
Taustaselvitys suoratoistovideon välittämisestä yritykselle
Jencon



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2016

Oma Allekirjoituksesi

Nimenselvennys



RIIHIMÄKI

Tietotekniikan koulutusohjelma
Streaming

Tekijä	Jenni Vulli	Vuosi 2016
Työn nimi	Taustaselvitys suoratoistovideon välittämisestä yritykselle Jencon	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kaiken kattava suunnitelma streamaus sivuston rakenteesta ja siihen tarvittavista ominaisuuksista. Suunnitelmassa käytetään palvelinalustana jo olemassa olevaa pilvipalvelua, jonka päälle saadaan rakennettua www-pohjainen ratkaisu videon suoratoistoa varten. Sivustolla näytettävä materiaali on sekä livestream muotoista suoratoistoa että video On Demand -materiaalia. Materiaali sisältää junioreiden judokisoja. Palvelun tarkoituksena on tehdä kisojen seuraaminen mahdolliseksi myös niille, jotka eivät itse jostain syystä kykene paikalle niitä katsomaan. Palvelun sisältämiä videoita on mahdollista katsoa korvausta vastaan.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii vuonna 2009 perustettu ICT-laitteisto ja ohjelmistokonsultointia harjoittava yritys nimeltään Jencon. Yrityksen toiveena oli, että suunnitelma kehitellään pilvialustalle, jotta se saa vuokrattua samalla pilvestä myös lisää tallennustilaa tarpeitaan varten. Tehtävänäni oli vertailla muun muassa eri pilvialustojen, streamausprotokollien, koodekkien, videonpakkauksen ja mediapalvelimien välisiä ominaisuuksia sekä niissä käytettävää tekniikkaa. Tavoitteena oli löytää parhaiten yrityksen tarpeita palveleva ratkaisu, joka olisi samalla myös kustannustehokas vaihtoehto.

Raportin alussa käydään lävitse teoriaa eri pilvipalvelin vaihtoehtoista, streamaustekniikoista, streamausprotokollista, koodekeista, videonpakkauksen menetelmistä, mediapalvelimista sekä videoplayereistä ja niiden sisältämistä ominaisuuksista. Tämän jälkeen suoritetaan vertailua eri tekniikoiden ja niiden kustannusten välillä, ja löydetään sopivin kokonaisuus, joka sopii palvelemaan tätä kyseistä yrityksen haluamaa tarkoitusta. Raportin lopuksi esitellään ja käydään yksityiskohtaisesti lävitse ratkaisu, johon lopulta päädyttiin.

Avainsanat Streaming, Pilvipalvelin, Mediapalvelin, Videonpakkauk ja Koodekki.
Sivut 39

Riihimäki
Degree Programme in Information Technology
Streaming

Author Jenni Vulli **Year** 2016

Subject of Bachelor's thesis Planning a streaming website for Jencon.

ABSTRACT

The purpose of this study was to create an all-inclusive plan about the structure of a streaming website and about the features needed there. In this plan we used a cloud server platform that already existed, and on top of it a web based solution for video streaming can be built. The material that will be used in this website consists both of live streaming and video On Demand. The material includes video clips from junior judo competitions. The purpose of this site was to enable all the people to watch the competitions, even those who cannot come and watch them live on the spot. The videos that this service will include can possibly be watched for a small fee.

The commissioner of this research project is a company that was established in 2009 and which sells ITC -equipment and practices software consulting. The company is called Jencon. The commissioner wished that the plan would be invented in to a cloud platform, where they could also rent more CPU space for their business needs. My task was to compare among other things the differences and the different features between the cloud platforms, codecs, video compression and media servers. My goal was to find a solution that would serve the company's needs in the best possible way, and at the same time also be cost efficient.

At the beginning of this report is thoroughly discussed the theory of the various cloud service options, streaming techniques, streaming protocols, codecs, video compression methods, media servers and video players and also the features that they include. This is followed by a comparison between different technologies and their costs to find the most appropriate entity for the company suitable to serve this particular purpose desired by the company. Finally, this report presents in detail the solution which was finally chosen for the company.

Keywords Streaming, Cloud server, Media server, Video compression and Codec.
Pages 39

Streamaus	Streaming	Eli suoratoisto. Verkossa olevan multimediasisällön toistamista päätelaitteella.
Video On Demand (VOD)	Video On Demand (VOD)	Jo taltioitua suoratoistettavaa video- tai äänimateriaalia. Mahdollistaa katsomisen jälkikäteen.
Live streamaus	Live streaming	Suoratoistettavan materiaalin toistamista reaaliajassa.
Adaptiivinen streamaus	Adaptive Streaming	Eli mukautuva streamaus. Siinä verkon yli lähetettävä streami pystyy mukautumaan videota vastaanottavan katsojan laitteen kaistanleveyden kapasiteetin mukaan muuttamalla lähetettävää streamia.
Dynaaminen streamaus	Dynamic Streaming	Siinä käyttäjä pystyy muuttamaan videon ominaisuuksia, eli kuvan resoluutiota ja skaalusta, fyysisen koneen tehon ja verkon kaistanleveyden kapasiteetin tarpeen mukaan.
Amazon Web Services (AWS)	Amazon Web Services (AWS)	Amazonin palvelin, joka tarjoaa pilvipalveluita käyttäjilleen.
Google App Engine (GAE)	Google App Engine (GAE)	Googlen tarjoama pilvipalvelinalusta.
MPEG-DASH	MPEG-DASH	MPEG:in (Moving Picture Expert Group) kehittäämä videonpakkaus standardi.

HTTP Live Streaming (HLS)	HTTP Live Streaming (HLS)	Applen kehittämä videonlähetystekniikka verkon ylitse.
HTTP Dynamic Streaming (HDS)	HTTP Dynamic Streaming (HDS)	Adoben kehittämä videon lähetystekniikka, joka toimii yhdessä Flash playerin kanssa.
Microsoft Smooth Streaming (MSS)	Microsoft Smooth Streaming (MSS)	Microsoftin kehittämä videonlähetystekniikka.
Secure Sockets Layer (SSL)	Secure Sockets Layer (SSL)	Internetprotokolla, jonka tehtävänä on palvelimen todentaminen, asiakkaan todentaminen sekä salatun viestinnän hoitaminen palvelimien ja asiakkaan välillä.
Giga tavu	Giga Byte (GB)	Tallennuskapasiteetin mit-tayksikkö. Sen arvo on 10^9 .
Media Presentation Description (MPD)	Media Presentation Description (MPD)	DASH:in käyttämä manifestitiedosto, jonka avulla video player hakee toistettavan streamin soittimelle.
Application Programming Interface (API)	Application Programming Interface (API)	Joukko protokollia ja työkaluja, joiden avulla rakennetaan ohjelmistoja ja sovelluksia.
TCP	Transmission Control Protocol / TCP	Kuljetusprotokolla, jonka avulla pystytään luomaan yhteys eri tietokoneiden välille, jotka ovat yhteydessä Internetiin.

Real Time Messaging Protocol (RTMP)	Real Time Messaging Protocol (RTMP)	Adoben kehittämä TCP -yhteyksiin perustuva dynaaminen videonkuljetus protokolla, jonka tehtävänä on paketoita ja multiplexata lähetettävät streamit verkon ylitse Adobe Flash Playerin ja palvelimen välillä.
Jatkuva bittisyys	Constant Bit Rate (CBR)	Enkoodaus-menetelmä, jossa käyttäjä asettaa streamille bittisyys arvon, johon käytössä oleva koodekki sitten pyrkii pääsemään videota pakkaamalla.
Vaihtuva bittisyys	Variable Bit Rate (VBR)	Enkoodaus-menetelmä, jossa pyritään yksinkertaisesti säilyttämään alkuperäisen streamin laadun taso videon enkoodauksen aikana.
Koodekki	Codec	Sen avulla hallitaan audio- ja videosignaalin pakkaamista ja purkamista.
IP-osoite	Internet Protocol address / IP address	Yksilöity numerosarja, joka annetaan jokaiselle laitteelle, joka on yhteydessä Internetiin.
Media Source Extensions (MSE)	Media Source Extensions (MSE)	Ominaisuus, jonka ansiosta JavaScript pystyy lähettämään streameja koodekille sellaiselle Internet-selaimelle, joka tukee HTML5 video tyyppiä.
H.264 (AVC)	Advanced Video Coding / (AVC)	Koodekki on MPEG:in ja VCEG:in yhteistyön tuloksena syntynyt, yleisin käytetty videonpakkaus standardi.

H.265 (HEVC)	High Efficiency Video Coding / (HEVC)	MPEG:in ja VCEG:in yhdessä kehittämä videon pakkaus standardi.
ITU-T	ITU-T	Eli Video Coding Experts Group (VCEG) standardit ovat markkinoiden johtava videon pakkaus standardi perhe.
ISO	ISO	Eli MPEG (Moving Picture Experts Group) videon pakkaus standardi perhe.
Kehys	Frame	Yksittäinen videokuvan osa. Kehyksiä on olemassa I-, P- ja B -kehykset, joita käytetään apuna videon pakkauksessa.
Advanced Encryption Standard (AES)	Advanced Encryption Standard (AES)	USA:n hallituksen käyttämä arkaluontoisten tiedostojen salausten menetelmä.
Transkoodaus	Transcoding	Sen avulla voidaan muuntaa digitaalisia videotiedostoja niin, että sisältöä on mahdollista katsoa monista eri päätelaitteista.
Enkoodaus	Encoding	Sen avulla voidaan muuntaa audiotiedostoja ja tehdä niistä korkealaatuisempia.
Content Delivery Network (CDN)	Content Delivery Network (CDN)	Laaja kokonaisuus palvelimia, jotka on sijoitettu ympäriinsä useisiin palvelinkeskuksiin. Nämä palvelimet pystyvät siirtämään dataa usealle eri käyttäjälle samanaikaisesti.

HTML	Hypertext Markup Language / HTML	Standardoitu ohjelmointikieli.
Selain	Browser	Ohjelma, jonka ansiosta käyttäjä pystyy katselemaan ja lähettämään tietoa Internetin välityksellä.
Protokolla	Protocol	Käytäntö tai määritelmä.
Standardi	Standard	Käytäntö tai määritelmä.
Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)	Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)	Tiedon siirtoon World Wide Webin (WWW) ylitse käytettävä protokolla, joka on samalla osa suurempaa Internet-protokollaa.
Konfigurointi	Konfiguration	Tiettyjen asetusten määrittelyä.
Videosoitin	Video Player	Ohjelma, jonka avulla voidaan toistaa ja katsoa multimediatiedostoja.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PALVELINALUSTA.....	1
2.1	Pilvipalvelin.....	2
2.1.1	Amazon Web Services (AWS).....	3
2.1.2	Google App Engine (GAE).....	6
2.1.3	Microsoft Azure.....	8
3	MEDIASISÄLTÖ.....	10
3.1	Streaming.....	10
	Video On Demand (VOD).....	11
	Live Streaming.....	11
3.2	Adaptiivinen streamaus.....	11
3.2.1	MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH).....	12
3.2.2	HTTP Live Streaming (HLS).....	15
3.2.3	Microsoft Smooth Streaming (MSS).....	16
3.3	Dynaaminen streamaus.....	16
3.3.1	Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS).....	17
4	STREAMING-PROTOKOLLA.....	18
4.1	Hypertext Transfer Protocol (HTTP).....	18
4.2	Real Time Messaging Protocol (RTMP).....	19
5	VIDEON PAKKAUS.....	19
	Constant Bit Rate (CBR).....	20
	Variable Bit Rate (VBR).....	20
5.1	ITU-T ja ISO videonpakkaus standardit.....	21
	H.264 (MPEG-4 Part 10 / AVC).....	21
	H.265 (MPEG-H Part 2 / HEVC).....	22
	VP9 (Libvpx).....	22
5.2	Framet.....	24
	B-framet.....	24
	I- ja P -framet.....	24
6	MEDIAPALVELIN.....	25
6.1	Wowza Streaming Engine.....	25
6.2	Azure Media Services.....	28
6.3	JW Platform.....	29
6.4	JW player, HTML video player, Dash JavaScript player vai Flowplayer.....	30
7	YHTEENVETO.....	32
	LÄHTEET.....	34

1 JOHDANTO

Viime vuosien aikana videon suoratoiston suosio on kasvanut räjähdysmäisesti. Videon suoratoistolla tarkoitetaan verkon yli lähetettävän video- ja äänimateriaalin katsomisen aloittamista jo ennen kuin video on latautunut kokonaan koneelle. Laajakaistojen kaistanleveyksien kasvu on mahdollistanut yhä laadukkaamman streamattavan materiaalin verkon yli lähettämisen. Videon pakkaukseen ja suoratoistettavaan materiaaliin tarvittavan teknologian kehityksen ansiosta videon laatu paranee koko ajan. Verkkoon kytkettyjen kannettavien päätelaitteiden yleistymisen ja niiden tekniikan kehityksen ansiosta palveluista voidaan tehdä mahdollisimman päätelaiteriippumattomia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella jo olemassa olevaa pilvipalvelua hyödyntäen www-pohjainen ratkaisu videon suoratoistoon. Sivustolla näytettävä materiaali on sekä live stream muotoista suoratoistoa että ns. materiaalipankkiin taltioitua, video OnDemand -materiaalia. Palvelun tarjoama materiaali sisältää junioreiden judokisoja. Palvelu mahdollistaa kisojen seuraamisen myös niille ihmisille, jotka eivät kykene paikalle näitä katsomaan. Palvelun sisältämiä videoita on mahdollista katsoa korvausta vastaan.

Työn toimeksiantaja on Jencon, vuonna 2009 perustettu ICT-laitteisto ja ohjelmistokonsultointia harjoittava yritys. Yrityksen tämän hetkinen toimipiste sijaitsee Orimattilassa. Jencon tarjoaa yksityisille henkilöille sekä yrityksille ohjelmistokehitys, IT-laitteistoja ja niiden asennuspalveluita.

Toimeksiantaja antoi työlle muutamia teknisiä vaatimuksia, jotka tulisi ottaa huomioon suunnitelmaa tehdessä. Palvelinalustaratkaisun tulee olla pilvipohjainen. Pilvipalvelun tarjoajalla tulee olla tarjolla Startup-tukiohjelma aloitteleville yrityksille. Ympäristön tulisi olla hyvin skaalautuva ja yrityksen muuttuviin tarpeisiin mukautuva. Suunnitelmaan valitun streamaus tekniikan tulee olla mahdollisimman päätelaiteriippumaton. Streamaus protokollasta täytyy löytyä HTML5-tukiominaisuus.

