

Esa-Pekka Miettinen

PALVELUIDEN SAATAVUUDEN PARANTAMINEN  
MOBIILILAITTEILLE

Tietotekniikan pro gradu -tutkielma

Mobiilijärjestelmät

20.7.2012

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

**Tekijä:** Esa-Pekka Miettinen

**Yhteystiedot:** esapekka.miettinen@gmail.com

**Työn nimi:** Palveluiden saatavuuden parantaminen mobiililaitteille

**Title in English:** Framework for improving services accessibility on mobile devices

**Työ:** Pro gradu -tutkielma

**Sivumäärä:** 75+3

**Linja:** Mobiilijärjestelmät

**Teettäjä:** Jyväskylän yliopisto, tietotekniikan laitos

**Avainsanat:** peruspuhelin, älypuhelin, taulutietokone, WWW-sovellus, sisällön adaptointi, tekstiviesti, HTML5, mobiilipalvelu, mobiilioppiminen

**Keywords:** feature phone, smartphone, tablet computer, web application, context adaptation, SMS, HTML5, service, mobile commerce, mobile learning

**Tiivistelmä:** Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää kehysmalli, jonka avulla palvelun saatavuutta voidaan parantaa mobiililaitteille. Saatavuuden ongelmana on erilaisten mobiililaitteiden määrä, joilla palvelun tulisi toimia. Tutkimuksessa perehdytään palvelun vaatimuksiin, selvitetään Suomen mobiililaittejakamaan sekä tutustutaan mobiililaitteiden rajoituksiin. Lisäksi tutustutaan sisällön adaptointimenetelmiin. Näiden pohjalta valitaan ja rajataan kehysmallissa käytettävät teknologiat. Kehysmalli sisältää arkkitehtuurimallin palvelun toteutukseen sekä menetelmät sisällön adaptointiin. Tutkimuksen kehysmallia arvioidaan toteuttamalla palvelu, joka pohjautuu aikaisemmin toteutettuun sovellukseen, ja molemmat toteutukset arvioidaan. Tutkimuksen tuloksena on, että kehysmallin avulla voidaan parantaa palvelun saatavuutta, mutta kehysmalli rajoittaa mobiililaitteiden lisälaitteita ja ominaisuuksia käyttöä.

**Abstract:** The purpose of this thesis is to develop a framework that can improve a service's accessibility on mobile devices. The problem is the availability of different number of mobile devices where the service should operate. In this thesis a service's requirements are familiarized, deviation of the mobile devices in Finland is explored and the limitations of the mobile devices are explored. In addition, the context adaption methods are introduced. The technologies for the framework are selected and limited based on this information. The framework contains an architectural model for building a service and methods for context adaption. Evaluation of the framework is done by applying the framework to an existing application, and both implementations are graded. The result of the thesis is that by using the represented framework service's accessibility can be improved. However, a disadvantage of the framework is that it limits the usage of the mobile device's attachments and features.

## Käsitteet ja termiluettelo

3GPP	3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project on kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmän standardointijärjestö.
ACC	Advanced Audio Coding on äänen tallennusformaatti, joka perustuu häviölliseen tiedonpakkaukseen.
BMP	Kuvan tallennusformaatti, joka perustuu häviöttömään tai häviölliseen tiedonpakkaukseen.
CSS	Cascading Style Sheet on tyyliohjelmääritelmä, jota käytetään mm. HTML-dokumenteissa.
GPRS	General Packet Radio Service on pakettikytkentäinen datapalvelu GSM-verkossa.
GPS	Global Positioning System on maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä.
GSM	Global System for Mobile communications on standardoitu matkapuhelinverkkojärjestelmä.
H.263	Videon tallennusformaatti, jota käytetään mobiililaitteissa.
H.264/AVC	Advanced Video Coding on videon tallennusformaatti, jotka käytetään pääasiassa korkeapiirtovideoissa.
HTML	HyperText Markup Language on WWW-sivuissa käytettävä merkintäkieli.
iOS	Applen kehittämä ja käyttämä mobiilikäyttöjärjestelmä.

