

Tuomas Virtanen

XMPP-pikaviestinprotokolla

Tietotekniikan
kandidaatintutkielma
24. syyskuuta 2011

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Jyväskylä

Tekijä: Tuomas Virtanen

Yhteystiedot: tuomas.virtanen@jyu.fi

Työn nimi: XMPP-pikaviestinprotokolla

Title in English: XMPP-Protocol

Työ: Tietotekniikan kandidaatintutkielma

Sivumäärä: ??

Tiivistelmä: XMPP on monipuolinen ja laajennettavissa oleva, avoimiin standardeihin perustuva pikaviestinprotokolla. Sitä voidaan käyttää paitsi puhtaiden tekstiviestien lähettämiseen ja olotilan tarkkailuun, myös esimerkiksi tiedostonsiirtoihin ja VoIP-puheluihin. Tässä tutkielmassa tutustutaan protokollan teknisiin ominaisuuksiin ja tehdään vertailuja muihin pikaviestinprotokolleihin.

English abstract: XMPP is a versatile and extensible instant messaging protocol based on open standards. It can be used for eg. sending text messages and presence information, VoIP-calls and file transfers. This thesis examines the technical aspects of the protocol, and makes comparisons to other instant messaging protocols.

Avainsanat: XMPP, protokolla, pikaviestintä

Keywords: XMPP, Protocol, instant messaging

Sisältö

1 Johdanto

Pikaviestinnästä on tullut osa useiden tietokoneen, ja vähitellen myös erilaisten mobiililaitteiden käyttäjien arkea. Pikaviestintää käytetään niin kotona, koulussa ja töissä. Erilaisia pikaviestin-ohjelmia on useita, ja viestintää voidaan harrastaa joko perinteisesti tekstiviestein, tai monipuolisemmin äänen ja videon avulla. WWW-ohjelmointitekniikoiden edistyessä pikaviestimiä löytyy jopa erilaisilta www-sivuilta, josta hyvänä esimerkkinä toimii mm. Facebook-palvelu.

Erilaisten pikaviestinsovellusten tullessa markkinoille, syntyy myös uusia viestintäprotokollia ja määritelmiä näiden sovellusten käyttöön. Tästä johtuukin nykymallin mukaisen pikaviestinnän suurin ongelma; eri pikaviestinverkkoihin tarvitaan usein eri ohjelmat. Samalla käyttäjällä saattaakin olla käytössä useita ohjelmia, jotka toimivat omissa viestintäverkoissaan. Yrityksiä yhdistää eri pikaviestinverkkoja saman ohjelman käyttöön on olemassa, mutta kaikki näistä ovat eri syistä epätäydellisiä.

Usein ongelmana pikaviestintäprotokollien toteuttamisessa on se, että pikaviestinverkon protokolla on jollain tavalla suljettu. Protokolla voi olla suljettu esimerkiksi lisenssiehdoiltaan, joilla sen käyttöä rajoitetaan muiden kuin sille suunnitellun ohjelman käyttöön. Protokollan määritelmä voi olla suljettu ja itse protokolla voi olla salattu jollain salausalgoritmilla. Esimerkiksi MSN Messenger-ohjelman käyttämän MSNP-protokollan määritelmä ei ole julkinen. Skype-pikaviestinohjelman käyttämä protokolla taas on täysin salattu [?] Rijndael-algoritmilla. Tällaisten ohjelmien käyttämiä protokollia ei voida toteuttaa muihin pikaviestimiin ilman protokollan purkua, joka esimerkiksi Skypen tapauksessa on toistaiseksi ollut vain osittain menestyksekkästä.

TODO! Lähde skypen suojauksen murtamiselle, tästä oli slashdotissa keskustelua jokin aika sitten.

Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) pyrkii olemaan mahdollisimman avoin ja laajennettavissa oleva, yleiskäyttöinen protokolla kaikkeen pikaviestintään. Se hallitsee laajennuksia käyttäen mm. tekstiviestit, VoIP-puhelut sekä tiedostojen siirron käyttäjien välillä. XMPP-verkko sallii myös esimerkiksi siltaukset muihin pikaviestinverkkoihin, kuten Internet Relay Chat (IRC). XMPP-protokollaa käyttääkin nykyään jo moni tunnettu yritys sovelluksissaan, kuten mm. Nokia (Nokia Ovi), Google (Google Talk, Google Wave), LiveJournal (LJ Talk). Myös muunmuassa Facebook paljastaa XMPP-pohjaisen rajapinnan palvelun ulkopuolisille käyttäjille.

Kandidaatintutkielma tarkastelee lyhyesti pikaviestintää, ja keskittyy erityisesti XMPP-pikaviestinprotokollaan. Luvussa 2 käsitellään pikaviestintää yleisesti, ja esitellään muutamia sen sovelluksia sekä protokollia. Luvussa 3 esitellään XMPP-protokollaa ja sen rakennetta. Luvussa 4 perehdytään XMPP-verkkoihin ja niiden eroihin muihin pika-

viestinverkkoihin nähden. Luvussa 5 esitellään XMPP-protokollan pikaviestintään tarjoamia ominaisuuksia, kuten tekstiviestejä ja olotilan hallintaa.

(Lähteet käyttäville yrityksille/sovelluksille)

2 Pikaviestintä ja sen protokollat

2.1 Pikaviestinnän käsitteitä

Pikaviestinnässä on Wikipedian määritelmän [?] mukaan kyse (lähes) reaaliaikaisesta, tekstipohjaisesta viestinnästä kahden tai useamman ihmisen välillä tietokoneiden tai muiden laitteiden välityksellä. Tiedon siirto tapahtuu Internetin tai muun verkon yli. Pikaviestintä voi monipuolisimmillaan olla myös videon tai äänen välityksellä tapahtuvaa viestintää.

2.2 Pikaviestinnän sovellukset

Pikaviestintää käytetään nykyään moneen eri tarkoitukseen. Tunnetuinta pikaviestintä on luultavasti nuorison keskuudessa, jotka ovat jo pitkään käyttäneet erilaisia ohjelmia sosiaalisten ryhmiensä väliseen viestintään. Nuorison keskuudessa suosituimpia sovelluksia nykyään ovat muunmuassa facebook, MSN Messenger, Skype sekä tavallinen tekstiviestintä. Myös muita ohjelmia käytetään.

Työpaikoilla pikaviestintää käytetään usein projektien koordinointiin eri työryhmien välillä sekä viestintään asiakkaiden kanssa. Pikaviestinnän tärkeimpiä osa-alueita näissä käyttötarkoituksissa ovatkin esimerkiksi puhe- sekä videopohjainen pikaviestintä.

(Muista lisätä lähde näille!)

3 XMPP-Protokollan konsepteja

Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) on avoin, reaaliaikaiseen pikaviestintään ja olotilan ilmoittamiseen tarkoitettu XML-pohjainen standardi. Protokollaa kehitettiin alun perin nimellä Jabber, ja se oli tarkoitettu saman nimiseen, vapaaseen lähdekoodiin perustuvaan pikaviestinohjelmaan. Vuonna 2002 perustettiin XMPP työryhmä (XMPP WG), jonka tehtäväksi tuli Jabber-protokollaan perustuvan pikaviestinprotokollan kehitys. Uuden, XMPP-nimisen protokollan tarkoitus oli soveltaa Internet Engineering Task Forcen (IETF) tukemaksi pikaviestintä- ja olotilan hallinta-protokollaksi. Kehitystyön tuloksena oli lopulta dokumentti, jossa määriteltiin proto-

kollan perusominaisuudet ja laajennukset pikaviestintään. Nykyään tätä perustoiminnallisuutta määritellään RFC-dokumenteissa 3920 ja 3921. Myöhemmin protokollaan on luotu laajennuksia esimerkiksi tiedostojen siirtämiseen sekä VoIP-puheluihin.

