

Marko Raatikka

The design and implementation of a scalable hybrid mobile application

School of Electrical Engineering

Thesis submitted for examination for the degree of Master of
Science in Technology.

Espoo 00.00.2014

Thesis supervisor:

Prof. Petri Vuorimaa

Thesis advisors:

D.Sc. (Tech.) Jari Kleimola

Prof. (Tech.) Jouni Paltakari

Author: Marko Raatikka

Title: The design and implementation of a scalable hybrid mobile application

Date: 00.00.2014

Language: English

Number of pages: 6+17

Department of Automation and Systems Technology

Professorship: Media Technology

Code: AS-75

Supervisor: Prof. Petri Vuorimaa

Advisors: D.Sc. (Tech.) Jari Kleimola, Prof. (Tech.) Jouni Paltakari

Keywords: LuminoTrace, JavaScript, hybrid, mobile, application, WWW, Web

Tekijä: Marko Raatikka

Työn nimi: Skaalautuvan hybridisovelluksen suunnittelu ja toteutus

Päivämäärä: 00.00.2014

Kieli: Englanti

Sivumäärä: 6+17

Automaatio- ja systeemitekniikan laitos

Professuuri: Viestintätekniikka

Koodi: AS-75

Valvoja: Prof. Petri Vuorimaa

Ohjaajat: TkT Jari Kleimola, Prof. Jouni Paltakari

Avainsanat: LuminoTrace, JavaScript, hybridi, mobiili, applikaatio, WWW,
Web

Preface

Otaniemi, 00.00.2014

Marko Raatikka

Contents

Abstract	ii
Abstract (in Finnish)	iii
Preface	iv
Contents	v
Symbols and abbreviations	vi
1 Introduction	1
2 Background	3
2.1 Hybrid Applications	3
2.1.1 W3C Device APIs	3
2.1.2 Apache Cordova	3
2.2 Mobile Platforms	3
2.3 Web Workers	3
2.4 Offline Web Applications	3
3 Design and implementation	11
3.1 Architecture	11
3.1.1 Device API	11
3.1.2 User Interface	11
3.1.3 Server-side infrastructure	11
3.2 Scalability	11
3.3 Application security	11
3.4 Development environment	11
4 Testing and evaluation	12
4.1 Offline performance	12
5 Summary	13
References	14

Symbols and abbreviations

Symbols

\mathbf{B}	magneettivuon tiheys
c	valon nopeus tyhjässä $\approx 3 \times 10^8$ [m/s]
ω_D	Debye-taajuus
ω_{latt}	hilan keskimääräinen fononitaajuus
\uparrow	elektronin spinin suunta ylöspäin
\downarrow	elektronin spinin suunta alaspäin

Opetators

$\nabla \times \mathbf{A}$	vektorin \mathbf{A} roottori
$\frac{d}{dt}$	derivaatta muuttujan t suhteen
$\frac{\partial}{\partial t}$	osittaisderivaatta muuttujan t suhteen
\sum_i	Summa indeksin i yli
$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$	vektorien \mathbf{A} ja \mathbf{B} pistetulo

Abbreviations

AC	vaihtovirta
APLAC	an object-oriented analog circuit simulator and design tool (originally Analysis Program for Linear Active Circuits)
BCS	Bardeen-Cooper-Schrieffer
DC	tasavirta
TEM	transverse eletromagnetic

1 Introduction

The focus of this thesis is the design and implementation of a scalable hybrid mobile application. The application will be developed as a part of the LuminoTrace project at Aalto CHEM for the purposes material verification. The functionality of the application can be briefly described as follows:

1. A user takes an image of a material with his/her mobile device
2. An algorithm analyzes the image and returns a unique digital fingerprint
3. The fingerprint is compared against a database of fingerprints
4. The user is notified whether or not a match was found.

The verification is done by analyzing the spectrum of a special chemical compound embedded in the material. Both the underlying algorithm and the compound have already been developed as a part of the LuminoTrace project.