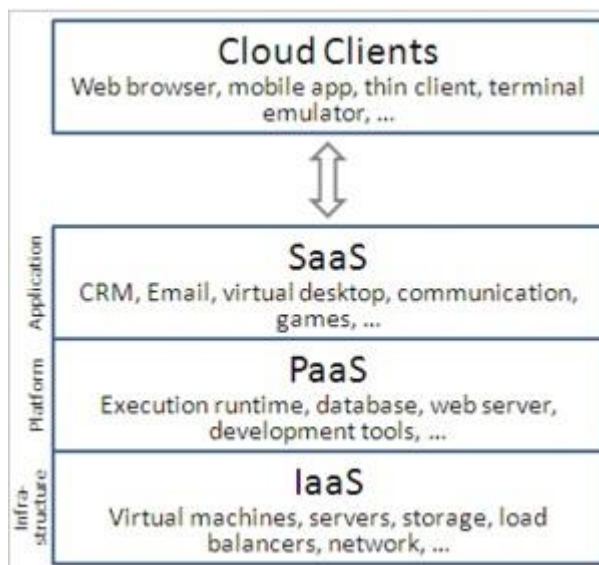
Tarkoituksena on suorittaa myös pilvipalvelimien, mediapalvelimien, video playereiden sekä erilaisten suoratoistotekniikoiden välistä vertailua. Pyrkimyksenä on näin löytää kyseiseen käyttötarkoitukseen sopivin ratkaisu, jossa myös hinta-laatusuhde kohtaavat.

2 PALVELINALUSTA

Palvelinalustalla tarkoitetaan mitä tahansa PC-ympäristöä, joka perustuu X86 arkkitehtuuriin. Tänä päivänä PC-ympäristöt pääsääntöisesti toimivat joko Windows, Linux tai OS X -järjestelmillä. Pilvipalvelinympäristöt ovat useiden tietokoneiden muodostamia rykelmiä tai palvelin ryhmiä, joissa voidaan ajaa Windows pohjainen ympäristö, esimerkiksi Microsoftin Azure. Siellä voidaan myös ajaa vastaava hypervisor-tyyppinen rakenne, joita ovat esimerkiksi Googlen App Engine ja Amazonin Web Services.

2.1 Pilvipalvelin

Pilvipalveluista käytetään myös toista nimitystä, pilvilaskenta eli cloud computing. Pilvipalvelin on ulkoisen palveluntarjoajan rakentama virtuaalipalvelin, jonka tarkoituksena on vuokrata käyttäjille virtuaalikoneita, joissa he voivat pyörittää omia sovelluksiaan. Palveluntarjoaja huolehtii palvelimesta ja sillä olevasta järjestelmästä, sekä vuokraa tarvittaessa myös ylimääräistä tallennustilaa pilvestä. Pilvipalvelimen hyötynä verrattuna fyysiseen palvelimeen on se, että siellä olevat tiedot säilyvät, eikä palvelin kaadu, vaikka fyysinen kone kaatuisikin. Myös rajaton tallennustila on suuri plussa. Pilvipalvelimella käyttäjällä on aina sinne tallennetut tiedot käden ulottuvilla. Enää käyttäjän ei tarvitse kantaa mukanaan USB-muistitikkuja tai kookkaita ulkoisia kovalevyjä. Eikä tarvitse myöskään pelätä niiden vaurioitumista tai häviämistä, ja sitä aiheutuvaa tärkeiden tietojen katoamista. Käyttäjä tarvitsee ainoastaan päätelaitteen, jossa on Internetyhteys ja web-selain, jonka kautta hän pääsee käsiksi pilvessä oleviin tiedostoihinsa. Päätelaitteen ei tarvitse olla kallis ja tehokas, aivan arkikäyttöön tarkoitettu kannettavatietokone tai mobiililaitte riittää. Virtuaalikoneiden ansiosta käyttäjän on mahdollista pyörittää erilaisia käyttöjärjestelmiä missä tahansa, ilman fyysistä kovalevyä. Myös uusien virtuaalikoneiden ja varmuuskopiokoneiden luominen on helpompaa ja vaivattomampaa. Pilvipalveluiden ansiosta yritykset ja sovellukset, jotka ovat täysin järjestelmäinfrastruktuuri riippuvaisia, saavat mahdollisuuden olla niistä riippumattomia.



Kuva 1. Pilvilaskennan eri tasot

Yksi pilvilaskennan tasoista on Infrastructure as a service (IaaS) eli Infrastuktuuri palveluna, joka on pilvessä sijaitseva virtuaalinen konesali. Niin kuin yllä olevasta kuvasta 1. voidaan nähdä, IaaS sisältää virtuaalikoneita, virtuaalista tallennuskapasiteettia, palvelimia ja virtuaalisia kuormantasajia. IaaS:in tarkoituksena on tarjota käyttäjälle laskentatehoa sekä tallennustilaa fyysisen verkon eli Internetin välityksellä. Käyttäjä säästää aikaa ja rahaa huomattavasti enemmän tilaamalla pilvestä helposti ja nopeasti juuri sen verran laskentatehoa ja tallennustilaa kuin tarve vaatii. Jos käyttäjä sen sijaan ostaisi ja asentaisi oman palvelinsalin, se tulisi kalliiksi ja veisi enemmän aikaa. IaaS:n käyttäjät jakavat infrastruktuurin palveluntarjoajan kanssa, mutta asiakkaiden kontrolli rajoittuu ainoastaan virtuaalikoneisiin. Silloin ei ole vaaraa siitä, että joku yksittäinen käyttäjä toiminnallaan kaataisi tai vahingoittaisi koko palvelinta. Palveluntarjoajan tehtävänä on pitää huolta palvelinsalista ja sen ylläpidosta.

Toinen pilvilaskennan tasoista on Platform as a Service (PaaS) eli alusta palveluna, joka on pilvessä sijaitseva palvelinalustan jakelumalli. Alustalla voidaan ajaa ja jakaa Internetin välityksellä eri palveluntarjoajien sovelluksia, joita ovat esimerkiksi Googlen tarjoama App Engine tai Microsoftin tarjoama Azure. Kyseiset sovellukset taas tarjoavat käyttäjille pilvilaskentapalveluiden lisäksi muita palveluita, joita ovat esimerkiksi tietokannat, tallennustila ja erilaiset käyttöönottopalvelut.

Kolmas pilvilaskennan tasoista on Software as a Service (SaaS) eli ohjelmisto palveluna, joka pilvessä sijaitseva ohjelmistojen jakelumalli. Palveluntarjoaja huolehtii ohjelmiston lisensoinnista, asennuksesta, päivittämisestä ja kaikesta muusta hallinnointiin liittyvästä. Käyttäjä säästää näin aikaa, rahaa, oman tietokoneen tallennustilaa, ja voi vain nauttia ohjelmiston käytöstä kun palveluntarjoaja huolehtii sen toimivuudesta ja saatavuudesta.

2.1.1 Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services alkoi tarjota yrityksille pilvilaskentapalveluitaan vuonna 2006. Amazonin pilvipalvelut tarjoavat asiakkailleen tallennustilaa, tietokantoja, muokattavia sovelluksia sekä käyttöönottopalveluita, joiden avulla yritykset voivat kasvaa tehokkaammin ja liikkua vaivattomammin. Amazonin palveluiden ansiosta yritykset pystyvät saamaan tietotekniset kulunsa mahdollisimman alhaisiksi. Palvelu tarjoaa uusille käyttäjille 12 kuukauden mittaisen koejakson, jonka aikana he voivat kokeilla Amazonin tarjoamia web-palveluja ilmaiseksi. Ilmaisen koejakson käyttörajoitteisiin kuuluu 750 tuntia instansseja Linuxille tai Windowsille yhtä kuukautta kohden yhden vuoden ajaksi. Jotta palvelun käyttö pysyy käyttäjälle maksuttomana, täytyy kustannusten pysyä t2.micron rajoissa. T2.micron rajoitukset voidaan nähdä seuraavalla sivulla olevasta kuvasta 2. (AWS.)

	vCPU	ECU	Memory (GiB)	Instance Storage (GB)	Windows Usage
General Purpose - Current Generation					
t2.nano	1	Variable	0.5	EBS Only	\$0.0093 per Hour
t2.micro	1	Variable	1	EBS Only	\$0.019 per Hour
t2.small	1	Variable	2	EBS Only	\$0.038 per Hour
t2.medium	2	Variable	4	EBS Only	\$0.076 per Hour
t2.large	2	Variable	8	EBS Only	\$0.142 per Hour
m4.large	2	6.5	8	EBS Only	\$0.244 per Hour
m4.xlarge	4	13	16	EBS Only	\$0.488 per Hour
m4.2xlarge	8	26	32	EBS Only	\$0.976 per Hour
m4.4xlarge	16	53.5	64	EBS Only	\$1.952 per Hour
m4.10xlarge	40	124.5	160	EBS Only	\$4.881 per Hour
m3.medium	1	3	3.75	1 x 4 SSD	\$0.129 per Hour
m3.large	2	6.5	7.5	1 x 32 SSD	\$0.258 per Hour
m3.xlarge	4	13	15	2 x 40 SSD	\$0.517 per Hour
m3.2xlarge	8	26	30	2 x 80 SSD	\$1.033 per Hour

Kuva 2. Amazonin EC2 -palvelun käytön kustannukset Windowsille.

Amazonin EC2 -palvelun tarjoamista käyttöpaketeista Jenconin käyttötarpeita vastaamaan sopisi parhaiten m3.xlarge -paketti. Seuraavalla sivulla olevasta kuvasta 3. voidaan tulkita, että kyseinen paketti vaihtoehto tarjoaa käyttäjälleen 4 ydintä, 30 GB muistia, instanssi mustia ja kustantaa 0.293 \$ eli 0.26 € per tunti. Kuvia 2. ja 3. vertaillen voidaan huomata, että EC2 -palvelun käyttö tulee kalliimmaksi Windowsilla. Linuxilla käyttö maksaa vain 0.26 € kun taas Windowsilla 0.46 € per tunti.

	vCPU	ECU	Memory (GiB)	Instance Storage (GB)	Linux/UNIX Usage
General Purpose - Current Generation					
t2.nano	1	Variable	0.5	EBS Only	\$0.007 per Hour
t2.micro	1	Variable	1	EBS Only	\$0.014 per Hour
t2.small	1	Variable	2	EBS Only	\$0.028 per Hour
t2.medium	2	Variable	4	EBS Only	\$0.056 per Hour
t2.large	2	Variable	8	EBS Only	\$0.112 per Hour
m4.large	2	6.5	8	EBS Only	\$0.132 per Hour
m4.xlarge	4	13	16	EBS Only	\$0.264 per Hour
m4.2xlarge	8	26	32	EBS Only	\$0.528 per Hour
m4.4xlarge	16	53.5	64	EBS Only	\$1.056 per Hour
m4.10xlarge	40	124.5	160	EBS Only	\$2.641 per Hour
m3.medium	1	3	3.75	1 x 4 SSD	\$0.073 per Hour
m3.large	2	6.5	7.5	1 x 32 SSD	\$0.146 per Hour
m3.xlarge	4	13	15	2 x 40 SSD	\$0.293 per Hour
m3.2xlarge	8	26	30	2 x 80 SSD	\$0.585 per Hour

Kuva 3. Amazonin EC2 -palvelun käytönkustannukset Linuxille.

Amazon EC2 eli Amazon Elastic Compute Cloud on Amazonin vuodesta 2006 lähtien tarjoama Cloud Computing-palvelu, joka on osa Amazon Web Services (AWS) -palvelua. EC2 tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuutta vuokrata Amazonin palvelimilla pyöriviä virtuaalikoneita, joissa käyttäjät voivat pyörittää omia ohjelmiaan. Amazonin palvelu tarjoaa mahdollisuuden käyttää skaalautuvaa ohjelmien ajoa, joka tarkoittaa Amazon Machine Imagen käyttöä käyttäjän päässä virtuaalikoneen luomiseen. Tämä instanssi sisältää ajettavat ohjelmat, jotka käyttäjä voi käynnistää ja lopettaa oman tarpeensa mukaan maksaen vain käytetyistä tunneista jolloin kone on aktiivisena. Amazon tarjoaa myös mahdollisuuden vuokrata yksiköitä eli instansseja pidemmäksi aikaa vuotuisella maksulla. Instanssien hinnat vaihtelevat käyttäjän käyttötarpeen, tallennustilan tarpeen sekä palvelimien sijaintien ja niissä käytettävän käyttöjärjestelmän mukaan. Palvelua on mahdollista käyttää Windowsilla ja Linuxilla. Palvelun käyttö Windowsilla tulee kustantamaan käyttäjälle enemmän kuin Linuxilla. Ainoa käyttökieli on englanti. (AEC2.)

Yritykset pystyvät AWS:n joustavuuden ansiosta valikoimaan ja yhdistelemään erilaisia muotoiluja niin, että ne palvelevat heidän yksilöllisiä tarpeitaan. AWS on myös hyvin kustannustehokas, sillä käyttäjä maksaa vain siitä, mitä käyttää. AWS:llä ei ole ennen palvelun käyttöönottoa tai sen jälkeen käyttäjältä perittäviä maksuja. AWS on myös helposti muokattava ja joustava, asiakas pystyy helposti ja vaivattomasti muokkaamaan käytettäviä resursseja aina sen hetken tarpeitansa vastaamaan. Turvallisuuden ja yksityisyyden takaamiseksi AWS on palveluitaan luodessaan noudattanut tarkasti niille asetettuja turvallisuuskäytäntöjä. Uusille käyttäjille AWS antaa myös asianmukaiset turvaominaisuudet ja ohjeet niiden käyttöönottamiseksi. (Jinesh & Sajee 2014, 5).

2.1.2 Google App Engine (GAE)

Google App Engine on Googlen tarjoama vuonna 2008 julkaisema valmis pilvipalvelinalusta, jonne käyttäjien on mahdollista ladata omia web-pohjaisia sovelluksiaan. Vaihtoehtoisesti käyttäjä voi myös rakentaa itse sovelluksen palvelun tarjoamista osista. Sovellus vaatii, että palvelun käyttäjä luo oman Google-tilin, jonka jälkeen käyttäjä voi ladata jopa 25 ilmaista sovellusta palvelinalustalle. App Engine skaalautuu vaivattomasti asiakkaan tarpeiden mukaiseksi ja tarpeiden muuttuessa se mukautuu niiden mukaisesti. Palvelu jaksaa pyörittää sovelluksia sulavasti suurista tiedostokoista ja datamääristä huolimatta. Sovellus tarjoaa käyttäjälleen aluksi 1 GB ilmaista tallennustilaa, mutta tallennustilaa voi ostaa tarvittaessa lisää, samoin myös muita App Enginen tarjoamia lisäpalveluita. Lisäpalveluiden maksutavoissa on valinnanvaraa. Maksu voidaan suorittaa paketti tai per käyttökerta -maksuna. Palveluntarjoaja huolehtii palvelimesta, jolloin käyttäjän ei tarvitse kantaa huolta sen ylläpitämisestä. GAE tukee useita eri ohjelmointikieliä, kuten Java, Python sekä PHP. (Google Cloud Platform.)