3.1 Versiot ja ydinstandardi

XMPP-protokollan kehityksen voidaan katsoa alkaneen vuonna 2000, jolloin julkaistiin XMPP:n edeltäjän, IMPP:n suunnitelma. Tämän jälkeen julkistettiin seuraavina vuosina useita suunnitelmadokumentteja muunmuassa salauksen soveltamisesta pikaviestintään, merkkijonojen kuljettamisesta XML-virroissa sekä olotilan julkistamisesta.

Protokollan ensimmäinen virallinen määritelmä julkaistiin vuonna 2004 RFC-dokumenteissa 3920 - 3923. Seuraavien vuosien aikana kehiteltiin useita laajennuksia mm. puheen ja videokuvan kuljettamiseen XMPP-verkossa, kunnes vuonna 2011 julkaistiin protokollan seuraava versio RFC-dokumenteissa 6120 - 6122. Uusimmat määritelmädokumentit ovat käytännössä vielä tarkastelun alla. Tässä dokumentissa käsitelläänkin protokollaa vielä vanhemman, käytetyimmän ja tuetumman version pohjalta.

(Tämän voisi sanoilla paremmin, yhdistää edellisen kanssa ?)

3.2 XML-tietovirrat

XMPP-standardissa liikenne kuljetetaan yleensä XML-tietovirrassa. XML-tietovirtaa voidaan ajatella säiliönä, jota käytetään XML-elementtien kuljettamiseen verkkointiteettien välillä. Virran alku ilmoitetaan aina XML-tagilla «stream>», jossa voidaan määritellä attribuutteina myös esimerkiksi käytettävä nimiavaruus ja nerkistö. Virran loppua merkkää vastakkaisesti tagi «/stream>». Niin kauan kuin XML-virta on olemassa, sen luonut entiteetti voi lähettää määrittämättömän määrän XML-elementtejä vastaanottajalle. XML-tietovirta on aina yksisuuntainen; mikäli vastaanottava pää haluaa lähettää viestejä, pitää sen tätä varten erikseen neuvotella erillinen virta (Response Stream).

XML-tietovirrassa voidaan lähettää XMPP-standardin mukaan lähettää joko XML-säkeistöjä tai yhteyden neuvottelemiseen tarvittavia XML-elementtejä. Mikäli entiteetti saa vääränmuotoisen paketin, se hylätään. Yhteyden ja virran neuvottelee yleensä asiakas- tai palvelinentiteetti vastaanottavaan entiteettiin, joka on yleensä palvelin. Asiakas-palvelin yhteyksien lisäksi siis palvelin-palvelin yhteydet ovat myös mahdollisia.

3.3 Säkeistöt

XMPP-protokollassa säkeistö (Stanza) on itsenäinen tietopaketti, joka voidaan lähettää entiteetiltä toiselle XML-virran yli. Säkeistö kuljetetaan aina suoraan XML-virran stream-juurielementin alla, ja voi olla nimeltään "message", "presence" tai "iq". Säkeistön nimiavaruuden on oltava "jabber:client" tai "jabber:server". Mikä tahansa muu tietovirrassa lähetetty paketti ei ole säkeistö. Säkeistö sisältää yleensä yhden tai useampia lapsielementtejä.

Stanzalla on kolme tyyppiä, joilla määritetään viestintämekanismi. "Push-mekanismi on tarkoitettu yleiseen viestintään, "publish-subscribe" yleiseen palvelimen ja verkon tilan viestittämiseen asiakkaille, ja "request-response" taas tiedon vaihtamiseen entiteettien kesken. "iq-tyyppinen paketti on tyypiltään "request-response", kun taas presence ja message-elementit ovat "push-tyyppisiä.

4 Verkko

XMPP-verkko on hajautettu, ja palvelimia voi olla useita. Palvelimet voivat olla yhteydessä toisiinsa suoraan, tai välipalvelimien välityksellä. Asiakkaat voivat halutessaan ottaa yhteyden mihin tahansa verkon palvelimista.

