

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Jari Kuosa

Opinnäytetyö

Avoimen lähdekoodin sovellusten käyttö web-radion toteutuksessa

Työn ohjaaja Petri Heliniemi
Työn teettäjä Vastavirta ry
Tampere 12/2008



Tekijä	Jari Kuosa	
Koulutusohjelma	Tietojenkäsittely	
Opinnäytetyön nimi	Avoimen lähdekoodin sovellusten käyttö web-radion toteutuksessa	
Työn valmistumis- kuukausi ja -vuosi	12/2008	
Työn ohjaaja	Petri Heliniemi	Sivumäärä: 3

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda web-radiopalvelin Vastavirta-klubille, jotta Vastavirta-klubin WWW-sivuilla käyvät ihmiset voivat tutustua Vastavirta-klubin musiikilliseen antiin ja tapahtumissa esiintyvät yhtyeet sekä artistit saavat lisää levikkiä musiikilleen. Työssä käytettiin vain avoimen lähdekoodin sovelluksia sekä avointa, patentitonta Ogg Vorbis -äänitiedostomuotoa.

Vastavirta-klubi on Vastavirta ry:n ja Tahdonvoima-osuuskunnan hoitama tamperelainen tapahtumatila, joka keskittyy ns. valtavirran ulkopuolisen musiikin ja kuvataiteen esilletuomiseen. Vastavirta-klubille tärkeä työkalu on Vastavirta-klubin WWW-sivusto, jolle haluttiin luoda lisäarvoa tarjoamalla sivuilla web-radiopalvelu.

Vastavirta-klubi ei tavoittele suoraa lisäansiota web-radiolla, joten palvelun luomiskustannuksien pitämiseksi mahdollisimman alhaisena työkaluiksi valittiin ilmaiset ja avoimet sovellukset sekä lahjoituksena saatu, tyyppillinen kotitietokone varta vasten hankitun palvelintietokoneen sijaan.

Työssä käytetyt sovellukset ja teknologiat (Linux-käyttöjärjestelmä, Ogg Vorbis -äänitiedostomuoto, Icecast-palvelinsovellus) kehittyvät nopeasti ja saavuttavat vuosi vuodelta yhä enemmän suosiota. Myös avoin lähdekoodi on tullut tutuksi käsitteeksi tietotekniikka-alan ulkopuolellakin. Työssä pyritään selvittämään näiden teknologioiden vahvuudet sekä taloudelliselta että tekniseltä näkökannalta.



Author	Jari Kuosa	
Degree Programme	Business Information Systems	
Title	Use of Open Source Software in Web Radio Implementation	
Month and year	12/2008	
Supervisor	Petri Heliniemi	Pages: 3

ABSTRACT

The goal of this thesis was to create a web radio server for the club Vastavirta-klubi, so people visiting the website of the club may get to know the styles of music performed in Vastavirta-klubi and the bands and artists played there get more exposure for their music. Only open source software and an open, patent-free audio file format known as Ogg Vorbis were used for this work.

Vastavirta-klubi is an event venue located in Tampere and operated by the Vastavirta association and Tahdonvoima cooperative. Vastavirta-klubi focuses on promoting non-mainstream music and visual arts. The website of Vastavirta-klubi is an important tool for the club and Vastavirta-klubi wishes to improve the site's value by offering a web radio service.

Vastavirta-klubi does not pursue to gain income directly from the web radio, so as an effort to keep the founding costs minimal, free and open software was selected for the project. The server computer was given free to the project and the computer used is a common household computer, instead of a special server computer purchased just for this purpose.

The software and technology used in the project (Linux operating system, Ogg Vorbis audio file format, Icecast server software) are developing rapidly and increase in popularity. Today, open source is a term also familiar outside the information technology circles. The thesis work aims to research the positive aspects of these technologies from both financial and technical viewpoints.

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Avoin lähdekoodi	3
	2.1 Vapaa ohjelmisto	3
3	Palvelimen ohjelmistot	3
	3.1 Ubuntu Linux.....	3
	3.2 Ogg Vorbis	3
	3.3 Icecast	3
	3.4 IDJC.....	3
4	Tiedonsiirtonopeudet	3
5	Tekijänoikeudet	3
6	Web-radion toteutus	3
	6.1 Käyttöjärjestelmä.....	3
	6.2 Palvelinohjelmistojen asennus.....	3
7	Loppusanat	3
	Lähdeluettelo	3

Erityissanasto

IDJC	Internet DJ Console, soittolistaohjelma
Icecast	streaming-palvelinohjelmisto
Linux	tietokoneen käyttöjärjestelmä
MP3	MPEG-1 Audio Layer 3, äänenpakkaustekniikka
Ogg Vorbis	äänepakkaustekniikka
Streaming, streamaus	äänen tai videon toistaminen reaaliajassa Internet-yhteyden yli

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää avoimen lähdekoodin sovellusten käytettävyyttä Internet-radiopalvelun luomisessa. Avoin lähdekoodi valittiin opinnäytetyön viitekehyydeksi, koska se tarjoaa pääsääntöisesti ilmaiset työkalut ja vapauden tarvittaessa muokata niitä paremmin omiin tarkoituksiin soveltuviksi. Myös avoimen lähdekoodin globaali demokraattinen filosofia miellytti opinnäytetyön tilaajaa sekä tekijää.

Opinnäytetyön tilaaja on tamperelaisen Vastavirta ry:n pyörittämä Vastavirta-klubi, jossa järjestetään erilaisia kulttuuritapahtumia ympäri vuoden. Vastavirta-klubi haluaa luoda Internet-sivuilleen lisäarvoa ja samalla tuoda esille Vastavirta-klubilla esiintyviä yhtyeitä ja artisteja. Tähän tarkoitukseen web-radio sopii Vastavirta-klubin mielestä erinomaisesti.

Musiikki on 2000-luvulla siirtynyt jo huomattavissa määrin levykaupoista ja radiokanavilta Internetiin, jossa yhtyeiden ja artistien on aiempaa helpompaa ja edullisempaa saada musiikkinsa ihmisten kuultavaksi. Sen lisäksi, että musiikkia myydään Internetissä, useat yhtyeet ja artistit ovat halukkaita jakamaan taidettaan kiinnostuneille kuulijoille ilman rahallista vastiketta. Musiikin digitaalinen jakelu poistaa myös maantieteellisiä esteitä musiikin luojaan ja musiikin kuulijan väliltä. Opinnäytetyössä sivutaan myös taiteellisten teosten digitaalista vapaata jakelua tekijänoikeudellisesta näkökulmasta.

Avoimen lähdekoodin sovellukset tukevat musiikin digitaalista jakelua Internetin välityksellä tarjoamalla kaikille halukkaille ilmaiseksi sekä palvelinsovellukset musiikin jakamiseen että asiakassovellukset musiikin vastaanottamiseen. Sovellukset ovat usein täysin vertailukelpoisia kaupallisiin sovelluksiin nähden, ja joitakin avoimen lähdekoodin sovelluksia käytetään liiketoiminnassa enemmän kuin vastaavia suljetun lähdekoodin sovelluksia.

Tunnetuimpia yrityskäytössä olevia avoimen lähdekoodin sovelluksia ovat mm. tietokantaohjelmisto MySQL, Internet-palvelinohjelmisto Apache ja käyttöjärjestelmäydin Linux. (Avoimen lähdekoodin oppimisympäristöt 2004.)

Vastavirta ry on vuonna 2005 teettänyt Tampereen ammattikorkeakoulun taiteen ja viestinnän osastolla suunnitelman web-radion toteutuksesta, jossa ohjeistetaan myös suljetun lähdekoodin sovellusten käyttöön (Hertell, 2005). Suunnitelmaa ei ole tähän mennessä toteutettu käytännössä, joten päätin aloittaa puhtaalta pöydältä ja tutkia web-radion luomisen mahdollisuuksia käyttämällä vain avoimia ja ilmaisia sovelluksia. Kustannussyistä sekä avointen ohjelmistojen filosofian vuoksi ajatus sai kannatusta myös Vastavirta ry:ltä.

Opinnäytetyön alkuosassa esitellään projektin kannalta oleelliset teoretiset tiedot ja jälkimmäinen osuus koostuu palvelintietokoneen ohjelmistojen asentamisen sekä asetusten hallinnan kuvauksesta.

Tämän opinnäytetyön lähdeluettelo koostuu täysin online-sisällöstä. Tähän on muutamia syitä. Tärkeimpänä pidän tietotekniikan ripeää kehitystä, jolloin jonkin tietoteknistä aihetta käsittelevän kirjan sisältö saattaa pahimmillaan olla jo osittain vanhentunutta, kun kirja julkaistaan. Internetissä olevaa tietoa on helpompi ja nopeampi päivittää ja julkaista kuin paperille painettua. Toinen tärkeä syy on julkaisutoiminnan siirtyminen yhä enemmän verkkoon. Opinnäytetyöni kannalta tämä tulee esille siten, että alun perin paperillekin painettua materiaalia on yhä kasvavissa määrin saatavissa julkaisijoiden tai tekijöiden omilta Internet-sivuilta digitaalisesti tallennetussa muodossa. Verkkolähteiden käytön huonona puolena voidaan pitää Internetin ”elävää” luonnetta, jolloin vanhoja sivuja sulkeutuu ja uusia tulee tilalle tuon tuosta. Tällaisissa tilanteissa kirjalle painettu tieto säilyy paremmin. Olipa tietolähde sitten verkossa tai paperille, sen sisältämän tiedon tulee olla ajankohtaista ja oikeaa – vanha ja väärä tieto joutaakin katoamaan. Uskon opinnäytetyöni sisältävän vain ajankohtaista ja oikeaa tietoa ja toivon tämän olevan hyödyksi muillekin kuin opinnäytetyön tekijälle ja tilaajalle.

