

Eetu Tuomala

Virtuaalitapahtumaohjelmisto

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Mediatekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
30.5.2011

Tekijä Otsikko	Eetu Tuomala Virtuaalitapahtumaohjelmisto
Sivumäärä Aika	37 sivua + 2 liitettä 30.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	digitaalinen media
Ohjaajat	teknologiajohtaja Juhani Mäkelä yliopettaja Harri Airaksinen
Insinöörityön tavoitteena oli valita sopivin teknologia sekä suunnitella ja toteuttaa virtuaalitapahtumaohjelmisto. Toteutettu ohjelmisto koostuu asiakassovelluksesta, suoratoistopalvelinsovelluksesta ja integroinnista olemassa olevaan oppimisympäristöön. Vaatuksina oli toteuttaa asiakassovellus niin, että toimivuus mahdollisimman monella käyttöjärjestelmällä olisi taattu ja graafisen käyttöliittymän muokaus yritysilmeisiin sopivaksi olisi helppoa. Asiakassovellus toteutettiin ActionScript 3 -ohjelmointikieltä ja MXML-merkintäkieltä käyttäen. Sovellus toteutettiin niin, etteivät graafisen käyttöliittymän räätälöivät osat ja sovelluslogiikka ole riippuvaisia toisistaan. Palvelinsovellus toteutettiin Java-ohjelmointikielellä Wowza Media Server - palvelinohjelmistolle, joka on asennettu Debian GNU/Linux -palvelimelle. Tietokantana käytettiin MySQL 5 -järjestelmää. Virtuaalitapahtumaohjelmisto integroitiin oppimisympäristöön käyttäen hyväksi verkkokursseja varten ohjelmoituja valmiita rajapintoja ja ylläpitoa, jolloin saatiin käyttöön oppimisympäristön seuranta-, muistutus- ja raportointityökalut. Insinöörityön tuloksena saatiin aikaan ohjelmisto, jolla pystytään isännöimään virtuaalitapahtumia ja tallentamaan synkronoitu esitysmateriaali myöhempää toistoa varten.	
Avainsanat	suoratoisto, verkkokonferenssi, internetsovellus, sovelluskehys, reaaliaikainen kommunikointi

Author Title	Eetu Tuomala Virtual event software
Number of Pages Date	37 pages + 2 appendices 30 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Juhani Mäkelä, Technology director Harri Airaksinen, Principal Lecturer
The objective for this Bachelor's thesis was to design and implement a virtual event software for the most suitable technology available. The implemented software consists of a client application, streaming server application and an implementation to the existing learning management system. The requirements set for the software were to ensure the functionality of client application in as many operating systems as possible and to make customization of the graphical user interface to match corporate identities. The client application was programmed with ActionScript 3 programming language and MXML markup language. The application was implemented so that the customizable parts of the graphical user interface and business logic are not dependent on one another. The server-side application was built with Java programming language on Wowza Media Server that runs on Debian GNU/Linux server. MySQL 5 was used as a database. The virtual event software was integrated to the learning management system using interfaces that were made for e-learning courses and administration. This enabled the tracking of learning management systems, reminder and reporting features. As a result of this study, a software program which enables hosting and recording a virtual event with synchronized presentations both live and on demand, was created.	
Keywords	streaming, web conference, internet application, application framework, real-time communication

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rikkaat internetsovellukset	2
2.1	Tekniikoita	2
2.2	Adobe Flash Platform -alusta	5
3	Suoratoistoteknologia	9
3.1	Suoratoistopakettien välitys	9
3.2	Protokollat ja portit	9
3.3	Remote Shared Objects	11
3.4	Palvelinohjelmistot	12
4	Verkkokonferenssit ja -presentointi	16
4.1	Esitystyyppit	16
4.2	Yleiset ominaisuudet ja toiminnallisuudet	18
5	Virtuaalitapahtumaohjelmisto	20
5.1	Prewrite Gimlet -järjestelmä	20
5.2	Virtuaalitapahtuman asiakassovellus	23
5.3	Virtuaalitapahtuman palvelinsovellus	31
6	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Yhteydenoton tarkistusprosessi

Liite 2. Yhteydennopeuden mittausprosessi

1 Johdanto

Globalisoituvassa maailmassa yritysten konttorit ja asiakkaat voivat sijaita eri paikkakunnilla, maissa tai jopa mantereilla, mutta yhteistyö osapuolten välillä voi vaatia tiivistä yhteydenpitoa. Aina ei ole mahdollista järjestää kasvotusten tapaamista, vaikka asia niin vaatisi, jolloin hyvä vaihtoehto yhteistyöhön on verkkokokous. Useat yritykset ovat sisällyttäneet kestävän kehityksen ohjelmiinsa ohjeen verkkokokouksien suosimisesta matkustamisen sijaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. (1; 2; 3; 4.)

Insinööriyön tavoitteena on valita sopivin teknologia ja suunnitella ja toteuttaa virtuaalitapahtumaohjelmisto Prewrite Oy:n Prewrite Gimlet -järjestelmään. Asiakassovelluksen teknologiaa valittaessa on tavoitteena kartoittaa yleisimmät vaihtoehdot rikkaiden internetsovellusten toteutustavoista ja valita niistä tarkoitukseen sopivin, joka on mahdollisimman helposti käyttöönotettavissa. Asiakassovelluksen käyttöliittymän tulisi olla helpposti eri yritysten graafisiin ilmeisiin muokattava.

Palvelinsovelluksen teknologiavalinnassa suurin painoarvo on palvelinsovelluksen soveltuvuudella valittuun asiakassovellusteknologiaan. Lisäksi palvelinohjelmistossa käytettävän ohjelmointikielen tulisi olla sellainen, että kehittäjien olisi helppo omaksua se. Esitysmateriaalin ja sisällön siirron palvelimelta asiakassovellukseen tulisi olla kohtuullisen suojattua.

Virtuaalitapahtumaohjelmisto tulisi integroida olemassa olevaan Prewrite Gimlet -järjestelmään niin, että sen valmiit rajapinnat, muistuttajat ja raportointityökalut saataisiin otettua käyttöön tehokkaasti.

2 Rikkaat internetsovellukset

2.1 Tekniikoita

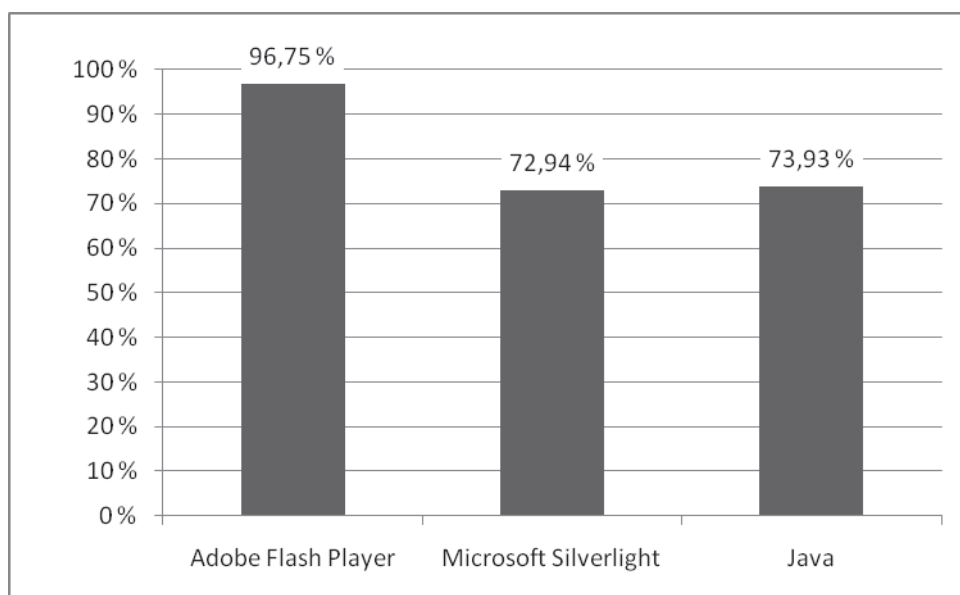
Web-sovellusten toimintalogiikka voi perustua palvelinsovelluksen tuottamaan HTML-tulosteeseen, joka näytetään selaimessa. Tällaisten sovellusten etuna on, etteivät ne rasita asiakaskonetta, koska suurin prosessointi on tehty jo valmiiksi palvelimella. Tämä onkin hyvä vaihtoehto, mikäli tiedossa on, että asiakaskoneessa on mahdollisesti käytössä rajallinen määrä suoritustehoa. Kevyt asiakas -tyyppiset sovellukset ovat kuitenkin ominaisuuksiltaan lähinnä yksinkertaisia web-sivuja. Työpöytäsovellusten tapaan toimivat rikkaat internetsovellukset ovat toiminnaltaan ja ominaisuuksiltaan monipuolisempia, joskin ne rasittavat enemmän asiakaslaitetta, koska suuri osa prosessoinnista ja toimintalogiikasta tapahtuu asiakassovelluksessa. (5; 6.)

Rikkaat internetsovellukset voivat muistuttaa käytettävyydeltään, niin graafisesti kuin toiminnallisestikin, työpöytäsovelluksia. Samankaltaisen käyttölogiikan takia käyttäjät pystyvät toimimaan työpöytäsovelluksista opitulla tavalla. Sovellusten tiedonsiirron tulisi tapahtua mahdollisimman pienellä viiveellä, mihin päästään, kun palvelin hoitaa sen asynkronisesti. Ne voivat toimia selaimessa HTML, CSS ja JavaScript -ohjelmoituna web-sovelluksena, selainliitännässä, kuten Adobe Flash Player, Microsoft Silverlight ja Java, tai työpöytäsuoritusympäristössä, kuten Adobe AIR tai Sun Java JRE. Jokaisessa vaihtoehdossa on omat hyvät ja huonot puolensa. (7; 6.)

HTML, CSS ja JavaScript -komentosarjakieleen perustuvissa web-sovelluksissa ongelmana on suoritusympäristöjen monimuotoisuus, kuten vanhat selaimet. Käyttämällä valmiita JavaScript-sovelluskehyskiä, kuten jQuery, voidaan melko hyvin ottaa huomioon myös vanhemmat selaimet ja mobiilialustat. Toisaalta, mikäli asiakaslaitteen selain täyttää vaatimukset, mitään erillistä liitännäistä tai muuta asennettavaa ei ole, vaan sovellus toimii suoraan jo olemassa olevassa järjestelmässä. HTML5 mahdollistaa monipuolisempien selainpohjaisten sovellusten tekemisen ilman erillisiä liitännäisiä. Uutena ominaisuutena HTML5:ssä on esimerkiksi videoiden natiivitoisto, mutta suoratoistoa tai myöskään tekijänoikeuksien hallintaa ei ole. (8; 9.)

Selainliitännäisten käytössä usein voi olla ongelmana se, ettei asiakaslaitteeseen ole asennettu kyseistä laajennusta. Etenkin yrityskäytössä, käyttäjillä ei välttämättä ole edes

oikeuksia asentaa tarvittavia liitännäisiä. Joitakin liitännäisiä ei ole edes mahdollistakaan asentaa tiettyihin järjestelmiin, esimerkiksi Java Appleteja toistavaa Sun Java JRE:a ei ole mahdollista asentaa selainliitännäiseksi moniinkaan mobiililaitteisiin eikä Applen iOS mahdollista Adobe Flash Playerin asennusta selainliitännäiseksi. Mikäli selainliitännäinen on asennettuna, se on melko hyvä tae siitä, että sovellus toimii jokaisella alustalla samalla tavalla. (10; 11.) Kuvassa 1 on esitetty yleisimpien interaktiivista sisältöä toistavien liitännäisten osuuksia käyttäjien selaimissa.



Kuva 1. Asennettujen selainliitännäisten osuudet internetiin kytketyissä laitteissa (12).

Työpöytäsuoritusympäristöissä toimivat sovellukset voivat käyttää laitteen ominaisuuksia paremmin hyödyksi, kuten tiedostojärjestelmää. Käyttäjän on kuitenkin asennettava sovelluksen lisäksi suoritusympäristö. Monet matkapuhelin- ja mobiililaittevalmistajat tukevat suoritusympäristöihin perustuvien sovellusten ajamista; monesti asennettuna on valmiiksi Java Micro Edition. Uusimmat käyttöjärjestelmät, Android 2.2+, iOS4 ja BlackBerry OS, mahdollistavat myös Adobe AIR -suoritusympäristössä toimivat sovellukset, mitä yleisten tietokonekäyttöjärjestelmien, Windows, Linux ja Mac OS X, lisäksi alkavat myös muun muassa televisiovalmistajat tukea. (10; 13; 14.)

Sovelluskehityksen kannalta on hyvä käyttää valmiita sovelluskehyskiä; kehitys nopeutuu valmiiden komponenttien ansiosta ja tuki alustasta riippumattomaan julkaisuun on mo-

nesti jo ohjelmoitu valmiiksi sovelluskehikseen. Sovelluskehiksissä on monesti myös valmiiksi toteutettu MVC-arkkitehtuuri, joten monimutkaisista sovelluksista saa pienemällä vaivalla tehokkaampia ja loogisempia, kuin alusta alkaen itse ohjelmoimalla. Käyttöliittymäpuoleen painottuvissa sovelluskehiksissä on valmiiksi suunniteltuja käyttöliittymäkomponentteja, joita voi usein muokata helposti graafisesti haluamallaan tavalla. (15; 16; 17; 6.)

Perinteisistä työpöytäsovelluksista poiketen sovelluksen ylläpitäjä voi olla jokseenkin varma, että käyttäjällä on aina uusin versio sovelluksesta käytettävissä, pois lukien työpöytäsuoritusympäristöissä toimivat sovellukset, jotka nekin voidaan päivittää käyttäjän hyväksynnän jälkeen automaattisesti tarvittaessa. Esimerkiksi tietoturvasyistä osa logiikasta voi sijaita palvelimella. (18; 5.)

Microsoft Silverlight

Microsoft Silverlight on kohtalaisen alustariippumaton selainliitännäinen, joka käyttää .NET-pohjaista sovelluskehystä. Liitännäinen tukee DRM-suojatun HD-videon IIS Smooth Streaming-suoratoistoa. Windows Phone 7 -ympäristöön ohjelmoitavat sovellukset perustuvat Microsoft Silverlight -alustaan. (19; 20, s. 83; 21, s. 17; 22.)

JavaFX

JavaFX on Oraclen vastine rikkaiden internetsovellusten kehittämiseen. Sovellukset käyttävät selaimessa Java-liitännäistä, johon suoritusympäristö ladataan, kun JavaFX-sovellus suoritetaan ensimmäistä kertaa. JavaFX Script käännetään tavukoodiksi Java-suoritusympäristössä toimiakseen, mikä tekee siitä erottuvan muihin komentosarjakieliin nähden. Ohjelmointikieli pystyy tekemään suoria kutsuja Java API:iin, mikä lisää sovelluskehityksen mahdollisuuksia. (21, s. 17; 23; 24.)

JavaScript-sovelluskehikset

Ohjelmoitaessa web-sivuja, joissa on rikkaita ominaisuuksia, JavaScript-sovelluskehysten käyttö on suotavaa jo ajan säästön takia. Sen lisäksi useat nimekkäimmistä sovelluskehiksistä on testattu toimiviksi monilla eri käyttöjärjestelmillä ja selaimilla. JavaScript-sovelluskehikset eivät vaadi yhteensopivan selaimen lisäksi erillisiä liitännäisiä tai suoritusympäristöjä. (25.)

2.2 Adobe Flash Platform -alusta

Adobe Flash Platform on yksi laajimmin tuetuista alustoista, niin mobiili kuin tietokoneympäristöissä, ja tällä hetkellä Flash-tuki on noin 97 %:ssa internetiin kytketyistä tietokoneista. Alusta koostuu monista eri Flash-työkaluista, kuten Adobe Flash Professional (www.adobe.com/products/flash.html), Adobe Flash Builder (www.adobe.com/products/flash-builder.html), Adobe Flash Catalyst (www.adobe.com/products/flashcatalyst.html) sekä Flex SDK (www.adobe.com/products/flex/). Näitä työkaluja yhdistää lopputuote, SWF-tiedosto. Adobe Flash Player on alustasta riippumaton selainliitännäinen, joten se on saatavilla ja Microsoft Windows-, Apple- että Linux-käyttöjärjestelmillä varustettuihin tietokoneisiin. Mobiili- ja tabletselainliitännäisenä tietokoneita vastaava Adobe Flash Player on saatavilla BlackBerry Tablet OS- sekä Android 2.2+ -käyttöjärjestelmissä. (12; 26; 27; 28.)