4.1 Palvelin

Vaikka XMPP:n määritelmässä ei varsinaisesti määritellä miten viestejä lähetetään, käytetään protokollaa yleensä asiakas-palvelin-arkkitehtuurilla. Erona useisiin muihin tunnettuihin pikaviestinprotokolliin, kuten OSCAR ja MSNP on kuitenkin se, että XMPP-verkolla ei ole yhtä keskitettyä autentikaatiopalvelinta. Käytännössä siis kuka tahansa voi ajaa omaa palvelintaan, ja liittää sen osaksi suurempaa verkkoa.

Palvelimen tehtävänä XMPP-verkossa on TCP-yhteyksien vastaanotto sekä liikenteen välittäminen muille autentikoiduille käyttäjille, palvelimille ja muille kohteille. Palvelin myös reitittää asiakkaan lähettämät paketit oikeisiin kohteisiin. Palvelimet voivat myös tallentaa käyttäjäkohtaisia tietoja, kuten kontaktilistan, joka voi sisältää muita käyttäjiä mistä tahansa liitetystä XMPP-verkosta.

4.2 Asiakas

Asiakas luo yhteyden palvelimeen TCP-protokollan yli tiettyyn palvelimen porttiin. Internet Assigned Numbers Authority (IANA) on määritellyt XMPP-protokollan käyttöön portin 5222, mutta muitakin saattaa olla käytössä. Asiakkaan tehtävänä on lähet-

tää viestejä ja tilatietoja palvelimelle, sekä vastaanottaa niitä palvelimelta. Asiakkaan on osattava vähintään avata yhteys XML-viestien lähettämistä ja vastaanottamista varten.

XMPP-verkossa jokaista asiakasta tai päätepistettä kutsutaan entiteetiksi, jolla on aina oma tunnisteensa nimeltään JID. Tunniste on kolmiosainen, esimerkiksi muotoa «solmu@toimialue/resurssi>». Tunnisteessa toimialue-kenttä määrittelee käytetyn palvelimen osoitteen, ”solmu-kenttä käyttäjän nimen ja ”resurssi-kenttä käyttäjälle kuuluvan toisen asiakaslaitteen. Protokolla sallii useampien asiakasohjelmien kirjautumisen samalle palvelimelle samalla käyttäjätunnuksella, kunhan eri ohjelmille määritellään oma kotiosoiteensa.

Entiteeteille voidaan määrittää myös tärkeystasoja, jolloin esimerkiksi osoitteeseen «solmu@toimialue/matkapuhelin>”lähetetty viesti menee käyttäjän matkapuhelimeen, mutta osoitteeseen «solmu@toimialue>”lähetetty viesti ohjautuu tärkeimmäksi määritelyyn asiakasohjelmaan tai laitteeseen.

4.3 Välipalvelin

Koska XMPP-sallii useampien palvelinten toimimisen yhdessä, voidaan XMPP-verkkoa laajentaa niinsanotuilla välipalvelimilla (Gateway). Välipalvelimen tehtävänä on muuntaa XMPP-viestejä sopivaksi välipalvelimen toisella puolella toimivaan pikaviestinverkkoon, ja toisaalta toisesta verkosta tulevia viestejä XMPP-verkkoon sopiviksi. Tunnettuja välipalvelimia on olemassa esimerkiksi SMTP, Internet Relay Chat, SIMPLE sekä SMS -verkkoja varten.

Suurimpana ongelmana välipalvelinten käytössä on se, että protokollat eivät aina ole täysin yhteensopivia. Tästä seuraa, että osa viesteissä välitetystä tiedosta ei välttämättä ole esitettävissä toisella protokollalla. Ongelmia tulee myös turvallisuuden kanssa, sillä lähetetyn viestin tai muun tiedon siirtyessä toiseen pikaviestinverkkoon, sen turvallisuutta ei voida enää taata.