JPEG	Kuvan tallennusformaatti, joka perustuu häviölliseen tiedonpakkaukseen.
JSON	JavaScript Object Notation on standardoitu tekstiformaatti, jota käytetään tiedonvaihdossa.
Käyttäjä	Palvelun käyttäjät, jotka voidaan ryhmitellä esimerkiksi asiakkaisiin, palveluntarjoajiin ja ylläpitäjiin.
Mobiililaitte	Kädessä pidettävä ja mukana kuljetettava tietokone-laite. Tässä tutkimuksessa mobiililaitteilla tarkoitetaan perusmatkapuhelimia, älypuhelimia ja taulutietokoneita.
MP3	MPEG Audio Layer III on äänen tallennusformaatti, joka perustuu häviölliseen tiedonpakkaukseen.
MPEG-4	Videoiden tallennusmenetelmä, jonka avulla määritellään ääni- ja videotiedonpakkaukset.
NFC	Near Field Communication on lyhyen kantaman tietovälitystekniikka radioteitse.
Palvelu	Palvelu on aineettoman hyödykkeen tuotantoa asiakkaalle, ja tässä tutkimuksessa palvelua käytetään mobiililaitteen avulla.
Palveluntarjoaja	Henkilö tai taho, joka tarjoaa palvelun. Tässä tutkimuksessa palveluntarjoajia ovat esimerkiksi fysioterapeutit, lääkärit ja opettajat.
PNG	Kuvan tallennusformaatti, joka perustuu häviöttömään tiedonpakkaukseen.
QR	2D-viivakoodi.

RIM	Research In Motion on kanadalainen telealan yritys, joka on tunnettu BlackBerry älypuhelimista.
Saavutettavuus	Saavutettavuudella tarkoitetaan tuotteen tai palvelun yhdenvertaisuutta ja lähestyttävyyttä. Tässä tutkimuksessa tarkoittaa palvelun toimivuutta mobiililaitteilla.
SDK	Software Development Kit on joukko työkaluja, joiden avulla voidaan toteuttaa sovelluksia käyttöjärjestelmälle.
Sisällön adaptoituminen	Tässä tutkimuksessa tarkoitetaan palvelun sisällön sopeutumista mobiililaitteelle.
SVG	Scalable Vector Graphics on kuvan tallennusformaatti, joka perustuu XML-formaattiin.
WAP	Wireless Application Protocol on langattomien sovellusten protokolla, joka on käytössä vanhemmissa matkapuhelimissa.
VETUMA	Julkishallinnon yhteisen verkkotunnistamisen ja maksamisen palvelu.
WWW	World Wide Web on HTML-dokumenteista koostuva Internetin välityksellä toimiva verkosto.
WWW-sovellus	Sovellus, jota suoritetaan WWW-selaimessa Internet-verkon kautta.
XHTML	eXtensible Hypertext Markup Language on WWW-sivuissa käytettävä merkintäkieli, joka täyttää XML-formaatin muotovaatimukset.

XML

eXtensible Markup Language on merkkikieli, jota käytetään tiedonvaihdossa sekä dokumenttien tallentamisessa.

## Taulukot

Taulukko 1. Myydyimmät matkapuhelimet vuonna 2011.....	13
Taulukko 2. Informaation esittämisen ja syöttämisen arviointiperusteet .....	45
Taulukko 3. Profiloinnin arviointiperusteet.....	45
Taulukko 4. Tapahtumien arviointiperusteet .....	46
Taulukko 5. Lisälaitteiden arviointiperusteet .....	47
Taulukko 6. Yhteydettömän toiminnan arviointiperusteet .....	47
Taulukko 7. Saatavuuden arviointiperusteet.....	48
Taulukko 8. Alkuperäisen sovelluksen arviointipisteet.....	49
Taulukko 9. Alkuperäisen sovelluksen saatavuuspisteet.....	50
Taulukko 10. Tekstiviestikäyttöliittymän arviointipisteet.....	51
Taulukko 11. Tekstiviestikäyttöliittymän saatavuuspisteet.....	51
Taulukko 12. WWW-käyttöliittymän arviointipisteet.....	54
Taulukko 13. WWW-käyttöliittymän saatavuuspisteet.....	55