Lähdekritiikkiä on sovellettu lähteiden valinnassa valitsemalla vain sellaisia lähteitä, jotka ovat tietotekniikan alan julkaisuja, yritysten tai yhteisöjen verkkodokumentteja tai näistä linkitettyjä yksityishenkilöiden ylläpitämiä opinnäytetyöhön valittujen ohjelmien käyttöä kuvaavia dokumentteja.

Vastavirta ry ja Vastavirta-klubi

Vastavirta ry on Tampereella keväällä 2001 perustettu yhdistys, joka edistää vaihtoehtoista alakulttuuriharrastusta valtavirran ulkopuolella olevien ihmisten keskuudessa. Vastavirta ry:n ensisijaisena tarkoituksena on järjestää musiikki- ja taidetapahtumia.

Vastavirta ry toimii tapahtumien järjestämisen lisäksi myös CD-levyjen, DVD-videoitten ja musiikkiaiheisen lehden julkaisun parissa. Vastavirta ry:llä on myös viikoittainen radio-ohjelma Tampereen seudulla kuuluvan Radio Moreenin taajuudella.

Vastavirta-klubi on Tampereen Pispalassa sijaitseva tapahtumatila, jossa järjestetään kulttuuritapahtumia ympäri vuoden. Vastavirta-klubin toiminnasta vastaavat Vastavirta ry sekä Tahdonvoima-osuuskunta. Vastavirta-klubilla järjestetään pääasiassa musiikkitapahtumia sekä taide- ja valokuvanäyttelyitä. Vastavirta-klubi avattiin nykyiseen toimitilaansa tammikuussa 2005, tätä ennen klubi oli toiminut yksittäisten tapahtumien järjestäjänä muiden tapahtumia järjestävien ravintoloiden tiloissa.

Vastavirta-klubi haluaa tämän toiminnan tueksi kehittää Internet-sivujaan ottamalla käyttöön web-radiopalvelun voidakseen paremmin tukea vaihtoehtoista kulttuuritoimintaa. Web-radion avulla Vastavirta-klubin asiakkaat saavat paremman käsityksen Vastavirta-klubilla järjestettävien musiikkitapahtumien esiintyjistä. Web-radio palvelee täten myös yhtyeiden ja muusikoiden etuja.

2 Avoin lähdekoodi

Avoin lähdekoodi tarkoittaa ohjelmia, joita kuka tahansa voi vapaasti muokata, kopioida ja levittää (Avoimen lähdekoodin oppimisympäristöt 2004.). Käytännössä tämä tarkoittaa sovelluksia, joiden käytöstä ei tarvitse maksaa lisenssimaksuja, ja joiden toiminta on tarvittaessa jokaisen halukkaan muokattavissa omiin tarkoituksiinsa sopivaksi. Avoimeen lähdekoodiin liittyy useita lisensiointimalleja, jotka määrittelevät erilaisia vapauksia ja velvollisuuksia sekä julkaisijalle että käyttäjälle.

Vuonna 1998 perustettu Open Source Initiative on Kaliforniassa toimiva avoimen lähdekoodin etujärjestö, joka on julkaissut Open Source Definition -nimellä tunnetun määritelmän niistä vaatimuksista, jotka lähdekoodin lisenssin on täytettävä, jotta sitä voidaan kutsua avoimeksi lähdekoodiksi. (Tiemann 2006.)

Open Source ja lisenssit (2007) määrittelee ohjelmiston lisenssin avoimen lähdekoodin lisensiksi, jos lisenssi sisältää seuraavat ehdot:

1. Ohjelmiston vapaa käyttö mihin tarkoitukseen tahansa.
2. Ohjelmiston kopioiminen ja levittäminen ilman maksuvelvoitetta.
3. Ohjelmistoon perustuvien teosten luominen ja levittäminen ilman maksuvelvoitetta.
4. Pääsy ohjelmiston lähdekoodiin ja lähdekoodin käyttö.
5. Ohjelmiston yhdistäminen toisten ohjelmistojen kanssa.

Vertailtaessa avoimen lähdekoodin sovelluksen kehitystä suljetun lähdekoodin sovelluksen kehitykseen, tulee tärkeimpänä erona esille lähdekoodin vapaa hyödynnettävyys. Tämä oikeuttaa kenet tahansa tekemään muutoksia lähdekoodiin ja julkaisemaan ne edelleen. Avoimen lähdekoodin kehityksessä on tästä syystä tyypillistä, että eri projektien lähdekoodia käytetään projektista toiseen, jos lähdekoodi siihen soveltuu. Tämä nopeuttaa sovellusten kehittämistä, koska useissa eri projekteissa tarvittavaa samankaltaista toiminnallisuutta ei ole välttämätöntä ohjelmoida jokaiseen projektiin erikseen. Suljetun lähdekoodin sovelluksissa ei tätä etua ole. Avoimen lähdekoodin vertaisvertailu edistää ohjelmointivirheiden ja tietoturva-aukkojen löytämistä ja korjaamista, sillä lähdekoodi on kaikkien saatavilla, ja joku projektin ulkopuolinen ohjelmoija saattaa löytää koodista virheitä, joita projektin ohjelmoijat eivät ole huomanneet.

Joskus avoimen lähdekoodin projekteissa on mukana ulkopuolisia rahoittajia, joilla on vaikutusvaltaa ohjelmiston kehittämisessä ja kehittämisen jatkuvuuden takaamisessa. (Ingo 2005.)

Vaikka avoimen lähdekoodin sovellukset ovat pääasiassa ilmaisia, avoimen lähdekoodin lisenssi ei tätä vaadi. Jos avoimen lähdekoodin sovellus on kaupan, sisältää hinta usein pelkän sovelluksen lisäksi lisäpalveluja kuten tuotetukea. Jos käyttäjä on tyytyväinen ohjelmaan, hän voi olla valmis maksamaan tuotteesta, vaikka saisi sen ilmaiseksikin. (Ingo 2005.)

Joissain tapauksissa avoimen lähdekoodin sovellus on kaksoislisensioitu, esimerkiksi ilmaiseksi koti- tai harrastekäyttöön ja maksullisena yrityskäyttöön. Esimerkkinä mainittakoon tietokantasovelluksia valmistava ruotsalainen MySQL Ab. MySQL-tietokantaa voi ladata ilmaiseksi verkosta GPL-lisenssin käyttöehtojen mukaan. Vaihtoehtoisesti maksullisen version voi lisensoida 500 dollarin hintaan. Maksullista versiota käyttävät ne, jotka eivät halua itse sitoutua Open Sourcen ehtoihin. Koska GPL-lisenssi sisältää vaatimuksen, että ohjelmoija joka käyttää omassa ohjelmassaan jotain GPL-lisensioitua koodia tai ohjelmaa, on velvollinen julkaisemaan myös oman työnsä tulokset GPL-lisenssin ehdoilla lähdekoodeineen kaikkineen. (Ingo 2005.)

Open Source Initiativen hyväksymiä avoimen lähdekoodin lisenssejä on yli 70 erilaista, joista suosituimpia ovat mm. seuraavat: GNU General Public License (GPL), Apache License, GNU Lesser General Public License (LGPL), Mozilla Public License (MPL) ja Berkeley Software Distribution (BSD). (Open Source Licenses by Category 2006.) Osa näistä lisensseistä sallii ohjelmistolle tehtävän lähes mitä tahansa, mutta osassa on suhteellisen tiukkoja rajoituksia. (Open Source ja lisenssit 2007.)

Avoimen lähdekoodin lisenssit voidaan luokitella viiteen eri ryhmään käyttämällä luokitteluperiaatteenä niin sanottua virusvaikutusta (Open Source ja lisenssit 2007.). Käytännössä tämä ilmaisu tarkoittaa alkuperäisen ohjelman lisenssin periytyvyyttä siihen perustuviin ohjelmiin. Ilmaisu pohjautuu lisenssin ”tarttumiseen” siitä periytyvään ohjelmaan, joka muistuttaa virusten leviämistapaa.

- Ilman virusvaikutusta
 - Käyttäjällä kaikki Open Source -määritelmän oikeudet.
 - Lisenssi voidaan vaihtaa, jos teos voidaan nähdä uudeksi tai johdannaiseksi.
 - Esimerkkejä: Apache 2.0-, BSD-, ja MIT-lisenssit.

- Voimakas virusvaikutus
 - Lisenssi on pysyvä ja tuotetta on levitettävä samoilla lisenssiehdoilla.
 - Esimerkki: GPL-lisenssi.

- Rajoitettu virusvaikutus
 - Kuten voimakkaalla virusvaikutuksella, mutta muutettuihin osiin voidaan soveltaa jotain muuta lisensointia.
 - Muutokset kannattaa tehdä erillisiin tiedostoihin.
 - Voidaan käyttää erilaisten lisenssien alaisten ohjelmistojen yhdistelemiseen.
 - Esimerkkejä: LGPL- ja Mozilla Public -lisenssit.

- Rajoitettu valinnanvapaus
 - Muunnellun tuotteen levittämistapaa on rajoitettu.
 - Esimerkiksi tuotetta ei saa levittää samalla nimellä kokonaisena.
 - Esimerkki: Artistic License.

- Etuoikeutettu
 - Alkuperäisillä tekijöillä säilyy erikoisoikeuksia tuotteeseen, jos sitä muutellaan.
 - Tätä lisenssiä käytetään, jos yksinoikeusohjelmia muutetaan Open Source -ohjelmiksi.