The implementation of the application can be divided into the following tasks:

- Access and control built-in camera of the mobile device
- Port the code of the spectrum analysis algorithm to JavaScript
- Implement the UI
- Implement the back end infrastructure (cloud)

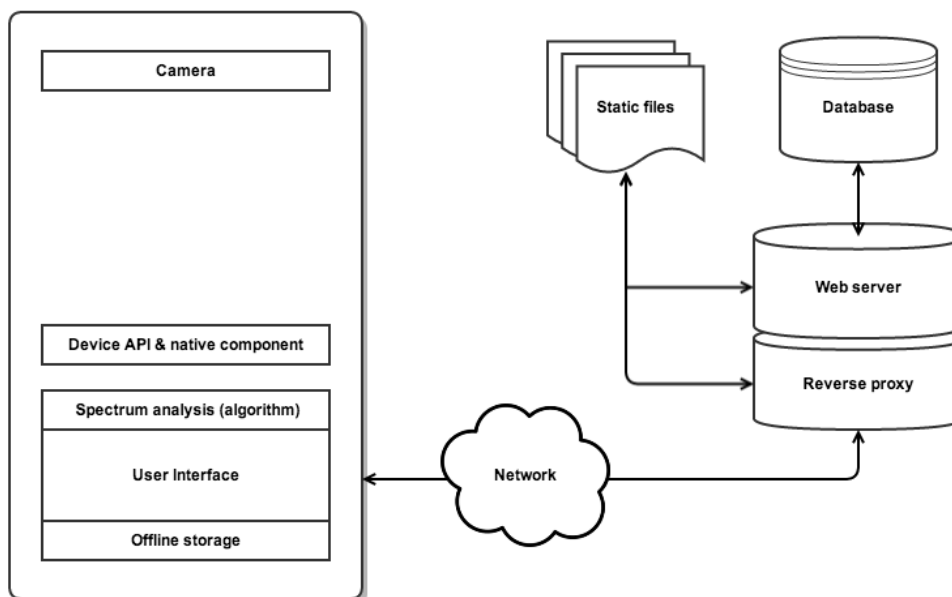


Figure 1: A high-level overview of the structure of the application

The functionality outlined above can be largely achieved by utilizing existing Web technologies and the W3C Device APIs. However, a more granular control over the camera (e.g. burst-mode, flash settings) will require a native component to be implemented for each target platform. The preliminary target platform will be Windows Phone (WP). To improve scalability the fingerprint will be computed on the client-side. This will require for the existing algorithm to be ported into JavaScript. Scalability can be further improved by offloading parts of the (fingerprint) database from the server to the user's device. Moreover, usability is improved as the application can function offline without the overhead of network latency. Hosting fingerprint data on the user's device might however have security implications: can the data be safely/efficiently encrypted on the user's device?

The underlying server back end will consist of a web server and a database to hold the fingerprint data. Optionally, a reverse proxy can be set up in front of the web server to allow static assets to be served to the client without hitting the web server. However, since the application will most likely not include many static assets (images, JS, CSS...) the benefit of this is somewhat minimal. The back end will be implemented using Node.js due to its convenience (author's previous experience and the possibility to re-use the ported spectrum algorithm both in the front and back end). The database will be implemented with MongoDB as it couples well with Node.js and has cross-platform support and an active community.

A high-level overview of the main components and interfaces of the application described above is given in Figure 1.

2 Background

Tässä osassa selvitetään, mitä tutkimuksen kohteena olevasta aiheesta tiedetään entuudestaan. Selvityksen tulee kattaa tasapainoisesti koko tutkimuskenttä.

2.1 Hybrid Applications

2.1.1 W3C Device APIs

2.1.2 Apache Cordova

2.2 Mobile Platforms

2.3 Web Workers

2.4 Offline Web Applications

Structure

Opinnäytteen rakenteen tulee olla hyvän tieteellisen kirjoittamisen käytännän mukainen ja sisältää vähintään seuraavat osat:

1. Nimiälehti
2. Tiivistelmä
3. Sisällysluettelo
4. Symboli- ja lyhenneluettelo
5. Johdanto
6. Aikaisempi tutkimus. Tyän luonteen niin vaatiessa otsikko voi olla myös »Teoreettinen tausta» tai näiden otsikoiden yhdistelmä.
7. Tutkimusaineisto ja -menetelmät
8. Tulokset
9. Tarkastelu. Tyän luonteen niin vaatiessa otsikko voi olla myös »Johtopäätökset» tai »Yhteenveto» tai edellä mainittujen otsikoiden yhdistelmä.
10. Lähteet
11. Liitteet.

Tiivistelmän ja symboli- sekä lyhenneluetteloiden väliin voi sijoittaa halutessaan esipuheen.

