="rtp-ip" value="${local_ip_v4}"/>
<param name="sip-ip" value="${local_ip_v4}"/>
<param name="ext-rtp-ip" value="auto-nat"/>
<param name="ext-sip-ip" value="auto-nat"/>
-->

<param name="rtp-ip" value="${local_ip_v4}"/>
<param name="sip-ip" value="${local_ip_v4}"/>
<param name="ext-rtp-ip" value="${external_rtp_ip}"/>
<param name="ext-sip-ip" value="${external_rtp_ip}"/>

<param name="rtp-timeout-sec" value="300"/>
<param name="rtp-hold-timeout-sec" value="1800"/>
<!--<param name="enable-3pcc" value="true"/>-->

<!-- TLS: disabled by default, set to "true" to enable -->
<param name="tls" value="${external_ssl_enable}"/>
<!-- Set to true to not bind on the normal sip-port but only on the TLS port -->
<param name="tls-only" value="false"/>

```

Kuvio 14. External.xml-tiedoston muokattavat kohdat

Tämän jälkeen käydään vielä muokkaamassa tiedostoa polusta `/etc/bigbluebutton/nginx/sip.nginx`. Täällä käydään lisäämässä external-IP-osoite kuvio 15 osoittamalla tavalla.

```

location /ws {
    proxy_pass http://23.251.140.255:5066;
    proxy_http_version 1.1;
    proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;
    proxy_set_header Connection "Upgrade";
    proxy_read_timeout 6h;
    proxy_send_timeout 6h;
    client_body_timeout 6h;
    send_timeout 6h;