2.1 Vapaa ohjelmisto

Vapaa ohjelmisto (Free Software) on avointa lähdekoodia edeltävä termi, jonka sisältö on pääpiirteissään sama. (Mitä "vapaa" tarkoittaa? 2008.) Vapaalla ohjelmistolla tarkoitetaan oh-

jelmistoa, jonka lähdekoodi on vapaasti saatavilla, ja jota saa muokattunakin levittää. Termin on lanseerannut Free Software Foundation, jonka määritelmän mukaan vapaata ohjelmaa koskevat seuraavat vapaudet (Vapaa ohjelmisto 2007.):

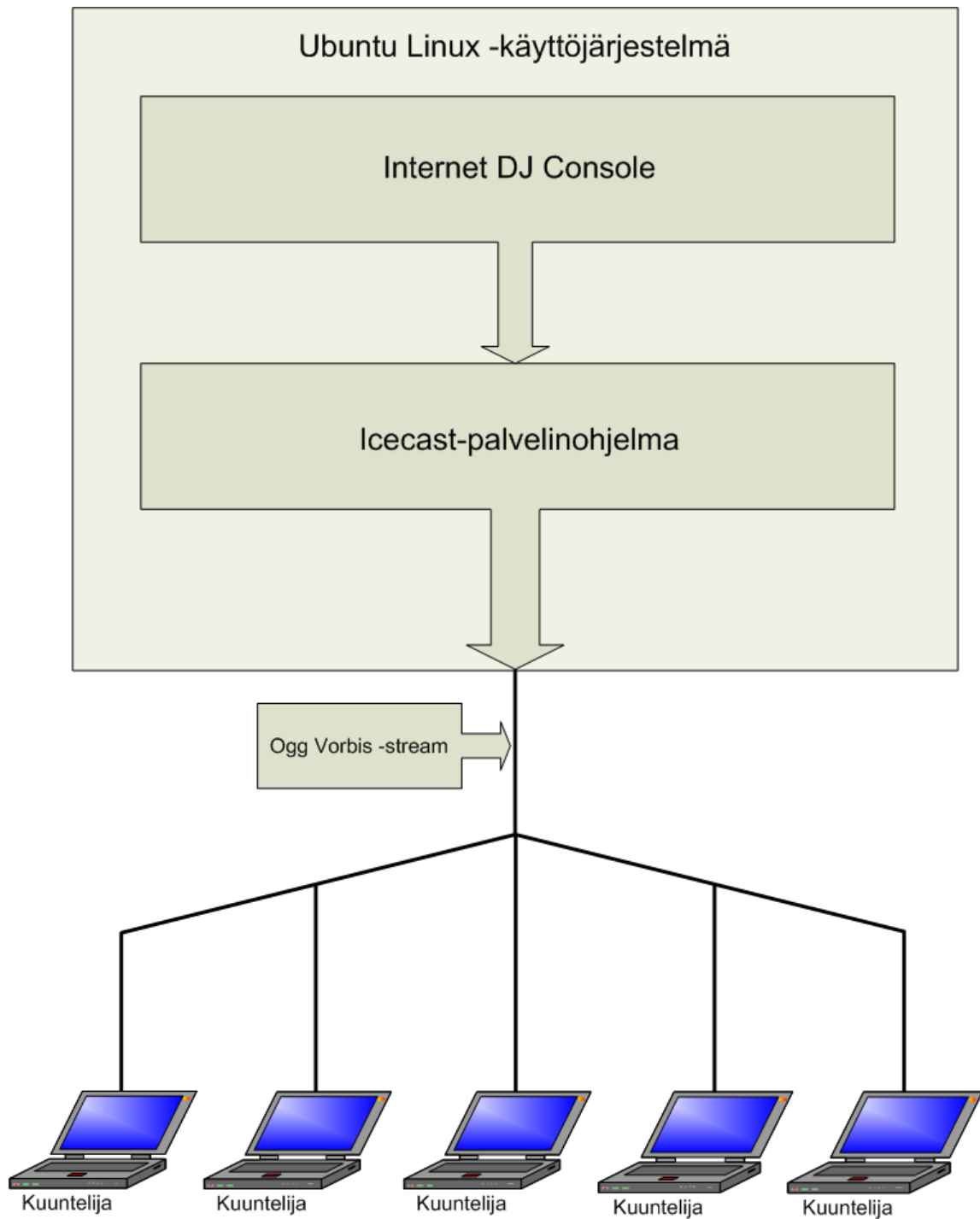
- Vapaus käyttää ohjelmaa mihin tahansa tarkoitukseen.
- Vapaus tutkia ja muokata ohjelmaa.
- Vapaus kopioida ohjelmaa.
- Vapaus kehittää ohjelmaa eteenpäin ja julkaista paranneltuja versioita muidenkin hyödynnettäväksi.

Suomen kielessä termi ei ole niin ongelmallinen kuin englannissa, jossa free software tulkitaan usein ilmaiseksi ohjelmistoksi, vaikka puhutaankin vapaasta. Tämän vuoksi on käytetty lausahdusta "Free as in freedom, not free as in free beer". Euroopassa on myös käytetty ranskalaisperäistä termiä "libre software" tai "software libre". Myös mahdollisimman neutraalia lyhennettä FLOSS 'Free / Libre / Open Source Software' on käytetty jonkin verran. (Vapaa ohjelmisto 2007.)

Sisällöllisesti avoimen lähdekoodin ja vapaan ohjelmiston lisensseissä ei ole juurikaan eroavaisuuksia lukuun ottamatta aatteellista tai filosofista tasoa. Vuonna 1998 kehitettiin vapaan ohjelmiston pohjalta yritysmaailman tarpeisiin termi avoin lähdekoodi, jotta englanninkielistä termiä Free Software käytettäessä epäselvyydet free-sanan eri merkitysten (vapaa, ilmainen) saataisiin häivytettyä yksiselitteisemmän termin tieltä. (Raymond 2007.)

3 Palvelimen ohjelmistot

Kuviossa 1 olen havainnollistanut web-radiopalvelimen rakenteen ohjelmatasolla. Aliluvuissa esittelen palvelimen ohjelmistot sekä radion lähetykseen käytetyn avoimen lähdekoodin Ogg Vorbis -tiedostomuodon.



Kuvio 1. Ohjelmien keskinäiset suhteet

3.1 Ubuntu Linux

Ubuntu on avoimesta lähdekoodista koostuva ohjelmakokonaisuus, joka perustuu Linux-ytimeen ja rakentuu tietoturvastaan tunnetun Debian GNU/Linux -projektin tekemän työn päälle. Ubuntu filosofia on pohjana koko Ubuntu yhteisön toiminnalle. Se perustuu ajatuksille siitä, että ohjelmistojen pitää olla ilmaisia, ihmisten pitää saada käyttää niitä omilla kielillä ja mahdollisimman esteettömästi, ja että vapaus muuttaa ohjelmaa haluamallaan tavalla on käyttäjän perusoikeus. (Ubuntu Suomi 2008.)

Ubuntu lienee tällä hetkellä kotikäytössä suosituin Linux-levitysversio. Projektin on aloittanut eteläafrikkalainen it-miljonääri Mark Shuttleworth vuonna 2004. Varmistaakseen Ubuntu kehittämistyön tulevaisuudessakin, perusti Shuttleworth Ubuntu-säätiön ja lahjoitti sille 10 miljoonaa dollaria. (Ubuntu tutuksi 2008.)

Ubuntu valittiin radiopalvelimen käyttöjärjestelmäksi useasta syystä:

- Vakaus: Ubuntu pohjautuu Debian GNU/Linuxin, joka on tunnettu tietoturvastaan ja vakaudestaan.
- Helppokäyttöisyys: Ubuntu on suunniteltu kotikäyttäjälle sopivaksi.
- Kielituki: Ubuntu on saatavilla yli 200 eri kielellä, mm. englanti, suomi ja ruotsi. (Suomenkielinen Ubuntu Linux 2008.)
- Käyttökokemus: Olen käyttänyt jokaista Ubuntu versiota vuodesta 2004 lähtien ja käytän kotikoneessani ainoana käyttöjärjestelmänä Ubuntu 8.10 -käyttöjärjestelmää.

Ubuntu valittiin myös vuonna 2006 Iowassa, Yhdysvalloissa, sijaitsevan voittoa tavoittelemattoman KRUU-FM-radiokanavan käyttöjärjestelmäksi. KRUU-FM lähettää vuorokauden ympäri sekä FM-radiosignaalia että MP3-streamia Internetissä. KRUU-FM halusi helppokäyttöisen käyttöjärjestelmän, joka olisi nopeasti omaksuttavissa myös Windows- ja Mac-käyttäjien toimesta. Käyttöjärjestelmältä odotettiin myös helppoa ylläpitoa sekä tietokoneen ääressä että etäkäyttöyhteydellä. Myös äänenkäsittelyä varten tarvittavien ohjelmistojen tuli toimia käyttöjärjestelmässä. Ubuntuun siirtymisen myötä KRUU-FM:n lähetystoiminta on

täysin Linux-koneiden varassa ja kokemus on ollut radioasemalle positiivinen. (Ubuntu proved the optimal choice for a non-profit Radio Station 2006.)

Ubuntu eroaa monista muista Linux-jakeluista siinä, että perinteisen Internetistä imuroitavan ja CD:lle kotona tallennettavan levykuvan lisäksi Ubuntu asennuslevyjä on mahdollista tilata postitse ilmaiseksi pieniä määriä omaan käyttöön tai suurempia erinä jaettavaksi yleisötilaisuuksissa. Tämä on yksi syy Ubuntu nauttimaan suureen suosioon. (Request an Ubuntu CD 2008.)

Ubuntu julkaistaan uusi versio säännöllisesti 6 kuukauden välein. Tämä takaa, että käytössäsi ovat aina viimeisimmät ja parhaat avoimen lähdekoodin ohjelmat. Jokaista julkaistua versiota tuetaan vähintään 18 kuukautta. Päivitykset uusiin versioihin ovat maksuttomia. (Ubuntu Suomi 2008.)

3.2 Ogg Vorbis

Ogg Vorbis on Xiphin kehittämä avoin äänenpakkausformaatti, joka on tarkoitettu avoimeksi vaihtoehdoksi MP3-pakkaukselle. Ogg Vorbista ei ole patentoitu, ja se on kenen tahansa käytettävissä. (Ogg Vorbis 2007.)