Flash-sovellukset voidaan myös ajaa selaimen ulkopuolelle Adobe AIR -suoritusalustalla, jolloin mukaan voidaan liittää myös natiiviominaisuuksia, kuten tiedostojen kirjoitusta ja latausta kiintolevyiltä. Adobe AIR -suoritusalustalla toimivia sovelluksia voi julkaista myös useille mobiililaitteille, kuten Android, iOS, BlackBerry Tablet OS, sekä televisioille, joissa on Adobe AIR -tuki. Adobe AIR alkaakin olla kohtalaisen alustariippumaton suoritusympäristö. (29; 28.)

Flash Player

Riippumatta työkalusta, olkoon se sitten Adobe Flash Builder, Flex SDK tai Adobe Flash Professional, käännetty sovellus on SWF-tiedostoformaattissa. Näitä tiedostoja voidaan suorittaa joko Adobe AIR -suoritusympäristössä tai Flash Player -selainliitännäisessä. Laajan levinneisyysasteensa takia (ks. kuva 1), noin 97 % kaikista internetiin liitetyistä tietokoneista, Flash Player on yksi tärkeimmistä selainliitännäisistä rikkaiden internetsovellusten näyttämisessä. (12; 30, s. 18.)

Adobe Flash Playeristä on saatavilla kaksi versiota: sisällöntestausversio kehittäjille ja loppukäyttäjäversio. Vaihtoehtoja SWF-tiedostojen näyttämiseen ei Adobe Flash Playerin lisäksi juuri ole kohtalaisen tiukan lisensointipolitiikan takia. (30, s. 21; 31.)

Mediatoiston historia Adobe Flash Playerissä

Macromedia Flash Player 1 ja 2 tukivat vasta alkeellisia vektori- ja bittikartta-animaatioita mutta vain rajoitetusti audiota. Versio 3 toi mukanaan MP3-pakatun äänen-toiston, joskin vasta versio 4 tarjosi mahdollisuuden äänen suoratoistoon. Vuonna 2000 julkaistu Macromedia Flash Player 5 ei tuonut mukanaan merkittäviä mediaominaisuuksia, mutta tärkeänä lisäyksenä oli XML-tiedostojen tuki. (30, s. 19–20.)

Sorenson Sparc -videokoodekki lisättiin versioon 6, joka myös mahdollisti sovelluspalvelinten, kuten samaan aikaan julkaistun Adobe Flash Media Server -palvelinohjelmiston (www.adobe.com/products/flashmediaserver) edeltäjän Flash Macromedia Flash Communication Server MX:n käytön. Suoratoistovideo mahdollistui versiossa 7, joka oli myös ensimmäinen versio joka, tuki ActionScript 2:n myötä Flex 1.0 -kehitysympäristöä. Entistä paremmin On2 VP6 -koodekillla koodattua videota pystyi toistamaan viimeisellä Macromedian Flash Playerilla, versiolla 8, joka myös mahdollisti Adobe PhotoShop -kuvankäsittelystä tuttujen tasoeffektien, kuten heittovarjojen, käytön. (30, s. 19–20; 32; 33.)

Vuonna 2006 Adobe osti Macromedian, ja ensimmäinen Adobe Flash Player -nimellä julkaistu versio oli numero 9, joka oli niin ikään ensimmäinen versio, joka käytti ActionScript 3 -ohjelmointikieltä. Seuraavana vuonna julkaistu 9.0.115-päivitys mahdollisti H.264-koodatun MPEG-4-videon toiston. Adobe Flash Player 10:n myötä tuli Speex audio codec, joka on nimenomaan kehitetty puheen koodaamiseen. Samainen versio mahdollisti myös dynaamisen suoratoiston, jolloin suoratoiston bittinopeus on mahdollista vaihtaa automaattisesti käytettävissä olevan yhteyden mukaan. (30, s. 19–20; 34; 35; 36.)

Yhteistyössä merkittävimpien matkapuhelin-, prosessori- ja näytönohjainvalmistajien sekä sisällöntuottajien kanssa Adobe esitteli Open Screen Project -hankkeen, jonka tarkoitus on tuoda samantasoinen käyttäjäkokemus rikkaisiin internetsovelluksiin laitteistoriippumattomasti. Tämän tuloksena syntyi Adobe Flash Player 10.1, joka ensivaiheessa oli asennettavissa muun muassa Google Android 2.2 -käyttöjärjestelmän laitteisiin tavallisten tietokoneiden lisäksi. (30, s. 19–20; 13; 7.)

Adobe Flash Player 10.2:n tärkein mediatoistoon liittyvä ominaisuus on Stage Video API, joka käyttää hyväksi H.264-koodatun videon näytönohjaimen laitteistokiihdytystä ja vähentää näin laitteen suorittimen käyttämää laskentatehoa ja parantaa suuriresoluutioisen

videon toistoa heikompitehoisissa laitteissa. Seuraavassa versiossa, joka kulkee koodinimellä "Molehill", käytetään näytönohjaimen laitteistokiihdytystä hyväksi kolmiulotteisen grafiikan reaaliaikaiseen esitykseen. (30, s. 19–20; 37; 38; 39.)

Flash-kehitysympäristöt

Flash-sovelluksia voi ohjelmoida eri ohjelmistoilla, riippuen sovelluksen tyypistä. Paljon animointeja sisältävät toteutukset on parempi tehdä siihen tarkoitettulla Adobe Flash Professional -ohjelmalla, kun taas enemmän työpöytäsovelluksia muistuttavat rikkaat internetsovellukset Flex SDK:lla. (15.)

Flex SDK on Adoben avoimeen lähdekoodiin perustuva sovelluskehys, jolla voidaan kehittää selaimen Adobe Flash Player -laajennuksessa tai Adobe AIR -suoritusympäristössä suoritettavia sovelluksia. Sovelluskehys on toteutettu oliopohjaisesti, jolloin luokkia laajentamalla niitä voidaan käyttää tehokkaasti hyväksi erilaisissa yhteyksissä. Flex SDK sisältää Adobe Flash Playerin luokkien lisäksi sekä visuaalisia komponentteja, kuten tekstikenttiä ja listoja, että datan käsittelyyn keskittyneitä luokkia. Adobe AIR -suoritusympäristössä suoritettavissa sovelluksissa varten Flex SDK sisältää luokkia, joilla voi käyttää laitteen resursseja natiivisovellusten tapaan. (15; 30, s. 4.)

Aiemmin Adobe Flex Builder -nimellä, nyttemmin Adobe Flash Builderina tunnettu ohjelma on Adoben kaupallinen tuote, joka käyttää Flex SDK -sovelluskehystä. Ohjelma on rakennettu Eclipse-ohjelmointiympäristöön, joten käytössä on myös tämän ympäristön ohjelmistokehitysominaisuudet. Adobe Flash Builder -ohjelman hyvänä puolena on graafinen käyttöliittymä visuaalisten komponenttien ulkoasujen muokkaukseen ja asemointiin. Adobe Flash Builder -ohjelmalla pystyy myös testaamaan sovelluksen virheitä. (15; 30, s. 4; 40.)

Vaihtoehtoina kaupallisen Adobe Flash Builder -ohjelman käyttöön on muun muassa ilmainen Flash Develop -ohjelma, joka on ilmainen ActionScript-kehitysympäristö. On myös mahdollista käyttää mitä tahansa tekstieditoria ja kääntää sovellus Flex SDK:lla komentoriviltä. (15; 41.)

Interaktiivisen, animoidun sisällön työkaluna Adobe Flash Professional on huomattavasti käyttökelpoisempi verrattuna Adobe Flash Builder -ohjelmaan aikajanatyypin työskentely-ympäristön ansiosta. Adobe Flash Professional soveltuu lyhyiden komentosarjojen ja koodipätkien kirjoittamiseen, mutta se ei ole sovelluskehityksessä hyvä ohjelmoin-

tityökalu, mikäli sovellus on toteutettu olio-ohjelmointiperiaatteita noudattaen. (21, s. 48; 42.)

Flash-video

Adobe Flash Player on tukenut videon toistoa jo monta vuotta, ja se onkin ollut näihin päiviin saakka lähes ainoa vaihtoehto toimittaa videoita, progressiivisesti tai suoratoistona, mahdollisimman monille käyttäjille. HTML5 on tuomassa vaihtoehtoa progressiivisen videon toimitukseen, mutta tällä hetkellä teknologia ei tue suoratoistoa <video>-elementteihin. (30, s. 19–20; 8; 43.)

Flash-videota on kahta eri formaattia: FLV, jota voidaan koodata Sorenson Spark- ja On2 VP6 -koodekeilla, ja H.264-koodekillä koodattu F4V. Omien videoformaattien lisäksi Flash Player pystyy toistamaan H.264-koodattua MP4- eli MPEG-4 Part 14 -tiedostoformaattia. (30, s. 19–20; 44.)

Videot voidaan koodata joko constant bitrate (CBR) -periaatteella, jossa videon kokonaistiedonsiirtonopeus on koko ajan, sama tai variant bitrate (VBR) -periaatteella, jossa datarate vaihtelee sisällön tarpeiden mukaan. Pääasiassa suoratoistovideoiden tulisi olla CBR-enkoodattuja, jolloin ladattu puskuri voidaan pitää koko ajan saman. (45, s. 79; 46.)

3 Suoratoistoteknologia

3.1 Suoratoistopakettien välitys

Internet toimii paketinsyöttöperiaatteella: paketti lähetetään eteenpäin, ja jokainen välietappi välittää sen eteenpäin niin nopeasti kun vain mahdollista. Tämä toimii kohtalaisen pienien tiedostojen välityksessä hyvin mutta suurempien videoiden tai suoratoistosityötteiden kohdalla, joiden kokoa ei edes tiedetä, periaate ei toimi. Suoratoistoteknologian avulla on mahdollista toistaa mediatiedostoja lähes reaaliaikaisesti internetin välityksellä, joskin sujuva, katkeilematon toisto vaatii pienen puskurin. Tiedostoja siirretään jatkuvasti pieninä paketteina eteenpäin, ja ne toistetaan asiakassovelluksessa sitä mukaa kuin ne saapuvat. (47.)

Suoratoistossa tiedosto ei tallennu vastaanottajan laitteeseen, joten tekijänoikeuksien valvonta on helpompaa. Mikäli suoratoistoa ei ole suojattu, tallennus levyille on mahdollista käyttäessä siihen tarkoitettuja ohjelmia. Wowza Streaming Server -palvelinohjelmistossa tämän voi estää käyttämällä RTMPE- tai RTMPTE-protokollaa SecureTokenin kanssa. Suojauksen toimintatapa on yksinkertaisesti se, että asiakassovellus lähettää kryptatun merkkijonon, jota palvelinsovellus vertaa palvelimelle tallennettuun merkkijonoon, ja jos nämä eroavat, suoratoistoyhteyttä ei avata. (47; 48.)

Mediatiedostojen lisäksi joillakin suoratoistoteknologioista voidaan siirtää myös muita datapaketteja, kuten paikkatietoja internetin välityksellä pelattavissa reaaliaikaisissa moninpeleissä tai chat-viestejä. Paketit voidaan lähettää TCP- tai UDP-protokollia käyttäen, joko käyttäjältä toiselle tai palvelimen kautta, riippuen käyttötarkoituksesta. (47; 48.)

3.2 Protokollat ja portit

Suoratoistosisältö levitetään yleensä käyttäen siihen tarkoitettuja sovellustason protokollia (ks. taulukko 1) ja portteja, jotta siirrossa olisi mahdollisimman pieni viive maksimaalisella tiedonsiirtokapasiteetilla. Monet sovellustason suoratoistoprotokollista käyttävät tiedon siirtämiseen yhteydetöntä UDP-protokollaa, joka periaatteessa vähentää yhteyden viivettä, koska pakettien perillemeno ei varmisteta, kuten TCP-protokollassa. Ongelmana erityisillä sovellustason protokollilla on, että yritysten palomuurit ovat usein määritellyt estämään tällaiset yhteydet. (49; 50.)

Taulukko 1. Palvelinohjelmistojen käyttämät suoratoistoprotokollat (51; 52; 53).

	Adobe Flash Media Server	Darwin Streaming Server	Red5	Wowza Media Server	Windows Media Services
HTTP Streaming	x			x	x
RTMP*	x		x	x	
RTMFP	x				
RTP		x		x	x
RTSP		x		x	x
MPEG-TS	x			x	
Smooth Streaming				x	x
MMS					x
MS-WMSP					x

* RTMP, RTMPT, RTMPS, RTMPE, RTMPTE

Real Time Streaming Protocol

Real Time Streaming Protocol (RTSP) -protokollan tehtäviin ei kuulu suoratoiston välittäminen, ja useimmat RTSP-palvelimet käyttävätkin siihen RTP-protokollaa, joskin poikkeuksia on, kuten RealNetworksin palvelin, joka käyttää siirtoon Real Data Transport (RDT) -protokollaa. Asiakassovellukset lähettävät RTSP-palvelimille yksinkertaisia VHS-tyyppisiä komentoja, kuten toisto ja pysäytys, joilla voi käskää palvelimen suoratoistoa. Se on periaatteessa multimediaspalvelimen kaukosäädinprotokolla. Protokollan on kehittänyt Internet Engineering Taskforcen Multiparty Multimedia Session Control Working Group, ja se on julkaistu vuonna 1998. (54.)

Real-time Transport Protocol

Real-time Transport Protocol (RTP) on tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään audion ja videon toimittamiseen IP-verkoissa. Protokollan julkisti vuonna 1996 Internet Engineering Taskforcen Audio-Video Transprot Working Group, mutta se on sen jälkeen korvattu vuonna 2003 uudemmalla versiolla. (55.)

Real Time Messaging Protocol

Alun perin RealTime Messaging Protocol (RTMP) oli Macromedian kehittämä protokolla median ja datan siirtämiseen Flash-toistimen ja palvelimen välillä internetin kautta. Käyttäjä lataa web-palvelimelta Flash-sovelluksen, joka ottaa NetConnection-yhteyden palvelinsovellukseen datan toimitusta varten. Ongelmana RTMP-protokollan käytössä yritysverkoissa on vakioportin 1935 esto palomuuressa. Tällöin vaihtoehtona on käyttää tunnettuja RTMPT-protokollaa, jossa data on kapseloitu HTTP-paketteihin, mikä naamioi paketit HTTP-liikenteeksi. (56, s. 87; 57; 58.)

RTMPT (Real Time Messaging Protocol Tunneled)- ja SSL:llä salattu RTMPS (Real Time Messaging Protocol Secure) -data on kapseloitu HTTP-paketteihin, jolloin ne läpäisevät palomuurit varmemmin. Vaikka näiden protokollien käytössä viive kasvaa verrattuna normaaliin RTMP liikenteeseen, se voi olla ainoa mahdollisuus yrityskäytössä, jossa käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa palomuurin toimintaan. (59.)

RTMPE (Encrypted Real Time Messaging Protocol) ja RTMPTE (Encrypted Real Time Messaging Protocol Tunneled) on kehitetty digitaalisten käyttöoikeuksien hallintaa varten ilman SSL-salausta. (59; 60.)

RTMFP (Real-Time Media Flow Protocol) mahdollistaa Adobe Flash Player -sovellusten vertaisverkkoyhteydet. Yhteys sovellusten kesken voidaan muodostaa saman aliverkon sisällä ilman palvelinohjelmistoa ja internetin kautta Adobe Flash Media Server -palvelinohjelmistolla. (61.)

3.3 Remote Shared Object -oliot

Datan synkronointiin reaaliajassa käyttäjien kesken, muun muassa Adobe Flash Media Server- ja Wowza Media Server -palvelinohjelmistoissa, käytetään Remote Shared Objectteja. Toisin kuin selaimen evästeitä vastaavat Local Shared Objectit, jotka säilytetään asiakaslaitteella, Remote Shared Objectit sijaitsevat palvelimella. Remote Shared Object -oliot on jaettu kaikkien kirjautuneiden kesken ja synkroinoidaan aina kyseiseen olioon liitetyn tapahtuman tapahduttua, joka lähettää synkronoinnin Flash-asiakassovelluksille. Oliot voivat olla joko sessiokohtaisia tai pysyviä, jolloin niihin tallennettu data voidaan jakaa myös myöhemmissä sessioissa. (62, s. 15; 48; 63.)