Tyän osat 5-9 muodostavat *tekstiosan*. Tyän yksittäisiä osia voidaan jakaa alaotsikoilla alaosiin, joita ei ole yllä esitetty. Alaotsikoiden käyttäminen selventää parhaimmillaan tekstiä, ja pahimmillaan sirpaloittaa sitä. Sirpaloitumista voi

estää huolehtimalla siitä, että samalla sivulla ei esiinny useampaa alaotsikkoa. Tekstin jäsentelyssä on yleensä ongelmia, jos osassa on vain yksi alaosa, tai kirjoittaja joutuu käyttämään useampaa kuin kahta tasoa (osa ja alaosat): alaosien alaosat ovat harvoin tarpeen.

Sivut ja kirjaintyypit

Opinnäytteen tulee olla kirjoitettu koneella tai tekstinkäsittelyohjelmalla yksipuolisesti A4-kokoiselle paperille. Kandidaatintyön tekstiosan sopiva pituus on noin 15–20 sivua ja diplomityön noin 60 sivua. Työtä ei ole syytä tarpeettomasti pidentää.

Opinnäytteen tekstiosan kirjaintyyppin tulee olla antiikva eli serif-tyyppinen ja lisäksi kursivoimaton, lihavoimaton sekä kooltaan 12 pistettä (kuten tässä esityksessä). Groteskeja eli **Sans serif**-tyyppisiä kirjaintyyppejä (kuten Helvetica tai Arial) ei saa käyttää varsinaisessa tekstissä, mutta otsikoissa näitä voidaan käyttää. Otsikoissa voidaan käyttää kooltaan edellä mainittua suurempaa kirjaintyyppiä sekä tyylikeinoja, kuten lihavointia tai kursivointia. Tekstissä samantasoisten otsikoiden on kuitenkin oltava tyyliltään ja kirjainlajeiltaan yhteneväisiä.

Table 1: Taulukoissa ja kuvissa kirjaintyyppin voi valita tarkoituksenmukaisesti, mutta kuva- ja taulukkoteksteissä tulee käyttää samaa kirjaintyyppiä kuin varsinaisessa tekstissä. Huomaa taulukon numeroinnin sijoittuminen taulukon yläpuolelle.

A	1	$e^{j\omega t}$
B	2	$\Re(c)$
C	3	$a \in \mathbb{A}$

Opinnäytteen vasen marginaali (sidonnan puoli) on 35 mm ja oikea 25 mm. Ylämarginaali on 25 mm. Leipätekstin korkeus on enimmillään 230mm. Tämän opinnäytepohjan marginaalien pitäisi olla paperille tulostettuna oikein, mutta tulostimesta ja paperista riippuen voi esiintyä yhden tai kahden millimetrin suuruisia eroja.

Placing

Tekstiosan tekstissä käytetään kappaleiden erottamiseen sisennystä, mutta ensimmäistä otsikon, väliotsikon tai muun katkon jälkeistä kappaletta ei sisennetä. Jos kuva tai muu katko tulee kappaleiden väliin, suositellaan katkon jälkeisen kappaleen sisentämistä.

Mikäli oikea reuna halutaan tasata, tulee käyttää tavutusta ja lisäksi tarkistaa, ettei tekstiin jää lukemista häiritseviä pitkiä sanavälejä. Jos käytät opinnäytteen tekemisessä L^AT_EX-järjestelmää, tämä asia hoituu automaattisesti.

Opinnäytteen riviväli on 1, mikä on myös tämän opinnäytepohjan käytäntä. Kappaleiden tulee yleensä olla ainakin kolmen rivin pituisia, mutta myös liian pitkiä

kappaleita tulee välttää. Tässä opinnäytepohjassa ei tekstin luonteen vuoksi voida täysin toteuttaa kappaleen pituutta koskevia vaatimuksia.

Yksittäisiä, kappaleen päättäviä tai aloittavia rivejä sivun alussa tai lopussa on vältettävä koko tyässä, myös luetteloissa ja liitteissä.

Numbering

Opinnäytteen jokainen osa alkaa uudelta sivulta. Alaosa aloittaa uuden sivun vain edellisen sivun täytyttyä.

Tyän osat numeroidaan siten, että johdanto on ensimmäinen numeroitava osa. Osien numeroinnissa käytetään arabialaisia numeroita.

Nimiälehti, tiivistelmä, esipuhe, sisällysluettelo ja symboli- ja lyhenneluettelo numeroidaan esipuheesta tai tämän puuttuessa ensimmäiseltä luettelosivulta alkaen roomalaisin numeroin.