}

```

Kuvio 15. Sip.nginx

Näiden toimintojen jälkeen asetetaan WebRTC päälle komennolla `sudo bbb-conf --enablewebrtc`.

```

@bigbluebutton:~$ sudo bbb-conf --enablewebrtc
WebRTC audio enabled. To apply settings to your server, do

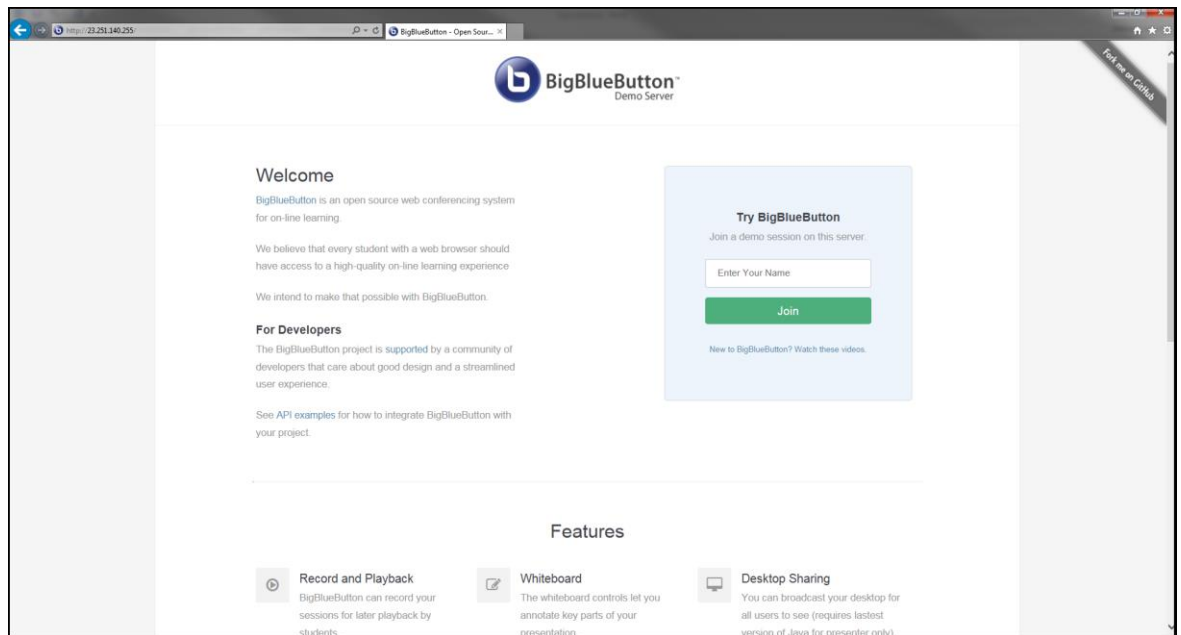
sudo bbb-conf --clean
@bigbluebutton:~$

```

Kuvio 16. WebRTC-palvelun asettaminen päälle

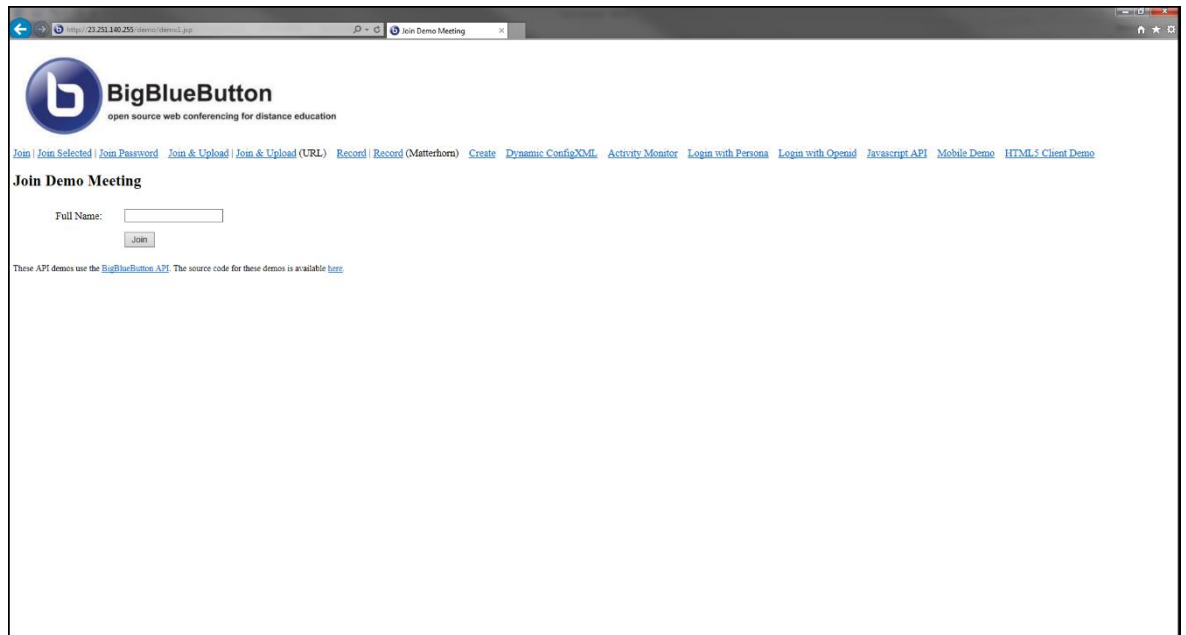
Seuraavaksi suoritetaan komento, jonka konsoli kuviossa 16 esittää. Kyseinen komento uudelleen käynnistää BigBlueButtonin ja puhdistaa kaikki lokitiedostot.

Tällä hetkellä BigBlueButton kuuntelee sisäistä IP-osoitetta (Internal IP), koska BigBlueButton on suunniteltu yrityksen sisäisille palvelimille, ei instanssiin asennettavaksi. Tämän vuoksi BigBlueButton täytyy saada kuuntelemaan external-IP-osoitetta. Tämä suoritetaan komennolla ”`sudo bbb-conf --setip 23.251.140.255`”. Tämän jälkeen kun yhdistetään selaimella external-IP-osoitteeseen, huomataan että sivusto toimii odotetusti, kuten kuviossa 17 esitetään.



Kuvio 17. Aloitussivusto

Tässä vaiheessa voidaan ottaa käyttöön API-demot komennolla ”`sudo apt-get install bbb-demo`”, jolloin päästään katsomaan ja kokeilemaan erilaisia valmiiksi tehtyjä rajapintoja, kuten kuviossa 18 näytetään.