	FREE LIMIT PER DAY	PRICE ABOVE FREE LIMIT
Instances	28 instance hours	\$0.05 / instance / hour
Cloud Datastore (NoSQL)	<ul style="list-style-type: none"> • 50k read/write/small • 1 GB storage 	<ul style="list-style-type: none"> • \$0.06 / 100k read or write ops • Small operations free* • \$0.18 / GB / month
Network Traffic (Outgoing)	1 GB	\$0.12 / GB
Network Traffic (Incoming)	1 GB	FREE
Cloud Storage	5 GB	\$0.026 / GB / month
Memcache	<ul style="list-style-type: none"> • Free Usage of Shared Pool • No free quota for Dedicated Pool 	<ul style="list-style-type: none"> • Free Usage of Shared Pool • Dedicated Pool: \$0.06 / GB / hour
Search	<ul style="list-style-type: none"> • 1000 basic operations • 0.01 GB indexing documents • 0.25 GB document storage • 100 searches 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.50 / 10k searches • 2.00 / GB indexing documents • 0.18 / GB / month Storage
Email API	100 recipients	Contact Sales
Logs API	100 MB	\$0.12 per GB
Task Queue	5 GB	\$0.026 / GB / month
Logs Storage	1 GB	\$0.026 / GB / month
SSL Virtual IPs	-	\$39 / virtual IP / month
Bundled Services	Cron, Image Manipulation, SNI SSL Certificates, Socket API, Task Queue API, URLFetch, Users API	

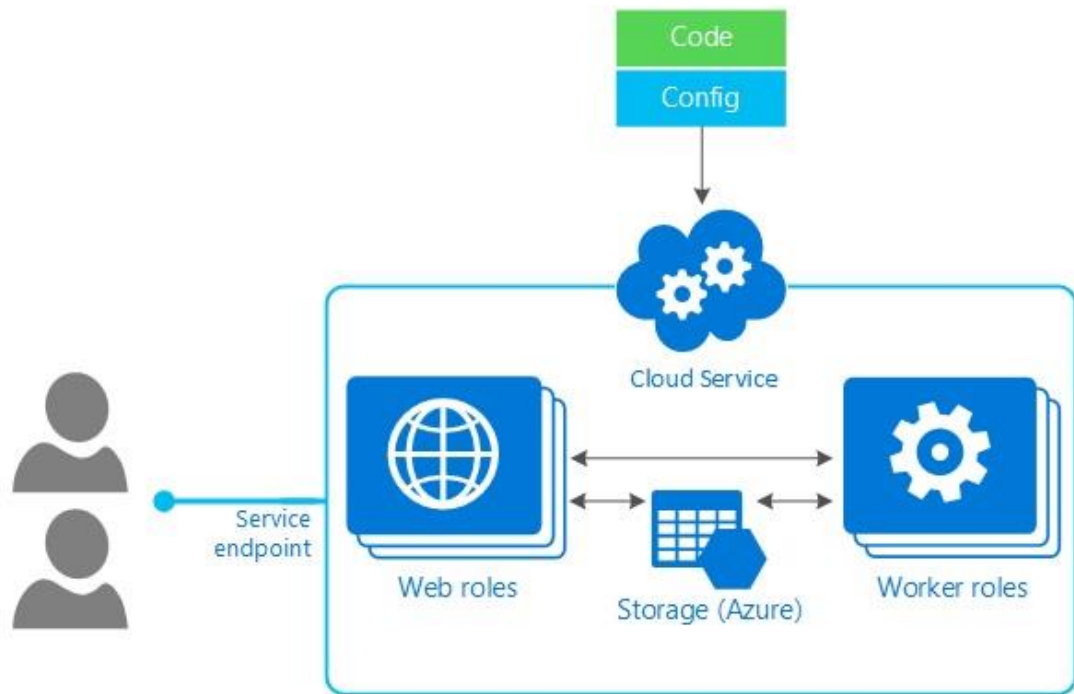
Kuva 4. Google App Enginen ilmaisen käytön rajoitteet per päivä

Google App Enginen käytön kustannukset lasketaan yhden instanssin eli yksikön käyttöön perustuen. Niin kuin yllä olevasta kuvasta 4. voidaan tulkita, niin ilmaisen käytön yksikkörajoitus on 28 tuntia per päivä, ja ylimenevät tunnit maksavat 0.05 \$, mikä vastaa 0.05 € per tunti. Ilmaisen käytön Internetin käyttö on rajoitettu 1 GB:hen per käyttöpäivä, ja ylimenevät GB taas kustantaa käyttäjälle 0.1 \$ eli 0.11€ per 1 GB. Käyttäjän sivuilla vierailevien asiakkaiden Internetin käyttö on kuitenkin ilmaista. Ilmainen pilvitalennustila, joka ei sijaitse Googlen cloud SQL:ssä on 1 GB per päivä. Ylimenevä käyttö maksaa käyttäjälle kuukaudessa 0.18\$ eli 0.16 € per 1 GB. Ilmainen SQL:ssä sijaitseva pilvitalennus on rajoitettu 5 GB:hen per päivä. Ylimenevä tallennustila kustantaa 0.026 \$ eli 0.02 € per 1 GB yhdessä kuukaudessa.

Googlen cloud SQL on Googlen pilvessä sijaitseva MySQL-tietokantapohja, joka tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden hallinnoida tietokantojansa pilvipalvelun avulla. Googlen pilvipalvelu tarjoaa 16 GB RAM:ia ja 500 GB tiedon tallennustilaa. Käyttäjien luoma data säilötään useammassa eri sijainnissa sekä EU:ssa että US:ssä, mikä takaa tiedon saatavuuden kaikkialla. Palvelussa tiedonsalaukseen käytetään Secure Sockets Layer (SSL) enkrytaus protokollaa, joka suojaa käyttäjien palvelimia, joille tietokannat ovat tallennettuna. Pilvipalvelu on saatavilla Pythonille, Javalle, PHP:lle sekä Go:lle. (Google Cloud Platform.)

2.1.3 Microsoft Azure

Microsoftin Windows Azure -palvelu tarjoaa käyttäjilleen useita eri pilvipalveluita, kuten verkkosivutilaa, virtuaalikoneita sekä tallennustilaa. Microsoft Azuren tarjoamia pilvipalveluja ohjailaan virtuaalikoneen (VM) kautta. Käyttäjän on mahdollista päästä käsiksi pilvipalvelun virtuaalikoneeseen ja hallinnoida sitä itse. Niin kuin alla olevasta kuvasta 5. voidaan nähdä, palvelu tarjoaa kaksi erilaista vaihtoehtoa käyttäjälle hallinnoida pilvipalveluiden VM:ää, ”web”-roolin ja ”worker”-roolin. Web -roolissa Windows Server pyörittää käyttäjän web sovellusta automaattisesti käyttäen apunaan IIS. Worker-rooli taas pyörittää Windows Serveriä ilman yhteyttä IIS:ää Web-roolia hyödyntävät sekä yksiulotteiset että moniulotteiset sovellukset. Yksiulotteiset sovellukset eivät tarvitse välttämättä worker-roolia web-roolin lisäksi toimiakseen, toisin kuin moniulotteisemmat sovellukset. Microsoftin tarjoamassa palvelussa kaikki saman sovelluksen virtuaalikoneet on sijoitettu samaan pilveen, mistä johtuen sovelluksen käyttäjät kirjautuvat palveluun kaikki samaa julkista IP-osoitetta käyttäen. Virtuaalikone, jossa kyseinen sovellus on, jakaa kuormituksen tasaisesti pystyäkseen näin välttämään yksittäisen kovalevyn kaatumisen. Azuren pilvipalvelun käyttäjä ei itse luo virtuaalikoneita, vaan käyttäjä lähettää palvelulle tiedoston, jossa on selitetty kuinka monta ja mitä roolia kyseinen käyttäjä tarvitsee käyttöönsä. Tämän jälkeen Azuren pilvipalvelu luo ne valmiiksi käyttäjälle. Virtuaalikoneiden määrä riippuu sovelluksen monimutkaisuudesta, koosta ja sen käsittelemästä datan määrästä. (Microsoft Azure (CS).)



Kuva 5. Microsoft Azuren pilvipalvelun toimintamalli

For websites, small-to-medium databases, and other everyday applications

INSTANCE	CORES	RAM	DISK SIZES	PRICE
A0	1	0.75 GB	19 GB	€0.0169/hr (~€13/mo)
A1	1	1.75 GB	224 GB	€0.0675/hr (~€51/mo)
A2	2	3.5 GB	489 GB	€0.135/hr (~€101/mo)
A3	4	7 GB	999 GB	€0.2699/hr (~€201/mo)
A4	8	14 GB	2,039 GB	€0.5398/hr (~€402/mo)

Prices don't include tax. Monthly price estimates are based on 744 hours of usage.

Kuva 6. Virtuaalikoneen käytön kustannukset per yksi instanssi

Palvelu tarjoaa useita eri maksuvaihtoehtoja käyttäjilleen. Palvelusta voidaan maksaa pay-as-You-Go -menetelmän mukaan, jolloin käyttäjä maksaa vain siitä, kuinka paljon käyttää palvelua kuukaudessa. Tai käyttäjä voi tilata joko 6 tai 12 kuukauden palvelupaketin. Tarkemmin palvelun kuukausimaksuja voidaan tarkastella edellä olevasta kuvasta 6. Siitä nähdään, että kuukausimaksu nousee aina instanssien, ytimien sekä muistin määrän noustessa.

Azuren pilvipalvelu-sovelluksen tekeminen on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa sovelluksen haltija lataa sovelluksensa pilvipalvelu alustalle, jonka jälkeen toisessa vaiheessa lähetetään sovelluksen julkaisu pyyntö Azuren portaaliin. Olemassa olevan sovelluksen päivittäminen toimii samalla tavalla, tällä tavoin vältetään sovellusta sillä kyseisellä hetkellä käyttävien häiritseminen. Fyysisen palvelimen kaatuessa Azuren pilvipalvelu uudelleen käynnistää virtuaalikoneen uudessa koneessa, joka oli palvelimen kaatuessa käynnissä. Azuren pilvipalvelut siis suojaavat kova-levyjen lisäksi myös virtuaalikoneiden ja ohjelmien kaatumisen. Virtuaalikoneen kaatuessa pilvipalvelu käynnistää sovelluksen uudessa virtuaalikoneessa. (MA Cloud Service.)

Azuren pilvipalvelussa tiedonsalaukseen käytetään Secure Sockets Layer (SSL) enkrytaus-protokollaa. Mahdollista on luoda myös palvelusertifikaatti, joka voidaan allekirjoittaa toisella luotetulla sertifikaatilla tai se voidaan allekirjoittaa itse. Kyseisissä sertifikaateissa voidaan käyttää julkista tai yksityistä avainta. Sertifikaattien tehtävänä on suojata palveluun menevä ja sieltä päin tuleva liikenne Internetin yli. (MA Cloud Service.)

3 MEDIASISÄLTÖ

Tässä luvussa käsitellään streamausta ja lähetettävän streamin eri muotoja. Kappaleessa käydään läpi myös erilaisia streamin lähetysprotokollia ja suoritetaan niiden välistä vertailua.

3.1 Streaming

Streaming eli suoratoisto tarkoittaa internetin multimediasisällön, audio- tai videomuotoisen sisällön lataamistapaa verkon yli fyysiselle laitteelle. Suoratoistettava materiaali voi olla valmiiksi taltioitua tai se voidaan lähettää suorana lähetyksenä, eli niin sanottuna live-lähetyksenä, esimerkiksi web-kameran välityksellä. Suoratoistettavaa videomateriaali voidaan ladata joko reaaliajassa tai progressiivisesti. Videon lataaminen reaaliajassa mahdollistaa tiedoston katsomisen tai kuuntelemisen aloittamisen jo ennen kuin koko tiedosto on edes latautunut laitteelle. Tämän tekee mahdolliseksi puskurimuisti, eli väliaikainen muisti, jonne videota ladataan samalla kun katsoja katsoo sitä. Jos lataus keskeytyy jostain syystä, niin esimerkiksi video näkyy katsojalle siihen saakka, mihin se oli ehtinyt latautua, ja sitten se pysähtyy. Reaaliajassa suoratoistettavaa videota on myös mahdollista skaalata katselun aikana. Videon progressiivisessa lataamisessa video näytetään katsojalle yhtä aikaa, kun sitä samalla ladataan käyttäjän päätelaitteelle.

Video On Demand (VOD)

Video On Demand on Internetin välityksellä toimivaa videon lähetysteknologiaa, joka sisältää suoratoistettavaa video- ja äänimateriaalia. Sen ansiosta katsoja voi ladata tiedoston jälkikäteen ja katsoa sen hänelle itselleen sopivana ajankohtana. Laitteet, joilta VOD-muotoisia lähetyksiä voidaan katsoa, ovat fyysinen tietokone, digitaalisovitin eli digiboxi sekä älypuhelimet. VOD-muotoisia tiedostoja ovat Internetissä esimerkiksi elokuvat, joita käyttäjä voi ladata sieltä omalle fyysiselle koneelleen. Myös erilaiset elokuvien vuokrauspalvelut verkossa tarjoavat asiakkailleen VOD-muodossa olevia elokuvia. Tällaisia palveluntarjoajia ovat esimerkiksi Elisa viihde, CDON.com sekä Netflix. Tällöin tiedoston täytyy olla ensin kokonaan latautunut ennen kuin sitä voidaan ryhtyä katsomaan.

Live Streaming

Live Streaming eli reaaliaikainen live-lähetys tarkoittaa sitä, että videoja/tai äänimateriaalia lähetetään suorana lähetyksenä reaaliajassa fyysisen verkon yli katsojalle. Live-lähetykset kuvataan esimerkiksi web-kameralla tai videokameralla, joka on yhdistetty internettiin. Suosituimpia live-lähetyksen aiheita ovat urheilutapahtumat sekä konsertit.