4.4 Yhteyden suojaus

XMPP-verkon kaikkien asiakkaiden ja palvelinten on tuettava TLS- ja SASL-metodeja tiedon salaamiseen. Salauksen käyttö ei ole protokollan määritelmädokumentissa vaadittua, mutta sitä suositellaan vahvasti. Myös palvelinten välisten tietoliikenneyhteyksien välinen salaaminen on suositeltua, muttei vaadittua.

XMPP-verkossa määritellään myös palvelinten välinen ”server dialback” eli takaisinsoitto, jota voidaan käyttää varmistamaan että palvelimeen yhdistävä toinen palvelin on olemassa. Protokollan määritelmädokumenteissa takaisinsoitto määritelläänkin hy-

vin heikoksi suojaukseksi, ja sen käyttöä ei enää suositella. Palvelinten ei odoteta enää tukevan kyseistä metodia.

5 XMPP-protokolla

5.1 Asiakkaan autentikointi

XMPP-protokollan mukainen yhteys asiakas- ja palvelinsovelluksen välillä aloitetaan luomalla XML-virta. Ensimmäiseksi virrassa suoritetaan mahdollinen salauksen neuvottelu sopivin xml-säkein. Salauksen epäonnistuesssa palvelinsovellus voi vastata erilaisilla virheilmoituksilla. (TODO: Lähde)

Kun haluttu yhteyden salauksen neuvottelu on suoritettu, aloitetaan virallinen yhteys lähettämällä protokollamääritelmän mukainen stream-elementti. Palvelin vastaa elementtiin omalla "stream-elementillään sekä "stream:features-elementillä, jossa määritellään autentikointiin käytettävät suojausmenetelmät. Tavallisesti käytössä on ainakin MD5-tiivistäsalgoritmi sekä puhdas teksti. Asiakasohjelma valitsee suojausmenetelmän, ja ilmoittaa siitä "auth-elementissä palvelimelle.

Kun autentikaatiomenetelmän valinta on suoritettu onnistuneesti, aloitetaan itse autentikaatio. Kaikki autentikaatiopakettit kuljetetaan asiakkaan ja palvelimen välillä "response"ja "challenge-paketeissa base64-enkoodattuna. Virhetilanteessa palvelin voi lähettää myös "failure-elementin virhetietojen kera. Lähetettävät elementit riippuvat valitusta autentikaatiomenetelmästä. Kun asiakas on vastannut oikein kaikkiin palvelimen lähettämiin haasteisiin, saa asiakas palvelimelta "success-elementin. Tämän jälkeen asiakas neuvottelee palvelimen kanssa uuden yhteyden "stream-elementeillä, ja palvelin lähettää asiakkaalle listan palvelimen osaamista toiminnoista "stream:features-elementissä. Näitä voi olla mm. sessionhallinta, pikaviestintä ja resurssien sidonta.

5.2 Sessio ja resurssin sidonta

Kun yhteys on luotu ja autentikointi on suoritettu, suoritetaan käyttäjän resurssin sidonta palvelimelle. Sidonta on tarpeellista, mikäli palvelin aiemmassa vaiheessa ilmoitti sen ominaisuutena asiakkaalle. Sidonnan tarkoituksena on yhdistää asiakkaan resurssi, esim. "kotikone"tai "kannettava"palvelimella toimivaksi JID-tunnisteesi. Tätä varten asiakas lähettää heti autentikoinnin onnistuttua palvelimelle iq-säkeen, jossa lähetetään sen sisäisessä "resource-elementissä haluttu resurssi. Asiakas voi antaa myös palvelimen suorittaa resurssinimen valinnan automaattisesti jättämällä kentän ryhjäksi. Palvelimen ei myöskään ole pakko hyväksyä haluttua resurssia, vaan voi vaihtaa sen

toiseen. Resurssin sidonnan onnistuttua palvelin lähettää asiakkaalle iq-säkeen, jonka sisäisessä ”jid-elementissä on asiakkaan täysi JID-tunniste. Tätä tunnistetta käytetään asiakkaan tunnistamiseen palvelimella loppuyhteyden aikana.