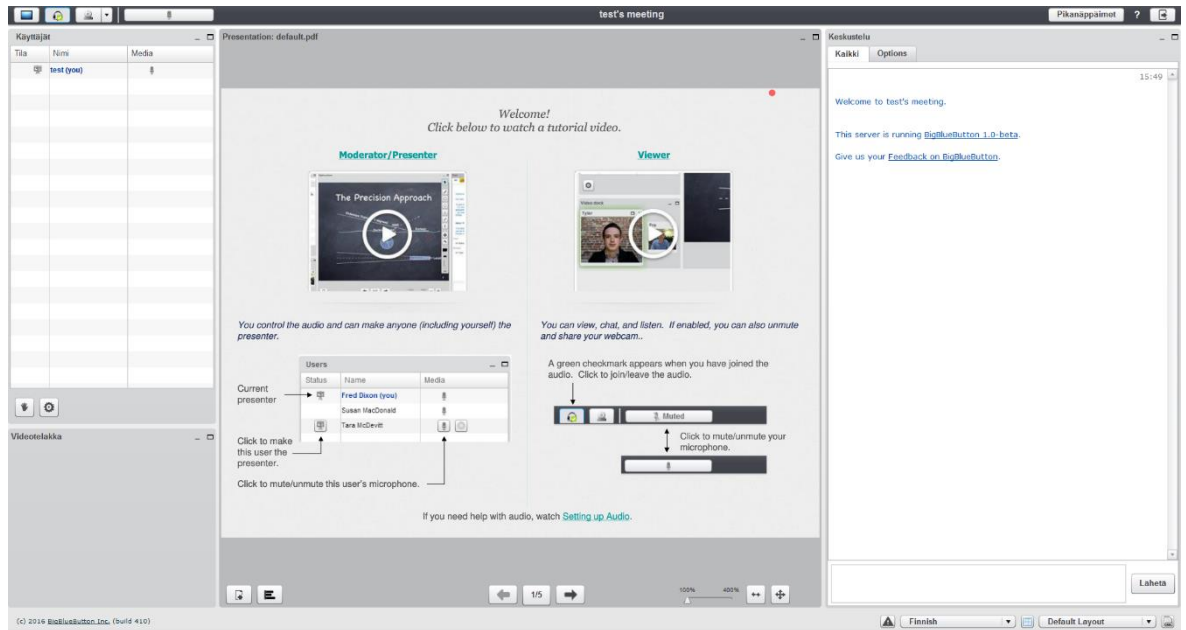


Kuvio 18. API-demot

Näitä valmiiksi tehtyjä rajapintoja hyödyntämällä voidaan luoda tai muokata omaa tarkoitusta vastaava rajapinta ja ottaa se käyttöön.

Lopuksi liitetään IP-osoite domainiin. Toimeksiantaja käy lisäämässä domainiinsa uuden alidomainin, johon external-IP liitetään. Tämän jälkeen käydään instanssin konsolista asettamassa BigBlueButton kuuntelemaan domainia komennolla "*sudo bbb-conf --setip xxx.inflow.fi*". Tämän jälkeen voidaan käydä testaamassa, että luokahuoneen voi luoda ja siihen voi liittyä ilman ongelmia.





Kuvio 19. Testiliittyminen

Tässä vaiheessa voidaan todeta, että toimeksiantajan asettama työ on täytetty, koska BigBlueButton on asennettu onnistuneesti ja palveluun voidaan liittyä ilman ongelmia.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työssä käsiteltiin pilvipalveluita ja tarkasteltiin ja vertailtiin kahta tunnetuinta PaaS-palveluntarjoajaa toisiinsa ja valittiin näistä kahdesta edullisempi vaihtoehto BigBlueButtonin asennukselle, valittu pilvipalvelu oli Google Cloud. Tämän jälkeen BigBlueButton asennettiin Google Cloudin kustomoituun instanssiin. Asennusvaiheessa kohdattiin muutamia ongelmia. Esimerkiksi palvelua ei itsessään saatu aluksi toimimaan, ennen kuin BigBlueButtonin dokumentointiin paneuduttiin kunnolla. Komentoa `bbb-conf --setip` ei aluksi asetettu ollenkaan, jolloin jouduttiin uudestaan miettimään, miksi palvelu ei yksinkertaisesti vain lähde käyntiin. Muut ongelmat olivat kirjoitusvirheitä komennoissa, mutta nämä olivat helppoja selvittää. Asennus ja palvelun liittäminen instanssiin kuitenkin onnistui toivotulla tavalla ja lopputuloksiin päästiin odotetusti.

Asennusvaiheessa toimenkuvaan ei kuulunut kuitenkaan muuta, kuin itse BigBlueButtonin asentaminen instanssiin ja sen liittäminen domainiin. Työtä kuitenkin voisi vielä kehittää eteenpäin. Esimerkiksi uuden rajapinnan luominen olisi hyvä jatkotyö projektille, koska palvelu perustuu avoimiin rajapintoihin. Luokkahuonetta voisi myös muokata toimeksiantajalle hyödyllisemmällä tavalla, kuten erilaisen ulkoasun suunnittelulla.