Sivunumerointi alkaa toiselta varsinaiselta tekstisivulta, ja sivunumeroinnissa käytetään arabialaisia numeroita.

Lähdeluettelo alkaa uudelta sivulta. Lähdeluettelon sivunumerointi jatkuu viimeisestä tekstisivusta.

Jokainen liite alkaa uudelta sivulta. Liitteiden sivunumerointi jatkuu viimeisestä lähdeluettelon sivusta.

Sivunumero sijoitetaan sivun yläreunaan.

Matemaattiset kaavat numeroidaan arabialaisin numeroin. Kaavanumerointi ei saa katketa osien välissä (eikä niin tapahdukaan, jos käytät tätä opinnäytepohjaa). Kaikkia kaavoja ei tarvitse numeroida, vaan kirjoittaja voi käyttää harkintaa numeroinnin tarpeellisuudessa. Liitteissä olevat kaavat numeroidaan siten, että liitteen ajatellaan muodostavan numeroinnin kannalta itsenäisen ja yhtenäisen kokonaisuuden. Kaavan numero sijoitetaan oikealle puolelle alla olevan esimerkin mukaisesti

$$D(xy) = (Dx)y + x(Dy), \quad x, y \in \mathbb{A}. \quad (1)$$

Kaikki kuvat ja taulukot numeroidaan erillisen juoksevan numeroinnin mukaisesti kuten taulukosta 1 ja kuvasta 2 käy ilmi. Liitteissä olevat kuvat ja taulukot numeroidaan siten, että liitteen ajatellaan muodostavan numeroinnin kannalta itsenäisen ja yhtenäisen kokonaisuuden. Liitteissä ?? ja ?? on esimerkkejä kaavojen (kaavat A1–A2 tai kaavat B1–B2), kuvien (kuva B1) ja taulukoiden (taulukko B1) numeroimisesta. Liitteet numeroidaan suuraakkosin (esimerkiksi Liite A, Liite B tai pelkästään A, B).

Referencing

Lähdeviittaukset tulee tehdä huolellisesti ja johdonmukaisesti numeroviitejärjestelmän mukaisesti. Numeroviitteet järjestetään lähdeluetteloön viittausjärjestykseen, mutta jos lähdeluettelo on hyvin laaja (useita sivuja), järjestetään viitteet pääsanan mukaiseen aakkosjärjestykseen. Alaviitejärjestelmää ¹ ei käytetä.

¹Myöskään alaviitteenä olevia kommentteja ei suositella käytettäväksi.

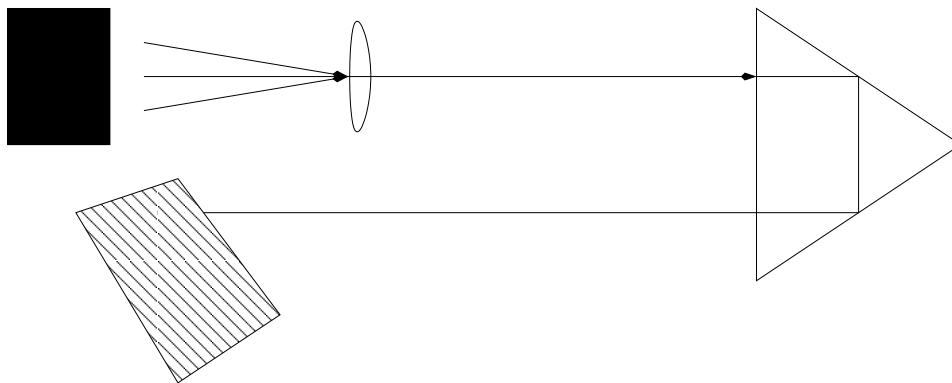


Figure 2: Tämä on esimerkki numeroidusta kuvatekstistä.

Viitteen sijoittelussa noudatetaan seuraavia sääntäjä: Jos viite kohdistuu vain yhteen virkkeeseen tai virkkeen osaan, viite [1] sijoitetaan virkkeen sisään ennen virkettä päättävää pistettä. Jos taas viite koskee tekstin useampaa virkettä tai kokonaista kappaletta, sijoitetaan viite kappaleen loppuun pisteen jälkeen. [1]

References

Lähdeluettelossa esiintyy tavallisesti seuraavassa esitettäviä lähteitä, joista on numeroviitejärjestelmässä ilmoitettava asianomaisessa kohdassa vaaditut tiedot.