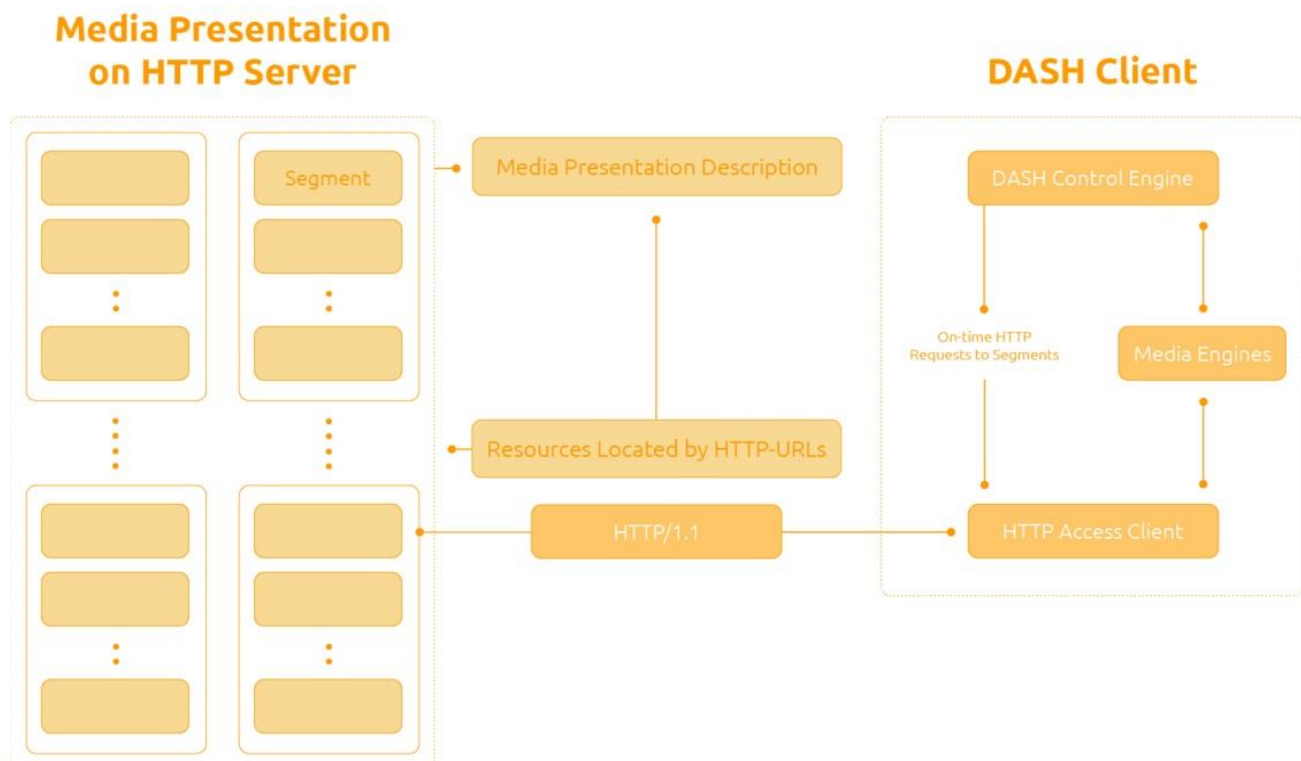
3.2 Adaptiivinen streamaus

Adaptiivinen streamaus eli mukautuva streamaus tarkoittaa sitä, että verkon yli lähetettävä streami pystyy mukautumaan videota vastaanottavan katsojan laitteen kaistanleveyden kapasiteetin mukaan muuttamalla lähetettävää streamia. Tämän teknologian avulla pystytään tuottamaan useampi lähetettävä tiedosto samasta lähdetiedostosta, jolloin kullekin katsojalle löytyy sopiva lähetettävä streami, joka vastaa heidän laitteensa suoritus-ehoja ja yhteysnopeuksia. Adaptiivinen streamaus käyttää streamin lähettämiseen katsojille apunaan sekä RTMP- että HTTP -videonlähetyksetprotokollia. Adaptiivinen streamaus käyttää HTTP-porttia, minkä vuoksi se ei hyödynnä välityspalvelimia tai erillisiä välimuisteja tai palomuureja, jonka ansiosta se on hyvin kustannustehokas ja taloudellinen vaihtoehto videon välitykselle. (Ozer, J. 2011.)

Adaptiivisista streamaus protokollista käytetään myös nimitystä HTTP Adaptive Streaming (HAS). ”Kyseiset protokollat pohjautuvat HTTP-protokollaan, ja ne on suunniteltu alun perin toimimaan HTTP:tä käyttävissä verkoissa, joista hyvä esimerkki on Internet” (Ozer 2011). Adaptiivisten streamaus protokollien käytön yleistymisen ja suosion kasvaminen johtuu sen kyvystä päästä palomuurien lävitse saumattomasti. Myös kustannustehokkuus sekä protokollan yhteensopivuus suurimman osan markkinoilla olevista päätelaitteista on johtanut sen yleistymiseen. Suoratoisto palvelun loppukäyttäjille adaptiivinen streamaus luo hyvälaatuisen videon ja mahdollistaa parhaan katselu kokemuksen ilman videon pätkimistä ja puskurointia. (Ozer, J. 2011.)

3.2.1 MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH)

MPEG-DASH on MPEG (Moving Picture Expert Group) kehittänyt videonpakkaus standardi ISO/IEC 23009, jonka avulla pystytään katsomaan ja lataamaan videoita Internetistä mahdollisimman monella eri päätelaitteella. DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) tuotiin ensimmäistä kertaa ihmisten tietouteen vuonna 2012 Lontoon Olympialaisten yhteydessä, kun Vlaamse Radio- en Televisieomroeporganisatie (VRT) kokeili standardin kiinnostavuutta tarjoamalla ihmisille mahdollisuuden katsoa kisoja suoraan omista älypuhelimista ja muista päätelaitteista. (Encodin.com (M-D). 2016.)



Kuva 7. MPEG-DASH:in toimintamalli

Edellisen sivun kuvassa 7. on kuvattu DASH:iä käyttävän Client:in eli multimedia playerin ja HTTP-palvelimen välisen multimediasisällön lähetyksen kulku. Ensiksi lähetettävä sisältö täytyy enkoodata ja paketoita sopivaan formaattiin ja sopiville kaistanleveyksille. Seuraavaksi streamattava sisältö voidaan tallentaa HTTP-palvelimelle. (Encodin.com (M-D). 2016.)

Materiaalin lähetykseen käytetään HTTP-välitys protokollaa. Palvelimella oleva multimediasisältö on varastoituna siellä sekä Media Presentation Description (MPD) että erillisiksi osioiksi jaettuna. MPD-manifestitiedosto sisältää tiedot käytettävissä olevan, osiin jaetun multimediasisällön eri ominaisuuksista, kuten materiaalin MIME-tyypin, kuvasuhteen, osioiden sisällönpituudet ja niiden sijainnin HTTP-palvelimella. Eri osiot taas sisältävät lähetettävän multimedian bittivirran, joka on jaoteltuna sopivan kokoisiksi paloiksi. Osiot voivat esiintyä yhtenä tai useina tiedostoina. Seuraavaksi MPD-manifestitiedosto lähetetään HTTP-palvelimelta DASH Clientille. MPD:n avulla asiakas saa tietoonsa osioiden järjestyksen ja niiden sisällön, sekä kaistanleveyden kapasiteetin. Seuraavaksi DASH Client etsii itselleen sopivimman vaihtoehdon ja aloittaa streamattavan multimediasisällön siirron palvelimelleen. Siirto tapahtuu hankkimalla aikaisemmin mainitut ns. osiot käyttäen apunaan HTTP GET -pyyntöjä. (Encodin.com (M-D). 2016.)

Taulukko 1. Taulukossa on kuvattu mediapalvelimien DASH tuki ominaisuutta.

Media palvelin	DASH tuki löytyy	DASH tukea ei ole
Akamai	x	
Wowza Streaming Engine	x	
Azure Media Services	x	
JW Plathform	x	

DASH:n etu muihin standardeihin nähden on se, että siinä yhdistyy kaikkien nykyisten standardien edut sekä adaptiivisen ja dynaamisen streamauksen teknologiat, jonka ansiosta se on päätelaiteriippumaton. Niin kuin edellä olevasta taulukosta 1. voidaan tulkita, DASH:n tukiominaisuus löytyy kaikista tässä vertailussa mukana olevista mediapalvelimista. Se on myös varsin taloudellinen videonpakkaamisen vaihtoehto kuluttajalle, sillä jaettavasta mediasisällöstä luodaan ainoastaan yksi tiedosto videon enkoodausta ja suoratoistoa varten. Tämä tiedosto on yhteensopiva useimpien markkinoilta löytyvien päätelaitteiden kanssa.

Internetselaimet, jotka tukevat HTML5 video tagissa toistettavaa DASH streamia käyttävät siihen apunaan Media Source Extension (MSE) sekä Encrypted Media Extensions (EME) -rakenteita. Nämä kyseiset rakenteet on tehty JavaScriptille käytettäväksi yhdessä HTML5 sekä MPEG-DASH:n kanssa. Ne mahdollistavat suoratoistettavan tai taltioitun videomateriaalin katsominen sulavasti erilaisten alustojen välillä riippumatta streamin varsinaisesta toimintaympäristöstä. MSE ja EME mahdollistavat Digital Rights Management (DRM) järjestelmän käytön. Molempia järjestelmiä käytetään niiden Application Programming Interface:n (API) kautta.

MSE-rakenne parantaa videon ja äänen ominaisuuksia, jotta ne voidaan dynaamisesti muuntaa streamiksi ilman, että tarvitsee käyttää mitään laajennuksia. Tämä mahdollistaa esimerkiksi adaptiivisen streamauksen, live streamauksen, videoiden muokkauksen ja yhdistämisen. Videoiden yhdistämisen ansiosta videoklippeihin voidaan niiden toiston aikana lisätä mainoksia mihin tahansa kohtaan videon aikajanalla.

EME-rakenteen avulla pystytään luomaan yhteys web-selaimen ja DRM-järjestelmän välille. Sen ansiosta HTML5 video pystyy toistamaan sisältöä, joka on DRM:ää käyttäen suojattu ilman, että tarvitsee käyttää erillisiä laajennuksia kuten Adobe Flash. Tällaista suojattua sisältöä on esimerkiksi video streamit.

Muutama hyvä esimerkki MPEG-DASH:ä käyttävistä ja standardia tukevista suurista yrityksistä ovat You Tube, Google sekä Samsung. Etuihin lukeutuvat myös DASH:n riippumattomuus koodekista tai tiedostoformaattista, yhteensopivuus sekä H.264/AAC ja VP8/Vorbis kanssa, useiden eri MPD-manifestitiedostojen tuki sekä VOD että live stream muotoisille multimediatiedostoille. Ehdoton valttikortti, mikä DASH:llä on hallussaan, on sen IT-teollisuudelta saama laaja tuki useilta eri yhteistyökumppaneilta. (Encodin.com (M-D). 2016.)

3.2.2 HTTP Live Streaming (HLS)

HLS on Applen kehittämä protokolla, joka suunniteltiin käytettäväksi yhdessä heidän iOS-laitteiden kanssa. HLS on kasvattanut suosiotaan streamaus protokollana mobiililaitteiden ja muiden päätelaiteiden keskuudessa. Useimpien valmistajien videoistimet tukevat HLS protokollaa. HLS on useiden mediapalvelimien kanssa yhteensopiva, kuten Wowza Streaming Enginen. Kyseinen protokolla on mahdollista ottaa käyttöön lähes kaikissa palvelimissa, jotka tukevat HTTP-protokollaa. HLS video player pystyy toistamaan monien suoratoistopalveluiden sekä CDN:n (Content Delivery Network) kautta streamia. Mikäli lähettäjän streami ei ole yhteensopiva HLS-playerin kanssa, voidaan streami myös muokata ja pakata uudelleen sellaisiksi paketeiksi, jotka sopivat HLS playerin kanssa yhteen. (Verizon. 2016.)



Kuva 8. HTTP Live Streaming eli HLS toimintamalli

Edellisellä sivulla olevasta kuvasta 8. voidaan nähdä HLS-tekniikan valmistaman enkoodaus-vaiheessa videosta useita tiedostoja, jotka poikkeavat toisistaan kuvasuhteen ja kaistanleveyden vaatimuksensa vuoksi. Enkoodauksen HLS-protokolla käyttää apunaan mpeg koodekkia.

Streamien salaukseen HLS käyttää AES-128 salausta, joka käyttää 16:sta oktetti avainta. Salaus suoritetaan yhdellä seuraavista tavoista. Enkryptauksessa voidaan käyttää apuna jo olemassa olevaa salausavainta, satunnaisesti luotua uutta avainta tai käyttämällä uutta avainta, joka luodaan aina jokaiselle videon osioille. Lisäturvaa salausavainten lisäksi tuo salattu yhteys web-palvelimen ja Internetselaimen välillä, joka on luotu Security Socket Layer (SSL) -salaustekniikan avulla.