Lähtökohtaisesti Remote Shared Objectit tukevat datatyyppejä jotka pysyvät koossa NetConnection-siirron AMF0-formaatissa, kuten Object-, Array-, Number, String- ja Boolean-datatyypit. Mikäli tarve on käyttää muita kuin tuettuja datatyyppejä tai dataa, se voidaan serialisoida ennen siirtoa haluttuun muotoon; tiedostot voidaan Base64-koodata String-muotoon, joita voidaan siirrellä myös NetConnection-yhteydellä ja siten jakaa Remote Shared Objectilla. Adobe Flash Player 9 toi mukanaan AMF3-formaatin ja ByteArray-muotoisen tiedonsiirron NetConnect-yhdeydellä. (64; 65; 66.)

3.4 Palvelinohjelmistot

Ensimmäinen suoratoistopalvelinohjelmisto oli RealNetworksin kehittämä, ja sitä käytettiin ensimmäistä kertaa julkisesti vuonna 1995 näyttämään Seattle Marinersin ja New York Yankeesin välinen baseballottelu. Suoratoistopalvelinohjelmistojen yleisin tehtävä onkin toimittaa sisältö mahdollisimman pienellä viivellä asiakassovellukseen, joka voi olla selaimessa toimiva liitännäinen, työpöytäsovellus tai mobiililaite. Yleisin tuettu videoformaatti suoratoistopalvelimissa on H.264 (ks. taulukko 2), jota tukevat monet asiakassovellukset. Suurin osa suoratoistoon tarkoitetuista palvelinohjelmistoista on median suoratoistoa varten, ilman mahdollisuutta laajentaa palvelinohjelmistoa palvelinsovelluksin. (67; 68.)

Suurin osa suoratoistopalvelimista on tarkoitettu pelkästään sisällön suoratoistoon. Webinar-käyttöön soveltuvia suoratoistopalvelinohjelmistoja on rajattu määrä, mikäli vaatimuksena on palvelinpuolen laajennettavuus.

Taulukko 2. Palvelinohjelmistojen tukemat mediaformaatit (51; 52; 53).

	FLV	H.264	MPEG4	ASF	Quicktime
Adobe Flash Media Server	x	x			
Darwin Streaming Server		x	x		x
Red5	x	x			
Wowza Media Server	x	x	x		x
Windows Media Services				x	

Adobe Flash Media Server

Adobe Flash Media Server on Adobe Systemsille Macromedialta yrityskauppojen kautta päätynyt tuote, joka mahdollistaa Adobe Flash Player -liitännäisessä sisällön suoratoiston ja monen käyttäjän sovellukset, joissa tarvitaan käyttäjien välillä reaaliaikaista viestintäväylää. Palvelinsovelluksen ohjelmointiin käytetään ActionScript 1 -ohjelmointikieltä, mutta palvelinohjelmisto tarjoaa myös mahdollisuuden laajentaa sovelluksia C++-ohjelmointikielellä kirjoitetuilla liitännäisillä. Monimutkaisten liitännäisiä käyttävien palvelinsovellusten ohjelmointi vaatiikin ohjelmoijalta huomattavasti enemmän kuin yksinkertaisten ActionScript-pohjaisten sovellusten tekeminen. (69; 70.)

Palvelinohjelmiston suoratoisto-ominaisuudet ovat hyvät, jos toisto halutaan suorittaa Adobe Flash Player -asiakassovelluksessa. Adobe Flash Media Server pystyy suoratoistamaan sisältöä RTMP-protokollan kaikilla varianteilla (ks. taulukko 1) ja HTTP Dynamic Streaming -metodia käyttämällä. (53.)

Adobe Flash Media Server -palvelinohjelmistosta on neljä eri versiota. Flash Media Interactive Server (www.adobe.com/products/flashmediainteractive), joka on tarkoitettu suoratoistosisällön lisäksi usean käyttäjän reaaliaikaisen kommunikaation välineeksi. Version 4 myötä mahdollistui RTMFP-protokollan käyttö, jossa palvelinohjelmisto avaa väylän asiakassovellusten välille suoraan. Toinen versio, Flash Media Streaming Server -palvelinohjelmisto (www.adobe.com/products/flashmediastreaming), on tarkoitettu vain suoratoistosisällön siirtoon ilman muunlaisen kommunikaation mahdollisuutta. Adobe Flash Media Enterprise Server (www.adobe.com/products/flashmediaenterprise) on Flash Media Interactive Server -palvelinohjelmistoa vastaava, mutta mitoitettu suurille yrityksille. Kehityskäyttöön tarkoitettu ilmainen Adobe Flash Media Development Server (www.adobe.com/cfusion/tdrc/index.cfm?loc=en_us&product=flashmediaserver) on tietyin rajoituksin toimiva versio Flash Media Interactive Server -palvelinohjelmistosta. (71; 72; 53.)

Reaaliaikaisen kommunikaation mahdollistavaa Adobe Flash Media Interactive Server -palvelinohjelmistoa voidaan käyttää muun muassa interaktiivisissa moninpeleissä, web-konferensseissa, virtuaaliluokkahuoneissa tai VoIP-puheluissa. Ohjelmiston ominaisuuksiin kuuluvat suoratoistomedian lisäksi session datasyntkronointiin tarkoitettut Remote Shared Objectit. (53; 71; 72.)

Pelkästään median suoratoistoon tarkoitettu Adobe Flash Media Streaming Server hoitaa suoratoiston niin suorana kuin on-demand-toimituksena. Palvelinohjelmiston etuihin kuuluvat RTMPE-protokolla ja SWF-tiedoston varmennus. Tällä estetään suoratoistojen avaaminen muualta kuin halutuista SWF-tiedostoista, jolloin voidaan siirtää hivenen turvallisemmin salaista materiaalia. (53; 71; 73.)

Darwin Streaming Server

Applen suoratoistopalvelinohjelmisto Darwin Streaming Server (<http://dss.macosforge.org>) on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, jolla voidaan suoratoistaa mediaa RTP- ja RTSP-protokollia (ks. taulukko 2) hyväksikäyttäen. Darwin Streaming Server -palvelinohjelmistolla on mahdollista suoratoistaa H.264/MPEG-4 AVC-, MPEG-4- ja 3GP-mediatyyppejä (ks. taulukko 2). Ohjelmisto suoraan ei tue muuta kuin suoratoistoa, mutta lähdekoodin avoimuus mahdollistaa ohjelmoijille ohjelmiston soveltavan käytön. (74.)

Red5

Avoimen lähdekoodin Red5 (www.red5.org) on Javalla kirjoitettu palvelinohjelmisto, joka tukee Flash Video- ja H.264-mediatyyppien suoratoiston lisäksi Remote Shared Object -olioita. Suoratoisto tapahtuu RTMP-protokollan eri versioiden välityksellä. (75.)

Wowza Media Server

Javalla kirjoitettu Wowza Media Server on kaupallinen palvelinohjelmisto, joka on Wowza Media Systemsin tuote. Yrityksen perusti vuonna 2005 kaksi aiemmin Adobe Systemsillä työskennellyttä henkilöä, tavoitteena kehittää ohjelmisto, joka on optimoitu moniin eri laitteisiin tapahtuvaa suoratoistoa varten. Palvelinohjelmiston Java-ympäristö mahdollistaa sovelluskehityksessä kohtalaisen helpon lähestymisen monimutkaisiinkin sovelluksiin. (48; 76.)

Palvelinohjelmisto sisältää tuen Remote Shared Objectien käyttöön, joten interaktiivisten sovellusten kehitys on siltä osin mahdollista. Taulukko 2:sta selviää, että Wowza Media Server tukee RTMP:n lisäksi myös useita muita suoratoistoprotokollia. Adobe Flash Player -suoritusympäristössä toimivien sovelluksien lisäksi sillä pystyy suoratoistamaan sisältöä moniin muihin ympäristöihin, kuten iPhone- ja SilverLight-sovelluksiin. (48.)

Windows Media Services

Windows Media Server on palvelinohjelmisto, jolla voi suoratoistaa sisältöä Microsoft Windows -yhteensopiviin asiakassovelluksiin. Palvelinohjelmisto käyttää Smooth Streaming -teknologiaa sisällön siirtoon HTTP-protokollan kautta. Windows Media Server on osa Windows Server 2008:aa, joten se itsessään ei sisällä muuta kun suoratoistoon liittyviä ominaisuuksia. (77.)

4 Verkkokonferenssit ja -presentointi

4.1 Esitystyytit

Verkkokonferenssit ovat hyvä tapa järjestää kokouksia, tapaamisia, seminaareja tai presentaatioita, mikäli kasvotusten tapaamiseen ei ole tarvetta tai se on käytännössä mahdotonta. Nokia, IBM ja Microsoft ovat kestäväen kehityksen strategiassaan asettaneet yhdeksi tavoitteistaan vähentää hiilidioksidipäästöjä käyttämällä verkkokonferensseja kokouksissa. Osallistuminen verkkokonferenssiin voi tapahtua lähestulkoon millä tahansa nykyaikaisella laitteella, joka on yhteydessä internetiin. Muun muassa Adobe Connect Pro (www.adobe.com/products/adobeconnect.html) verkkokonferensseja pystyy seuraamaan niin Apple iOS4- kuin myös Android 2.2 -käyttöjärjestelmillä varustetuilla matkapuhelimilla tietokoneiden lisäksi. (1; 2; 3; 4; 78.)

Verkkokonferenssiohjelmistot ovat lähes kautta linjan kaupallisia. Nämä sovellukset vaativat palvelinsovelluksen, -ohjelmiston ja asiakassovelluksen toimiakseen, ja monet yritykset tarjoavatkin palvelua verkkosovelluspalveluna. Suosittu webinar-sovellus, Adobe Connect Pro, on selaimen Adobe Flash Player -liitännäisessä toimiva sovellus, jota myös monet oppilaitokset käyttävät luentojen ja seminaarien virtuaaliseen levittämiseen. Lisäominaisuuksia varten on mahdollista asentaa työpöytäsovellus. Cisco WebEx (www.webex.com) on Java-pohjainen verkkokokoussovellus, joka sisältää paljon verkkokokouksiin tarkoitettuja yhteistyötoiminnallisuuksia. Vastaavasti Microsoft Live Meeting (www.microsoft.com/online/fi-fi/office-live-meeting.aspx) on Microsoftin teknologioilla toteutettu verkkokokousohjelmisto. VoIP-puheluista tunnettu Skype tarjoaa myös videokonferenssimahdollisuuden lisäksi tiedostojen jaon osallistujien kesken. (79; 80; 81; 82.)

Verkkokonferenssit voidaan jakaa esitystyyppeihin yhteistyötoiminnallisuuksien perusteella. Workshop-tyyppinen verkkokokous sisältää runsaammin yhteistyöominaisuuksia kuin webinar, joka on yleensä enemmän yksi-puhuu-muut-kuuntelevat-esitys. Esitystyytit voidaan karkeasti jakaa kolmeen tyyppiin: webinar, webcast ja webmeeting. (83.)

Webinar

Webinar eli verkkoseminaari on verkossa tapahtuva seminaari. Nämä ovat yleensä rajatulle joukolle suunnattuja esityksiä, jotka voivat sisältää joitain interaktiivisia komponentteja, kuten äänestyksiä. Toiminnallisuuksista webinar sisältää yleensä videokuvan ja pre-

sentaation, lähes poikkeuksetta myös keskustelu kuuluu tapahtuman ominaisuuksiin. Keskustelun avulla webinarin pitäjälle voidaan esittää kysymyksiä esityksen aikana. Webinareista tallennetaan yleensä staattinen versio myöhempää on-demand-toistoa varten. (84; 85.)

Palvelinsovelluksista Adobe Connect Pro on suosittu webinar-tyyppisissä ratkaisuissa ja tarjoaa mahdollisuuden pelkästään yksisuuntaiseen mutta myös interaktiiviseen presentointiin. (86; 87; 88.)

Webcast

Verkon kautta siirrettävää medialähetystä kutsutaan nimellä webcast, joka on johdannainen perinteisemmän median termistä broadcast eli lähetys. Suurimmat webcast-tarjoajat ovatkin jo olemassa olevia televisio- ja radioasemia, jotka lähettävät samaa lähetystä sekä verkon kautta että televisio- tai radiolähetysinä. (89.)

Webcast ei vaadi palvelinohjelmistolta Remote Shared Object- tai vastaavia ominaisuuksia, vaan mikä tahansa sisällön suoratoistoon tarkoitettu ohjelmisto sopii tarkoitukseen. Palvelinohjelmistoa valittaessa on määriteltävä kuitenkin tarkasti, millaisilla laitteilla suoratoistoa tullaan vastaanottamaan ja kuinka hyvin salattua ja käyttäjäkontrolloitua suoratoiston pitää olla.

Webmeeting

Webmeeting eli verkkokokous on yhteistyölähtöinen verkkokonferenssi. Osallistujat ovat verkkokokouksessa audio- tai videoyhteydessä keskenään ja pystyvät näin kommunikoidaan kasvotusten tapahtuvien kokouksien tapaan. Verkkokokousovellusten yleisiä ominaisuuksia ovat ruudun- ja tiedostonjako sekä valkotaulu. (90; 91.)

Verkkokokousovellukset ovat pääasiassa tietokoneelle asennettavia ohjelmia, koska selaimessa toimivien suoritusympäristöt toimivat omissa hiekkalaatikoissaan eivätkä pääse käyttämään tietokoneen resursseja tarvittavan monipuolisesti.

Microsoft Office Live Meeting ja Cisco WebEx ovat suosittuja verkkokokousovelluksia, ja molemmat tarjoavat sekä suppeamman selainosallistumismahdollisuuden että laajemmilla ominaisuuksilla olevan asennettavan ohjelman. Molemmista sovelluksista on tarjolla kuukausihintainen verkkosovelluspalvelu. Cisco laskuttaa isäntä-roolin WebEx-käyttäjiltä noin 50 dollaria, kun taas Microsoft jokaiselta käyttäjältä noin 5 dollaria kuussa. Molem-

mat ohjelmistot on myös mahdollista hankkia kertamaksullisesti, mutta tällöin pitää olla palvelin, johon ohjelmisto asennetaan. (87; 88; 92; 80.)

4.2 Yleiset ominaisuudet ja toiminnallisuudet

Verkkokonferenssisovellusten yleiset ominaisuudet ovat melko vakiintuneita, ja suurimmalla osalla sovelluksista on lähtökohtaisesti samat toiminnallisuudet. Pieniä eroja toiminnallisuuksissa ja toteutuksissa toki on, mutta kaikissa varteenotettavissa sovelluksissa on sisällön toisto, chat tai muu kommunikointikanava sekä presentaation- tai työpöydänjako. (87.)

Sisällöntoisto

Web-presentointi perustuu usein lähtökohtaan, että on joku, joka esittelee aihetta, ja tästä lähetetään osaanottajille mediasyöte. Tämän median aikakoodeihin voidaan muut presentaation osat synkronoida esitystallenteessa. Vieläkin tärkeämpi osuus mediantois-
tolla on webmeeting-tyyppisessä web-presentoinnissa, joissa on tarkoitus, että jokainen osanottaja on henkilökohtaisesti edustettuna ja hänellä on mahdollisuus osallistua sessioon audiovisuaalisesti.

Videon lisäarvo pelkkään audiotoi-
stoon on, että osallistujalle tulee tunne esiintyjän läsnäolosta, vaikka videokuva olisikin huonolaatuinen. Puhuvapää-esityksissä videokuvan laatua tärkeämpi onkin äänenlaatu, jotta osallistujat saavat selvää aiheesta. (93; 94.)

Presentaatio

Usein digitaalisessa mediassa presentaatiolla tarkoitetaan Microsoft PowerPointilla tehtyä esitysgrafiikkaa, joka on myös web-presennoinnissa yleinen väline. Riippuen web-presentointialustasta esitykset voivat olla juuri Microsoft PowerPointilla tai vastaavalla esitysgrafiikkaohjelmalla tehtyjä esityksiä joko suoraan tai konvertoituna toiseen, presentointialustan käyttämään, muotoon. Esimerkiksi Adobe Connect Pro voi käyttää presentaationa Microsoft Officen Adobe Presenter (www.adobe.com/products/presenter) -liitännäisellä konvertoituja esityksiä ja Adobe Captivatella (www.adobe.com/products/captivate) tehtyjä ruutunauhoituksia tai vastaavasti Microsoft PowerPointista muunnettuja esityksiä. (95; 96; 97; 98; 94.)