Kirjasta ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- tekijät
- julkaisun nimi
- painos, jos useita
- kustannuspaikka
- julkaisija tai kustantaja
- julkaisuaika
- mahdollinen sarjamerkintä.

Viitteet [1]–[3] ovat esimerkkejä kirjan esittämisestä lähdeluettelossa. Viite [3, s. 83–124] on esimerkki lähdeluettelossa esiintyvän kirjan tiettyjen sivujen esittämisestä tekstissä.

Artikkelista kausijulkaisussa ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- tekijät
- artikkelin nimi
- kausijulkaisun nimi

- julkaisuvuosi
- kausijulkaisun volyymi tai ilmestymisvuosi
- kausijulkaisun numero
- sivut, joilla artikkeli on.

Viitteet [4]–[5] ovat esimerkkejä artikkelin esittämisestä lähdeluettelossa.

Kokoomateoksen luvusta tai osasta ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- luvun tai osan tekijät
- luvun tai osan nimi
- maininta »Teoksessa»
- koko teoksen toimittajat sekä maininta »(toim.)»
- koko teoksen tai konferenssin nimi
- konferenssiesitelmän kyseessä ollessa sen pitopaikka ja -aika
- painos, jos useita
- kustannuspaikka
- julkaisija tai kustantaja, jos aiheutta tämän ilmoittamiseen on
- julkaisuaika
- sivut, joilla luku tai osa on
- mahdollinen sarjamerkintä.

Viitteet [6]–[7] ovat esimerkkejä kokoomateoksen luvun tai osan esittämisestä lähdeluettelossa.

Opinnäytetyästä ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- tekijä
- työn nimi
- opinnäytetyän tyyppi
- oppilaitoksen nimi
- osaston, laitoksen tai ohjelman nimi
- oppilaitoksen sijaintipaikka
- vuosiluku.

Viitteet [8]–[10] ovat esimerkkejä opinnäytteen esittämisestä lähdeluettelossa. *Standardista* ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- standardin tunnus ja numero
- standardin nimi
- painos, mikäli ei ole ensimmäinen
- julkaisupaikka
- julkaisija
- julkaisuvuosi
- sivumäärä.

Viite [11] on esimerkki standardin esittämisestä opinnäytteen lähdeluettelossa. *Haastattelusta* ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- haastattelun henkilän nimi
- haastattelun henkilän arvo tai asema
- haastattelun henkilän edustama organisaatio
- organisaation osoite
- maininta siitä, että kyseessä on haastattelu ja haastattelun päivämäärä.

Viite [12] on esimerkki haastattelun esittämisestä lähdeluettelossa.

Osa sähköisessä muodossa olevista artikkeleista on saatavissa myös painettuina.

Vain verkosta saatavissa olevasta artikkelista esitetään seuraavat tiedot:

- tekijät
- artikkelin nimi
- kausijulkaisun nimi
- viestintyyppi
- laitos tai volyymi
- kausijulkaisun yksittäistä osaa koskeva merkintä tai numero
- julkaisuvuosi tai maininta »Päivitetty» ja päivitysaika
- maininta »Viitattu» ja viittaamisen ajankohta
- maininta »Saatavissa» ja URL tai maininta »DOI» ja DOI-numero (DOI=Digital Object Identifier).

Viitteet [13]–[15] ovat esimerkkejä sähköisessä muodossa olevan artikkelin esittämisestä opinnäytteen lähdeluettelossa. Viitteet [13] ja [14] ovat saatavissa sekä painettuna että verkosta, joten viitteiden esitystapa mukailee painetun artikkelin viitteen esitystapaa, mutta sen lisäksi kerrotaan julkaisun olevan verkkolehti ja lehden olevan saatavissa myös painettuna. Viite [15] on saatavissa vain verkosta ja siitä esitetään yllä vaaditut tiedot.

Valitettavasti sähköisessä muodossa olevasta artikkelista ei ole aina saatavissa laitos-, volyymi- tai numerotietoja.

Sähköisessä muodossa olevasta opinnäytetyästä ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- tekijä
- työn nimi
- viestintyyppi
- opinnäytetyän tyyppi
- oppilaitoksen nimi
- osaston, laitoksen tai ohjelman nimi
- oppilaitoksen sijaintipaikka
- vuosiluku
- viittamisen ajankohta
- maininta »Saatavissa» ja URL tai maininta »DOI» ja DOI-numero.