3.2.3 Microsoft Smooth Streaming (MSS)

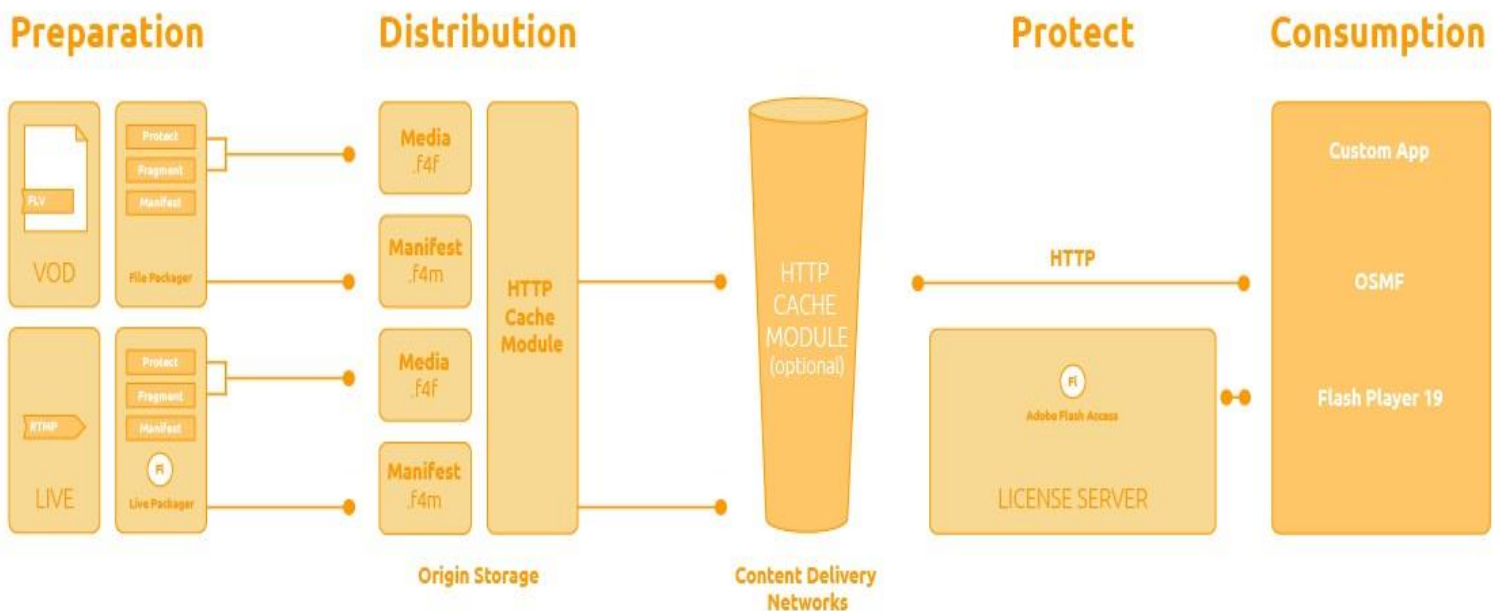
Tämä kyseinen protokolla julkaistiin vuonna 2008 osana Microsoftin Silverlight-konseptia. Sen avulla voidaan streamata adaptiivisesti multimediasisältöä verkossa yli HTTP:n. MSS käytettiin alkuun suoratoistamaan On Demand -muotoisia videoita. Smooth Streamin perustuu HTTP-protokollan progressiiviseen lataamiseen. Sillä tarkoitetaan videon latautumista verkosta käyttäjän fyysiselle koneelle siten, että katsoja voi alkaa katsoa videota jo ennen kuin se on latautunut kokonaan. Videota ei voi kuitenkaan skaalata lävitse ennen kuin se on latautunut kokonaan koneelle. MSS-protokollassa video lähetetään pieninä paketteina, yleensä 2 sekunnin mittaisina videopaketteina. Kaikkien pakettien saapuminen oikeaan aikaan ja oikean laatuinen tarkistetaan aina ennen seuraavan paketin lähettämistä. Jos edeltävän paketin kanssa ilmenee ongelmia, seuraava lähetettävä paketti on huonompi laatuinen. Näin pyritään estämään videotoiston katkeaminen tai tahaton puskurointi ja takaamaan katkeamaton katselukokemus käyttäjälle. Eli tasaisen ja hyvälaatuisen videon toiston luomiseksi Smooth Stream luo transkooderin avulla samasta lähdetiedostosta useita paketteja eri bittinopeuksilla. Tämän ansiosta käyttäjä pystyy verkon kaistanleveydestä ja nopeudesta riippuen vaivattomasti vaihtelevaan eri lähetysopeuksien välillä. (Microsoft Smooth Streaming (MSS).)

3.3 Dynaaminen streamaus

Videomateriaalin dynaamisella streamauksella tarkoitetaan sitä, että käyttäjä pystyy muuttamaan videon ominaisuuksia, eli kuvan resoluutiota ja skaalausta, fyysisen koneen tehon ja verkon kaistanleveyden kapasiteetin tarpeen mukaan. Tämän ominaisuuden vuoksi lähetettävästä streamista luodaan useampi erilainen versio, joissa kuvanlaatu ja resoluutio vaihtelevat. Käyttäjän on mahdollista valita versioista omalle koneelle sopivin vaihtoehto, ja muuttaa videota katsoessaan videokuvan ominaisuuksia verkon kaistanleveyden mukaan. Näin saadaan luotua katsojalle mahdollisimman laadukas ja yhtenäinen katselukokemus. Dynaamisessa suoratoistossa lähetettävä video puskuroidaan eli se ladataan katsojan tietokoneen väliaikaiseen muistiin, joka mahdollistaa videon katsomisen ilman sen lataamista kokonaan koneelle.

3.3.1 Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS)

HTTP Dynaaminen streamaus on Adoben kehittämä videon lähetystekniikka, joka toimii yhdessä Flash Player:n kanssa. Käytettävän playerin täytyy olla Adobe Flash Player 10.1 tai sitä uudempi versio, mutta myös Adobe Air 2 tai sitä uudempi versio on yhteensopiva HDS-lähetystekniikan kanssa. Kyseessä on nimestään huolimatta adaptiivinen streamaustekniikka, joka kehitettiin Flash videoiden lähetystä varten. HDS-protokolla tukee sekä live että On Demand -muotoisia streamejä. (Encoding.com (HDS).)



Kuva 9. HTTP Dynamic Streaming eli HDS toimintamalli.

Yllä olevasta kuvasta 9. voidaan tulkita, että siinä MP4-muotoista videota lähetetään HTTP-verkon ylitse palvelimelta vastaanottajan fyysisen koneen flash player:lle. Lähetettävä streami on jaettu segmentiksi eli osioiksi, jotka lähetetään palvelimelta vastaanottajan Flash player:lle. Ennen segmenttien lähettämistä täytyy vastaanottajan hankkia Flash Media Manifest -tiedosto, jotta player osaa toistaa osiot oikeassa toistojärjestyksessä oikeaan aikaan.

HDS-tekniikan etuihin lukeutuu Flash Playerin kyky toistaa lähetettävää videomateriaalia sulavasti eri alustojen välillä streamin varsinaisesta toimintaympäristöstä riippumatta. Etu on myös se, että HDS on rakennettu avoimien standardien varaan, mikä tarkoittaa sitä, että se käyttää standardeitua HTTP-palvelinta, avoimen lähdekoodin mediaformaattia (MP4), sekä koodekkeja (H.264/AAC). ”HTTP Dynamic Streaming tukee erillisiä prosesseja pakatessa ja suojatessa live sisältöä. Tämä mahdollistaa minkä tahansa RTMP streamin helpon muunnettavuuden sellaiseen tiedostomuotoon, joka voidaan kuljettaa läpi HTTP:n.” (HDS.) Interaktiivisuus on myös HDS:n etu, sillä siten lähetettävä videomateriaali voidaan tuoda reaaliaikaan Flash alustalla. Adoben Access tuen ansiosta se tarjoaa käyttäjälleen korkeatasoisen videon lähetyksen suojauksen Flash Player 10.1. Suojauksen saamiseksi käyttäjällä täytyy olla Adoben Access lisenssi hallussaan. (Encoding.com (HDS).)

4 STREAMING-PROTOKOLLA

Streaming-protokollalla tarkoitetaan streamin kuljetukseen erikoistunutta protokollaa, jonka avulla lähetettävä streami saadaan kuljetettua Internetin ylitse katsojalle. Tässä luvussa käsitellään kahta eri streamaus protokollaa, HTTP:tä ja RTMP:tä, ja vertaillaan niiden ominaisuuksia keskenään.

4.1 Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

Hypertext Transfer Protocol on tiedonsiirtoon World Wide Webin (WWW) ylitse käytettävä protokolla, joka on samalla osa suurempaa Internet-protokollaa. Sen tehtävänä on luoda yhteys web-palvelimien ja Internetin välille. Näin tehdessään se luo ensin yhteyden verkkoon, jonka jälkeen se lähettää HTML-sivut käyttäjän selaimelle. HTTP-protokollassa yhteys web-palvelimen ja Internetin välillä ei ole enkryptattu eli salattu. Hypertext Transport Protocol Secure (HTTPS) on vastaavanlainen protokolla, mutta siinä yhteys on salattu. Salattua yhteyttä käytetään esimerkiksi asioidessa verkkopankissa. (HTTP. 2016.)

HTTP käyttää tiedonvälitykseen ja kommunikointiin palvelin-asiakasmallia. Siinä palvelimena toimii HTTP-web-palvelin ja asiakkaana toimii käyttäjän fyysinen päätelaite. Käyttäjän avatessa web-sivun ja kirjoittaessa URL:n sille tarkoitettuun hakukenttään, käytössä oleva web-selain, esimerkiksi Googlen Chrome, lähettää sivuston hakupyynnön palvelimelle. Jos palvelin tunnistaa URL:n ja se pystyy muodostamaan siihen yhteyden, se lähettää käyttäjän selaimelle kyseisen sivuston. HTTP:n luoma yhteys palvelimen ja asiakkaan välillä toimii pyyntö/vastaus-systeemillä. Sillä tarkoitetaan sitä, että yhteys säilyy vain pyyntöjen ajan, jonka jälkeen yhteys katkeaa. (HTTP. 2016.)

4.2 Real Time Messaging Protocol (RTMP)

RTMP on Adoben kehittämä dynaaminen videonkuljetusprotokolla, jonka tehtävänä on paketoita ja multiplexata lähetettävät video/audio streamit verkon ylitse Adobe Flash Playerin ja palvelimen välillä. Multiplexauksella tarkoitetaan rillisten video tai audio streamien yhdistämistä yhdeksi streamiksi. Sen ansiosta pystytään lähettämään montaa video ja audio streamia samanaikaisesti, verkon kaistanleveyttä samalla säästäten. RTMP streamejä voidaan toistaa JW Playerin avulla, joka tukee sekä video On-Demand että live -muotoista videomateriaalia. (JW Player (RTMP). 2015.)

RTMP käyttää kuljetus protokollanaan TCP:tä, joka käyttää porttia numero 1935. Myös tämä videonlähetyksen protokolla pilkkoo lähetettävät streamit segmenteiksi, minkä avulla pyritään luomaan katkeamaton katselu kokemus käyttäjälle. RTMP:tä tukevissa Playereissa on puskurointiominaisuus, jossa video säilötään puskuri eli väliaikaiseen muistiin, eikä tiedostoa ladata kokonaan koneelle. RTMP:n käyttöönotto vaatii RTMP-palvelimen asennuksen host:ille. Mediapalvelimet, joilta löytyy tämän protokollan tuki, ovat Wowza Media Server sekä Adobe Media Server. (JW Player (RTMP). 2015.)

RTMP:n isoin heikkous on se, että kyseistä protokollaa tukee ainoastaan Adoben Flash. HTML5 tuen puutteellisuus on iso miinus. RTMP:llä ei ole myöskään laajaa päätelaitetukea, mistä johtuen sen omaavat HTTP-pohjaiset protokollat, kuten HLS ja MPEG-DASH, tulevat korvaamaan sen tulevaisuudessa. RTMP:n heikkouksiin lukeutuu lisäksi se, että kyseinen videon lähetystekniikka käyttää eri portteja ja protokollia http:n kanssa, mistä johtuen se tulee helposti palomuurien estämäksi. Tunneloimalla yli HTTP:n ongelma ratkeaa, mutta siitä aiheutuu käyttäjälle lisäkustannuksia. Yksi RTMP:n selvä heikkous on se, että se vaatii suuremman kaistanleveyden kapasiteetin, kuin mitä lähetettävän videon tiedonsiirtonopeus on. Verkkoyhteyden riittämättömyys, joko kaistanleveyden tai sen kapasiteetin johdosta, näkyy katsojalle usein videon toiston katkeamisina tai tahattomina puskurointi taukoina. Dynaamisella streamauksen avulla tämä ongelma voidaan välttää, mutta lähetettävien streamien laatu on selvästi huonompi kuin aikaisemmin. (JW Player (RTMP). 2015.)

5 VIDEON PAKKAUS

Videon pakkauksella tarkoitetaan videon pakkausta ennen sen lähettämistä eteenpäin, pienentäen sen tiedostokokoa sopivan kokoiseksi, jotta se vie vähemmän kaistanleveyttä. Enkooderi hoitaa streamin enkoodauksen eli pakkaamisen pienemmäksi ennen sen lähettämistä. Vastaavasti dekooderi purkaa eli dekodaa streamin takaisin alkuperäiseksi, katsottavaan muotoon, videon lähetyksen jälkeen. Videon pakkausmenetelmiä on useita ja niissä on eroavaisuuksia keskenään. Yleisimpiä niistä ovat ITU-T ja ISO videonpakkaus standardit.

Videon pakkausmenetelmät ovat joko häviöllisiä tai häviöttömiä. Häviöllisessä pakkaustekniikassa video menettää joitakin bittejä, eikä dekoodattu lopputuote ole aivan sama kuin alkuperäinen lähdetiedosto. Menetetty bitit näkyvät videossa yksityiskohtien häviämisenä, värivivahteissa voi tapahtua muutoksia ja videon tarkkuus kärsii. Häviöllinen pakkaus hyödyntää ihmissilmän heikkouksia havaita tiettyjä yksityiskohtia, minkä ansiosta kuvista voidaan karsia ns. turhaa informaatiota tiedostokoon pienentämiseksi. Häviötön pakkaustekniikka tarkoittaa sitä, että käsitelty dekoodattu lopputuote on täysin samanlainen kuin käsittelemätön alkuperäinen lähdetiedosto. Häviötön pakkaus toimii hyvin tietokone ohjelmien käytettäväksi, jossa kuvan bittisyyksiä ei voi muokata ilman, että sen silmä huomaa. Häviöttömän pakkauksen huono puoli on sen pakkaussuhteessa, se vaatii enemmän levytilaa ja kaistanleveyttä.

Constant Bit Rate (CBR)

Constant Bit Rate encoding eli jatkuvan bittisyyden enkoodaus on menetelmä, jossa käyttäjä asettaa streamille bittisyys arvon (Bit per second), johon käytössä oleva koodekki sitten pyrkii pääsemään videota pakkaamalla. CBR enkoodausta käyttämällä videon laatu kärsii ja se ei pysy yhdenmukaisena. Videoon tulee kohtia, jotka ovat huonompi laatuista kuin toiset. Constant bit rate toimii paremmin suuremmilla bittinopeuksilla kuin hitailla, sillä silloin laadun vaihtelut eivät ole niin selkeästi havaittavissa. (Microsoft. 2016. CBR.)

Variable Bit Rate (VBR)

Variable Bit Rate encoding eli vaihtelevan bittisyyden enkoodaus on menetelmä, joka pyrkii yksinkertaisesti säilyttämään alkuperäisen streamin laadun tason enkoodauksen aikana. Laatu määrittyy pakkaamisesta aiheutuvan häviön määrän mukaan. Vaihtelevan bittisyyden enkoodausta on olemassa laatuun perustuvaa, rajoittamatonta ja rajoitettua enkoodaus tyyppiä. Laatuun perustuvassa enkoodauksessa asetetaan bittisyyden sijaan lähetettävälle streamille laatumääritys, ja siinä käytetään ainoastaan yhtä enkoodaus-syöttöä. Sen etuna on hyvä ja tasainen laatu. Haittapuolelta taas on epätietoisuus enkoodaukseen tarvittavan kaistanleveyden tarpeesta. Rajoittamattomassa enkoodauksessa asetetaan tavoite bittisyys arvo streamille, mutta kyseistä arvoa käytetään lähetettävän streamin bittisyyden keskiarvona. Etuna siinä on, että streami säilyy korkealaatuisena, ennustettavissa olevalla kaistanleveydestä. Rajoitetussa enkoodauksessa määritellään maximi bittisyys arvo sekä maximi puskurointi-aika, joita koodekki noudattaa pakatessaan streamia. (Microsoft. 2016. VBR.)