Chat

Web-presentointialustoissa on usein ryhmäkeskustelu mahdollisuus, mutta myös mahdollisuus henkilökohtaisiin viestityksiin osallistujien kesken. Mikäli presentaatio on enemmän webinar-tyyppinen, jossa yksi esiintyjä esittelee aihetta ja muut osallistujat seuraavat, chat on väline, jolla esitetään kysymyksiä joko esiintyjälle, hänen taustajoukoilleen, jotka voivat hallinnoida tapahtumaa, tai osallistujien kesken tapahtuvaa pohdiskelua. (98; 94.)

Ruudun jako

Verkkokokoussovelluksissa on usein ominaisuutena ruudunjako, jolla voidaan jakaa joko yhden tai useamman kokoukseen osallistujan tietokoneen työpöytä. Jako voi tapahtua joko niin, että muut osallistujat vain näkevät, mitä näytöllä tapahtuu, tai niin, että jakaja voi antaa toisten osallistujien käyttää vapaasti jaettua työpöytää ja ohjelmia. (98; 94.)

Harjoitteet ja äänestykset

Webinar- ja webmeeting-sovelluksissa toiminnallisuutena usein on äänestyksiä ja vastaavia monivalintatehtäviä, joilla voidaan mitata asioiden suosiota tai kerätä palautetta sessiosta. Tällaiset harjoitteet ovatkin hyvä tapa saada välitöntä palautetta suunnasta, johon suuntaan esitystä jatketaan, mikäli presentaatio ei ole tiettyyn kaavaan sidottu. Äänestyksen vastaukset voidaan joko jakaa osallistujien kesken tai pitää vain ylläpitäjien tiedossa. (98; 94; 99; 100.)

Whiteboard

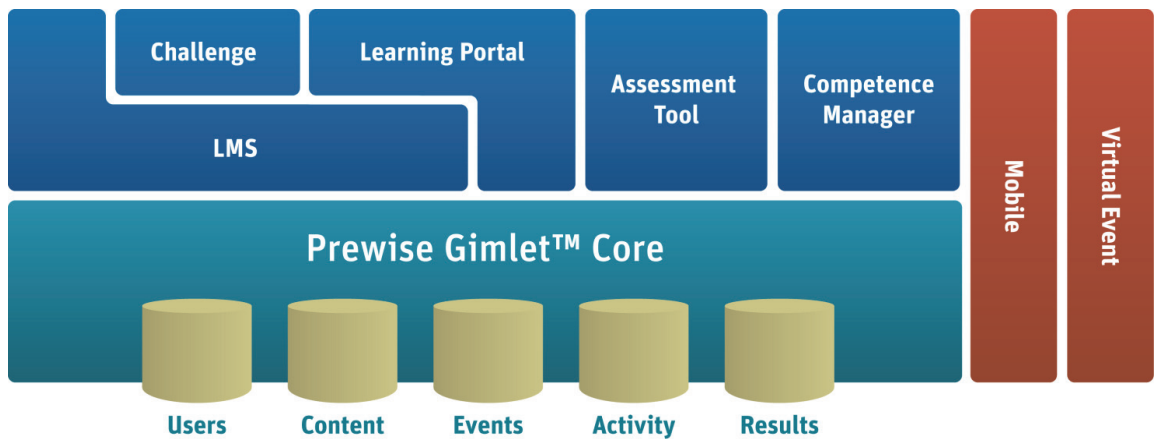
Whiteboard, valkotaulu tai virtuaalisen luonnoslehtiö, on toiminnallisuus, jolla voidaan hahmotella asioita fläppitaulun tapaan. Toiminnallisuus sisältää yleensä teksti-, vapaan ja muotopiirtotyökalun sekä väritysmahdollisuuden. Riippuen verkkokonferenssin tyypistä voi joko esiintyjä tai useammat osallistujat samanaikaisesti käyttää toiminnallisuutta. (98; 94.)

5 Virtuaalitapahtumaohjelmisto

5.1 Prewrite Gimlet -järjestelmä

Insinööriyönä tehtiin ohjelmisto Prewrite Oy:lle, joka on osaamisen kehittämisen ja viestinnän asiantuntijayritys. Yritys työllistää 75 henkilöä, joista noin puolet pääkonttorissa Helsingissä ja loput tytäryhtiöissä Bangkokissa Thaimaassa, Pekingissä Kiinassa ja Vilnassa Liettuassa. Prewrite Oy:n liiketoiminta on pääasiassa business-to-business-markkinointia, ja asiakkaat ovat suuria ja keskisuuria organisaatioita, kuten Electrolux, Kone ja Nokia. (101; 102.)

Prewisen päätoimiala on liikkeenjohdon konsultointi, jota toteutetaan pääasiallisesti verkkoratkaisuin, jotka voivat olla muun muassa verkkokursseja, virtuaalitapahtumia, koulutusportaaleja tai oppimisyhteisöjä. Yhdistävä tekijä ratkaisuille on Prewrite Gimlet –järjestelmä, joka koostuu Prewrite Gimlet Core -ytimen pohjalle rakennetuista viidestä perusohjelmistosta (ks. kuva 2), Prewrite Gimlet LMS, Prewrite Gimlet Challenge, Prewrite Gimlet Learning Portal, Prewrite Gimlet Assessment Tool ja Prewrite Gimlet Competence Manager. Näitä viittä toiminnallisuutta tuetaan Prewrite Gimlet Mobile -laajennuksella ja tästä insinööriyöstä valmistuvalla Prewrite Gimlet Virtual Event -ohjelmistolla. (103; 104; 105.)



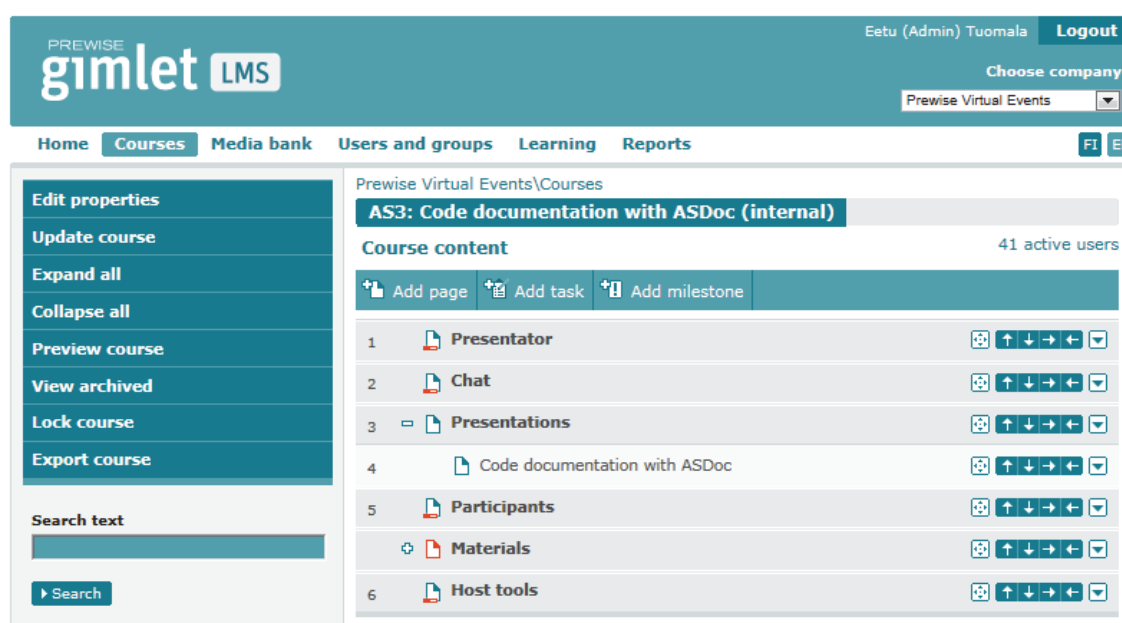
Kuva 2. Prewrite Gimlet tuoteperhe (110.).

Prewrite Gimlet -järjestelmän palvelinsovellukset perustuvat .NET-arkkitehtuuriin ja SQL Server -tietokantaan. Asiakassovellukset on tehty muun muassa Flash-, Flash Lite- ja

HTML, CSS ja JavaScript -tekniikoilla, riippuen siitä, mikä täyttää sovellukselle asetetut vaatimukset. (106; 107.)

Prewrite Gimlet LMS -oppimisympäristö

Prewrite Gimlet LMS on oppimisympäristö, jonka ylläpito toimii selaimessa. Ylläpito sisältää verkkokurssien koostoon tarvittavan käyttöliittymän, mediapankin, käyttäjähallinnan, opintojen etenemisen seurannan ja raportointityökalut. Kuva 3 esittää Prewrite Gimlet Virtual Event -tapahtumaa oppimisympäristön ylläpidossa. Kuvassa näkyy ”AS3: Code documentation with ASDoc (internal)” -virtuaalitapahtuman rakenne.



Kuva 3. Prewrite Gimlet LMS -ylläpito.

Oppimisympäristön sisällöntuotannon ylläpito on rakennettu verkkokursseja silmälläpitäen; sisältötekstin muotoilu tehdään WYSIWYG-editorissa ja ylläpito sisältää toimintoja, joita voidaan käyttää erilaisten harjoitteiden ja interaktioiden tekemiseen. Ylläpidossa koostetut verkkokurssit näytetään opiskelijoille kurssien toistamista varten tehdyllä Gimlet Flash Player -sovelluksella. (106; 108.)

Prewrite Gimlet LMS -oppimisympäristön käyttöoikeudet perustuvat Windows-tyyppiseen käyttäjähallintaan, jossa käyttäjän oikeuksiin vaikuttavat eri tilanteissa niiden käyttäjäryhmien oikeudet, joihin käyttäjä kuuluu. Käyttäjät voidaan luoda hallinnasta yksitellen tai tuoda Excel- ja CSV-tiedostosta, mutta on myös mahdollista kirjautua sing-

le-sign-on-tekniikalla asiakasyrityksen verkosta Prewrite Gimlet -järjestelmään, jolloin käyttäjän ei tarvitse erikseen kirjautua Prewrite Gimlet -palvelimelle käyttääkseen järjestelmää. (106.)

Integraatio

Insinööritöinä tehdyn Prewrite Gimlet Virtual Event -ohjelmiston on tarkoitus olla osa Prewrite Gimlet -tuoteperhettä (ks. kuva 2), ja integraatio oppimisympäristöön oli näin ollen yksi ohjelmistolle asetetuista vaatimuksista. Oppimisympäristöön verkkokursseja varten toteutetut rajapinnat ja ominaisuudet toimivat hyvin myös virtuaalitapahtumissa, koska sovellusten ominaisuuksissa sekä käytetyssä teknologiassa on yhteneväisyyksiä. Prewrite Gimlet Virtual Event -ohjelmisto pyrittiinkin rakentamaan niin, että se käyttää hyväksi jo valmiiksi tehtyjä komponentteja ilman, että tarvitaan suurempia muutoksia oppimisympäristöön ja sen logiikkaan.

Prewrite Gimlet LMS:n perusominaisuuksiin kuuluu mediapankki, johon voidaan tallentaa sisällöissä käytettäviä materiaaleja. Mediapankkiin voi tallentaa kuva-, ääni- ja video tiedostojen lisäksi myös muuntyyppisiä tiedostoja. Prewrite Gimlet Virtual Event käyttää mediapankkia ZIP-pakattujen esitysten ja tapahtumaan liittyvien liitetiedostojen tallentamiseen.

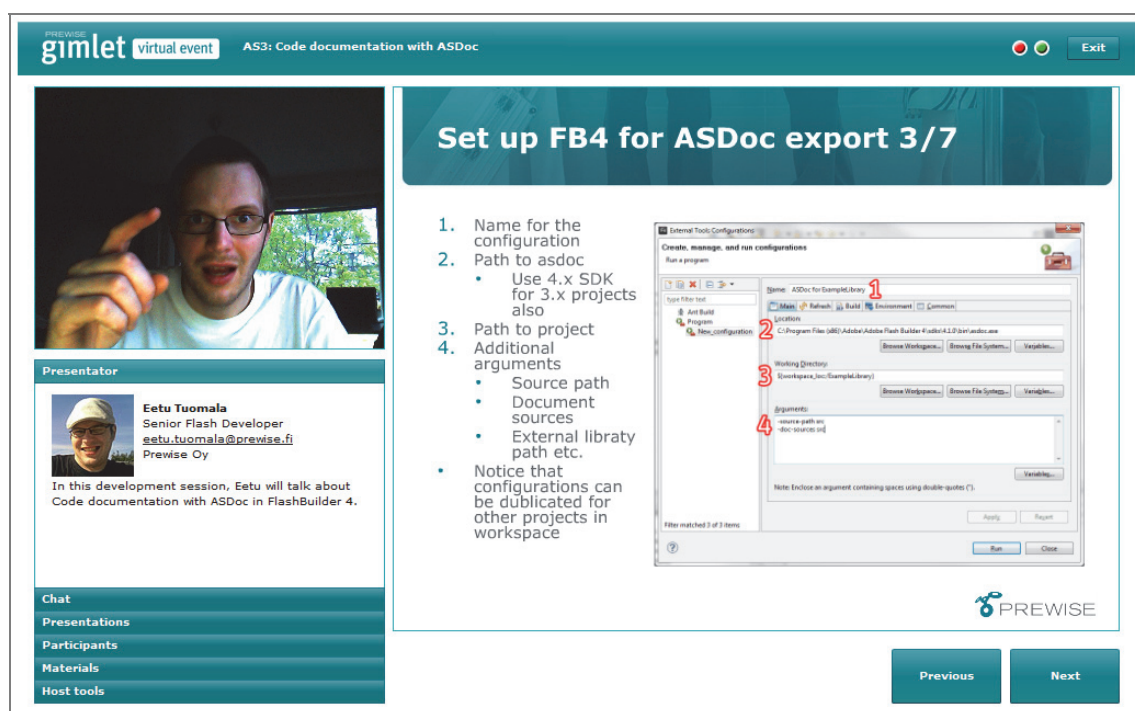
Prewrite Gimlet LMS -järjestelmässä on valmiina XML-merkintäkieltä toteuttavia rajapintoja, joita käytetään Gimlet Flash Player -pohjaisten verkkokurssien tuotannossa. gfp3_structure.aspx-tiedosto palauttaa verkkokurssin rakenteen, jota myös käytettiin suoraan Prewrite Gimlet Virtual Event -sovelluksen rakenteen määrittelyssä asiakassovelluksessa. Suoritustietoja asiakassovelluksesta Prewrite Gimlet LMS:sään päivitetään f_log.aspx-tiedoston kautta. Mediapankkiin tallennetut tiedostot haetaan Download.ashx:lla, joka palauttaa tietokantaan tallennetun tiedoston.

Prewrite Gimlet Virtual Event -asiakassovellus avataan oppimisympäristön opintopuolelta, johon kirjaudutaan joko ennalta määritetyin tunnuksin tai single-sign-on-kirjautumisteknologiaa käyttäen. Oppimisympäristössä on mahdollista määrittää kurssia avattaessa pakollinen järjestelmätesti, jolla varmistutaan, että käyttäjällä on asennettuna oikea versio Adobe Flash Player -liitännäisestä, minkä jälkeen käyttäjä ohjataan virtuaalitapahtumaan.

5.2 Virtuaalitapahtuman asiakassovellus

Teknologian valinta Prewrite Gimlet Virtual Event -asiakassovellukseen oli pääpiirteittäin selvä jo alusta alkaen, koska yrityksen muut sovellukset ovat pääasiallisesti Flash-teknologialla toteutettuja. Toteutustavaksi tarkentui Adobe Flex, ja koska yritysmaailmassa, johon käyttöön sovellus on pääasiassa tarkoitettu, käyttäjien oikeudet asentaa ohjelmia yrityskoneille voivat olla rajattuja, Adobe Flash Playerin minimiversioiksi määrytyi 9.0.115.0. Ohjelmointi tehtiin Eclipse-pohjaisella Adobe Flash Builder 4 -kehitystyökalulla käyttäen Flex 3.5 SDK:ta.