Viite [16] on esimerkki sähköisessä muodossa olevan opinnäytteen esittämisestä lähdeluettelossa.

Viite [17] on esimerkki itsenäisen kirjoituksen sisältävästä verkkosivusta. Tällainen lähde on rinnastettavissa erillisteokseen. *Verkkosivusta* esitetään tiedot:

- tekijät
- otsikko
- maininta »Päivitetty» ja päivitysaika
- maininta »Viitattu» ja viittaamisen ajankohta
- Maininta »Saatavissa» ja URL.

Joskus verkkosivun kirjoitus on jaettu useammalle sivulle, jolloin lähdeluetteloon kirjataan vain sellainen verkko-osoite, joka koskee koko kirjoitusta tai sen etusivua, ellei sitten todella tarkoiteta kirjoituksen yksittäistä sivua.

Other notes on referencing

Lähdeluettelossa työn ja julkaisun nimi kirjoitetaan alkuperäisessä muodossaan. Julkaisijan kotipaikka kirjoitetaan alkukielisessä muodossaan.

Viittamista koskevassa suomalaisessa standardissa SFS 5342 [11] vaaditaan julkaisuista ilmoitettavaksi myös ISBN- tai ISSN-numerot, mutta näissä opinnäyteohjeissa ei ISBN- ja ISSN-numeroita vaadita.

3 Design and implementation

Tässä osassa kuvataan käytetty tutkimusaineisto ja tutkimuksen metodologiset valinnat, sekä kerrotaan tutkimuksen toteutustapa ja käytetyt menetelmät.

3.1 Architecture

3.1.1 Device API

3.1.2 User Interface

3.1.3 Server-side infrastructure

3.2 Scalability

3.3 Application security

3.4 Development environment

4 Testing and evaluation

4.1 Offline performance

Tässä osassa esitetään tulokset ja vastataan tutkielman alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tieteellisen kirjoitelman arvo mitataan tässä osassa esitettyjen tulosten perusteella.

Tutkimustuloksien merkitystä on aina syytä arvioida ja tarkastella kriittisesti. Joskus tarkastelu voi olla tässä osassa, mutta se voidaan myös jättää viimeiseen osaan, jolloin viimeisen osan nimeksi tulee »Tarkastelu». Tutkimustulosten merkitystä voi arvioida myös »Johtopäätökset»-otsikon alla viimeisessä osassa.

Tässä osassa on syytä myös arvioida tutkimustulosten luotettavuutta. Jos tutkimustulosten merkitystä arvioidaan »Tarkastelu»-osassa, voi luotettavuuden arviointi olla myös siellä.

5 Summary

Opinnäytteen tekijä vastaa siitä, että opinnäyte on tässä dokumentissa ja opinnäytteen tekemistä käsittelevillä luennoilla sekä harjoituksissa annettujen ohjeiden mukainen muotoseikoiltaan, rakenteeltaan ja ulkoasultaan.

References

- [1] Kauranen, I., Mustakallio, M. ja Palmgren, V. *Tutkimusraportin kirjoittamisen opas opinnäytetyän tekijöille*. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, 2006.
- [2] Itkonen, M. *Typografian käsikirja*. 3. painos. Helsinki, RPS-yhtiöt, 2007.
- [3] Koblitz, N. *A Course in Number Theory and Cryptography. Graduate Texts in Mathematics 114*. 2. painos. New York, Springer, 1994.
- [4] Bardeen, J., Cooper, L. N. ja Schrieffer, J. R. Theory of Superconductivity. *Physical Review*, 1957, vol. 108, nro 5, s. 1175–1204.
- [5] Deschamps, G. A. Electromagnetics and Differential Forms. *Proceedings of the IEEE*, 1981, vol. 69, nro 6, s. 676–696.
- [6] Sihvola, A. et al. Interpretation of measurements of helix and bihelix superchiral structures. Teoksessa: Jacob, A. F. ja Reinert, J. (toim.) *Bianisotropics '98 7th International Conference on Complex Media*. Braunschweig, 3.–6.6.1998. Braunschweig, Technische Universität Braunschweig, 1998, s. 317–320.
- [7] Lindblom-Ylänne, S. ja Wager, M. Tieteellisten opinnäytetäiden ohjaaminen. Teoksessa: Lindblom-Ylänne, S. ja Nevgi, A. (toim.) *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja*. Helsinki, WSOY, 2004, s. 314–325.
- [8] Miinusmaa, H. Neliskulmaisen reiän poraamisesta kolmikulmaisella poralla. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto, Espoo, 1977.
- [9] Loh, N. C. High-Resolution Micromachined Interferometric Accelerometer. Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1992.
- [10] Lännqvist, A. Applications of hologram-based compact range: antenna radiation pattern, radar cross section, and absorber reflectivity measurements. Väitöskirja, Teknillinen korkeakoulu, sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto, 2006.
- [11] SFS 5342. Kirjallisuusviitteiden laatiminen. 2. painos. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto, 2004. 20 s.
- [12] Palmgren, V. Suunnittelija. Teknillinen korkeakoulu, kirjasto. Otaniementie 9, 02150 Espoo. Haastattelu 15.1.2007.
- [13] Ribeiro, C. B., Ollila, E. ja Koivunen, V. Stochastic Maximum-Likelihood Method for MIMO Propagation Parameter Estimation. *IEEE Transactions on Signal Processing*, verkkolehti, vol. 55, nro 1, s. 46–55. Viitattu 19.1.2007. Lehti ilmestyy myös painettuna. DOI: 10.1109/TSP.2006.882057.