5.1 ITU-T ja ISO videonpakkaus standardit

ITU-T eli Video Coding Experts Group (VCEG) standardit ovat jo pitkään olleet markkinoiden johtavat videonpakkaus standardi perhe. Ensimmäinen standardi H.120 tuli markkinoille vuonna 1984. Suosituimmat standardit ovat H.120 ja H.26x -sarjan pakkausmenetelmät. (JW Player (RTMP). 2015.)

Taulukko 2. Taulukossa on kuvattuna H.26x -sarjan videon pakkausstandardit ja niiden julkaisuvuodet.

STANDARDI	TEKIJÄ	JULKAISUVUOSI
H.120	ITU-T	1984
H.261	ITU-T	1990
H.262	ITU-T ISO/IEC	1996
H.263	ITU-T	1995
H.264 (AVC)	ITU-T ISO/IEC	2003
H.265 (HEVC)	ITU-T ISO/IEC	2013

Edellä olevasta taulukosta 2. voimme tulkita, että ITU:n itse kehittämiä menetelmiä ovat H.120, H.261 ja H.263. Sarjan muut standardit on kehitetty yhteistyössä ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 (Joint Technical Committee 1, Subcommittee 29, Working Group 11) kanssa, jonka tunnemme tutummin nimellä MPEG. Niitä ovat H.262, H.264 (AVC) ja H.265 (HEVC).

H.264 (MPEG-4 Part 10 / AVC)

H.264 koodekki on kahden työryhmän yhteistyön tuloksena syntynyt, yleisin käytetty videonpakkaus standardi. Kehittämässä sitä olivat ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) sekä ISO/IEC JTC1 Moving Picture Experts Group (MPEG). Ensimmäinen versio siitä julkaistiin markkinoille vuonna 2003. H.264 eli Advanced Video Coding (AVC) on video koodekki, joka käyttää häviöllistä pakkausmenetelmää. Sen videon tiedonsiirtonopeus per sekunti voi vaihdella 64kb jopa 960Mb saakka. Koodekki kehitettiin tarjoamaan katsojille saman laatuista videokuvaa kuin aikaisemmatkin koodekit, mutta puolet pienemmällä tiedostokoolla. AVC-videon pakkausmenetelmässä streami enkoodataan eli pakataan ensin pienempään tiedostokokoon ja lähetetään loppukäyttäjälle, jonka jälkeen koodekki dekodaa eli purkaa streamin takaisin katseltavaan muotoon. H. 264 standardi käyttää apunaan videonpakkauksessa I-, P ja B – frameja eli kehyksiä. (Ozer, J. 2009.)

Useimmissa tämän päivän video playereistä löytyy H.264 tuki. Esi-merkiksi Windows Media Player, VLC player sekä Applen Quick Time players. H.264 videon pakkausstandardi kehitettiin käytettäväksi korkealaatuisissa digitaalitelevisioissa, DVD:ssä, Blurayssä sekä internetissä videon streamaukseen.

H.265 (MPEG-H Part 2 / HEVC)

High Efficiency Video Coding (HEVC) on H.264 seuraaja ja paranneltu versio siitä. HEVC on myös syntynyt H.264:n lailla VCEG:n sekä MPEG:n työryhmien yhteistyön tuloksena. H.265 on vuonna 2013 markkinoille tuotu, käyttäjille maksullinen koodekki. Sen merkittävin parannus edeltäjästään on sen kyky pystyä pakkamaan lähetettävä tiedosto puolet pienempään tiedostokokoon kuin H.264. Kyseisestä koodekista voi hyötyä kahdella eri tavalla, eli joko pakkaamalla tiedosto puolet H.264 pienemmäksi tiedostoksi, ja saada näin lopputulokseksi samanlaatuista videostreamia. Tai sitten H.265:llä voi myös saada aikaiseksi paljon parempi laatuista videon pakkaamalla lähetettävän streamin vastaavan kokoiseksi tai vastaavilla bittisyysarvoilla kuin H.264. (Smith, M. 2015.)

AVC:lla on vain 8 kuvan sisäistä liikkeenennustusvektoria, kun taas HEVC:lla vektoreita on 35, minkä ansiosta se pystyy enkoodaamaan kuvia paremmalla tarkkuudella. H.265 pystyy kuvailemaan tarkemmin kuvissa esiintyvät yksinkertaiset, väritykseltään tasaiset alueet. H.265:ssä on myös uusi paranneltu lohkoutumisenesto suodin. (Smith, M. 2015.)

H.264 koodekin etu on se, että se on käytetyin koodekki tällä hetkellä, ja kaikista kuluttajien päätelaitteista löytyy sen tukiominaisuus. H.265 ei ole vielä niin yleistynyt, eikä sen tukiominaisuutta ei löydy läheskään kaikista päätelaitteista. Sen suosio on kuitenkin kovassa kasvussa, ja Windows julkaisikin vuonna 2015 uuden käyttöjärjestelmänsä, Windows 10, josta löytyy H.265 tukiominaisuus. Mutta H.265 voittaa H.264:n kyllä menen tulen sen tehokkuudella pienentää tiedostokoko puoleen. (Smith, M. 2015.)

VP9 (Libvpx)

VP9 on Googlen vuonna 2012 kehittämä koodekki, joka tehtiin kilpailemaan H.265:n eli HEVC:n kanssa. Niin kuin alla olevasta taulukosta 3. voidaan nähdä, niin VP9 on avoimen lähdekoodin koodekki eli käyttäjälle täysin ilmainen. Ja siinä käytettävien macroblockien koko on jopa 64 x64 pixeliä. Se kehitettiin aikaisemman version VP8 pohjalta. VP9:llä on laaja laitetuki ja ohjelmistojen tuki takanaan. Sitä tukevat esimerkiksi YouTube, sen dekodeausta tukee 4.4 KitKat ja sitä uudemmat Android käyttöjärjestelmän puhelimet, Windows 10, VLC player. (VP9. 2016.)

Taulukko 3. Taulukossa vertaillaan eri koodekkien välisiä ominaisuuksia.

KOODEKKI	MAKSULLINEN	MACROBLOCK SIZE	VEKTOREIDEN LKM
H.264	KYLLÄ	16x16 pixels	8
H.265	KYLLÄ	64x64 pixels	35
VP9	EI	64x64 pixels	?

MPEG perustettiin vuonna 1988 Hiroshi Yasudan sekä Leonardo Chiariglioneen toimesta. Työryhmän ensimmäinen kokoontuminen yhdessä järjestettiin vuonna 1988 Kanadassa. Seuraavan sivun taulukossa 4. näkyy kaikki MPEG:in kehittäneet videon pakkausstandardit ja niiden julkaisuvuodet. (Moving Picture Experts.)

Taulukko 4. Taulukossa on kuvattuna MPEG standardi perheen jäsenet ja niiden julkaisuvuodet.

STANDARDI	ISO/IEC STANDARDI	JULKAISUVUOSI
MPEG-1	ISO/IEC 11172	1993
MPEG-2	ISO/IEC 13818	1995
MPEG-3	ISO/IEC 14496	1995
MPEG-4	ISO/IEC 15938	1999
MPEG-7	ISO/IEC 21000	2002
MPEG-21	ISO/IEC 23000	2001
MPEG-A	ISO/IEC 23001	2007
MPEG-B	ISO/IEC 23002	2006
MPEG-C	ISO/IEC 23003	2006
MPEG-D	ISO/IEC 23004	2007
MPEG-E	ISO/IEC 29116	2007
MPEG-V	ISO/IEC 23005	2011
MPEG-M	ISO/IEC 23006	2010
MPEG-U	ISO/IEC 23007	2010
MPEG-H	ISO/IEC 23008	2013
MPEG-DASH	ISO/IEC 23009	2012

Taulukko 1. Taulukossa kuvataan eri streamaus protokollien sisältämiä koodekkien tuki ominaisuuksia.

Protokolla	H.264 tuki	H.265 tuki	VP9 tuki
MPEG-DASH	x	x	x
MSS	x		
HLS	x		
HDS	x		x

Edellä olevasta taulukosta 5. voidaan nähdä, että DASH:stä löytyy kaikkien kolmen koodekin tukiominaisuus. Se on myös ainut streamausprotokolla, josta löytyy tällä hetkellä H.265:n tuki. Kaikista neljästä protokollasta löytyy yleisimmän koodekin eli H.264:n tuki. VP9 koodekin tuki löytyy ainoastaan DASH:stä ja HDS:stä. H.265:n ja VP9:n tuen puuttuminen johtuu siitä, että näiden uusien koodekkien suosio ei ole vielä räjähtänyt.

5.2 Framet

Frameja eli kehyksiä on olemassa I-, P- ja B -kehykset. Niitä käytetään apuna esimerkiksi videon pakkaamisessa, animaatioiden luomisessa sekä 3D-teknologiassa.

B-framet

B-frame (Bi-predictive picture) eli B-kehys sisältää ainoastaan osan kuvan sisältämästä informaatiosta, joten se vie vähemmän tallennustilaa ja sen kuvan pakkaustehokkuus on parempi kuin I-kehysten. B-kehys käyttää oman kehyksen lisäksi apunaan referenssi-kehyksiä, ja sisältää muuttuneen informaation sekä edellisestä (P-frame) että seuraavasta (I-frame) kehyksestä. Näin ollen se on kaikista kolmesta kehyksestä pakkaustehokkain, sekä tallennustilaa säästävin. (Framet.)

I- ja P -framet

I-frame (Intra-coded picture) eli kehys tunnetaan myös toisella nimellä, joka on key frame (Avain kehys). Kyseiset framet eivät käytä informaatiota muista referenssi-kehyksistä. I-frames ovat kolmesta frameista korkealaatuisimpia, mutta niiden kuvien pakkaustehokkuus on vastaavasti huonoin. Avainkehysten sisältämä informaatio määrittää videon aikajanalla sen, milloin siirtymät alkavat tai loppuvat. Aikajanalla täytyy aina olla kaksi avainkehystä, sekä siirtymän alussa että lopussa. Niiden väliin jäävät kehykset interpoloidaan, jolla saadaan luotua silmille kuvitelma, että ikäänkuin kuvat liikkuisivat. Tätä tekniikkaa käytetään animaatioiden luomisessa sekä 3D-teknologiassa. Multimedian erilaisissa käsittelyvaiheissa, kuten videon pakkauksessa voidaan käyttää apuna avainkehyksiä. Frameja hyödyntävä videon pakkaustekniikka on esimerkiksi H.264 koodekki. (Key frame.)

P-frame (Predicted picture) eli P-kehys sisältää ainoastaan osan kehyksen informaatiosta, eli muuttuneen informaation verrattaessa edelliseen kehykseen. P-kehys käyttää siis apunaan myös referenssikehystä, I-kehystä. P-kehys on myös tästä syystä I-kehystä pakkaustehokkaampi ja vie vähemmän tallennuskapasiteettia. P-kehys on samalla kuitenkin B-kehystä huomattavasti pakkaustehokkaampi. (Framet.)

Adaptiivisessa streamauksessa videonpakkaukseen käytetään apuna kehyksiä. Lähetettävä video jaetaan osioihin eli sekvensseihin, jotka määrittävät aina alkavan ja loppuvan avainkehykseen. Osion alkuun tulee yksi avainkehys ja loppuun toinen. Osioiden pituuden katsoja voi määrittää itse. Adaptiivisessa streamauksessa osioiden väli kannattaa asettaa melko tiheään, eli noin muutaman sekunnin välein. Sen ansiosta katsoja saa yhtenäisemmän katselukokemuksen kun eri kuvanlaatuisten välillä siirtyminen käy helpommin. Katsojan verkkoyhteyden taso määrittää katseltavan streamin laadun. Verkon hidastuessa video player joutuu pudottamaan osan kehyksistä katkeamattoman katselukokemuksen takaamiseksi. Kehysten pudottamisella tarkoitetaan sitä, että player ei pysty toistamaan kaikkia kehyksiä. Tämä taas johtaa katseltavan streamin kuvanlaadun väliaikaiseen huonontumiseen, kunnes verkon nopeus ja kaistanleveys taas paranevat.

6 MEDIAPALVELIN

Mediapalvelimella tarkoitetaan palvelinta, joka käsittelee ja hallinnoi kaikkia multimediasovelluksia ja -tiedostoja fyysisellä koneella. Sen tehtäviin kuuluu luoda media streameja ja hallinnoida streamien pakkausta eli enkoodausta ja purkamista eli dekodeausta. Tässä luvussa käydään läpi kolme eri mediapalvelin-vaihtoehtoa ja suoritetaan niiden välistä vertailua. Vertailukohteita ovat Wowza Streaming Engine, Azure Media Services sekä JW Platform. Lisäksi kappaleessa käydään läpi eri video player vaihtoehtoja, jotka ovat yhteensopivia edellä mainittujen mediapalvelinratkaisujen kanssa. Video playereiden välisessä vertailussa mukana ovat JW player, HTML video player, Dash JavaScript player sekä Flowplayer.

6.1 Wowza Streaming Engine

Wowza Media Systems on vuonna 2005 kehitetty sovellus, jonka kehittäjinä toimivat David Stubenvoll ja Charlie Good. Wowza Media Systemsillä on kolme toimistoa maailmalla, jotka sijaitsevat Coloradossa (USA), Californiassa (USA) sekä Saksassa (EU). Wowza Streaming Engine, jota käsitellään tässä kappaleessa, julkaistiin markkinoille vuonna 2014. (Wowza History.)

Taulukko 2. Taulukossa on kuvattu Wowza Streaming Engine media palvelimen ominaisuuksia ja listattu sitä tukevat streamaus protokollat.

Streamaus protokolla, jolta löytyy Wowza tuki	Player	Video on Demand streaming	Live Video streaming
MPEG DASH	MPEG DASH	x	x
HDS ja HLS	Flash HTTP	x	x
Adobe Media Server	Flash RTMP	x	x
MSS	Silverlight	x	x

Edellä olevassa taulukossa 6. on listattuna kaikki Wowza Streaming Engine:ä tukevat streamaus protokollat, joita ovat MPEG-DASH, HDS, HLS, Adobe Media Server sekä MSS. Wowza:n mediapalvelimelta löytyy kaikille protokollille oma Wowzan kanssa yhteensopiva video player. Myös kaikilla streamaus protokollilla on mahdollista streamata Wowza:n avulla sekä live että OnDemand -muotoisia suoratoisto lähetyksiä.