Ogg Vorbis on suunniteltu korvaamaan täysin suljetut ja patentoidut äänitiedostomuodot. Suosituin äänen digitaalisessa jakelussa käytetty tiedostomuoto MP3 on patentoitu tekniikka, jolloin tekniikan kehittänyt instituutti Fraunhofer voi vaatia korvauksia patentoidun tekniikan käytöstä. Ogg Vorbis tarjoaa korvaavan tekniikan ilman patentti- tai lisenssimaksuja. Monet toisto-ohjelmat, jotka on suunniteltu MP3-tiedostojen toistamiseen, osaavat toistaa myös Ogg Vorbis -tiedostoja, jolloin erillisen toisto-ohjelman asentaminen ei ole välttämätöntä Ogg Vorbis -tiedostojen kuuntelua varten. (Vorbis 2003.)

MP3-tekniikan patentin omistava Fraunhofer lähestyi syyskuussa 1998 lukuisia MP3-ohjelmistojen kehittäjiä kirjeellä, jossa Fraunhofer ilmoitti alkavansa periä lisenssimaksuja MP3-tekniikasta. Lisenssimaksujen piiriin kuuluvat Fraunhoferin mukaan kaupalliset toisto-ohjel-

mat ja MP3-soittimet, MP3-tiedostojen luontiin käytettävät muunto-ohjelmat sekä kaikki MP3-tiedostomuodossa levitettävät äänitiedostot. Tämä aiheutti äänitiedostojen toisto-ohjelmien kehittäjien piirissä voimakasta liikehdintää, sillä suuri osa projekteista oli jakanut ohjelmiaan ilmaiseksi. Vastalauseena tälle syntyi avoimen lähdekoodin Ogg Vorbis -projekti, josta on kehittynyt varteenotettava patentiton vaihtoehto MP3-tiedostomuodolle. (Xiph 1999.)

Ogg Vorbis -tiedostomuoto jäädettiin toukokuussa 2000 ja kaikki tämän jälkeen luodut Ogg Vorbis -äänitiedostot ovat yhteensopivia myös tulevien Ogg Vorbis -versioiden kanssa. (Xiph 2008.)

Avoimen lähdekoodin ansiosta Ogg Vorbis ei ole sidottu pelkästään Windows- tai Mac-käyttäjärjestelmään vaan virallinen tuki löytyy näiden kahden suosituksen käyttäjärjestelmän lisäksi myös Linux-, UNIX-, OS/2- ja PocketPC-käyttäjärjestelmille. Näille sekä Java- ja Be/OS-ympäristöille on tarjolla myös lukuisia kolmansien osapuolien tarjoamia ohjelmistoja. (Vorbis 2008.)

Ogg Vorbis -tuki löytyy myös monien mediasoitinien valmistajien laitteista aina kannettavista mediasoitimista autostereoihin. Patenttittomuus toimii valmistajien kannalta eräänlaisena kilpailuvalttina ja Linuxin (ynnä muiden avoimen lähdekoodin sovellusten) kasvavan suosion vuoksi myös asiakkaat ovat ryhtyneet vaatimaan Ogg Vorbis -tukea mediasoitimiinsa. (Vorbis Hardware 2008.)

3.3 Icecast

Icecast on Ogg Vorbisin kehittäjän Xiph kehittämä avoimen lähdekoodin palvelinohjelmisto äänen streamaukseen eli reaaliaikaiseen lähettämiseen Internet-yhteyden yli. Icecast on yhteensopiva suosituksen mediasoitto-ohjelman Winampin kehittäneen yhtiön, Nullsoftin, luoman Shoutcast-ohjelmiston kanssa, joten kaikki musiikintoisto-ohjelmat, jotka tukevat Shoutcastia, tukevat myös Icecastia. Icecast on saatavilla Windowsin lisäksi myös Linuxille ja useille UNIX-yhteensopiville käyttäjärjestelmille. (Icecast 2008.)

Icecastin etuna suljetun lähdekoodin vaihtoehtoon, Shoutcastiin, on se, että Icecastia kehitetään aktiivisemmin kuin Shoutcastia, ja tämä on siksi suositeltu vaihtoehto vakavampaan radiotoimintaan. Icecast on myös ominaisuuksiltaan laajempi kuin Shoutcast. (Honkonen 2006.) Shoutcast on Icecastin tavoin saatavissa yleisimmille käyttöjärjestelmille. (Download SHOUTcast Radio Tools 2008.)

Icecastin käytöstä Internet-radioiden palvelinohjelmistona on positiivista käyttökokemusta jo vuodelta 2000, jolloin Open Source Radio -projekti aloitti toimintansa ja rakensi Internet-radion käyttöön tarvittavat palvelinjärjestelmät käyttämällä avoimen lähdekoodin sovelluksia. Tällöin itse lähetys lähetettiin kuitenkin Ogg Vorbisin sijaan MP3-muodossa johtuen MP3-tiedostojen yleisestä suosiosta sekä Ogg Vorbis -projektin varhaisesta kehitysvaiheesta. Projektin vetäjät olivat kuitenkin jo tällöin kiinnostuneet siirtymään myöhemmässä vaiheessa MP3-tiedostoista Ogg Vorbis -tiedostoihin. (Faulkner, Smith, Baylor, Bailey, Mack, Lemasterx, Hartel 2001.)

Icecast soveltuu käyttöön myös muihin kuin avoimen lähdekoodin ympäristöihin. Yleinen ja yksinkertainen yhdistelmä oman verkkoradiopalvelun tekoon Windows-käyttöjärjestelmällä on käyttää Icecast-palvelinohjelmiston yhteydessä Winamp-mediasoitto-ohjelmaa Internet-radion soittolistan hallintaan. (How to create an internet radio station 2006.)

Icecast mahdollistaa äänen streamauksen lisäksi myös videokuvan streamauksen Internet-yhteyden yli. Videokuvan streamaus vaatii, että videokuva on pakattu Ogg Vorbisin sisarprojektin, Ogg Theoran, videopakkausformaattissa. Ogg Theora -pakatun videon ääniraita voi olla Ogg Vorbis -muodon lisäksi myös muilla äänenpakkaustekniikoilla pakattu. (FLOSS Manuals 2008.)

Icecast-palvelinohjelmistoa on saatavilla kahta eri versiota, joista versio 1.x on suunnattu MP3-streamaukseen ja versio 2.x Ogg Vorbis -streamaukseen. Eri versiot voivat tarvittaessa olla asennettuina samaan tietokoneeseen rinnakkain. (Ippolito 2002.)

3.4 IDJC

IDJC eli Internet DJ Console on virtuaalinen DJ-soitto-ohjelma, joka on suunniteltu toimimaan joko perinteisenä musiikinsoitto-ohjelmana tai yhdessä Icecast- tai Shoutcast-ohjelmiston kanssa, jolloin sillä voidaan hallita Internet-radion soittolistoja sekä lisätä perinteisten radiolähetysten tavoin lähetyksen sekaan ulkoisista äänilähteistä signaalia, esimerkiksi juontajan puhetta mikrofonin välityksellä. IDJC tarjoaa soittolistojen hallintaa helpottavia ominaisuuksia, kuten soittolistojen pituuden sekä parhaillaan soivien listojen päättymisajat, jolloin ohjelmien suunnittelu helpottuu. (Internet DJ Console 2008.)

IDJC:n avulla on myös mahdollista valita, lähettääkö Icecast- tai Shoutcast-palvelinohjelmisto kaiken äänikortin kautta kulkevan signaalin Internet-radiossa vai vain IDJC:n soittolistalla olevat tiedostot. Näin Internet-radiota hallinnoiva DJ voi lähetyksen aikana työskennellä muiden ääniä tuottavien tai vaativien toimintojen parissa, eivätkä nämä äänet häiritse Internet-radiolähetystä. (Internet DJ Console 2008.)

IDJC mahdollistaa myös puhelinkeskustelun liittämisen lähetettävään radiostreamiin perinteisten radiolähetysten tavoin, jos käytössä on Internet-puhelinpalvelu Skype. Näin Internet-radion DJ voi keskustella mikrofonin avulla lähetykseen soittavien ihmisten kanssa suorassa lähetyksessä. (Radulescu 2006.)

4 Tiedonsiirtonopeudet

Internetin yli streamattavan median yhteydessä on otettava huomioon sekä lähettävän että vastaanottavan tahon tiedonsiirtokapasiteetti, eli ns. kaista. Nykyään yksi yleisimmistä Internet-yhteyden muodoista on ADSL-laajakaista, jonka tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat liittymästä riippuen pääasiassa nopeuksien 512 kbit/s ja 2 Mbit/s välissä. Myös tätä nopeampia ADSL-yhteyksiä on tarjolla. (Elisa Laajakaista 2008.)

Web-radion kuuntelijoiden määrä vaikuttaa kaistavaatimuksiin, jonka lisäksi on syytä varautua myös tiedonsiirtonopeuksien pieneen heittelemiseen. Hyvänä nyrkkisääntönä palvelimen maksimikäyttäjämääriä asetettaessa voidaan pitää vain noin 80 % käyttämistä tiedonsiirtokapasiteetista maksimissaan, jolloin pystytään takaamaan kaikille kuuntelijoille häiriötön radionkuuntelukokemus. Teoriassa 100 % kaistankäyttö on mahdollista (taulukko 1), mutta tällöin yhteyksissä saattaa esiintyä katkoksia.

Taulukko 1. Teoreettiset tiedonsiirtonopeudet (Luini, Whitman 2002.)

Äänistreamin laatu	Yhtäaikaisia kuulijoita	Kaistatarve
24 kbit/s	1	24 kbit/s
24 kbit/s	10	240 kbit/s
56 kbit/s	1	56 kbit/s
56 kbit/s	10	560 kbit/s
128 kbit/s	1	128 kbit/s
128 kbit/s	10	1.28 Mbit/s

Ogg Vorbis ja MP3-tiedostojen äänenlaatu ilmaistaan kbit/s-asteikolla, jossa 256 kbit/s vastaa CD-levyn äänenlaatua ja 64 kbit/s FM-radion äänenlaatua. Eräänlaisena de facto -standardina pidetään 128 kbit/s-laatua, joka on hieman CD-levyitasoa heikompi. (Mitchell 2004.)