## LÄHTEET

- Amazon Web Services. Ei päiväystä. Types of Cloud Computing. [ Verkkosivu ]. Amazon Web Services. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/types-of-cloud-computing/>
- Apprenda. Ei päiväystä. Cloud Instances (Single / Multi-Instance). [ Verkkosivusto ]. Apprenda. [Viitattu 17.3.2016]. Saatavana: <https://apprenda.com/library/glossary/definition-cloud-instance-single-multi/>
- Asigra. 2016 Cloud Types: Private, Public and Hybrid. [ Verkkosivusto ]. Asigra. [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: <http://www.asigra.com/blog/cloud-types-private-public-and-hybrid>
- BigBlueButton. 2015a. Road Map. [ WWW-dokumentti ]. BigBlueButton. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <http://docs.bigbluebutton.org/support/road-map.html>
- BigBlueButton. 2015b. Install. [ WWW-dokumentti ]. BigBlueButton. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <http://docs.bigbluebutton.org/install/install.html#before-you-install>
- BigBlueButton. 2015c. Components. [ WWW-dokumentti ]. BigBlueButton. [Viitattu 4.12.2015]. Saatavana: <http://bigbluebutton.org/components/>
- BigBlueButton. 2016. Architecture. [ WWW-dokumentti ]. BigBlueButton. [Viitattu 28.2.2016]. Saatavana: <http://docs.bigbluebutton.org/1.0/10architecture.html>
- Boucher, B. Jr. 30.6.2015. Introducing Microsoft Azure. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/fundamentals-introduction-to-azure/#identity-and-access>
- CloudHarmony. 2016. Services. [ Verkkosivusto ]. CloudHarmony. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <https://cloudharmony.com/services>
- Dykstra, T. 22.2.2016. Azure App Service, Cloud Services, Virtual Machines, and Service Fabric comparison. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/choose-web-site-cloud-service-vm/>
- George Leopold. 2014. Forecasts Call For Cloud Burst Through 2018. [ Verkkosivusto ]. EnterpriseTech. [Viitattu 11.3.2016]. Saatavana: <http://www.enterprisetech.com/2014/11/03/forecasts-call-cloud-burst-2018/>
- GitHub. Ei päiväystä. About GitHub. [ Verkkosivusto ]. GitHub. [Viitattu 22.3.2016]. Saatavana: <https://github.com/about>

- Google Apps. Ei päiväystä. Google Apps for Work. [ Verkkosivu ]. Google Apps. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://apps.google.com/products/>
- Google Cloud. 11.2.2016. Google Cloud Security Scanner. [Verkkosivu ]. Google Cloud. [Viitattu 25.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/security-scanner/>
- Google Cloud. 14.3.2016. Connecting to Linux Instances. [ Verkkosivu ]. Google Cloud. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/compute/docs/instances/connecting-to-instance>
- Google Cloud. Ei päiväystä. App Engine. [ Verkkosivusto ]. Google Cloud. [Viitattu 23.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/appengine/>
- Google Cloud. Ei päiväystä. Google Compute Engine Pricing. [ Verkkosivu ]. Google Cloud. [Viitattu 26.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/compute/pricing>
- Google Cloud. Ei päiväystä. How Google Cloud Platform works. [ Verkkosivusto ]. Google Cloud. [Viitattu 21.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/>
- Google Cloud. Ei päiväystä. Start your 60 day free trial. [ Verkkosivu ]. Google Cloud. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/free-trial/>
- Google Cloud. Ei päiväystä. What is Google Compute Engine? [ Verkkosivusto ]. Google Cloud. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: <https://cloud.google.com/compute/docs/>
- Google Developers. 21.3.2016. Google Sign-In. [ Verkkosivu ]. Google Developers. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://developers.google.com/identity/>
- Google. 2016. Developers Console Help. [ Verkkosivusto ]. Google. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavana: <https://support.google.com/cloud/answer/6143581?hl=en>
- Heino, P. 2010. Cloud computing. Pilvipalvelut. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Khan, O. 2016. What is Azure App Service? [ Verkkosivusto ]. Microsoft. [Viitattu 22.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/app-service-value-prop-what-is/>
- Kim Zetter. 2010. Ex-Googler allegedly spied on user e-mails, chats. [ Verkkosivusto]. Wired. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <http://www.wired.com/2010/09/google-spy/>

- Kubernetes. Ei päiväystä. Downloading Kubernetes. [ Verkkosivu ]. Kubernetes. [Viitattu 23.3.2016]. Saatavana: [http://kubernetes.io/docs/getting-started-guides/binary\\_release/](http://kubernetes.io/docs/getting-started-guides/binary_release/)