## Kuvat

Kuva 1. Suomen matkapuhelinten käyttöjärjestelmäjakauma vuonna 2010 .....	11
Kuva 2. WWW-sovelluksen ulkoinen arkkitehtuuri .....	25
Kuva 3. Sisällön adaptoituminen toiseen formaattiin ja informaatiohäviö .....	29
Kuva 4. Kehysmallin arkkitehtuurikuvaus .....	34
Kuva 5. Toteutetun palvelun arkkitehtuurikuvaus .....	40
Kuva 6. Mallikerroksen tietokantataulut .....	41
Kuva 7. Käsittelijäkerroksen rajapinnat .....	41
Kuva 8. Alkuperäisen sovelluksen karttapohja ja tietoisku-näkymä .....	49
Kuva 9. WWW-käyttöliittymä peruspuhelimissa .....	52
Kuva 10. WWW-käyttöliittymä Symbian-käyttöjärjestelmässä.....	52
Kuva 11. WWW-käyttöliittymä Windows Phone -käyttöjärjestelmässä .....	53
Kuva 12. WWW-käyttöliittymä Android-käyttöjärjestelmässä.....	53
Kuva 13. WWW-käyttöliittymä iOS-käyttöjärjestelmässä .....	54

# Sisältö

<b>Käsitteet ja termiluettelo</b>	<b>iii</b>
<b>Taulukot</b>	<b>vii</b>
<b>Kuvat</b>	<b>viii</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>1</b>
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet.....	3
1.3 Tutkimusmenetelmät.....	4
1.4 Tutkielman rakenne .....	5
<b>2 Palvelun vaatimukset</b>	<b>6</b>
2.1 Informaation esittäminen ja syöttäminen .....	6
2.2 Profilointi .....	7
2.3 Tapahtumat .....	7
2.4 Viestintä .....	8
2.5 Lisälaitteet .....	9
2.6 Yhteydetön toiminta.....	9
<b>3 Mobiililaitteiden rajoituksia</b>	<b>10</b>
3.1 Suomen matkapuhelintenjakauma .....	10
3.2 Taulutietokoneiden suosio.....	14
3.3 Mobiililaitteiden rajoituksia .....	14
3.3.1 Teknilliset rajoitukset.....	15
3.3.2 Ohjelmalliset rajoitukset.....	16
<b>4 Teknologia katsaus</b>	<b>19</b>
4.1 Teknologioiden valinta ja rajaus.....	19
4.1.1 Java ME .....	20
4.1.2 Adobe Flash.....	20
4.1.3 Qt.....	20
4.2 Teknologioiden esittely .....	21
4.2.1 Äänipuhelu.....	21
4.2.2 Tekstiviesti.....	23
4.2.3 WWW-sovellus.....	25

4.3	Sisällön adaptoituminen .....	27
<b>5</b>	<b>Kehysmalli</b>	<b>31</b>
5.1	Vaatimusten kattaminen .....	31
5.2	Arkkitehtuurikuvaus .....	33
5.3	Sisällön adaptoituminen .....	35
<b>6</b>	<b>Kehysmallin soveltaminen</b>	<b>38</b>
6.1	Palvelun esittely .....	38
6.2	Palvelun arkkitehtuuri ja toteutus .....	40
<b>7</b>	<b>Tutkimustulokset</b>	<b>44</b>
7.1	Arviointiperusteet .....	44
7.2	Arvioinnissa käytettävät mobiililaitteet .....	48
7.3	Arviointitulokset .....	48
7.3.1	Alkuperäinen sovellus .....	49
7.3.2	Palvelun tekstiviestikäyttöliittymä .....	50
7.3.3	Palvelun WWW-käyttöliittymä .....	51
7.4	Tulosten tarkastelu .....	55
<b>8</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>57</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>59</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>64</b>
	Liite 1. Karttapohjan adaptoituminen .....	64
	Liite 2. WWW-sovelluksen välimuistiasetus .....	65
	Liite 3. Ominaisuuksien arviointilomake .....	66
	Liite 4. Saatavuuden arviointilomake .....	67