- [14] Stieber, T. GnuPG Hacks. *Linux Journal*, verkkolehti, 2006, maaliskuu, nro 143. Viitattu 19.1.2007. Lehti ilmestyy myös painettuna. Saatavissa: <http://www.linuxjournal.com/article/8732>.
- [15] Pohjois-Koivisto, T. Voiko kone tulevaisuudessa arvata tahtosi? *Apropos*, verkkolehti, helmikuu, nro 1, 2005. Viitattu 19.1.2007. Saatavissa: <http://www.apropos.fi/1-2005/prima.php>.
- [16] Adida, B. Advances in Cryptographic Voting Systems. Verkkodokumentti. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 2006. Viitattu 19.1.2007. Saatavissa: <http://crypto.csail.mit.edu/~cis/theses/adida-phd.pdf>.
- [17] Kilpeläinen, P. WWW-lähteisiin viittaaminen tutkielmatekstissä. Verkkodokumentti. Päivitetty 26.11.2001. Viitattu 19.1.2007. Saatavissa: <http://www.cs.uku.fi/~kilpelai/wwwlahteet.html>.

Liitteet eivät ole opinnäytteen kannalta välttämättämiä ja opinnäytteen tekijän on kirjoittamaan ryhtyessään hyvä ajatella pärjäävänsä ilman liitteitä. Kokematomat kirjoittajat, jotka ovat huolissaan tekstiosan pituudesta, paisuttavat turhan helposti liitteitä pitääkseen tekstiosan pituuden annetuissa rajoissa. Tällä tavalla ei synny hyvää opinnäytettä.

Liite on itsenäinen kokonaisuus, vaikka se täydentääkin tekstiosaa. Liite ei siten ole pelkkä listaus, kuva tai taulukko, vaan liitteessä selitetään aina sisällän laatu ja tarkoitus.

Liitteeseen voi laittaa esimerkiksi listauksia. Alla on listausesimerkki tämän liitteen luomisesta.

```
\clearpage
\appendix
\addcontentsline{toc}{section}{Liite A}
\section*{Liite A}
...
\thispagestyle{empty}
...
tekstiä
...
\clearpage
```

Kaavojen numerointi muodostaa liitteissä oman kokonaisuutensa:

$$d \wedge A = F, \tag{A1}$$

$$d \wedge F = 0. \tag{A2}$$

Liitteissä voi myös olla kuvia, jotka eivät sovi leipätekstin joukkoon: Liitteiden



Figure B1: Kuvateksti, jossa on liitteen numerointi

taulukoiden numerointi on kuvien ja kaavojen kaltainen: Kaavojen numerointi muo-

Table B1: Taulukon kuvateksti.

9.00–9.55	Käytettävyytestauksen tiedotustilaisuus (osanottajat ovat saaneet sähköpostitse valmistautumistehtävät, joten tiedotustilaisuus voidaan pitää lyhyenä).
9.55–10.00	Testausalueelle siirtyminen

dostaa liitteissä oman kokonaisuutensa:

$$T_{ik} = -pg_{ik} + wu_i u_k + \tau_{ik}, \quad (\text{B1})$$

$$n_i = nu_i + v_i. \quad (\text{B2})$$