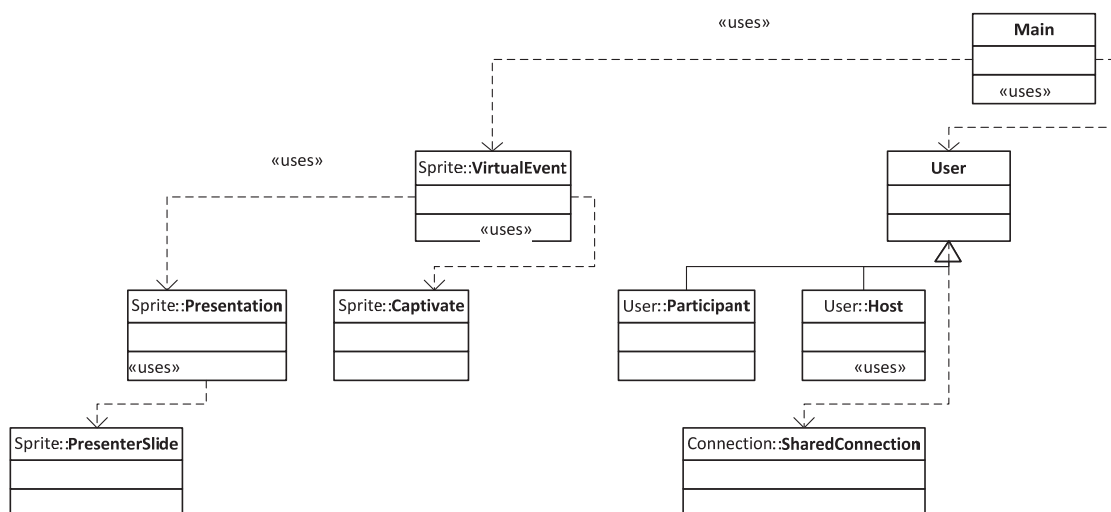
Lähdekoodin versionhallintaan käytettiin Microsoft Visual SourceSafe ([http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms181038\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms181038(VS.80).aspx)) -versionhallinta-ohjelmistoa, jota varten Adobe Flash Builder -kehitysympäristöön asennettiin VSS Plugin for Eclipse -lisäosa (<http://vssplugin.sourceforge.net>).



Kuva 4. Asiakassovelluksen käyttöliittymän isännöintinäköymä.

Sovellus koostuu MXML-käyttöliittymämerkintäkielellä määritetyistä visuaalisista käyttöliittymäkomponenteista (ks. kuva 4) ja ActionScript 3 -ohjelmointikielellä toteutetusta sovelluslogiikasta (ks. kuva 5). Mahdollisimman suuri osa lähdekoodista on pyritty toteuttamaan uudelleenkäyttöä ajatellen ActionScript 3 -luokkiin, jolloin käyttö Adobe Flash

Professional -ohjelmasta on myös mahdollista. Kaikista yleispätevin osa lähdekoodista, kuten yhteydenotto suoratoistopalvelimelle, kirjoitettiin Prewisen yleiseen ActionScript-kirjastoon, jotta jatkokehitys ja käyttö muissa projekteissa olisivat mahdollisimman helppoja. (109.)



Kuva 5. Asiakassovelluksen sovelluslogiikka yksinkertaistettuna.

Käyttöliittymäkomponenttien visuaalinen ilme on toteutettu Cascading Style Sheets -tyyliohjeilla, jotka käännetään Flex SDK:lla SWF -tiedostoksi, jonka sovellus ottaa käyttöön käynnistyessään. Tämä käännetty tiedosto sisältää tyylimäärittelyjen lisäksi myös käytetyn käyttöliittymägrafiikan ja kirjaisimet, mikä helpottaa käyttöliittymän ulkoasun muokkausta eri yritysten ilmeiden mukaiseksi ilman, että sovellusta tarvitsee kääntää visuaalisuuden vuoksi. Erillisten tyyliprojektien etuna on myös versionhallinta: mikäli sovelluksen toimintalogiikkaa halutaan muuttaa tai päivittää, ei tarvitse päivittää jokaisen yrityksen ilmeen mukaisia sovelluksia, vaan riittää, että sovelluslogiikan sisältävä ydinsovellus päivitetään.

Yhteys suoratoistopalvelimeen

Yritysten palomuurit on usein määriteltä rajoittamaan HTTP-protokollasta poikkeavia yhteyksiä. Flash-suoratoistossa on käytössä RTMP-protokolla, joka toimii vakiona portista 1935, ja näin ollen yhteys altistuu palomuurin rajoituksille. Mahdollisimman pienellä viiveellä toimivan yhteyden aikaansaamiseksi on kuitenkin hyvä käyttää HTTP-liikenteestä poikkeavaa porttia ja protokollaa. Liitteessä 1 on kuvattuna, kuinka yhteydenpyyntö ase-

tetaan ensin ottamaan yhteys RTMP-protokollalla portin 1935 kautta, mutta mikäli se ei onnistu, yritetään porttia 443. Mikäli sekään ei onnistu, on vuorossa portti 80. Siltä varalta, että tämä sarja ei tuota tulosta, tehdään vastaavilla porteilla yhteyden testaus käyttäen RTMPT-protokollaa. Viimeistään portin 80 pitäisi toimia RTMPT-protokollaa käytettäessä, joka on varmin mutta suuriviiveisin, johtuen pakettien kapseloinnista HTTP-paketteihin muun liikenteen sekaan. RTMPT-protokollan viive käytettäessä porttia 80 RTMP-protokollaan ja porttiin 1935 on kymmenkertainen. Virtual Event -sovelluksen käyttämän palvelimen lokista selviää, että keskimääräinen viive 34111 yhteydenotosta RTMPT-protokollalla oli 1,266 sekuntia ja RTMP-protokollalla 0,1968 sekuntia. Pelkässä videotiistossa viiveen määrä ei ole niin olennainen, mutta sovelluksen reaaliaikaisessa chat-keskustelussa yli sekunnin viive voi tuntua häiritsevältä. (59; 110.)

Minimoitaessa Flash Playeriin kohdistuva rasitus testaus toteutetaan kolmen sekunnin aikakatkaisuun. Tämän vuoksi palomuurin estäessä yhteyden RTMP-protokollalla voi testaukseen mennä 18 sekuntia. Yhteydenotto palvelimeen tapahtuu SharedConnection-luokan kautta, joka tallentaa onnistuneen yhteyden protokollan sekä portin LocalShared-luokan kautta Local Shared Objectiin, joita käytetään uudelleen yhteyden muodostamiseen. Onnistuneen yhteyspyynnön jälkeen käytetään uudelleen samaa protokollaa ja porttia yhteydenottoon, jolloin testaus jää pois. SharedObject tyhjennetään, mikäli edellisestä onnistuneesta yhteydestä on yli 600 sekuntia eli kymmenen minuuttia tai tallennetuilla parametreilla tehty yhteyspyyntö ei onnistu. Koodiesimerkki 1 havainnollistaa, kuinka SharedConnection-luokassa määritellään käytettäväksi palvelimeksi aiemmin tallennettu, mikäli sellainen löytyy.

```
_savedConnectionData = new LocalShared("connectionData", 600);
var _sharedServer:String = getSavedServer();
if (_sharedServer != null) {
    if (_sharedServer.indexOf(nServer) == -1) {
        _server = nServer;
    } else {
        _server = _sharedServer;
    }
} else {
    _server = nServer;
}
super(_server);
```

Koodiesimerkki 1. SharedConnection-luokan tallennettujen parametrien tarkistus.

Yhteys palvelimelle toteutetaan yhdellä NetConnection-yhteydellä, jolloin sisällön, chatin ja presentaation synkronoinnissa viiveet ovat samat ja synkronointi näin ollen helpom-

paa. Yhden yhteyden hallinta palvelinsovelluksessa on myös yksinkertaisempaa kuin monen erillisen yhteyden yhdistäminen yhteen käyttäjään.

Käyttäjäroolit

Sovelluksen käyttämiseen on kaksi eri roolia, isäntä (host), joka isännöi tapahtumaa, sekä osallistuja (participant), jonka oikeudet sovelluksen käyttöön ovat rajatummalla. Molempia käyttäjiä voi olla yksi tai useampi, kuitenkin niin, että vain yksi videosuoratoisto on mahdollinen kerrallaan. Käyttäjäroolit perustuvat Prewrite Gimletin yksinkertaistettuun versioon käyttäjäroolituksesta, joka sisältää huomattavan määrän eri käyttäjärooleja. Rooleja hallinnoidaan yksinomaan Prewrite Gimlet LMS:ssä.

LiveBroadcast-tapahtuman isäntä voi avata sisällön suoratoiston ja hallinnoida presentaatioita, joskaan presentaation hallinnan ja sisällön suoratoiston ei tarvitse tapahtua saman isännän toimesta. Tämä mahdollistaa sen, ettei esitelmöitsijän tarvitse hallinnoida presentaation kulkua, vaikka sisällön suoratoisto tapahtuisikin hänen koneeltaan. Host-luokka perii Participant-luokkaa, joka sisältää perusyhteydenpitoon vaadittavat ominaisuudet, ja lisää tähän sisällön suoratoiston palvelimeen päin.

Sisällön suoratoisto

Sisältö koodataan tapahtuman isännän Flash Playerissa FLV-muotoon, joka suoratoistetaan palvelimelle ja tarvittaessa myös tallennetaan myöhempää toistoa varten. Sovellukseen on rakennettu käyttäjän kameran resoluutiot tunnistava ominaisuus, joka generoi listan mahdollisista käytettävistä resoluutioista. Sisällön koodaaminen reaaliaikaiseen toistoon on prosessoreille raskasta, joten aivan suurinta resoluutiota ei kannata tarpeettomasti käyttää, varsinkin jos sovelluksessa käytetään siihen rakennettua vakiokokoista pohjaa, jossa näkyvän videon leveys on 320 kuvapistettä ja korkeus määräytyy videokuvan kuvasuhteen mukaan. Videokuvan pakkauslaatu on kolme vaihtoehtoa, mikä tässä tilanteessa on jo liikaa. Samoin äänenlaatuun on useita eri pakkauslaatuja, ja tarkoitus on tulevaisuudessa yhdistää video- ja audiolaadun valinnat kolmeen paremmin kuvaavaan vaihtoehtoon, ei-nauhoitettavaan, nauhoitettavaan ja HD-laatuun.

Tapahtuman osallistujat avaavat yhteyden palvelimelta tulevaan suoratoistosisältöön. Flex SDK sisältää erilaisia valmiita mediakomponentteja sisällöntoistoon, mutta ongelmana niiden käytössä on yhteiskäytössä olevan NetConnection-yhteyden käyttö. Koska on suotavaa, että sisältö vastaanotetaan samalla yhteydellä kaikkien muiden synkronoi-

tavien sovellukseen kuuluvien elementtien kanssa, sitä varten on sovellukseen rakennettu VideoContainer-komponentti sisällön toistoon. VideoContainer-komponentin videotointi perustuu com.prewrite.communication.media-paketin StreamVideo-luokkaan, joka käyttää flash.media-paketin Video-luokkaa videon toistoon. StreamVideo-luokkaan asetetaan palvelimeen muodostettu yhteys ja avataan yksisuuntainen NetStream-yhteys. StreamVideo-luokka perii EventDispatcheria ja sisältää näin ollen tapahtumankäsittelyominaisuuden. Tapahtumankäsittelyä käytetään muun muassa VideoContainer-komponentissa metadatan saapuessa, kun tietoon tulee videon resoluutio, jolloin video-elementin korkeus komponentissa skaalataan oikeankokoiseksi.

PowerPoint-esitykset

Microsoft PowerPoint -esityksen toistaminen Flash Playerissa onnistuu ainoastaan muuntamalla se tuettuun muotoon. Tätä varten on olemassa ilmaisia ja maksullisia työkaluja, jotka muuntavat esityksen yhdeksi SWF-tiedostoksi, joukoksi tiedostoja tai tiedostopaketteiksi. Pääasiallisesti mikään työkalu ei tarjoa hyvää rajapintaa muunnetun esityksen kontrollointiin, vaan paketti on itsenäisesti toimiva kokonaisuus.

PowerPoint-esityksen muuntaminen ja lataaminen

Ilmaisten vaihtoehtojen ominaisuuksien ja dokumentointien puutteellisuuden takia valinta ensimmäisessä vaiheessa käytettävässä työkalussa jäi kolmen ohjelman, Articulate Presenter (www.articulate.com/products/presenter.php), Adobe Captivate ja Adobe Presenter, välille. Articulate Presenterillä muunnetun esityksen kontrollointi ohjelmallisesti osoittautui erittäin haasteelliseksi, vaikkakin muunnetun esityksen laatu oli hyvä. Adobe Captivate on monipuolinen ruutunauhoitusohjelma, joka myös pystyy muuntamaan Microsoft PowerPoint -esitykset Flash-yhteensopivaan muotoon. Adobe Captivatella muunnettuja esityksiä pystyy kontrolloimaan, joskin huonosti dokumentoidun ActionScript 3 -rajapinnan kautta, jota esimerkiksi Adobe Presenter -ohjelmassa ei ole, vaan se käyttää ActionScript 2 -ohjelmointikieltä muunnetuissa esityksissä. Tämän vuoksi Prewrite Gimlet Virtual Event -sovellusta lähdettiin rakentamaan tukemaan Adobe Captivatella muunnettuja esityksiä. Esitystä kontrolloimaan ohjelmoitiin Captivate-luokka, jota Presentation-luokka käyttää, mikä jättää mahdollisuuden sovelluksen laajentamiseen muilla muuntotyökaluilla muunnettujen esitysten käyttöön.

Kun ensimmäinen versio Captivate-esityksen kontrollista saatiin valmiiksi ja sitä testattiin yhdistettynä videon suoratoistoon, havaittiin, että esitys vie kohtalaisen tehokkaasta työkoneesta yli 90 % prosessoritehosta. Ensimmäinen epäily oli, että esityksen upottaminen ja toistaminen toisen SWF-tiedoston sisällä aiheuttaisivat ongelman, mutta tarkempi tutkiminen osoitti, että myös esityksen toisto itsenäisenä aiheuttaa ylisuuren prosessoritehon käytön. Esityksen aiheuttaman tehohävikin takia sisällön suoratoisto ei onnistunut, ja koska muunnettu esitys on valmiiksi käännetty tiedosto, ei ollut mahdollista korjata ongelmaa. Captivate jouduttiin hylkäämään toistaiseksi. Tämän jälkeen Adobe Captivatesta on julkaistu uudempi versio, mutta soveltuvuutta Prewrite Gimlet Virtual Eventin käyttöön ei ole tutkittu. (96.)

Viimeiseksi vaihtoehdoksi jäi Adobe Presenter, joka on Microsoft PowerPoint -ohjelmaan asennettava lisäosa, jolla voi lisätä harjoituksia ja Flash-objekteja esitykseen. Adobe Presenter pystyy muuntamaan esityksen muotoon, joka voidaan toistaa Flash Playerissa. Ohjelmalla muunnettu esitys voidaan Adobe Captivaten lailla ladata suoraan Adobe Connect Pro -verkkokonferenssisovellukseen. Tutkinnan jälkeen havaittiin, että Adobe Presenter ei vie ylimääräistä prosessoritehoa itsenäisenä esityksenä eikä upotettuna toisen SWF-tiedostoon, mikä esti Adobe Captivatella muunnettujen esitysten käytön. Ongelmana kuitenkin oli, että esitys oli ActionScript 2 -ohjelmointikielellä toteutettu eikä Prewrite Gimlet Virtual Event -sovelluksessa käytetty seuraava versio, ActionScript 3 -ohjelmointikieli, ole taaksepäin yhteensopiva. ActionScript 3 -sovelluksiin on mahdollista ladata ActionScript 2 -sovelluksia, mutta niiden kontrollointi tapahtuu LocalConnection-luokan kautta, jota ei tässä tilanteessa voitu käyttää, koska lähdetiedostoja muunnettuun esitykseen ei ollut käytössä. (111; 112.)

Tutkinta Adobe Presenterin tuottamasta muunnetusta esityksestä osoitti, että lopputulos on kohtuullisen selkeä joukko XML- ja SWF-tiedostoja (ks. liite 2). Tiedostorakenteen juuressa oleva breeze-manifest.xml sisältää tiedon muun muassa sisältötiedostojen sijainnista, josta löytyy myös esityksen rakenteen sisältävä viewer.xml. Tässä tiedostossa on eriteltyä esityksen otsikko presentationTitle-elementissä (ks. koodiesimerkki 2).

```
<presentationTitle>Boosting Business Transformation</presentationTitle>
```

Koodiesimerkki 2. Esityksen otsikko Adobe Presenterin tuottamassa XML-tiedostossa.