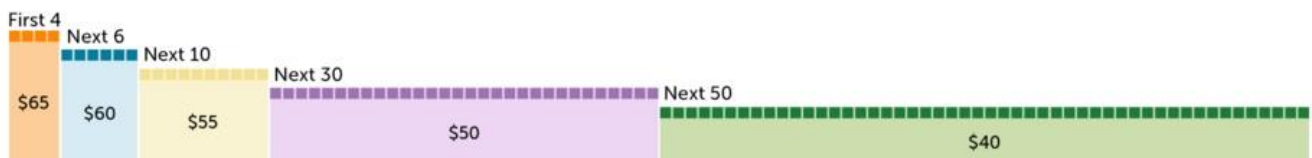


Kuva 10. Wowza Streaming Enginen toimintamalli

Wowza Streaming Enginen avulla käyttäjä pystyy samanaikaisesti lähettämään sekä suoratoistettavaa video- että äänimateriaalia katsojille käytämällä ainoastaan yhtä ja samaa streamia. Niin kuin edellisellä sivulla olevasta kuvasta 10. voidaan tulkita, Wowza:n mediapalvelin on yhteensopiva kaikkien videosoittimien ja markkinoilla olevien päätelaitteiden kanssa. Wowza:n avulla käyttäjä pystyy lähettämään streamia protokollasta riippumatta, sekä RTMP:tä että HTTP:tä käyttäen. Kyseinen mediapalvelin tukee myös laajalti erilaisia streamaus tekniikoita, kuten HLS, MPEG-DASH sekä MSS. Wowza käyttää apunaan adaptiivista streamausta. Wowza tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuutta parantaa käyttäjäkokemusta hankkimalla live audio ja video transkoodausominaisuuden. Sen avulla Wowza pystyy tavoittamaan kaikki katsojien päätelaitteet, niiden suoritus-tehojen ja kaistanleveyden kapasiteetin eroista huolimatta. Transkoodauksella tarkoitetaan video streamin uudelleen enkoodausta sellaiseen muotoon ja bittisyyteen, että se on yhteensopiva kaikkien katsojien päätelaitteiden kanssa. Tämän Wowza:n rajattoman transkoodauksen ominaisuuden ansiosta vältetään etukäteismaksuilta, ja käyttäjä maksaa vain käytöstä. (WSE.)

Wowza:n avulla käyttäjä pystyy luomaan live-lähetyksiä sekä lähettämään jo taltioitua OnDemand muotoista suoratoisto materiaalia katsojilleen. Myös streamattavan materiaalin skaalaus onnistuu, sekä live että OnDemand videoita katsottaessa. Wowza käyttää käyttäjän streamien ja verkon salaukseen linkkisalausta, sekä Wowza:n omaa ilmaista StreamLock AddOn ratkaisua verkkoyhteyden salaukseen. Se luo 256 bittisen Secure Sockets Layer (SSL) suojan RTMPS ja HTTPS streamien suojaukseen. RTMP ja RTSP streamien julkaisuun käyttäjän tulee asettaa salasana tunnistautumisen yhteyteen, jotta tunnistamattomat päätelaitteet eivät voi streamata kyseisen käyttäjän mediapalvelimen kautta, ainoastaan varmennetut IP-osoitteet voivat. (WSE.)

Wowza Streaming Engine Monthly Price Per Instance



Pricing is cumulative as you add instances. For example, if you run 7 instances, you pay:

\$65/month x 4 (first 4 instances)	= \$260
\$60/month x 3 (next 3 instances)	= \$180

TOTAL: \$440/month

Kuva 11. Wowza Streaming Enginen kuukausittaiset käyttökustannukset.

Edellisellä sivulla olevassa kuvassa 11. on selitetty Wowza:n käyttökustannuksia. Yksi ”instance” tarkoittaa yhtä Wowza Streaming Enginen mediapalvelimen latausta yhdelle fyysiselle päätelaitteelle. Mitä useammalle päätelaitteelle sama käyttäjä lataa mediapalvelimen, sitä edullisemmaksi niiden kuukausimaksut tulevat. Ensimmäiset neljä mediapalvelimen latausta kustantavat käyttäjälle 65 dollaria eli yhtä kuin 58,17 euroa kuukaudessa.

6.2 Azure Media Services

Azure Media Services on pilvipohjainen enkoodaus mediapalvelin ratkaisu. Azurella on pilvessä DRV-ominaisuus, jonka ansiosta live-lähetykset on helppo taltioida On Demand -muotoon. Azuren pilvi on CDSA- ja ISO -sertifioitu, minkä ansiosta se on kustannustehokas, ja kykenee jakamaan multimediasisältöä sen eripuolille maailmaa sijoitettujen datakeskusten kesken. Dynaamisen videon pakkauksen ansiosta Azure Media Services pystyy pitämään käyttökustannukset alhaisina. Kyseisessä pakkaustavassa streami enkoodataan ainoastaan yhden kerran, minkä jälkeen streamistä lähetetään useita erimuotoisia streameja. Käyttäjän streamien turvaamiseksi Azure käyttää multi-DRM salausteknologiaa tai Advanced Encryption Standard (AES) -salausta. (Microsoft Azure.)

Taulukko 3. Taulukkoon on koottu ne streamaus protokollat, joista löytyy Azure Media Services tukiominaisuus.

Streamaus protokolla, jossa Azure tuki	Player	Video on Demand streaming	Live Video streaming
HLS	Azure media player	x	x
MPEG-DASH	Azure media player	x	x
MSS	Azure media player	x	x

Yllä olevasta taulukosta 7. nähdään, että Azure Media Services tuki löytyy HLS, MPEG-DASH sekä MSS streamaus protokollista. Kaikilla protokollilla onnistuu sekä video OnDemand että live-lähetysten streamaus. Erona muihin mediapalvelimiin on, että Azure:lla on ainoastaan yksi video player, joka sopii yhteen kaikkien streamaus protokollien kanssa.

Streaming Units

Provides dedicated bandwidth capacity for both on-demand and live streaming.

STREAMING UNITS	
Price (per unit)	~ €3.78/day (€117.22/mo ¹)
Bandwidth	Up to 200 Mbps / unit
Failover	Built-in

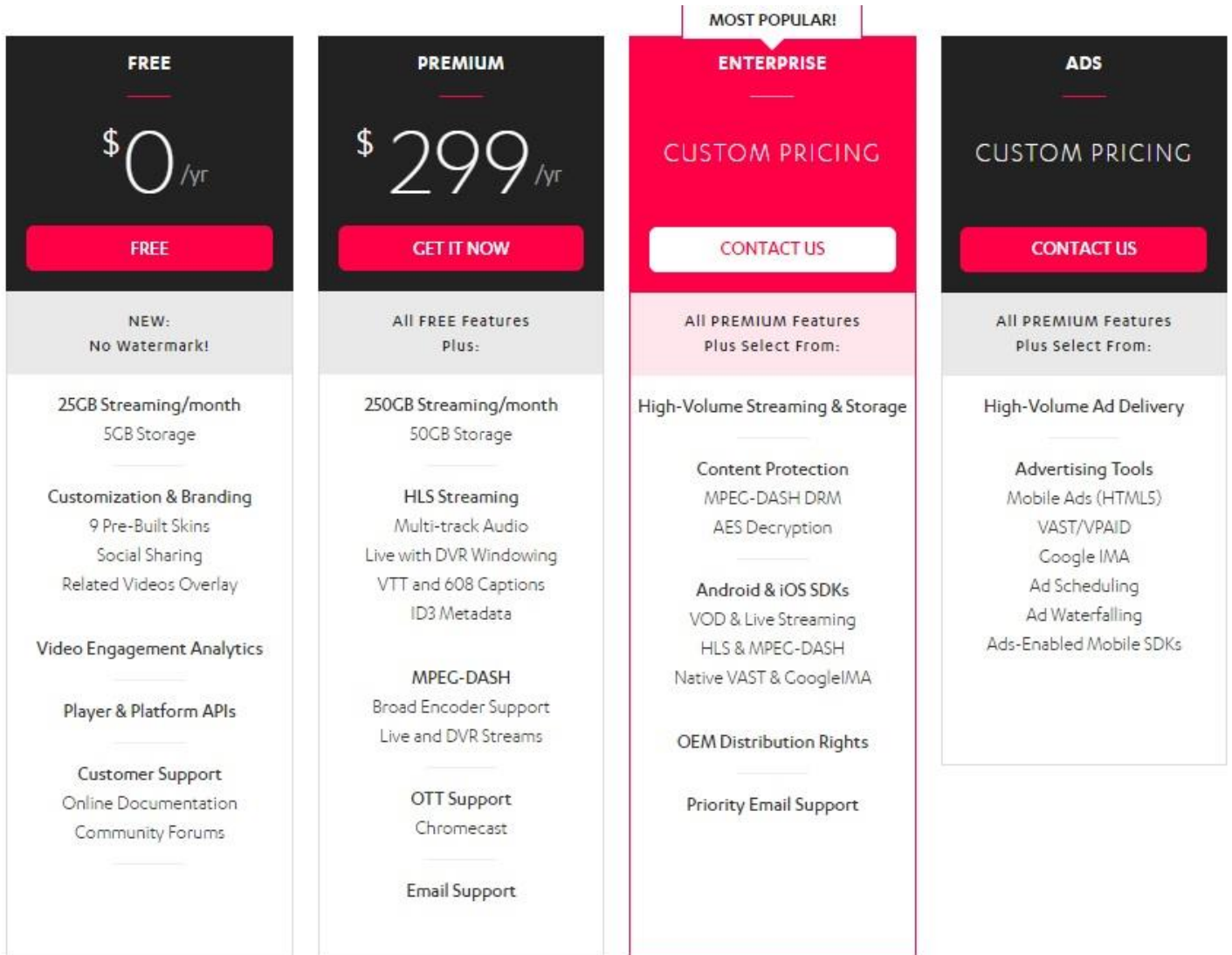
¹ Billing is prorated daily based on 31 days per month.

Kuva 12. Microsoft Azuren mediapalvelimen käyttökustannukset kuukaudessa

Yllä olevassa kuvassa 12. näkyy Azure Media Service:n käyttökustannukset. Streamaus yksiköllä tarkoitetaan streamaukseen tarkoitettua pakkausta, johon sisältyy streamaukseen tarvittavat resurssit. Niin kuin kuvasta nähdään, Azure:n mediapalvelimen lataaminen yhdelle päätelaitteelle kustantaa 117,22 € kuukaudessa.

6.3 JW Platform

JW Platform on JW:n oma mediapalvelin ratkaisu, joka kehitettiin käytettäväksi yhdessä heidän oman JW-playerin kanssa. Kyseinen mediapalvelin tarjoaa käyttäjilleen video streamien transkoodauksen videot sekä niiden jakelu mahdollisuudet. Palvelin on hyvin skaalautuva, jonka ansiosta se pystyy tukemaan useita videoita ja päätelaitteita.



Kuva 13. JW Platform:n eri versiot käyttäjälle ja niiden kustannukset

Kuten yllä olevasta kuvasta 13. voidaan nähdä, JW:llä on olemassa myös ilmainen versio, mutta siinä on omat rajoituksensa. Parhaiten Jenconin vaatimuksia ja tarpeita palveleva ratkaisu olisi joko Premium tai Enterprise. Premiumin käyttö kustannukset olisivat 299 \$ eli 271.82 € vuodessa.

6.4 JW player, HTML video player, Dash JavaScript player vai Flowplayer

Tässä kappaleessa tutkitaan eri video player vaihtoehtoja ja suoritetaan niiden välistä vertailua, niin ominaisuuksien välillä kuin hintojenkin välillä.

Taulukko 4. Taulukossa on kuvattuna, eri playereiden välisten ominaisuuksien vertailua.

Player	JS kirjasto	iOS laite tuki	Näppäimistö ohjaus	Tekstitykset	Soittolista
Video.js		x	x	x	
JW player		x	x	x	x
Flowplayer	jQ	x	x	x	x
Dash.js	jQ	x		x	

Dash JavaScript player (Dash.js) on DASH industry:n kehittämä ilmainen avoimen lähdekoodin HTML5 player, joka suunniteltiin toimimaan yhdessä streamaus protokolla MPEG-DASH:in kanssa, ja toistamaan kyseisen formaatin tiedostoja. Player toistaa sekä live että OnDemand muotoisia streamejä. Niin kuin edellä olevasta taulukosta 8. voidaan nähdä, Dash.js käyttää hyödykseen avoimen lähdekoodin JavaScript-kirjastoja. Siitä löytyy myös iOS laitetuki, ja siihen saa asetettua tekstitykset. Kyseinen player tukee ainoastaan MP4-muotoisia videoformaatteja. Dash JavaScript player on selainriippumaton ja joustava ratkaisu. Tarvitsee kuitenkin toimiakseen selaimen, joka tukee Media Source Extensions (MSE) -ominaisuutta. (Mitt.E. 2015.)

JW-player on mobiililaitteisiin erikoistunut HTML5 video player, joka tukee sekä live että OnDemand muotoisia streamejä. Playerin tuki löytyy lähes kaikista Internet selaimista. JW-player:stä löytyy HLS- sekä RTMP -protokollan tuki, joka mahdollistaa videoiden yhteensopivuuden Androidin, iOS:in sekä muiden päätelaitteiden kanssa. Adobe'n RTMP on yhteensopiva ainoastaan Flashin kanssa, mutta JW-player:n HLS:n tuki on yhteensopiva kaikkien laitteiden kanssa, sekä HTML5 että Flashin kanssa. JW player tukee myös content delivery verkkoja (CDN), esimerkiksi Amazonin pilvipalvelua. (JW player.)

HTML5 JavaScript player (Video.js) on ilmainen avoimen lähdekoodin video player. Video.js käyttää myös hyödykseen avoimen lähdekoodin JavaScript kirjastoja. Kyseinen player on yhteensopiva monien laitteiden kanssa, jopa niiden päätelaitteiden kanssa, joista ei löydy javascript-kirjastoa. Edellä olevasta taulukosta voidaan tulkita, että kyseinen player tukee iOS laitteita ja siihen saa asennettua tekstitykset. Näppäimistön ohjaus ominaisuus löytyy, mutta se on huonolaatuinen. (VideoSWS.)