Vastavirta-klubin web-radion tarpeisiin 56-64 kbit/s-laatu on riittävä, jolloin saavutetaan FM-radion äänenlaatua vastaava äänistream. Yhtäaikaisten kuuntelijoiden maksimimäärä riippuu siitä, millainen Internet-yhteys palvelinta varten varataan.

5 Tekijänoikeudet

Suomessa musiikin tekijänoikeuksia edustavat kaksi järjestöä: Teosto ja Gramex. Teosto edustaa musiikin tekijöitä (säveltäjät, sanoittajat, sovittajat ja kustantajat), Gramex puolestaan äänitteiden tuottajia ja äänitteillä esiintyviä taiteilijoita. Gramex kerää tekijänoikeuslain perusteella korvaukset kaikista äänitteistä, jotka on julkaistu kaupallisessa tarkoituksessa. Teosto kerää korvaukset, jos musiikin tekijät ovat Teoston tai sen ulkomaisten sisarjärjestöjen asiakkaita. Muussa tapauksessa musiikin soittamiseen täytyy hankkia lupa suoraan sen tekijöiltä, muusikoilta ja tuottajilta. (Honkonen 2006.)

Musiikkia saa soittaa ilman Teosto- ja Gramex-korvausta seuraavissa tapauksissa, jolloin korvauksista tai korvauksettomuudesta täytyy Honkosen (2006) mukaan sopia suoraan oikeudenhaltijoiden kanssa:

- Musiikin tekijät (säveltäjä, sanoittaja, sovittaja, kustantaja) eivät kuulu mihinkään tekijänoikeusjärjestöön.
- Äänitettä ei ole julkaistu kaupallisessa tarkoituksessa ja yksikään äänitteellä esiintyvä taiteilija tai äänitteen tuottaja ei kuulu Gramexiin tai sen ulkomaisiin sisarjärjestöihin.
- Kyseessä ei ole perinteisen radion kaltainen nettiradio vaan kuuntelijalla on interaktiivisia vaikutusmahdollisuuksia ohjelmavirtaan (esimerkiksi kappaleiden yli hyppääminen, toiston pysäytys ja jatkaminen tms.).

Mikäli kyseisen musiikkikappaleen viimeisenkin tekijän kuolinvuoden päättymisestä on kulunut 70 vuotta ja äänitteen tallentamis- ja julkaisuvuoden päättymisestä on kulunut 50 vuotta, lupaa ei tarvita ollenkaan, eikä siis korvauksiakaan makseta. (Honkonen 2006.)

6 Web-radion toteutus

Vastavirta-klubin web-radio haluttiin toteuttaa mahdollisimman edullisesti, koska web-radiosta ei tule Vastavirta-klubille suoraa rahallista hyötyä. Tästä syystä palvelimeksi valittiin tyyppillinen PC-kotitietokone, joka saatiin lahjoituksena juuri tätä käyttötarkoitusta varten. Taulukossa 2 on esitetty joitain palvelimen teknisiä ominaisuuksia.

Taulukko 2. Palvelimen tekniset tiedot

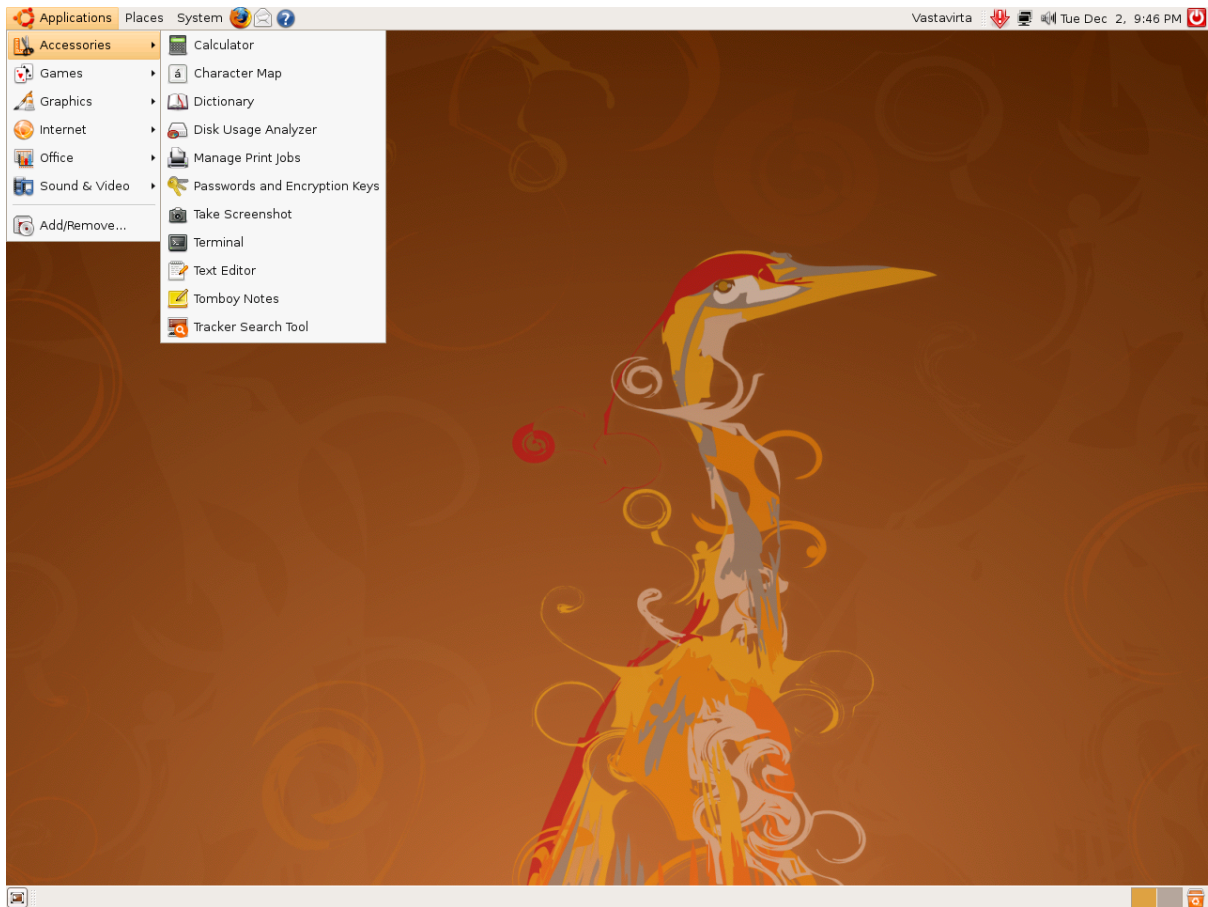
Palvelimen tekniset tiedot	
Proessori	1,2 gigahertsiä
Keskusmuisti	384 megatavua
Kiintolevy	80 gigatavua

Sekä keskusmuistin että kiintolevyn kapasiteetti ovat laajennettavissa, keskusmuisti enintään 1 gigatavuun. Kiintolevyjä varten tietokoneessa on vapaana kaksi IDE-väylää, joihin voidaan kumpaankin liittää yksi kiintolevy.

6.1 Käyttöjärjestelmä

Käyttöjärjestelmän asennus aloitettiin projektia varten tilatulta ilmaiselta Ubuntu Linux 8.04 -asennus-CD:ltä. Asennuksessa toimittiin Ubuntu Suomi -Internet-sivun asennusoppaan ohjeiden mukaan. Asennuskieleksi valittiin englanti.

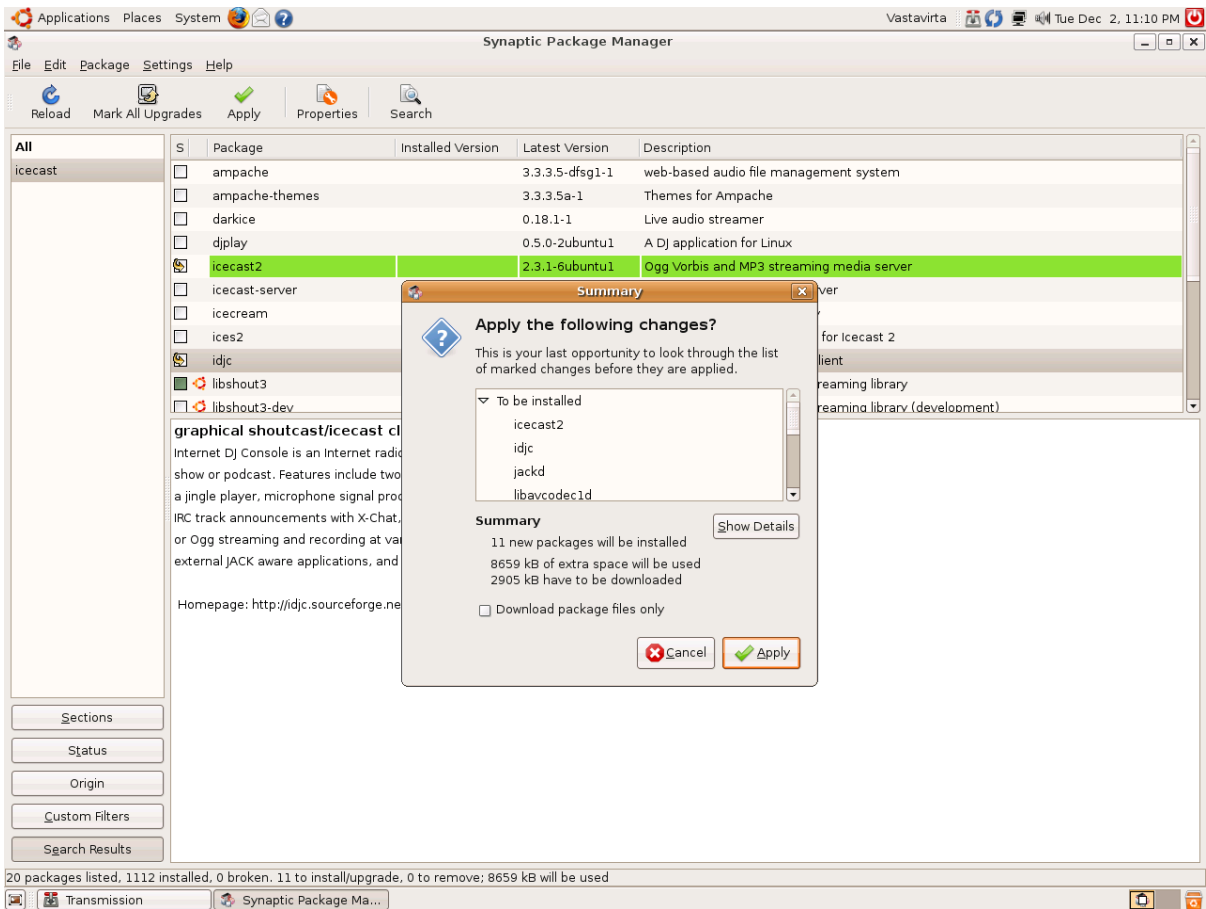
Kun Ubuntu 8.04 -käyttöjärjestelmä oli onnistuneesti asennettu, tietokone käynnistettiin uudelleen ensimmäistä sisäänkirjautumista varten (kuvio 2). Sisäänkirjautumisen jälkeen käyttöjärjestelmään asennettiin automaattisesti haetut tietoturvapäivitykset ja käynnistettiin tietokone uudelleen sitä vaativien päivitysten käyttöönottoa varten.