Esityksen perustyyli sisältävät SWF-tiedostot määritellään backgrounds-elementin (ks. koodiesimerkki 3) sisältämissä background-elementeissä.

```

<backgrounds>
    <background url="Master80000142.swf"/>
    <background url="Master80000143.swf"/>
</backgrounds>

```

Koodiesimerkki 3. Esityksen perustyyliit Adobe Presenterin tuottamassa XML-tiedostossa.

Esityksen lineaarinen rakenne on määritelty elementteihin slide (ks. koodiesimerkki 4) jotka ovat slides-elementin alielementtejä. Slide-elementti sisältää content-elementissä tiedon sisältönä käytettävästä SWF-tiedostosta sekä tiedon backgrounds-elementistä indeksoidun perustyylin slideBackground-elementin index-attribuutissa. Prewrite Gimlet Virtual Event -sovelluksen OnDemand-tilassa näytetään kalvon otsikko aikajanalla, kun esitystä kelataan. Tässä käytetty otsikko löytyy slideTitle-elementistä.

```

<slide id="256" frameRate="30" totalFrames="150" advance="auto"
blockMovement="false" type="normal">
  <content url="Slide1.swf"/>
    <slideBackground index="0" frameToPlay="1" duration="2"
showAfterFrame="0"/>
    <flvContents></flvContents>
    <slideTitle>Osaamisen verran enemmän</slideTitle>
    <notes isHTML="true"></notes>
    <slideThumbnail url="thumb.swf" frame="1"/>
</slide>

```

Koodiesimerkki 4. Kalvon sisältö Adobe Presenterin tuottamassa XML-tiedostossa.

Tiedostorakenteesta löytyy thumb.swf-tiedosto, joka sisältää pienet esikatselukuvat jokaisesta kalvosta. Niitä käyttämällä voitaisiin tehdä esimerkiksi visuaalinen sisällysluettelo esityksestä.

Adobe Presenterin tuottaman rakenteen ja tiedostojen selkeyden takia esityksen näyttö päätettiin rakentaa siihen perustuen. Tiedostorakenne tallennetaan Adobe Presenteristä suoraan ZIP-pakettiin, joka ladataan Prewrite Gimlet LMS -mediapankkiin. Sovellus lataa ZIP-paketin tätä varten ohjelmoitua ZipLoader-luokkaa käyttäen. ZipLoaderilla ladatusta paketista puretaan tiedostoja getFile-metodilla, joka palauttaa nochump.util.zip.ZipFile-luokan avulla puretun tiedoston ByteArray:na. Purkaminen aloitetaan breeze-manifest.xml-tiedostosta, jonka perusteella määritellään tiedostopolku sisältötiedostoihin. Tämä jälkeen tiedostopolusta haetaan viewer.xml ja ladataan sisältö- ja perustyyli-tiedostot. Näistä tiedostoista generoidaan PresenterSlide-olioita, jotka sisältävät kaiken yhden kalvon tarvitseman tiedon ja grafiikan.

Synkronointi ja kontrollointi

Esityksen kontrollointi kulkee Presentation-luokan kautta, joka kutsuu Presenter-luokan metodeita. Tulevaisuudessa on mahdollisuus lisätä eri tavoin muunnettuja tai alusta asti räätälöityjä Flash-esityksiä laajentamalla Presentation-luokan ominaisuuksia. Presentation-luokka sisältää lineaarisen esityksen kontrollointiin tarkoitettuja metodeita, kuten nextSlide esityksen seuraavalle sivulle siirtymistä varten, prevSlide esityksen edelliselle sivulle siirtymiseen ja gotoSlide, joka ottaa parametreina esityksen sivunumeron esityksen tietylle sivulle siirtymistä varten.

Prewrite Gimlet Virtual Event -sovelluksessa esitystä kontrolloidaan palvelinsovellukselta tulevilla komennoilla. Myös esityksen isäntä kontrolloi esitystä palvelimen kautta, jolloin pysyy varmuus siitä, että osallistujien näkymä on samanlainen, koska palvelin on rekisteröinyt esityksen sivunvaihdon ja tallentanut tiedon myöhemmin webinaariin liittyviä ja on-demand-tallennusta varten. Esityksestä tallennetaan myöhempää uudelleentoistoa varten sisällön aikakoodiin perustuva sivun vaihdon hetki ja sivunumero.

Yleiskäyttöön ohjelmoitu Presentation-luokka liitetään PresentationContainer-komponenttiin, joka kuuntelee muun muassa sovelluksen koon muutoksia ja skaalaa mukanaan esityksen kokoa. Komponentti sisältää myös latauksen edistymisen indikaattorin.

Lisätoiminnallisuudet

Prewrite Gimlet Virtual Event -asiakassovelluksessa on myös valinnaisia lisätoiminnallisuuksia, joiden näkymistä voidaan kontrolloida oppimisympäristön ylläpidosta. Näitä lisäominaisuuksia on muun muassa keskustelu, osallistujalista ja lisämateriaalit.

Keskusteluksi rakennettiin yksinkertainen teksti-chat ilman suurempia erikoisominaisuuksia. Viestien muoto määräytyy ylläpidossa olevan pohjan perusteella (ks. koodiesimerkki 5). Tällöin eri instansseissa voidaan helposti käyttää eri tavalla muotoiltuja viestejä.

```
<p><b>{senderNick}</b> @ {date}</p><p>{message}</p>
```

Koodiesimerkki 5. Viestin muotoilu Prewrite Gimlet LMS -hallinnassa.

Lokalisoinnin helpottamiseksi voidaan myös päivämäärän ja kellonajan muotoa muuttaa ylläpidossa dateFormat-muuttujassa. Chat-viestit synkronoidaan kaikille tapahtuman osaanottajille ja tallennetaan tarvittaessa myöhempää käyttöä varten.

Asiakassovelluksen osallistujalista synkronoidaan käyttäjien kirjautuessa sisään- ja ulos-tapahtumasta. Listassa näytetään osallistujan etu- ja sukunimi, mutta tulevaisuudessa olisi tarkoitus lisätä tähän listaan muun muassa osallistujarooli.

Lisämateriaali listataan yksinkertaiseen tekstilistaan, josta käyttäjä voi sen halutessaan ladata. Lisämateriaali jaetaan oppimisympäristön mediapankin kautta, ja se voi olla mitä tahansa tiedostomuotoa.

5.3 Virtuaalitapahtuman palvelinsovellus

Projektissa päädyttiin käyttämään Wowza Media Server -palvelinohjelmistoa, koska sen ominaisuudet vastasivat vaatimuksia. Lisäksi Java-ohjelmointikielenä näin laajaan palvelinsovellukseen oli parempi vaihtoehto Adobe Media Serverin ActionScriptin ja C++:n yhdistelmälle, mutta keskeneräisen Java-pohjaisen RED5-palvelinohjelmiston käyttö kaupallisessa tarkoituksessa tuntui liian suurelta riskiltä. Wowza Media Server -palvelinohjelmisto on asennettu Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmällä (www.debian.org/index.fi.html) toimivalle VMWare ESXi -virtuaalipalvelimelle (www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor/overview.html).

Sovelluksen kehitys tehtiin Wowza Media Serverille käyttäen Eclipse-pohjaista Wowza Integrated Development Environment -sovelluskehittäjä, jolla kehitys tapahtuu suoraan palvelimelle. Palvelinohjelmistoa ajetaan tällöin localhost-tilassa ja Wowza Media Server on tällöin poissa julkisesta jakelusta. Tästä syystä palvelimia on asennettuna kaksi, vain sisäverkossa toimiva kehityspalvelin ja julkinen tuotantopalvelin. Palvelinsovellusta kehitettäessä Wowza Media Server on käynnistettävä uudelleen sovellukseen tehtyjen muutosten voimaantulemiseksi, joten muussa suoratoistokäytössä olevaa palvelinohjelmistoa ei tietenkään ole suotavaa käynnistää uudelleen ilman painavaa syytä, koska tällöin käynnissä olevat suoratoistot keskeytyvät.

Päivitys työpalvelimelta julkiselle palvelimelle tehdään kopioimalla muuttuneet JAR-tiedostot lib-kansioon ja tämän jälkeen käynnistämällä palvelinohjelmisto uudestaan. Julkisen palvelimen ja työpalvelimen lib-kansiot on pyritty pitämään identtisinä, jolloin päivitys ei aiheuta ongelmia muissa palvelimella suoritettavissa palvelinsovelluksissa.

Sovellusrakenne

Palvelinsovellus koostuu abstraktista VirtualEvent-luokasta, jota VirtualEventLiveBroadcast, VirtualEventBroadcast- ja VirtualEventOnDemand-luokat perivät (ks. kuva 6). Riippuen tapahtuman tyypistä asiakassovellus käynnistää oikeantyyppisen palvelinsovelluksen. Sovellukset on määritelty Wowza Media Server -palvelinohjelmistossa sovelluskohdaksi Application.xml-tiedostoihin, joissa määritellään muun muassa suoratoiston tyyppi (ks. koodiesimerkki 6), sovelluksen käyttämä kansio (ks. koodiesimerkki 7) ja käytettävät moduulit (ks. koodiesimerkki 8), jotka ovat lib-kansiossa sijaitsevilla JAR-tiedostoilla olevia luokkia.

```
<StreamType>live-lowlatency</StreamType>
```

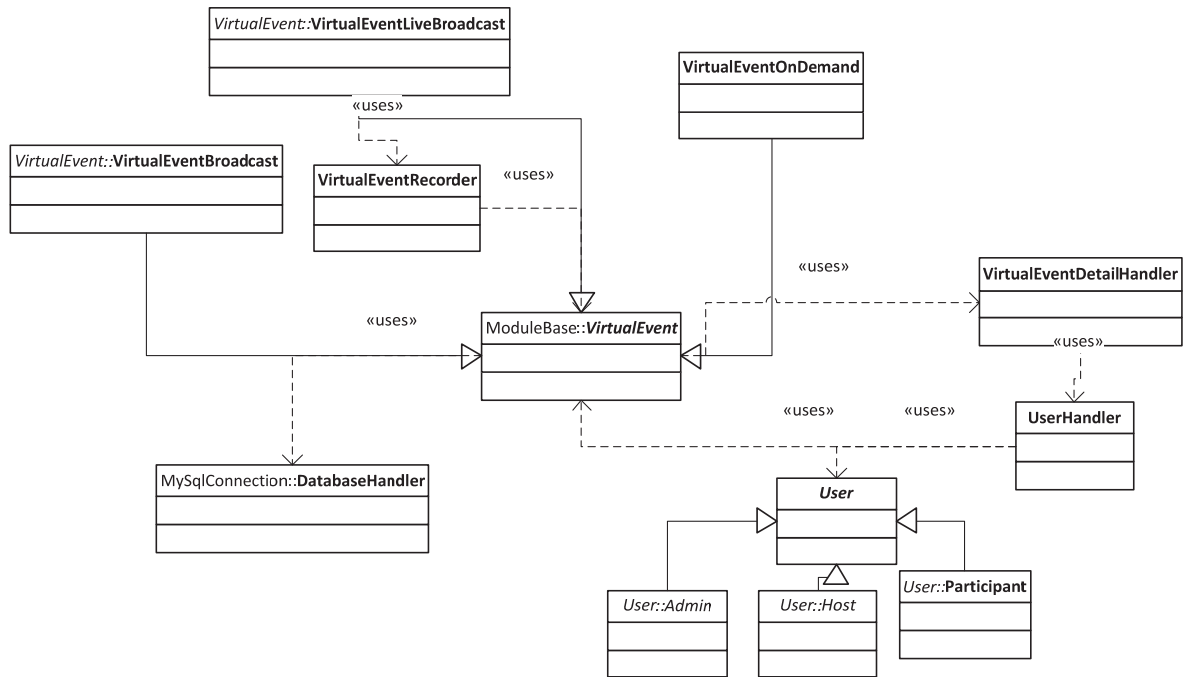
Koodiesimerkki 6. Suoratoiston tyyppin määrittely Application.xml-tiedostossa.

```
<StorageDir>${com.wowza.wms.AppHome}/content_confidential/virtual_events</StorageDir>
```

Koodiesimerkki 7. Sovelluksen käyttämän kansion määrittely Application.xml-tiedostossa.

```
<Module>
    <Name>VirtualEventLiveBroadcast</Name>
    <Description>VirtualEventLiveBroadcast</Description>
    <Class>com.prewrite.wms.virtualevents.VirtualEventLiveBroadcast<
/Class>
</Module>
```

Koodiesimerkki 8. VirtualEventLiveBroadcast moduulin lisäys Application.xml-tiedostossa.



Kuva 6. VirtualEvent-palvelinsovelluksen rakenne

Suurin osa sovelluslogiikasta on kaikkien sovellustyyppien käyttämässä VirtualEvent-luokassa, joka hoitaa muun muassa käyttäjiä UserHandler-luokan kautta ja tietokantaan tallennuksen DatabaseHandler-luokan kautta.

Koska sovelluksen käynnistys tapahtuu Prewise Gimlet LMS:n kautta, ei ollut tarvetta rakentaa erillistä käyttäjähallintaa Wowza Media Serverin palvelinsovellukseen, koska asiakassovellus ei anna Participant-käyttäjien käyttää palvelinsovelluksesta Host-roolin vaatimia ominaisuuksia.

Sovellukseen kirjautuneet käyttäjät lisätään Remote Shared Objectiin UserHandler-luokassa, josta asiakassovellus saa listauksen kirjautuneista käyttäjistä. Lista synkronoidaan kaikkien käyttäjien kesken aina käyttäjän avatessa ja sulkiessa yhteyden suoratoistopalvelimeen.

VirtualEventLiveBroadcast

Live broadcast -tyyppinen tapahtuma laajentaa VirtualEvent-luokkaa lisäämällä tallennuksen ja sisällön suoratoiston asiakassovelluksesta palvelimeen päin. VirtualEventLiveBroadcast käyttää live-lowlatency-asetusta sisällön suoratoistoon, jolloin viive jää pie-

nemmäksi kuin palvelinohjelmiston vakioasetuksin, tosin sisällön laadullisin seurauksin: kuvanlaatu saattaa joissakin tilanteissa kärsiä viiveen tieltä.

VirtualEventOnDemand

Aiemmin nauhoitettuja tapahtumia toistetaan VirtualEventOnDemand-sovelluksen kautta, joka laajentaa VirtualEvent-luokkaa lisäämällä tallennettujen tapahtumien välityksen palvelinsovelluksesta asiakassovellukseen.

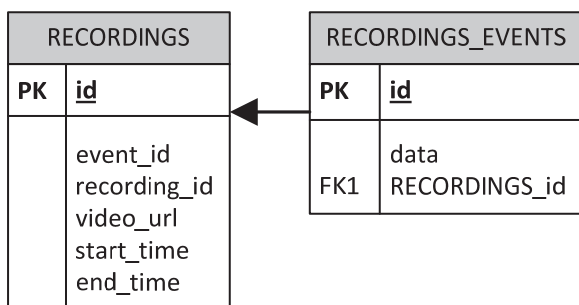
VirtualEventBroadcast

Kolmantena tapahtumatyyppinä on broadcast, joka on yhdistelmä nauhoitettua ja suoraa webinar-lähetystä. Tapahtuma on ennalta määritettyyn aikaan alkava on-demand-tapahtuma, jossa on interaktiivisia elementtejä, kuten chat. VirtualEventBroadcast-tyypistä tapahtumaa voidaan käyttää simuloimaan reaaliaikaista tapahtumaa jälkikäteen.

Tietokanta

Palvelimen käyttöjärjestelmän ja Wowza Media Serverin Java -ohjelmointiympäristön vuoksi luonnollinen valinta tietokantaohjelmistoksi oli MySQL. Tietokantaan tallennusta varten ohjelmointiin yleinen MySqlHandler-luokka, jolla pystytään helposti tallentamaan DatabaseHandler-luokasta tapahtumaan liittyvää tietoa.

Tietokannassa on kaksi taulua (ks. kuva 7), RECORDINGS, joka sisältää tiedon nauhoituksista, ja RECORDINGS_EVENTS, joka sisältää nauhoitukseen liittyvät tapahtumat, kuten esityksen sivunvaihdot ja chat-viestit. RECORDING_EVENTS-taulussa on foreign keynä RECORDINGS-taulun id, joita voi olla yksi tai useampi. Kun RECORDINGS-tauluun kirjoitetaan uusi rivi, myös RECORDING_EVENTS-tauluun kirjoitetaan ensimmäinen merkintä siitä, millä sivulla esitys on nauhoitusta aloittaessa.



Kuva 7. Tallenteet sisältävä tietokantarakenne.