Mikäli palvelin mainostaa asiakkaalle ”stream:features-elementissä sessio-ominaisuutta, ja mikäli asiakasohjelma haluaa käyttää palvelimen pikaviestintä- ja tilanhallintaominaisuuksia, on asiakkaan neuvoteltava palvelimen kanssa sessio. Tämä tehdään lähettämällä palvelimelle sopiva iq-säe. Palvelin vastaa tähän joko onnistumista merkkavalla tyhjällä iq-säkeellä, tai ”error-elementillä varustetulla virhettä merkkavalla iq-säkeellä. Mikäli session luonti epäonnistuu, voi se olla merkki siitä, että asiakkaalla ei ole oikeuksia pikaviestintään palvelimella. Kun session luonti on suoritettu, sanotaan resurssin XMPP-terminologiassa olevan aktiivinen.

tähän esimerkki paketeista (vaiko Liitteeseen ?)

5.3 Tekstiviestien välitys

Viestien lähetystä varten asiakkaalla on oltava täysi JID. Viestipakettina käytetään ”message-elementtiä, jolla on oltava aina vähintään ”to-parametri viestin vastaanottajan JID:tä varten. Elementissä voidaan määritellä myös ”from-parametri, johon sijoitetaan viestin lähettäjän JID.

5.4 Ystävälistan hallinta

5.5 Tilatiedot

5.6 VoIP

6 Muita protokollia

XMPP-protokollan lisäksi on olemassa myös muita pikaviestinprotokollia, kuten muunmuassa MSNP, Skype, IRC, SIMPLE ja useita muita. Näistä SIMPLE suunniteltiin myös mahdollisimman yleiskäyttöiseksi ja avoimeksi, ja on käytössä esimerkiksi joissain VoIP-sovelluksissa.

Skype-protokolla on täysin suljettu ja salattu [?]. Protokollasta on onnistuttu selvittämään osia, mutta ainakin toistaiseksi sen toiminta on suurilta osin tuntematon. Skype-verkko on rakenteeltaan hajautettu, mutta verkkoon kirjautuminen pitää tehdä erillisen Skype Limited-yhtiön kirjautumispalvelimen kautta.

MSNP (Microsoft Notification Protocol) on Microsoft-yhtiön protokolla pikaviestintään. Sitä käytetään muunmuassa yhtiön omissa Windows Messenger, MSN Messenger

ja Windows Live Messenger-sovelluksissa. Myös esimerkiksi avoimeen lähdekoodiin perustuvat pikaviestinsovellukset Pidgin ja Trillian taitavat viestinnän MSNP-protokollan yli. MSNP-verkko on rakenteeltaan keskitetty [?], ja kirjautumispalvelimet ovat Microsoftin hallinnassa. Microsoft ei julkaise protokollan määritelmää, vaan jokainen protokollan versio on käyttäjien toimesta purettu ja määritelmät julkaistu epävirallisesti. Tällä hetkellä MSNP:n viimeisin julkaistu versio on 19, vaikka kirjautumispalvelimet tukevatkin kaikkia protokollia versiosta 8 lähtien.

IRC (Internet Relay Chat) on vuonna 1988 Suomessa kehitetty tekstipohjainen pikaviestinprotokolla. Protokolla on avoin, ja siitä on useita versioita sekä toteutuksia. Rakenteeltaan IRC on hajautettu. Palvelimet voidaan yhdistää kokonaisuuksiksi eli keskusteluverkoiksi, joilla on nimi (mm. ircnet). Keskusteluverkossa voi olla useita keskustelukanavia, joille voi liittyä. [?]

7 XMPP-protokollan edut ja heikkoudet

XMPP-protokolla on täysin avoin, ja kuka tahansa voi käyttää sitä ilman maksuja millekään taholle.