Kuvio 2. Ubuntun käyttöliittymä

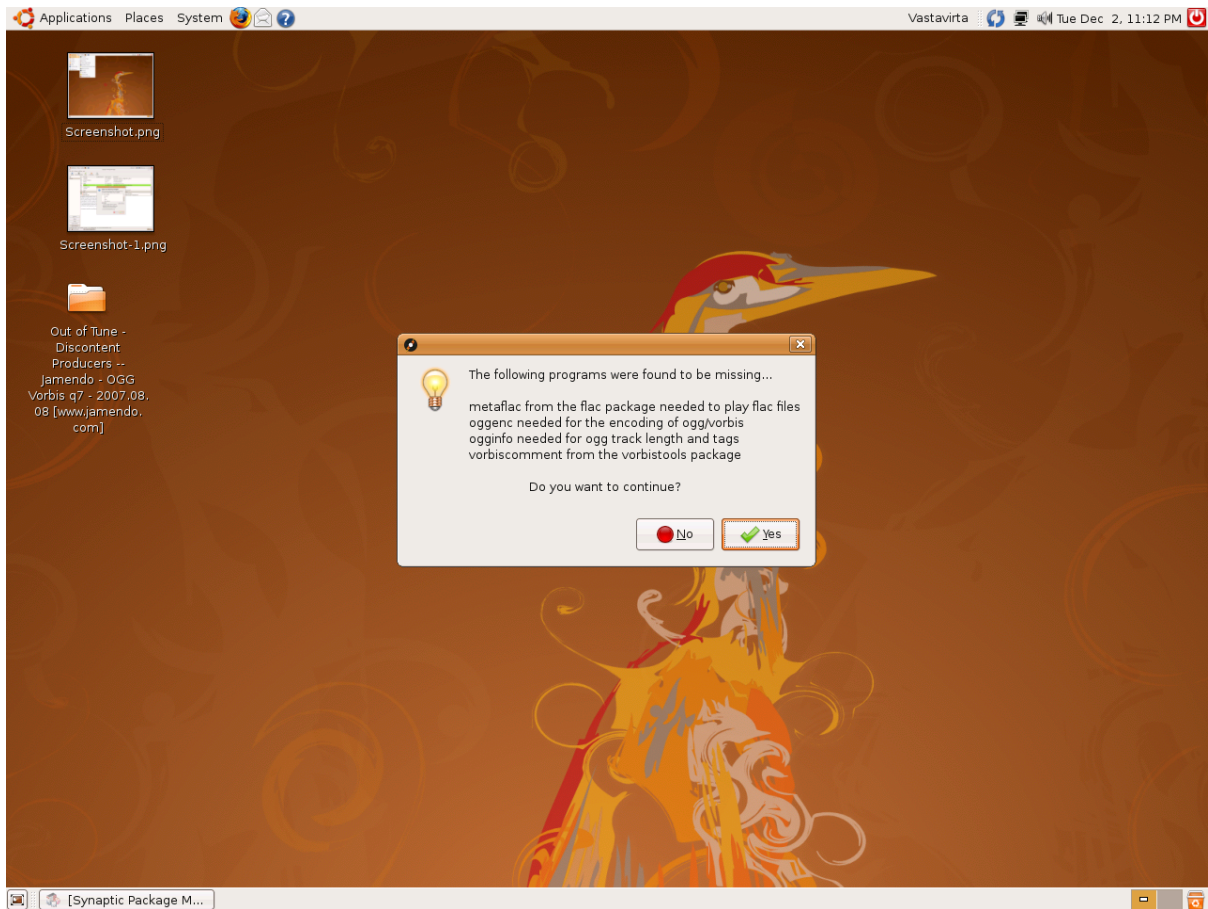
6.2 Palvelinohjelmistojen asennus

Kun itse käyttöjärjestelmä oli asennettu, voitiin siirtyä palvelinohjelmistojen asentamiseen. Asennus tehtiin Ubuntun Synaptic- pakettienhallintaohjelman avulla. Ubuntussa on mahdollista asentaa ja poistaa ohjelmia myös yksinkertaisemman Add/Remove-toiminnon avulla, mutta valitsin monipuolisemman Synapticin siitä syystä, että se on tottuneelle käyttäjälle miellyttävämpi. Samalla kertaa asennettiin sekä Icecast-palvelinohjelma että IDJC-soittolistanhallintaohjelma (kuvio 3).



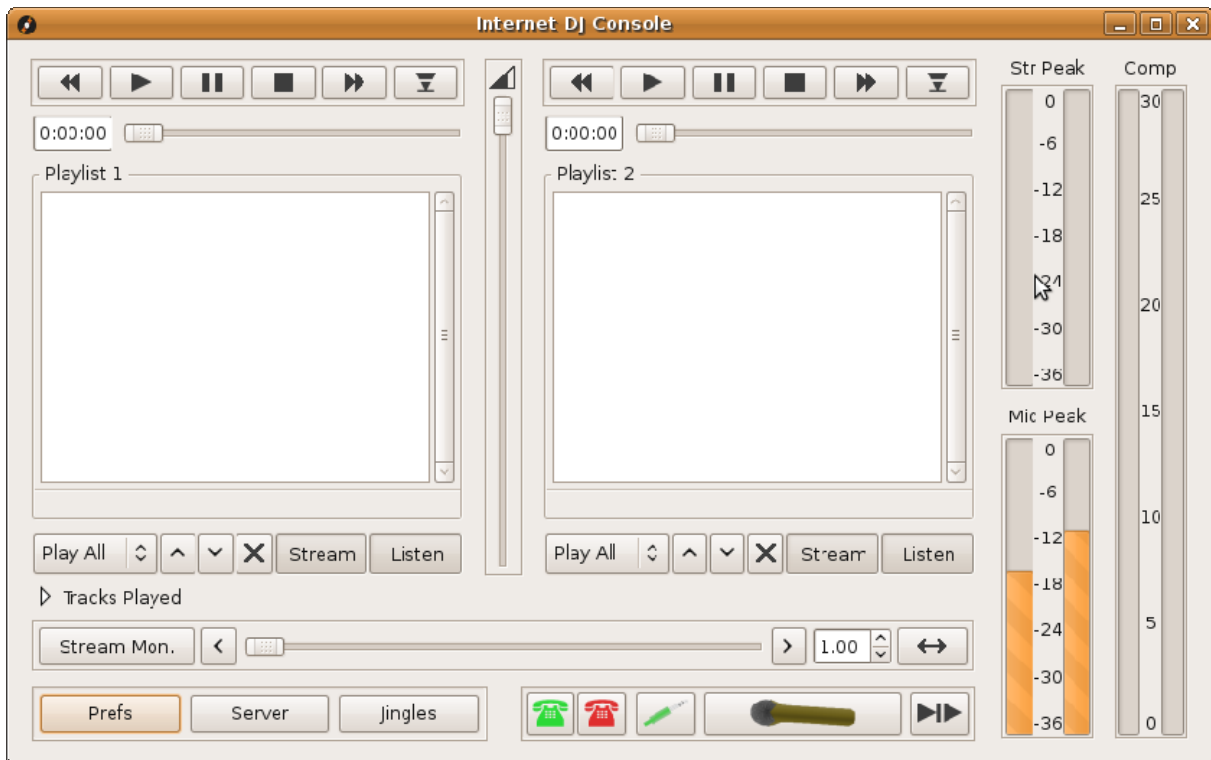
Kuvio 3. Icecastin asennus Ubuntuissa

IDJC:n asennuksessa ei kuitenkaan asentunut automaattisesti muutamia apuohjelmia, joita IDJC suosittelee käyttämään (kuva 4), joten ne asennettiin IDJC:n kehoituksen mukaan ennen ohjelman varsinaista käynnistystä.