Flowplayer on avoimen lähdekoodin HTML5 video player, eli se on saatavilla ilmaiseksi. Flowplayer version 5 löytyy MPEG-DASHin tukiominaisuus. Niin kuin yllä olevasta taulukosta 8. voidaan nähdä, kyseisessä playerissä on iOS-laitetuki, siihen voidaan laittaa tekstitykset ja siihen voidaan koota soittolista. Flowplayer tukee HLS, WebM, MP4, OGG ja FLV muotoisia videoformaatteja. Sitä tukee myös lähestulkoon kaikki Internet-selaimet, jopa vanhemmat selaimet, jotka eivät tue HTML5:ttä. Tämän sekä laajan laitetuen ansiosta se on hyvin käyttäjäystävällinen vaihtoehto. Flowplayer:stä on saatavilla HTML5 sekä Flash-versio. (Flowplayer.)

7 YHTEENVETO

Tässä luvussa käydään kaikki ratkaisuvaihtoehdot vielä kertaalleen läpi sekä kerrotaan suunnitelmaan mukaan otetut ratkaisut perusteluineen.

Pilvialustaratkaisuja ovat Amazon Web Services (AWS), Google App Engine (GAE), sekä Microsoft Azure. Kaikki näistä tarjoavat uusille, aloittaville yrityksille StartUp-tukiohjelmia erilaisilla ehdoilla. Google tarjoaa 100 000 \$ eli 88 468 € vuoden ajaksi ja käyttöönsä saa kaikki App Engine -ratkaisut. AWS:n Activate-ohjelmassa on kolme erilaista räätälöityä pakettivaihtoehtoa. Toisessa vaihtoehdossa tukirahaa tarjotaan korkeintaan 15 000 \$ eli 13 270,20 € asti ja käyttökuukaudet vaihtelevat kahdesta kuukaudesta yhteen vuoteen. Toinen vaihtoehto tarjoaa 100 000 \$ eli 88 468 € vuodeksi. Microsoft Azure:n startup -vaihtoehto, BizSpark -ohjelma, tarjoaa 150 \$ eli 132,70 € kuukaudessa kolmen vuoden ajan. Yrityshautomoiden kanssa yhteistyötä tekevillä yrityksillä on mahdollista saada 120 000\$ eli 106 161,60€ vuodeksi. Toimeksiantajaa miellytti eniten Googlen App Engine pilvialustaratkaisun tarjoama StartUp-vaihtoehto. Se oli toimeksiantajan mielestä helppokäyttöisin, toimivin ja siinä oli selkeimmin kuvailut ohjeistukset ja käytönrajoitukset. Amazonin AWS tarjoaa vuoden ilmaisen kokeilujakson, mutta sillä on tarkat euromääräiset käyttörajoitukset. Tästä johtuen sen käytöstä aiheutuisi lisäkustannuksia. Azure tarjoaa 200 \$ eli 176,94 € kuukauden kokeilujakson tueksi, minkä jälkeen käyttöä on mahdollista jatkaa tiettyjen käyttörajoitusten ehdoilla. Edellä mainituista syistä suunnitelmaan valittu ratkaisu on Googlen App Engine.

Streamaus protokollan valinta suoritetaan MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH), HTTP Live Streaming (HLS), HTTP Dynamic Streaming (HDS) ja Microsoft Smooth Streaming (MSS) välillä. MPEG-DASH pohjautuu muihin protokolla vaihtoehtoihin, ja siinä yhdistyy adaptiivisen sekä dynaamisen streamauksen parhaat ominaisuudet. DASH myös mahdollistaa parhaiten päätelaiteriippumattomuuden. Sen tuki löytyy kaikista vertailussa olevista mediapalvelin vaihtoehtoista. DASH täytti toimeksiantajan vaatimukset parhaiten ja tästä syystä suunnitelmaan valittu ratkaisu on MPEG-DASH.

Video pakkaukseen kodekki valitaan H.264:n, H.265:n ja VP9:n väliltä. VP9:lle ei ole laajaa päätelaitetukea, eikä se ole päässyt kansan suosioon. H.264 on yleisimmin käytetty, ja sen tuki löytyy lähes kaikilta markkinoilla olevilta laitteilta, mutta sen pakkaustehokkuus on H.265:ta puolet huonompi. H.265 kasvattaa suosiotaan koko ajan ja sen laitetukikin paranee, ja on ehdottomasti tehokkain pakkausmenetelmä. Tästä syystä suunnitelmaan valittu ratkaisu on H.265.

Kuljetusprotokolla vaihtoehtoja ovat Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ja Real Time Messaging Protocol (RTMP). HTTP:n Valinta oli selkeä, koska RTMP ei tue MPEG-DASH:iä vaan ainoastaan Adobe Flash:a. RTMP:stä ei myöskään löydy HTML5 tukea. Tästä syystä suunnitelmaan valittu ratkaisu on HTTP.

Mediapalvelin-vaihtoehdot ovat Wowza Streaming Engine, Azure Media Services ja JW Platform. Wowza toimii eri tekniikoiden ja streamaus protokollien välillä saumattomasti. Työn toimeksiantajalle Wowza oli jo entuudestaan tuttu ja sen selkeys sekä helppokäyttöisyys johtivat sen valintaan. Wowza:sta löytyy myös MPEG-DASH-tuki, joka on edellytys suunnitelmaan valitun streamaus tekniikan MPEG-DASH:in käyttöön otolle.

Video player vaihtoehtoja ovat JW Player, HTML video player, Dash Javascript player ja Flowplayer. Valinta oli suhteellisen helppo, koska Flowplayerista löytyy laajimmat tuet eri ominaisuuksille ja Flowplayeristä löytyy myös DASH-tuki. Tästä syystä suunnitelmaan valittu ratkaisu on Flowplayer.

LÄHTEET

- Amazon Web Services (AWS). Viitattu 11.1.2016.
https://aws.amazon.com/products/?nc2=h_ql_ny_livestream_blu
- Amazon Web Services. Amazon EC2 (AEC2) – Virtual Server Hosting. Viitattu 7.3.2016.
<https://aws.amazon.com/ec2/?hp=tile>
- Encoding.com (HDS). 2016. HTTP Dynamic Streaming. Viitattu 24.2.2016.
<http://www.encoding.com/http-dynamic-streaming-hds/>
- Encodin.com (M-D). 2016. MPEG-DASH. Viitattu 2.2.2016.
<http://www.encoding.com/mpeg-dash/>
- Flowplayer. Flowplayer features. Viitattu 1.3.2016.
<https://flowplayer.org/features/>
- Google Cloud Platform. App Engine (GAE). Viitattu 7.3.2016.
<https://cloud.google.com/appengine/>
- HTTP Dynamic Streaming / FAQ. (HDS). Viitattu 9.2.2016.
<http://www.adobe.com/products/hds-dynamic-streaming/faq.html>
- HTTP. 2016. Viitattu 9.2.2016
<http://techterms.com/definition/http>
- ITU-T. 2016. Video Coding Experts Group (VCEG). Articles. Viitattu 10.2.2016
<http://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2013-2016/16/Pages/video/vceg.aspx>
- Jinesh,V. & Sajee, M.2014. Amazon Web Services, Overview of Amazon Web Services. Viitattu 11.1.2016.
https://d36cz9buwru1tt.cloudfront.net/AWS_Overview.pdf
- JW player. 2015. Viitattu 24.2.2016.
<https://www.jwplayer.com/products/jwplayer/hls/>
- JW Player (RTMP). 2015. About RTMP streaming. Viitattu 9.2.2016.
<https://support.jwplayer.com/customer/portal/articles/1430349-about-rtmp-streaming>
- Key Frame. 2016. Computer Hope, Article. Viitattu 15.2.2016.
<http://www.computerhope.com/jargon/k/key-frame.htm>
- Microsoft Azure (MS). Media Services. 2016. Viitattu 20.2.2016.
<https://azure.microsoft.com/en-us/services/media-services/>

Microsoft Azure (MA Cloud Service). Cloud Services. How to Create and Deploy a Cloud Service. 2016. Viitattu 20.2.2016.

<https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/cloud-services-how-to-create-deploy/>

Microsoft Azure (CS). Cloud Services. Should I choose cloud services or something else?. 2016. Viitattu 20.2.2016.

<https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/cloud-services-choose-me/>

Microsoft. 2016. Constant bit rate. Viitattu 10.2.2016.

[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd757004\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd757004(v=vs.85).aspx)

Microsoft. 2016. Variable bit rate. Viitattu 10.2.2016.

[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd743964\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd743964(v=vs.85).aspx)

Microsoft Smooth Streaming (MSS). 2016. Viitattu 21.1.2016.

<http://www.encoding.com/microsoft-smooth-streaming/>

Mitt.E. 18.2.2015. Microsoft Open Technologies. Dash.js v1.3 released. Viitattu 1.3 2016.

<https://msopentech.com/blog/2015/02/18/dash-js-v1-3-released/>

Moving Picture Experts. Viitattu 10.2.2016.

https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_Picture_Experts_Group

Ozer, J. 2011. What is Adaptive Streaming?. Streaming Media. Articles. Viitattu 21.1.2016.

<http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-Adaptive-Streaming-75195.aspx>

Ozer, J. 2009. Understanding H.264 Encoding Parameters –I, P and B-frames. Streaming Learning Center. Articles.(Framet). Viitattu 15.2.2016.

<http://www.streaminglearningcenter.com/articles/producing-h264-video-for-flash-an-overview.html?page=4>

Smith, M. 2015. Preparing for HEVC, the next great video codec. Article. Viitattu 11.2.2016.

<http://www.digitaltrends.com/computing/h-265-hevc-encoding-explained/>

Verizon. Digital media services. 2016. HLS. Viitattu 21.1.2016.

<https://www.verizondigitalmedia.com/blog/2013/07/hds-hls-hss-adaptive-http-streaming/>

VP9. 2016. Wikipedia. Viitattu. 11.2.2016.

<https://en.wikipedia.org/wiki/VP9>

Wowza History. 2005–2016. Wowza Media Systems. Viitattu 17.2.2016.

<https://www.wowza.com/company/wowza-history>

Wowza Streaming Engine (WSE). 2005–2016. Wowza Media Systems.
Viitattu 17.2.2016.

<https://www.wowza.com/products/streaming-engine/features>

Kuva lähteet:

Kuva 1. on kuva kaappaus Wikipedian sivustolta eri pilvilaskennan tasoista. Service models. Viitattu 1.2.2016.

https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing

Kuva 2. on kuva kaappaus Amazon Web Servicen sivuilta. Amazon EC2 Pricing. On-Demand Instance Prices. Windows. 6.5.2016.

<https://aws.amazon.com/ec2/pricing/>

Kuva 3. on kuva kaappaus Amazon Web Servicen sivuilta. Amazon EC2 Pricing. On-Demand Instance Prices. Linux. 6.5.2016.

<https://aws.amazon.com/ec2/pricing/>

Kuva 4. on kuvakaappaus Googlen Cloud Platformin sivuilta. App Engine Pricing. Viitattu 7.3.2016.

<https://cloud.google.com/appengine/>

Kuva 5. on kuvakaappaus Microsoft Azuren sivuilta, jossa on kuvattu sen toimintamallia. Viitattu 20.2.2016.

<https://azure.microsoft.com/en-us/documentation/articles/fundamentals-application-models/>

Kuva 6. on kuvakaappaus Microsoft Azuren sivuilta, jossa näkyy pilvipalveluiden hinnoittelu perusteet. Virtual Machines Pricing. Viitattu 20.2.2016.

<https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/virtual-machines/>

Kuva 7. on kuvakaappaus encoding.comin sivustolta, jossa on kuvattuna streamattavan materiaalin lähetys MPEG-DASH asiakkaan ja HTTP – palvelimen välillä. Viitattu 21.1.2016.

<http://www.encoding.com/mpeg-dash/>

Kuva 8. Kuva kaappaus encoding.com sivuilta. HTTP Live Streaming. Technical explanation. Viitattu 24.2.2016.

<http://www.encoding.com/http-live-streaming-hls/>

Kuva 9. Kuvakaappaus encoding.com:in sivuilta. HTTP Dynamic Streaming. How HTTP Dynamic Streaming Works. Viitattu 24.2.2016.

<http://www.encoding.com/http-dynamic-streaming-hds/>

Kuva 10. Kuvakaappaus Wowza Media Systems sivustolta. Wowza Streaming Engine. Viitattu 17.2.2016.

<https://www.wowza.com/products/streaming-engine>

Kuva 11. Kuva kaappaus Wowza Media Systems sivustolta. Wowza Streaming Engine Pricing. Wowza Streaming Engine Monthly Price Per Instance. Viitattu 17.2.2016.

<https://www.wowza.com/pricing>

Kuva 12. Kuva kaappaus Microsoft Azuren sivuilta. Media Services Pricing. Pricing details (Streaming). Streaming Units. Viitattu 20.2.2016.
<https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/details/media-services/>

Kuva 13. Kuvakaappaus JWplayerin sivuilta. Pricing. Viitattu 24.2.2016.
<https://www.jwplayer.com/pricing>

Taulukko lähteet:

Taulukko 1. on kuvattuna MPEG-DASH:in tukiominaisuuden löytymistä mediapalvelimista. Viitattu 2.2.2016.

<http://www.encoding.com/mpeg-dash/>

Taulukko 2. on kuvattuna H.26x -sarjan videon pakkaus standardit ja niiden julkaisuvuodet. Viitattu 2.2.2016.

https://en.wikipedia.org/wiki/Video_Coding_Experts_Group

Taulukko 3. vertaillaan eri koodekkien välisiä ominaisuuksia.

Viitattu 11.2.2016.

<http://www.streaminglearningcenter.com/articles/producing-h264-video-for-flash-an-overview.html?page=4>

<http://www.digitaltrends.com/computing/h-265-hevc-encoding-explained/>

Taulukko 4. on kuvattuna MPEG standardi perheen jäsenet ja niiden julkaisuvuodet. Viitattu 10.2.2016.

https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_Picture_Experts_Group

Taulukko 5. kuvataan eri streamaus protokollien sisältämiä koodekkien tukiominaisuuksia. Viitattu 10.2.2016.

<http://www.encoding.com/http-live-streaming-hls/>

<http://www.encoding.com/microsoft-smooth-streaming/>

<http://www.encoding.com/http-dynamic-streaming-hds/>

<http://www.encoding.com/mpeg-dash/>

Taulukko 6. on kuvattu Wowza Streaming Engine media palvelimen ominaisuuksia ja listattu sitä tukevat streamaus protokollat. Viitattu 1.3.2016.

<https://www.wowza.com/products/streaming-engine/specifications>

Taulukko 7. on koottu ne streamaus protokollat, joista löytyy Azure Media Services tukiominaisuus. Viitattu 20.2.2016.

<https://azure.microsoft.com/en-us/services/media-services/live-on-demand/>

Taulukko 8. on kuvattu VideoSWS, HTML5 Video Player Comparison. Viitattu 24.2.2016.

<https://praegnanz.de/html5video/>