XML-pohjaisten protokollien heikkoutena on pakettien suuri koko ja suhteellisen pieni hyötysuhde. Viestipakettien koko voi olla moninkertainen itse paketissa lähetettävään tietoon.

(tänne lisää tekstiä)

8 Yhteenveto

XMPP on nykyään jo erittäin tuettu standardi, ja soveltuu hyvin erilaisiin pikaviestinnän käyttötarkoituksiin. Vaikka protokollaa ei nykyään vielä tuetakaan monissa suurimmista pikaviestinohjelmista, se leviää koko ajan pienempien palveluiden kautta. Protokollan suurin hyöty onkin sen ilmainen soveltaminen eri tarkoituksiin sekä hyvän määritelmän kautta saavutettu yhteensopivuus valmiiden sovellusten kanssa. Myös muihin pikaviestintäverkkoihin viestiminen on mahdollistettu siltapalvelinten avulla, joten verkon asteittainen päivittäminen on suhteellisen yksinkertaista. Laajennettavan rakenteensa avulla XMPP-protokolla on valmistautunut sopeutumaan myös tulevaisuuden pikaviestinnän luomiin vaatimuksiin.

(Hieman lyhyt vielä ...) (Lisää liitteet!)

Lähteet

- [1] P. Saint-Andre, *"Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Core"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.xmpp.org/rfcs/rfc3920.html>>, lokakuu 2004, RFC-3920.
- [2] P. Saint-Andre, *"Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Instant Messaging and Presence"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.xmpp.org/rfcs/rfc3921.html>>, lokakuu 2004, RFC-3921.
- [3] P. Saint-Andre, *"Mapping the Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) to Common Presence and Instant Messaging (CPIM)"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc3922>>, lokakuu 2004, RFC-3922.
- [4] Mikko Laukkanen, *"Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.cs.helsinki.fi/u/kraatika/Courses/IPsem04s/xmpp.pdf>>, Helsingin yliopisto, viitattu 15.3.2008.
- [5] Scott Ludwig, Joe Beda, Peter Saint-Andre, Robert McQueen, Sean Egan ja Joe hildebrand, *"XEP-0166: Jingle"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.xmpp.org/extensions/xep-0166.html>>, 29.2.2008.
- [6] Thomas Muldowney, Matther Miller, Ryan Eatmon, *"XEP-0096: File Transfer"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.xmpp.org/extensions/xep-0096.html>>, 13.4.2004.
- [7] Peter Salin, *"Mobile Instant Messaging Systems - A Comparative Study and Implementation"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.tml.tkk.fi/anttiyj/Salin-IMPS.pdf>>, Teknillinen korkeakoulu, 21.9.2004.
- [8] Laurence Goasduff, Carina Forsling, *"Gartner Predicts Instant Messaging Will Be De Facto Tool for Voice, Video and Text Chat by The End of 2011"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=507731>>, Gartner, Egham, Iso-Britannia, 21.6.2007.
- [9] *"Jabber Software Foundation Renamed to XMPP Standards Foundation"*, Saatavilla osoitteesta <URL: <http://www.xmpp.org/xsf/press/2007-01-16.shtml>>, XMPP standards foundation, 16.1.2007, Denver, Yhdysvallat.

- [10] Wikipedia, "*Instant messaging*", Saatavilla osoitteesta <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Instant_messaging>, viitattu 27.11.2010.
- [11] Salman A. Baset, Henning Schulzrinne, "*An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol*", Saatavilla osoitteesta <URL: <http://arxiv.org/pdf/cs/0412017>>, Columbia University, New York, Yhdysvallat, 15.9.2004.
- [12] MSNPiki, "*MSN Protocol Version 8*", Saatavilla osoitteesta <URL: http://msnpiki.msnfanatic.com/index.php/Main_page>, viitattu 10.1.2011.
- [13] Jarkko Oikarinen, Darren Reed, "*RFC1459 - Internet Relay Chat Protocol*", Saatavilla osoitteesta <URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc1459>>, viitattu 31.10.2011