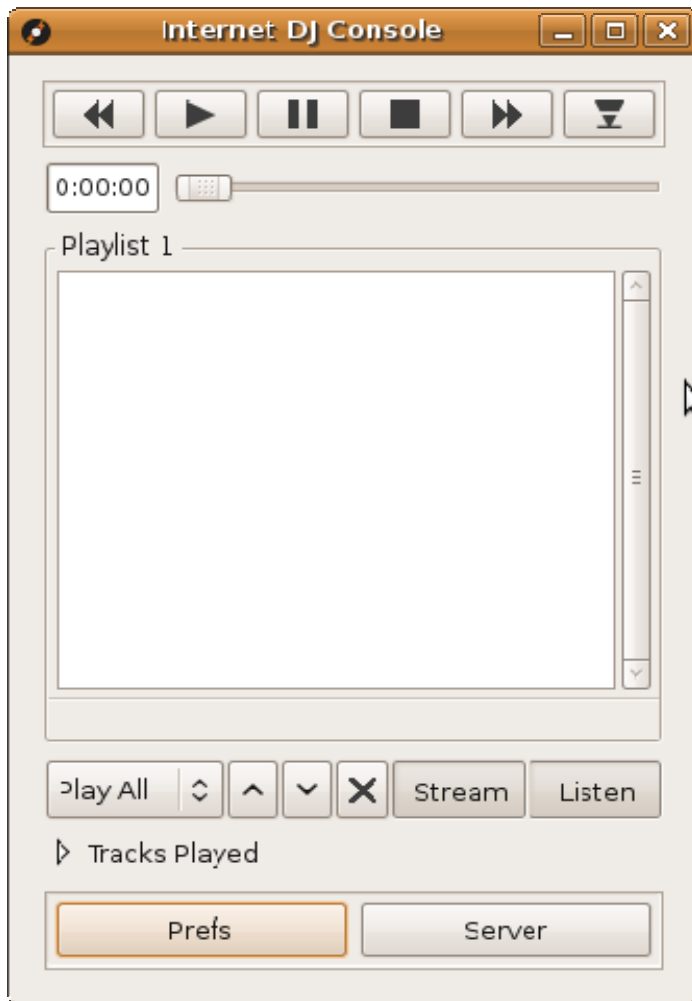
Kuvio 4. IDJC:n ensimmäinen käynnistys

IDJC:n oletuskäyttöliittymä on laaja, mutta perusteiltaan yksinkertainen (kuvio 5). Näkymässä on kaksi soittolistaa ja graafisia mittareita osoittamaan eri äänikanavien äänenvoimakkuuksia. Koska IDJC:a on mahdollista käyttää myös tavallisena mediasoittimena, voi toisen soittolistan musiikki kuulua Internet-radiossa samaan aikaan kuin toisen soittolistan musiikki soi paikallisesti palvelintietokoneeseen kytketyistä kaiuttimista tai kuulokkeista.




Kuvio 5. IDJC:n käyttöliittymä

IDJC:n asetuksista on mahdollista muuttaa käyttöliittymä yksinkertaisempaan muotoon, jolloin näkyvissä on vain yksi soittolista (kuvio 6). Jos halutaan konstailematon web-radio, jossa soi musiikki esim. ympäri vuorokauden vailla DJ:n väliinpuuttumista, DJ voi täyttää soittolistan musiikkitiedoilla, jättää streamin soimaan ja antaa palvelintietokoneen olla päällä ilman erillistä soittolistan ylläpitoa. Tällaiseen käyttöön pelkistetty käyttöliittymä on omiaan.



Kuvio 6. IDJC:n käyttöliittymä yksinkertaistetussa muodossa

IDJC ei osaa suoraan ottaa yhteyttä edes samalla fyysisellä tietokoneella sijaitsevaan Icecast-palvelinsovellukseen, vaan Internet-radion ylläpitäjän pitää ensin käsin asettaa Icecast-palvelinsovelluksen asetukset muokkaamalla käsin Icecastin asetustiedostoa (kuvio 7). Ubuntu-käyttöjärjestelmällä asetustiedosto löytyy oletuksena `/etc/icecast2/icecast.xml`-hakemistopolusta. Ennen kuin palvelimeen voidaan ottaa yhteys IDJC:stä, asetustiedostosta pitää muokata ainakin palvelinsovelluksen käyttöoikeus- ja salasana-asetuksia. (Cox 2008.)



```

root@vastavirta-radio: /etc/icecast2
File Edit View Terminal Tabs Help
GNU nano 2.0.7 File: icecast.xml Modified
<icecast>
  <limits>
    <clients>100</clients>
    <sources>2</sources>
    <threadpool>5</threadpool>
    <queue-size>524288</queue-size>
    <client-timeout>30</client-timeout>
    <header-timeout>15</header-timeout>
    <source-timeout>10</source-timeout>
    <!-- If enabled, this will provide a burst of data when a client
         first connects, thereby significantly reducing the startup
         time for listeners that do substantial buffering. However,
         it also significantly increases latency between the source
         client and listening client. For low-latency setups, you
         might want to disable this. -->
    <burst-on-connect>1</burst-on-connect>
    <!-- same as burst-on-connect, but this allows for being more
         specific on how much to burst. Most people won't need to
         change from the default 64k. Applies to all mountpoints -->
    <burst-size>65535</burst-size>
  </limits>

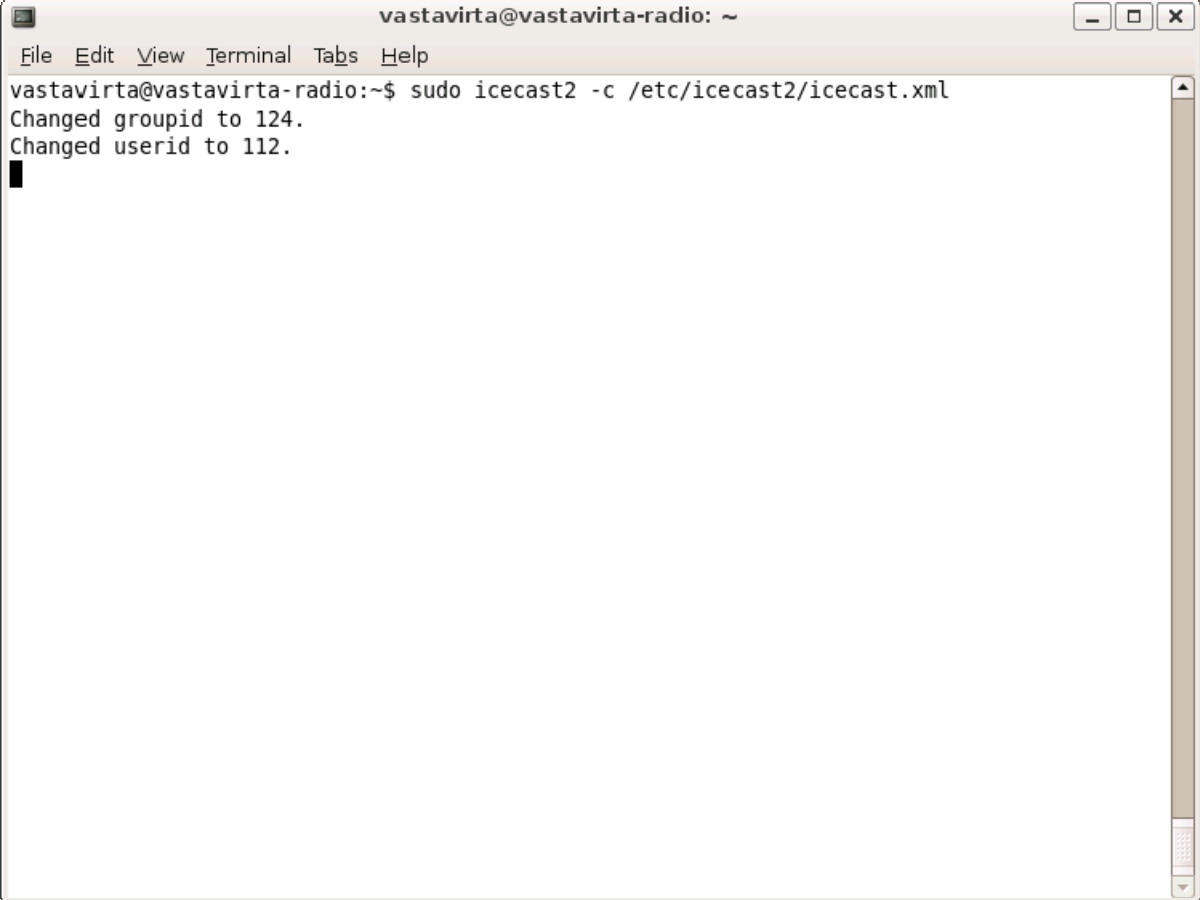
  <authentication>
    <!-- Sources log in with username 'source' -->
    <source-password></source-password>

  ^G Get Help   ^O WriteOut   ^R Read File   ^Y Prev Page   ^K Cut Text     ^C Cur Pos
  ^X Exit       ^J Justify    ^W Where Is    ^V Next Page   ^U UnCut Text  ^T To Spell