RECORDINGS-taulu sisältää tapahtuman sekä tallennuksen tunnisteet, tallennetun videon tiedostopolun ja tallennuksen aloitus- ja lopetusaikaleimat. Tapahtuman tunniste on event_id-solussa, joka on sama kuin Prewrite Gimlet LMS:ssä kurseja indentifioiva id – näin oppimisympäristön ja virtuaalitapahtuman tapahtuma yhdistetään.

Adobe Flash Playerin ja Wowza Media Serverin välisessä yhteydessä tapahtumat siirtyvät AMF3-muodossa, joka on binäärimuotoon serialisoitu Flash Object. MySQL-tietokanta ei kuitenkaan suoraan tue AMF3-muotoa, joten tallennusta varten ne on muunnettava byte array -muotoon. AMFDataList-luokka sisältää serialisointiin tarvittavan metodin. Kuitenkin oliot, joita tallennetaan, ovat AMFDataObj, jolloin ne täytyy lisätä AMFDataList-olioon serialisointia varten. Koodiesimerkki 9 havainnollistaa, kuinka _data AMFDataList-olioon lisätään tallennettu _obj-tietosisältö ja serialisoidaan _byteArray-muuttujaan byte[]-muotoon. (65.)

```
AMFDataList _data = new AMFDataList();
_data.add(_obj);
byte[] _byteArray = _data.serialize(AMFDataList.DATA_TYPE_AMF3);
```

Koodiesimerkki 9. AMF3-olion serialisointi byte array -muotoon.

Byte arrayksi serialisoitu data tallennetaan byte large object -tyyppiseen kenttään. Kutsuttaessa tallennettuja tapahtumia on serialisoidut byte arrayt vastaavasti muunnettava takaisin AMF3-muotoon lähetystä varten. Tietokannasta haetaan tapahtuman sisältävä arvo, luetaan se byte arrayhyn ja deserialisoidaan AMFDataList-olioon. Koodiesimerkissä 10 tietokannasta haetaan _blob-muuttujaan Blob-muotoinen data, joka ladataan _byteArray-muuttujaan Blob-luokan _getBytes-metodilla. Tästä saatu byte array deserialisoidaan _data-oliossa ja on taas käytettävissä NetConnection-siirtoa varten.

```
Blob _blob = rs.getBlob(3);  
byte[] _byteArray = _blob.getBytes(1, (int)_blob.length());  
AMFDataList _data = new AMFDataList();  
_data.deserialize(ByteBuffer.wrap(_byteArray),  
AMFData.createContextDeserialize(AMFDataList.DATA_TYPE_AMF3));
```

Koodiesimerkki 10. Tietokannasta haetun byte arrayn deserialisointi AMF3-olioksi.

Nauhoitustilanteessa tallennetut tapahtumat haetaan myöhemmin LiveBroadcast-tapahtumaan liittyneille tietokannasta Shared Objectin sijaan, samoin kuin OnDemand-tapahtumissa.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tuloksena saatiin aikaan ohjelmisto, jolla pystytään isännöimään virtuaali-tapahtumia ja tallentamaan synkronoitu esitysmateriaali myöhempää toistoa varten. Ohjelmiston ohjelmointi eteni ilman suuria takaiskuja, joskin PowerPoint-esitysten muun-taminen Flash-yhteensopiviksi osoittautui odotettua työläämmäksi rajapintojen puutteel-lisuuksien ja kehitysaikana Adobe Captivate -ohjelmalla muunnettujen PowerPoint-esitysten kohdattujen ongelmien kanssa, mikä johti muunto-ohjelman vaihtumiseen Adobe Presenter -ohjelmaan.

Asiakassovelluksen teknologiaksi valikoitui Adobe Flash Platform sen yleisyyden ja suora-toisto-, vuorovaikutus- ja graafisten ominaisuuksien vuoksi. Lisäksi Prewrite Gimlet -järjestelmässä toimivat verkkokurssit on toteutettu samaa teknologiaa käyttäen, joten valinta on järjestelmän rajapinnoissa tuettu ja kehittäjille ennestään tuttu.

Palvelinohjelmistona toimii Java-ohjelmointikielellä toteutettu Wowza Media Server (www.wowzamedia.com/video-streaming-server.html). Tälle alustalle rakennettiin palve-linsovellus, joka hoitaa median suoratoiston, synkronoi käyttäjät ja chat-viestit. Palvelin-sovellus tallentaa tarvittaessa asiakassovelluksesta tulevan suoratoistomedian ja esityk-seen liittyvät tapahtumat, kuten presentaation sivunvaihdot.

Prewrite Gimlet Virtual Event -ohjelmisto on tuotteistusprojektivaiheessa, ja seuraavana vaiheena kehitystä olisi optimoida asiakassovelluksen käyttäjäystävällisyys, isännöinti-työkalujen lisääminen ja videon- sekä äänen laadun optimointi. Tämän jälkeen kehitettä-vistä työkaluista listalla ensimmäisenä on ad-hoc-äänestysten rakentaminen asiakasso-vellukseen.

Viiveitä pienentävänä kehityksenä olisi lisätä on-demand-tapahtumiin mahdollisuus sisäl-löntoistoon sekä esitysten lataamiseen CDN-verkosta. Tämä nopeuttaisi latausta tapauk-sissa, joissa käyttäjä osallistuu tapahtumaan muualta kun Suomen lähialueilta.

Live broadcast -tapahtumien viiveiden pienentämiseksi maailmalla kehitys RTMFP-protokollalla rakennettuun vertaisverkkoon perustuvaan chat- ja sisällön jakeluun olisi mahdollinen vaihtoehto. Se kuitenkin vaatii palvelin- ja asiakassovellukseen suuria muu-toksia.

Lähteet

- 1 Nokia - Reducing CO2 emissions with mobile devices - Climate strategy - Environmental strategy - Strategy and report. Verkkodokumentti. Nokia. <<http://www.nokia.com/environment/strategy-and-reports/environmental-strategy/climate-strategy/reducing-co2-emissions-with-mobile-devices>>. Luettu 8.5.2011.
- 2 Top 10 reasons to start using Web conferencing - PowerPoint - Office.com. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://office.microsoft.com/en-us/powerpoint-help/top-10-reasons-to-start-using-web-conferencing-HA001205342.aspx>>. Luettu 8.5.2011.
- 3 Reduce CO2 Emissions with UC Tools. 2011. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://blogs.msdn.com/b/see/archive/2011/04/28/reduce-co2-emissions-with-uc-tools.aspx>>. Luettu 8.5.2011.
- 4 IBM and climate protection. Verkkodokumentti. IBM. <<http://www.ibm.com/ibm/environment/climate/index.shtml>>. Luettu 8.5.2011.
- 5 Gonda, Rob. 2006. Web 2.0: Web Applications vs. Desktop Applications | AJAX & RIA Journal. Verkkodokumentti. Ulitzer, Inc. <<http://ajax.sys-con.com/node/175753>>. Luettu 26.3.2011.
- 6 Yu, Jin, Benatallah, Boualem, Casati, Fabio, Saint-Paul, Régis. 2006. OpenXUP - an Alternative Approach to Developing Highly Interactive Web Applications. Verkkodokumentti. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.2076&rep=rep1&type=pdf>>. Luettu 25.3.2011.
- 7 Rich Internet applications | Open Screen Project. 2009. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.openscreenproject.org>>. Luettu 26.3.2011.
- 8 HTML5. 2011. Verkkodokumentti. W3C. <<http://dev.w3.org/html5/spec/spec.html>>. Luettu 28.3.2011.
- 9 Browser Compatibility - jQuery JavaScript Library. Browser Compatibility - jQuery JavaScript Library. Verkkodokumentti. The jQuery Project. <http://docs.jquery.com/Browser_Compatibility>. Luettu 27.3.2011.
- 10 Open Screen Project FAQ | Open Screen Project. 2009. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.openscreenproject.org/about/faq.html>>. Luettu 25.3.2011.
- 11 Dienhart, George. 2010. List of Web Browsers That Support Java Applets | eHow.com. Verkkodokumentti. Demand Media, Inc. <http://www.ehow.com/list_6954951_list-browsers-support-java-applets.html>.

Luettu 28.3.2011.

- 12 Rich Internet Application Statistics. 2011. Verkkodokumentti. DreamingWell.com.
<<http://riastats.com>>. Luettu 28.3.2011.
- 13 Current Partners | Open Screen Project. 2009. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<http://www.openscreenproject.org/partners/current_partners.html>. Luettu 28.3.2011.
- 14 JBenchmark Result Database. Verkkodokumentti. Kishonti Informatics Ltd.
<<http://www.jbenchmark.com/result.jsp?benchmark=pro>>. Luettu 27.3.2011.
- 15 Open source framework, web application software development | Flex - Adobe. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<<http://www.adobe.com/products/flex>>. Luettu 25.3.2011.
- 16 Gaia Framework for Adobe Flash. 2011. Verkkodokumentti. Simple Machines LLC.
<<http://www.gaiaflashframework.com>>. Luettu 25.3.2011.
- 17 Blueprint: A CSS Framework | Spend your time innovating, not replicating. 2010. Verkkodokumentti. Blueprint. <<http://www.blueprintcss.org>>. Luettu 28.3.2011.
- 18 desktop and web applications | Adobe AIR. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/air/comparison>>. Luettu 25.3.2011.
- 19 About | Microsoft Silverlight. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://www.microsoft.com/silverlight/what-is-silverlight>>. Luettu 28.3.2011.
- 20 Sankar, Krishna, Bouchard, Susan A. 2009. Enterprise Web 2.0 Fundamentals Indianapolis, IN, USA: Cisco Press.
- 21 Tretola, Rich. 2008. Beginning Adobe AIR: Building Applications for the Adobe Integrated Runtime Hoboken, NJ, USA: Wrox.
- 22 Silverlight for Windows Phone: The Official Microsoft Silverlight Site. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://www.silverlight.net/getstarted/devices/windows-phone>>. Luettu 29.3.2011.
- 23 JavaFX Overview | Rich Internet Applications for Desktop and Mobile. Verkkodokumentti. Oracle Corporation. <<http://www.javaafx.com/about/overview>>. Luettu 29.3.2011.
- 24 Sani, Ilari. 2008. JavaFX tuo sähköttä appletteihin | Assemblix.net. Verkkodokumentti. <<http://assemblix.net/2008/12/11/javaafx-tuo-saihketta-appletteihin>>. Luettu 29.3.2011.

- 25 The Most Complete AJAX Framework and JavaScript Libraries List(124+) - Ntt.cc. Verkkodokumentti. Ntt.cc. <<http://ntt.cc/2008/02/13/the-most-complete-ajax-framework-and-javascript-libraries-list.html>>. Luettu 1.4.2011.
- 26 BlackBerry - Tablet OS - Calling All Apps for the BlackBerry Tablet OS. Verkkodokumentti. Research In Motion Limited. <<http://us.blackberry.com/developers/tablet>>. Luettu 29.3.2011.
- 27 Developing ACTIONSCRIPT® Extensions for ADOBE® AIR®. 2011. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://download.macromedia.com/pub/developer/devices/DevelopingActionScriptExtensionsForAdobeAIR.pdf>>. Luettu 29.3.2011.
- 28 Adobe Extends AIR Applications Across Screens | EON: Enhanced Online News. 2010. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://eon.businesswire.com/news/eon/20101024005146/en/AIR-2.5/RIM-PlayBook/Windows-Phone-7>>. Luettu 29.3.2011.
- 29 rich Internet applications | Adobe AIR. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/air>>. Luettu 25.3.2011.
- 30 Gassner, David. 2010. Flash Builder 4 and Flex Bible Hoboken, NJ, USA: Wiley.
- 31 ADOBE® FLASH® PLAYER 10.1 Administration Guide. 2010. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://wwwimages.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/flash/articles/flash_player_admin_guide/flash_player_admin_guide.pdf>. Luettu 19.3.2011.
- 32 Macromedia - Flash Communication Server MX : Release Notes. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/support/flashcom/releasenotes/mx/rn_mx.html>. Luettu 26.3.2011.
- 33 History - Flex SDK - Adobe Open Source. 2010. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://opensource.adobe.com/wiki/display/flexsdk/History>>. Luettu 20.3.2011.
- 34 Hassoun, David. 2010. Dynamic streaming in Flash Media Server 3.5 – Part 1: Overview of the new capabilities | Adobe Developer Connection. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/devnet/flashmediaserver/articles/dynstream_advanced_pt1.html>. Luettu 19.3.2011.
- 35 Speex: a free codec for free speech. 2008. Verkkodokumentti. Xiph.Org. <<http://www.speex.org>>. Luettu 20.3.2011.
- 36 Adobe - Flash Player: Adobe Flash Player 9 Release Notes. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/support/documentation/en/flashplayer/9/releasenotes.ht>

ml>. Luettu 19.3.2011.

- 37 Adobe - Flash Player: Yhteenvetosivu. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/flashplayer>>. Luettu 20.3.2011.
- 38 Stage Video | Adobe Developer Connection. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/devnet/flashplayer/stagevideo.html>>. Luettu 20.3.2011.
- 39 Stage3D APIs for Adobe Flash Player and Adobe AIR. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://labs.adobe.com/technologies/flashplatformruntimes/incubator/features/molehill.html>>. Luettu 20.3.2011.
- 40 Adobe Flash Builder 4. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/flashbuilder>>. Luettu 26.3.2011.
- 41 Main Page - FlashDevelop. 2011. Verkkodokumentti. FlashDevelop. <http://www.flashdevelop.org/wikidocs/index.php?title=Main_Page>. Luettu 26.3.2011.
- 42 Animation software, Multimedia software | Adobe Flash Professional CS5. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/flash/whatisflash>>. Luettu 27.3.2011.
- 43 Ozer, Jan. 2010. Adobe Ships FMS 4 (HTML5 Falls Even Further Behind). Verkkodokumentti. StreamingLearningCenter.com. <[http://www.streaminglearningcenter.com/blogs/adobe-ships-fms-4-\(html5-falls-even-further-behind\).html](http://www.streaminglearningcenter.com/blogs/adobe-ships-fms-4-(html5-falls-even-further-behind).html)>. Luettu 28.3.2011.
- 44 mp4 - Tiedostopäätteet selitettynä suomeksi. 2011. Verkkodokumentti. AfterDawn Oy. <<http://fin.afterdawn.com/sanasto/tiedostopaate.cfm/mp4>>. Luettu 29.3.2011.
- 45 Sadka, Abdul H. 2002. Compressed Video Communications Chichester, England: John Wiley & Sons.
- 46 What is the difference between CBR and VBR encoding? - Encoding - On Demand Video Conversion and Online Encoding Service. Verkkodokumentti. Encoding.com. <http://encoding.com/help/article/what_is_the_difference_between_cbr_and_vbr_encoding>. Luettu 2.4.2011.
- 47 Streaming Technology. Verkkodokumentti. DeskShare Incorporated. <<http://www.videodesk.net/Streaming.aspx>>. Luettu 2.4.2011.
- 48 Wowza Media Server 2: User's Guide. 2011. Verkkodokumentti. Wowza Media Systems. <http://www.wowzamedia.com/resources/WowzaMediaServer_UsersGuide.pdf>. Luettu 25.3.2011.

- 49 Open System Interconnection Protocols. 2009. Verkkodokumentti. Cisco.
<http://docwiki.cisco.com/wiki/Open_System_Interconnection_Protocols>. Luettu 3.4.2011.
- 50 RFC 768 - User Datagram Protocol. 1980. Verkkodokumentti. The Internet Engineering Task Force. <<http://tools.ietf.org/html/rfc768>>. Luettu 3.4.2011.
- 51 Comparison, Wowza Media Server 2 | Wowza Media Systems. Verkkodokumentti. Wowza Media Systems. <<http://www.wowzamedia.com/comparison.html>>. Luettu 9.4.2011.
- 52 Comparison Wowza vs FMS vs Red5. Verkkodokumentti. AskMeFlash.com. <<http://askmeflash.com/article/10/comparison-wowza-vs-fms-vs-red5>>. Luettu 9.4.2011.
- 53 compare editions of Flash Media Server | Adobe Flash Media Server. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/compare>>. Luettu 9.4.2011.
- 54 Schulzrinne, H, Rao, A, Lanphier, R. 1998. Real Time Streaming Protocol (RTSP). Verkkodokumentti. The Internet Engineering Task Force. <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt>>. Luettu 9.4.2011.
- 55 Perkins, Colin. 2003. RTP: audio and video for the Internet: Pearson Education.
- 56 Reinhardt, Robert. 2009. Video with Adobe® Flash® CS4 Professional Studio Techniques USA: Adobe Press.
- 57 Real-Time Messaging Protocol (RTMP) specification | Adobe Developer Connection. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/devnet/rtmp.html>>. Luettu 9.4.2011.
- 58 Real Time Messaging Chunk Stream Protocol. 2009. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/rtmp/pdf/rtmp_specification_1.0.pdf>. Luettu 9.4.2011.
- 59 Flex 3 - Adobe Flex 3 Help. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://livedocs.adobe.com/flex/3/html/help.html?content=security2_11.html>. Luettu 10.4.2011.
- 60 RTMPE - MultimediaWiki. 2009. Verkkodokumentti. MediaWiki.org. <<http://wiki.multimedia.cx/index.php?title=RTMPE>>. Luettu 10.4.2011.
- 61 Adobe - Real-Time Media Flow Protocol. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/rtmfp_faqs>. Luettu 10.4.2011.
- 62 Makar, Jobe. 2010. ActionScript for Multiplayer Games and Virtual Worlds Berkeley,

CA, USA: New Riders Publishing.