- Kumawat, A. 2013. Cloud Service Models (IaaS, SaaS, PaaS) + How Microsoft Office 365, Azure Fit In. [ Verkkosivusto ]. CMS Wire. [Viitattu 21.3.2016]. Saatavana: <http://www.cmswire.com/cms/information-management/cloud-service-models-iaas-saas-paas-how-microsoft-office-365-azure-fit-in-021672.php>
- Laurie Segall. 2011. Google nukes thousands of Gmail accounts. [ Verkkosivusto ]. CNN. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: [http://money.cnn.com/2011/02/28/technology/gmail\\_outage/](http://money.cnn.com/2011/02/28/technology/gmail_outage/)
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. Create your free Azure account today. [ Verkkosivu ]. Microsoft Azure. [Viitattu 25.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/free/>
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. Data Transfers pricing Details. [ Verkkosivu ]. Microsoft Azure. [Viitattu 26.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/data-transfers/>
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. What is Azure. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/>
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. Virtual Machines Marketplace. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 21.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/marketplace/virtual-machines/all/>
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. Virtual Machines Pricing. [ Verkkosivu ]. Microsoft Azure. [Viitattu 24.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/virtual-machines/>
- Microsoft. Ei päiväystä. Adopting Team Explorer Everywhere. [ Verkkosivusto ]. Microsoft. [Viitattu 22.3.2016]. Saatavana: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/gg413285.aspx>
- Microsoft. Ei päiväystä. One account for all things Microsoft. [ Verkkosivu ]. Microsoft. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://www.microsoft.com/en-us/account/default.aspx>
- Microsoft Azure. Ei päiväystä. Virtual Machines scenarios. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/scenarios/virtual-machines/>

- Online Tech. 2016. Public vs. Private Cloud Computing. [ Verkkosivusto ]. Online Tech. [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: <http://www.onlinetech.com/resources/references/public-vs-private-cloud-computing>
- Randy Bias. 2010 "Hybrid" Clouds are Half-Baked. [ Verkkosivusto ]. Cloudscaling. [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana: <http://www.cloudscaling.com/blog/cloud-computing/hybrid-clouds-are-half-baked/>
- Salo, I. 2010. Cloud computing. Palvelut verkossa. Jyväskylä: WSOYpro Oy.
- Salo, I. 2012. Hyötyä pilvipalveluista. Jyväskylä: Docendo.
- Sarfraz, A. 2015. What are Web and Worker Roles in Microsoft Azure? [ Verkkosivusto ]. CloudMonix. [Viitattu 21.3.2016]. Saatavana: <http://cloudmonix.com/blog/what-is-web-and-worker-role-in-microsoft-azure/>
- SevOne. Ei päiväystä. Monitoring Cloud Infrastructure Performance to Eliminate Visibility Gaps. [ Verkkosivusto ]. SevOne. [Viitattu 17.3.2016]. Saatavana: <https://www.sevone.com/white-paper/monitoring-cloud-infrastructure-performance-eliminate-visibility-gaps>
- Squillace, R. 12.8.2015. How to Log on to a Virtual Machine Running Linux. [ Verkkosivu ]. Microsoft Azure. [Viitattu 27.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/virtual-machines-linux-classic-log-on/>
- Steven Martin. 2014. Upcoming Name Change for Windows Azure. [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 16.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/upcoming-name-change-for-windows-azure/>
- Uotinen, O. 2016. Yrittäjä-omistaja. InFlow. Haastattelu 27.3.2016.
- Wallner, R. 13.6.2014. Linux Containers: Parallels, LXC, OpenVZ, Docker and More. [ Verkkosivu ]. Au Courant Technology. [Viitattu 23.3.2016]. Saatavana: <http://aucouranton.com/2014/06/13/linux-containers-parallels-lxc-openvz-docker-and-more/>
- Ward, S. 2010. Ports to open. [ Verkkosivusto ]. Google Groups. [Viitattu 29.3.2016]. Saatavana: <https://groups.google.com/forum/#!topic/bigbluebutton-setup/e5V0aLaeYXU>
- Vilcinskas, M.. 1.14.2016. What is Azure Active Directory? [ Verkkosivusto ]. Microsoft Azure. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/active-directory-what-is/>

VMware. Ei päiväystä. Infrastructure as a Service (IaaS) Production Support. [ Verkkosivu ]. VMware. [Viitattu 1.4.2016]. Saatavana: <https://www.vmware.com/support/services/iaas-production.html>