```

Kuvio 7. Icecastin asetustiedosto

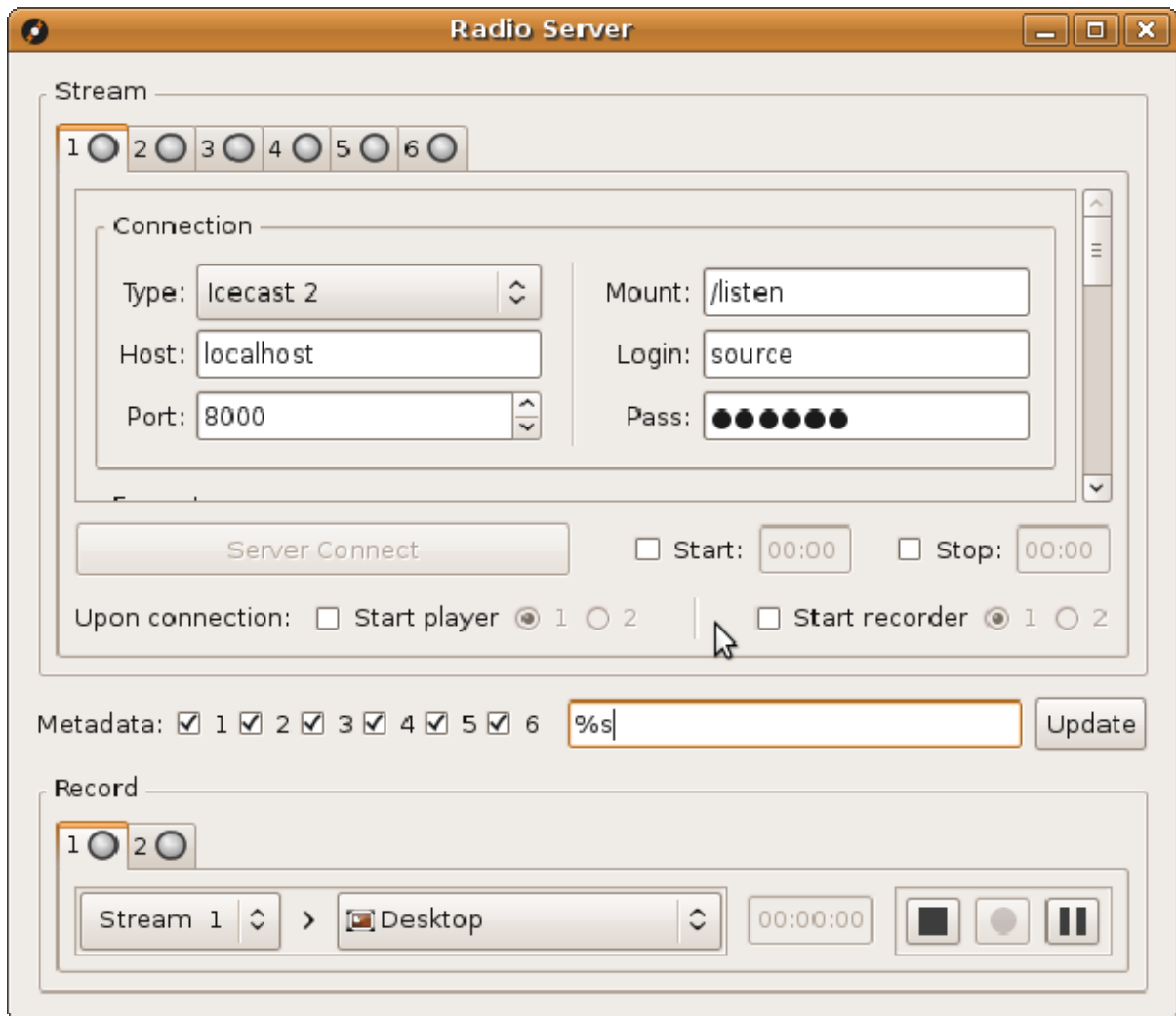
Kun Icecastin asetukset on muokattu sopiviksi, asetustiedosto tallennetaan ja Icecast-palvelu käynnistetään (kuvio 8). Jos käynnistyksessä tapahtuu virheitä, ne näkyvät terminaali-ikkunassa. Icecastin käynnistys on mahdollista automatisoida suoritettavaksi Linuxin käynnistykseen yhteydessä luomalla */etc/rc.d/*-hakemistopolkuun komentotiedosto, ja lisäämällä tämä tiedosto */etc/rc.d/rc.local*- tai */etc/rc.d/boot.local*-tiedostoon käynnistyksessä ajettavien komentotiedostojen listaan, jolloin Icecast-palvelinohjelmaa ei tarvitse enää käynnistää käsin. (Cox 2008.)



```
vastavirta@vastavirta-radio: ~  
File Edit View Terminal Tabs Help  
vastavirta@vastavirta-radio:~$ sudo icecast2 -c /etc/icecast2/icecast.xml  
Changed groupid to 124.  
Changed userid to 112.  
█
```

Kuvio 8. Icecastin käynnistys

Halutessaan ylläpitäjä voi muokata myös muita asetuksia suoraan asetustiedostosta, mutta osaa niistä voidaan muokata myös helpommin IDJC:n palvelinasetuksista (kuvio 9).



Kuvio 9. IDJC:n palvelinyhteysasetukset

Jos kaikki asetukset ovat kunnossa, IDJC:n palvelinyhteysasetuksiin voidaan syöttää aiemmin asetettu salasana ja avata yhteys palvelimeen. Tämän jälkeen kuuntelijat voivat ottaa yhteyden web-radiopalvelimeen ja näin kuulla DJ:n heille tarjoamaa musiikkia.

7 Loppusanat

Lähdin opinnäytetyössäni selvittämään, onko mahdollista luoda Internet-radiopalvelu käyttäen vain avoimen lähdekoodin sovelluksia, ja luettuani lukuisia lähteitä sekä kokeiltuani ohjelmistoja itse, olen tullut siihen tulokseen, että avoimen lähdekoodin sovellukset ovat tarpeeksi vakaita ja luotettavia Internet-radiopalvelun luomiseen ja ylläpitoon. Ilahtuin huomautessani, miten paljon jo olemassa olevaa tutkimustietoa aiheesta löytyy sekä miten helppoa oman palvelimen pystytys on nykyisillä avoimen lähdekoodin ohjelmistoilla.

Internet-radiopalvelun perustamista mieltävän tulee kuitenkin tietää vähintään perustiedot niin tekijänoikeuksista, tiedonsiirtokapasiteeteista kuin Linux-palvelimen ylläpidostakin. Internet-yhteydentarjoajalla saattaa olla sopimusehtoja, jotka kieltävät palvelimien liittämisen Internet-yhteyteen ja sallivat vain normaalin Internetin käytön, eli ns. surffailun. Joillakin yhteydentarjoajilla saattaa tietoturvasyistä olla palomuuritasolla suljettuja portteja, jolloin yhteys palvelimeen Internetistä päin ei välttämättä onnistukaan. Myös tällaiset asiat tulee ottaa selville ennen palvelimen kytkemistä Internetiin.

Tämän opinnäytetyön kuvaamassa web-radioprojektissa seuraava askel on ryhtyä tuottamaan palvelimelle sisältöä. Tässä tulee suunnata erityishuomio tekijänoikeusasioihin ja web-radioon sisältöä tuottavien yhteiden luvat materiaalin jakamiseen tulee hankkia kirjallisina, jotta väärinkäsityksiltä ja tekijänoikeusrikkomuksilta välttyttäisiin.

Lähdeluettelo

- Avoimen lähdekoodin oppimisympäristöt 2004. [online] [viitattu 15.11.2008].
http://savonlinna.joensuu.fi/eom/tekno/R2_verkkojulkaisu/avoin/avoin_lahdekoodi.html
- Cox, Kerry 2008. Icecast Installation and Management. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.gnuware.com/icecast/>
- Download SHOUTcast Radio Tools 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.shoutcast.com/download>
- Elisa Laajakaista 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.elisa.fi/laajakaista/hinnatsaatavuus/356/>
- Faulkner, Smith, Baylor, Bailey, Mack, Lemasterx, Hartel 2001. Running a Net Radio Station With Open-Source Software. Yhdysvallat: Linux Journal. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.linuxjournal.com/article/4397>
- FLOSS Manuals 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://en.flossmanuals.net/icecast>
- Hertell, Janne 2005. Äänen streamaus: Internet-radio Vastavirta ry:lle. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. [online] [viitattu 15.11.2008].
<https://oa.doria.fi/handle/10024/5235>
- Honkonen, Janos 2006. Perusta oma radioasema. Mikrobitti 7/2006. Helsinki: Sanoma Magazines Finland Oy. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.mbnet.fi/nettijatkot/2006/07/omanettiradio/>
- How to create an internet radio station 2006. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.poromenos.org/tutorials/icecast>
- Icecast 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.icecast.org/faq.php>
- Ingo, Henrik 2005. Avoin Elämä: Näin toimii Open Source. Espoo: Otamedia. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.avoinelama.fi/pdf/AvoinElama-press.pdf>
- Internet DJ Console 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://web.bethere.co.uk/idjc/>
- Ippolito, Greg 2002. Linux Audio Streaming. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialAudioStreaming.html>

- Luini, Jon ja Whitman, Allen 2002. Preparing Yourself for Digital Audio. [online] [viitattu 15.11.2008]
<http://www.peachpit.com/articles/article.aspx?p=29638&seqNum=5>
- Mitchell, Graham 2004. An Introduction to Compressed Audio with Ogg Vorbis [online] [viitattu 15.11.2008].
http://grahammitchell.com/writings/vorbis_intro.html
- Mitä "vapaa" tarkoittaa? 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.debian.org/intro/free.fi.html>
- Ogg Vorbis 2007. [online] [viitattu 15.11.2008].
http://linux.fi/wiki/Ogg_Vorbis
- Open Source ja lisenssit 2007. [online] [viitattu 15.11.2008].
http://openlab.savonia-amk.fi/wiki/index.php/Open_Source_ja_lisenssit
- Open Source Licenses by Category 2006. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.opensource.org/licenses/category>
- Radulescu, Bogdan 2006. Internet DJ Console review. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.softpedia.com/reviews/linux/Internet-DJ-Console-Review-27569.shtml>
- Raymond, Eric S. 2007. Goodbye, "free software"; hello, "open source". [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.catb.org/~esr/open-source.html>
- Request an Ubuntu CD 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<https://shipit.ubuntu.com/>
- Suomenkielinen Ubuntu Linux 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://ubuntu.sange.fi/>
- Tiemann, Michael 2006. About the Open Source Initiative. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.opensource.org/about>
- Ubuntu proved the optimal choice for a non-profit Radio Station 2006. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.ubuntu.com/files/u3/KRUU.pdf>
- Ubuntu Suomi 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://wiki.ubuntu-fi.org/Esittely>
- Ubuntu tutuksi 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
http://fi.wikibooks.org/wiki/Ubuntu_tutuksi/Ubuntu

- Vapaa ohjelmisto 2007. [online] [viitattu 15.11.2008].
http://linux.fi/wiki/Vapaa_ohjelmisto
- Vorbis 2003. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.vorbis.com/faq/>
- Vorbis 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.vorbis.com/setup/>
- Vorbis Hardware 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://wiki.xiph.org/VorbisHardware>
- Xiph 1999. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.xiph.org/about>
- Xiph 2008. [online] [viitattu 15.11.2008].
<http://www.xiph.org/vorbis/>