- 63 SharedObject - ActionScript 3.0 Language and Components Reference. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://livedocs.adobe.com/flash/9.0/ActionScriptLangRefV3/flash/net/SharedObject.html>>. Luettu 12.4.2011.
- 64 Action Message Format -- AMF 0. 2006. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://opensource.adobe.com/wiki/download/attachments/1114283/amf0_spec_121207.pdf>. Luettu 12.4.2011.
- 65 Action Message Format -- AMF 3. 2006. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://opensource.adobe.com/wiki/download/attachments/1114283/amf3_spec_05_05_08.pdf>. Luettu 12.4.2011.
- 66 Dehaan, Peter. 2008. Displaying an image saved as a Base64 encoded string in Flex 3 | Flex Examples. Verkkodokumentti. <<http://blog.flexexamples.com/2008/03/17/displaying-an-image-saved-as-a-base64-encoded-string-in-flex-3>>. Luettu 12.4.2011.
- 67 RealNetworks, Inc. -- Company History. Verkkodokumentti. FundingUniverse. <<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/RealNetworks-Inc-Company-History.html>>. Luettu 14.5.2011.
- 68 Streaming Media Servers - Gnash Project Wiki. Verkkodokumentti. Free Software Foundation. <http://wiki.gnashdev.org/Streaming_Media_Servers>. Luettu 14.4.2011.
- 69 Adobe Flash Media Server 4.0 * Developing Plug-ins. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://help.adobe.com/en_US/flashmediaserver/devguide/WS5b3ccc516d4fbf351e63e3d11a0d662434-7ff6.html>. Luettu 18.4.2011.
- 70 Adobe Completes Acquisition of Macromedia. 2005. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/aboutadobe/pressroom/pressreleases/pdfs/200512/120505AdobeAcquiresMacromedia.pdf>>. Luettu 20.3.2011.
- 71 Adobe Flash Media Server 4.0 * Introduction. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://help.adobe.com/en_US/flashmediaserver/techoverview/WS5b3ccc516d4fbf351e63e3d119ed944915-8000.html>. Luettu 18.4.2011.
- 72 media streaming | Adobe Flash Media Interactive Server. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/flashmediainteractive>>. Luettu 14.4.2011.

- 73 streaming server | Adobe Flash Media Streaming Server. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/products/flashmediastreaming>>. Luettu 14.4.2011.
- 74 Darwin Streaming Server. 2008. Verkkodokumentti. Apple Inc. <<http://dss.macosforge.org>>. Luettu 18.4.2011.
- 75 red5 - RTMP, VOD, SharedObjects, live video broadcasts, AMF0, AMF3 Compatible, remoting and the list goes on - Google Project Hosting. 2011. Verkkodokumentti. Red5. <<http://code.google.com/p/red5>>. Luettu 18.4.2011.
- 76 Wowza Media Server® - Overview. 2009. Verkkodokumentti. Wowza Media Systems. <http://www.wowzamedia.com/resources/WowzaMediaServer_Overview.pdf>. Luettu 19.4.2011.
- 77 Windows Media Services 2008 Overview. 2009. Verkkodokumentti. Microsoft. <[http://technet.microsoft.com/en-us/library/ee822833\(Ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ee822833(Ws.10).aspx)>. Luettu 19.4.2011.
- 78 Adobe® Connect™ Mobile Quick Start. 2011. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.connectusers.com/tutorials/2011/04/acm_onefive/ACM_Getting_Started.pdf>. Luettu 20.4.2011.
- 79 web conferencing solution | Adobe Connect - Buying Guide. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://www.adobe.com/fi/products/adobeconnect/buying-guide.html>>. Luettu 14.5.2011.
- 80 Office Live Meeting - verkkoneuvottelupalvelu | Microsoft BPOS. Verkkodokumentti. Microsoft. <<http://www.microsoft.com/online/fi-fi/office-live-meeting.aspx>>. Luettu 14.5.2011.
- 81 <http://support.webex.com/support/system-requirements.html>. Verkkodokumentti. Cisco. <<http://support.webex.com/support/system-requirements.html>>. Luettu 14.5.2011.
- 82 Skypen yritysversio - mullista yrityksesi työskentelytapoja. Verkkodokumentti. Skype Limited. <<http://www.skype.com/intl/fi/business>>. Luettu 20.4.2011.
- 83 Videoconferencing Definition from PC Magazine Encyclopedia. Verkkodokumentti. Ziff Davis, Inc. <http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=videoconferencing&i=53874,00.asp>. Luettu 22.4.2011.
- 84 Virtual seminar Definition from PC Magazine Encyclopedia. Verkkodokumentti. Ziff Davis, Inc. <http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=virtual+seminar&i=61468,0>

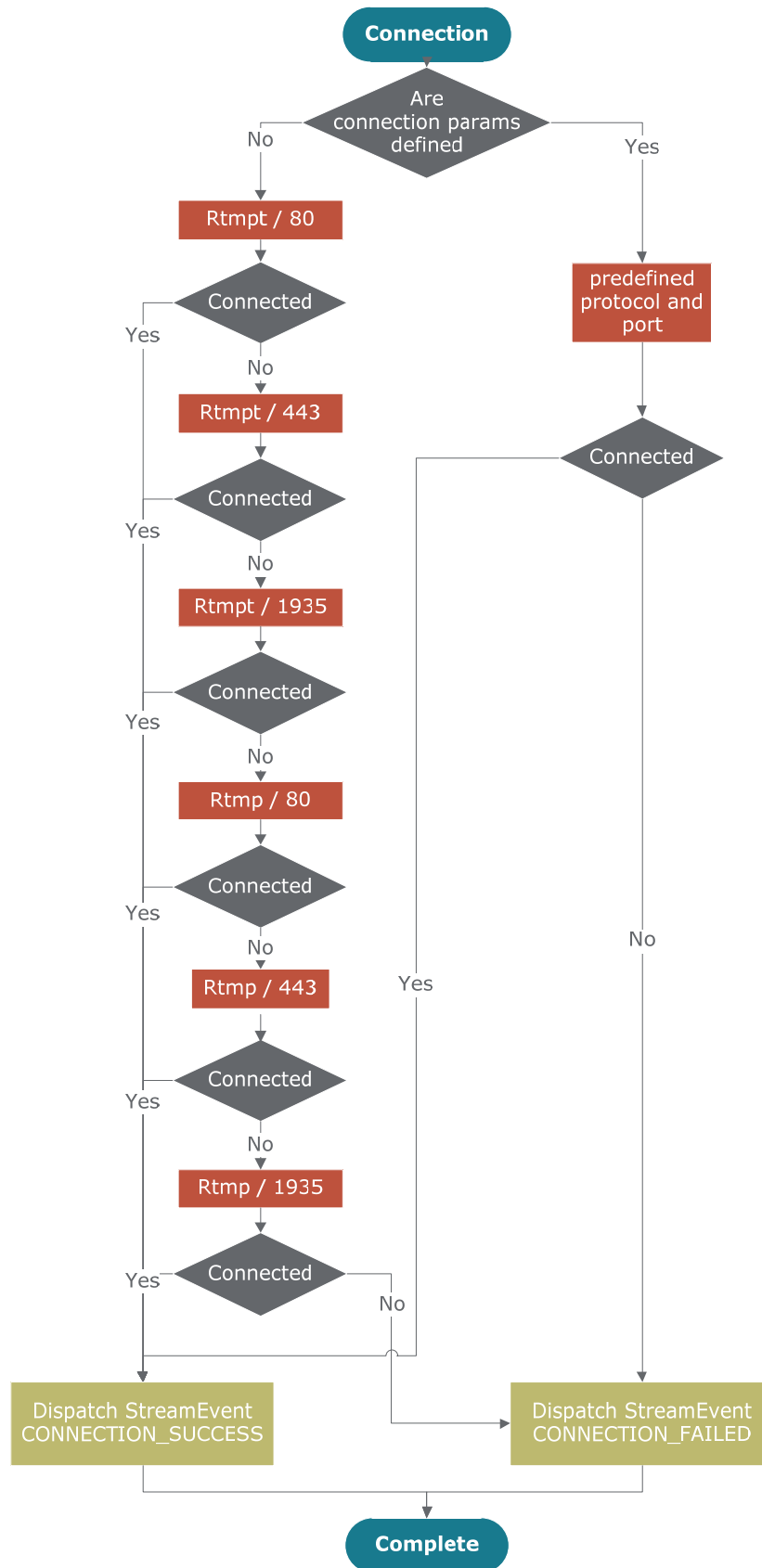
0.asp>. Luettu 23.4.2011.

- 85 Webinar Definition from PC Magazine Encyclopedia. Verkkodokumentti. Ziff Davis, Inc.
<http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=Webinar&i=54380,00.asp>. Luettu 22.4.2011.
- 86 webinar software, online events | Adobe Connect. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<<http://www.adobe.com/products/adobeconnect/webinars.html>>. Luettu 22.4.2011.
- 87 Top 5 Web Conferencing Solutions: Compact Results - GoToMeeting, Netviewer Meet, Webex Meeting Center, Digital Meeting, RHUB GoMeetNow. Verkkodokumentti. Publicare. <http://www.webconferencing-test.com/en/webconferencing_top5/webconference_compact_results.html>. Luettu 23.4.2011.
- 88 Frey, David. 2011. Last news: The Top 6 Webinar Software Products Reviewed. Verkkodokumentti. Ellen Finkelstein, Inc.
<<http://earnforuploading.blogspot.com/2011/02/top-6-webinar-software-products.html>>. Luettu 23.4.2011.
- 89 What Is a Webcast? | eHow.com. Verkkodokumentti. Demand Media, Inc.
<http://www.ehow.com/about_5066287_webcast.html>. Luettu 23.4.2011.
- 90 Web conferencing Definition from PC Magazine Encyclopedia. Verkkodokumentti. Ziff Davis, Inc.
<http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0%2C2542%2Ct%3DWeb+conferencing&i%3D54287%2C00.asp>. Luettu 23.4.2011.
- 91 Video Teleconferencing Whitepaper. 2011. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <<http://seminars.adobe.acrobat.com/p67552846/>>. Luettu 23.4.2011.
- 92 Order Cisco WebEx Meeting Center. Verkkodokumentti. Cisco.
<https://buyonline.webex.com/US/pages/BuyMeetingCenter.html?TrackID=1017646&hbxref=http%3A%2F%2Fwww.webex.com%2Findex.html%3FDCMP%3DOTC-FromGP&goid=us_buy_mc>. Luettu 14.5.2011.
- 93 Molay, Ken. 2011. The Webinar Blog. Verkkodokumentti. Webinar Success.
<<http://wsuccess.typepad.com/webinarblog/2011/01>>. Luettu 22.4.2011.
- 94 Adobe Connect 8 | Features. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<<http://www.adobe.com/products/adobeconnect/features.html>>. Luettu 4.23.2011.
- 95 Visual Quickstart Guide for Hosts. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<<http://seminars.adobe.acrobat.com/vqs-hosts>>. Luettu 24.4.2011.

- 96 Adobe Captivate 4 * Adobe Acrobat Connect Pro. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<http://help.adobe.com/en_US/Captivate/4.0/Using/WS5b3ccc516d4fbf351e63e3d119e9582981-7ff6.html |>. Luettu 24.4.2011.
- 97 Adobe - Adobe Presenter. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<<http://www.adobe.com/products/presenter>>. Luettu 27.4.2011.
- 98 What is a webinar? Webinar definition. Verkkodokumentti. Communiqué Conferencing, Inc.
<<http://www.communiqueconferencing.com/webinar/webinar.asp>>. Luettu 22.4.2011.
- 99 Adobe Acrobat Connect Pro 7 * Polling attendees. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated.
<http://help.adobe.com/en_US/AcrobatConnectPro/7.0/WSDAA93B94-7F29-4bd0-A5E2-81D3438BF346.html>. Luettu 24.4.2011.
- 100 Using the Polling Feature. 2007. Verkkodokumentti. Cisco.
<http://wlc.webex.com/docs/job_aids/EC6_Polling_JA_EN.pdf>. Luettu 24.4.2011.
- 101 Autamme viemään muutoksen käytäntöön - Prewise. Verkkodokumentti. Prewise Oy. <<http://www.prewise.com/fi/Yritys.aspx>>. Luettu 5.15.2011.
- 102 Asiakkaitamme - Prewise. Verkkodokumentti. Prewise Oy.
<<http://www.prewise.com/fi/Asiakkaat/Asiakkaitamme.aspx>>. Luettu 15.5.2011.
- 103 YTJ - Yritys- ja yhteisötietojärjestelmä - YTJ-tietopalvelu - Yrityshaku. Verkkodokumentti. PRH - Verohallinto.
<<http://www.ytj.fi/yritystieto.aspx?YRTI=TOIMI3&yavain=1860729&tietolahde=2&tarkiste=E2BD2D17BF84C6A89B6944244167B980B47E2F45&path=1547;1631;1678>>. Luettu 16.5.2011.
- 104 Prewise Gimlet™ on osaamisen hallinnan ja jalkautuksen kokonaisratkaisu - Prewise. Verkkodokumentti. Prewise Oy.
<http://www.prewise.com/fi/Tuotteet/Prewise_Gimlet%E2%84%A2_tuoteperhe.aspx>. Luettu 15.5.2011.
- 105 Tuotteet - Prewise. Verkkodokumentti. Prewise Oy.
<<http://www.prewise.com/fi/Tuotteet.aspx>>. Luettu 15.5.2011.
- 106 Oksanen, Ilkka, Raaska, Timo. 2009. Prewise Gimlet Learning Management System Technical Whitepaper. Elektroninen dokumentti. Prewise Oy.
<Prewise_Gimlet_LMS_Whitepaper_UK.doc>. Luettu 15. 5. 2011.
- 107 Teknologiapalvelut - Prewise. Verkkodokumentti. Prewise Oy.
<<http://www.prewise.com/fi/Ratkaisut/Teknologiapalvelut.aspx>>. Luettu 16.5.2011.

- 108 Ruottu, Markus. 2011. GFP2.8 and GFP3 feature list. Elektroninen dokumentti. Prewrite Oy. <GFP2_8_and_GFP3_feature_list.xlsx>. Luettu 15. 5. 2011.
- 109 Introducing the MXML and ActionScript languages | Adobe Developer Connection. 2010. Verkkodokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/devnet/flex/articles/fcf_mxml_actionscript.html>. Luettu 7.5.2011.
- 110 Latency with RTMPT & RTMP - comparison. 2010. Verkkodokumentti. Wowza Media Systems. <<http://www.wowzamedia.com/forums/showthread.php?8968-Latency-with-RTMPT-amp-RTMP-comparison>>. Luettu 7.5.2011.
- 111 Grossman, Gary, Huang, Emmy. 2006. ActionScript 3.0 overview | Adobe Developer Connection. Elektroninen dokumentti. Adobe Systems Incorporated. <http://www.adobe.com/devnet/actionscript/articles/actionscript3_overview.html>. Luettu 8. 5. 2011.
- 112 gskinner.com: gBlog: SWFBridge: Easier AS3 to AS2 Communication. 2007. Verkkodokumentti. gskinner.com, inc. <http://gskinner.com/blog/archives/2007/07/swfbridge_easie.html>. Luettu 24.4.2011.

Yhteyspyynnön tarkistusprosessi



Adobe Presenter -ohjelmalla muunnetun PowerPoint esityksen rakenne