# 1 Johdanto

Johdanto luku esittelee tutkimuksen aihealueen, määrittelee tutkimuksen tavoitteet sekä muodostaa tutkimuksen kannalta olennaisimmat tutkimuskysymykset. Lisäksi luvussa esitellään tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Mobiililaitteiden käyttö on kasvanut merkittävästi viimeisten vuosien aikana niin Suomessa kuin kansainvälisesti. Vuonna 2011 Suomessa oli noin 8,4 miljoonaa matkapuhelinviestiliittymää [1]. Suurimmat kasvut ovat tapahtuneet ominaisuuksiltaan rikkaissa mobiililaitteissa, kuten älypuhelimissa sekä taulutietokoneissa. Mobiililaitteiden hyötyjä perinteisiin tietokoneisiin verrattuna ovat muun muassa henkilökohtaisuus, kannettavuus ja paikkatietoisuus [2]. Mobiililaitteiden yleistymisen sekä ominaisuuksien myötä myös mobiililaitteella käytettävien palveluiden määrä on kasvanut viime vuosina. Perinteisesti mobiililaitteiden palvelut olivat tarkoitettu yrityksille tai viihdetarkoitukseen, kuitenkin nykyisin mobiililaitteita käytetään muillakin alueilla, kuten terveydenhuollossa (engl. *m-health*) ja opetuksessa (engl. *m-learning*).

Hyvinvoinnin alueella on paljon tutkimuksia, joissa mobiililaitteita on hyödynnetty muun muassa terveystietojen välitykseen [3], sairauksien ennaltaehkäisyyn [4], [5] sekä potilaiden terveydentilan seuraamiseen [6–8]. Yksi erikoisimmista tutkimuksista on Munozin ja Woolleyn vuonna 2009 tekemä konsepti [5], jossa matkapuhelinta hyödynnetään hengenvaarallisten allergiakohtausten tunnistamiseen. Toisessa tutkimuksessa Prentza, Maglavera ja Leondaridis kehittivät konseptin [6], jossa potilaan terveydentilaa voidaan reaaliajassa välittää matkapuhelimen avulla suoraan sairaalan järjestelmiin. Tutkimuksessa esitettiin, että kyseisen järjestelmän avulla kaukana sairaalasta asuvien henkilöiden terveydenhuoltoa voitaisiin parantaa. Myös Suomessa syrjäseudulla asuvilla välimatka lähimpään terveysasemaan voi olla useita kymmeniä, tai jopa satoja kilometrejä, jolloin vastaavanlaisella järjestelmällä voitaisiin parantaa kyseisten asukkaiden terveydenhuoltoa, sekä mahdollisesti välttää ylimääräisiltä lääkärikäynneiltä.

Mobiililaitteiden hyödyntäminen opetuksessa on myös hyvin laajasti tutkittua alue [9–16]. Mobiililaitteita on käytetty muuan muassa matematiikan [11], [12], vieraiden kielten [10], sekä historian opiskelussa [9]. Näiden lisäksi mobiilioppimista on tutkittu erilaisissa kenttäkokeissa, joista yhtenä esimerkkinä on Sandbergin ym. [17] tekemä tutkimus. Tutkimuksessa todetaan, että mobiilisovelluksen avulla voidaan edistää oppilaiden oppimista sekä motivoida oppilaita vapaa-ajalla tapahtuvaan opiskeluun. Tutkimuksessa käytettävä mobiilisovellus koostuu pelillisistä tehtävistä, kuten monivalintakysymyksistä, sanatehtävistä ja muistipeleistä. Toisessa kenttäkokeessa McKinney ym. [13] tutkivat vaihtoehtoista menetelmää yliopistokurssin suorittamiseen. Tutkimuksessa ryhmä opiskelijoita suorittivat luentokurssin PowerPoint-esityksien ja luentoäänitteiden avulla. Tutkimuksen tuloksena on, että vaihtoehtoista menetelmää käyttäneet opiskelijat suoriutuivat kurssin loppupotentistä huomattavasti paremmilla arvosanoilla kuin luennoilla käyneet opiskelijat.

Mobiililaitteiden hyödyttämistä hyvinvoinnissa ja opetuksessa tutkitaan laajasti myös Jyväskylän yliopiston Agora Centerissä. Arjen mobiilipalvelut -hankkeessa [18] kehitetään mobiilipalveluratkaisuja hyvinvoinnin eri osa-alueille sekä luokkahuoneen ulkopuoliseen oppimiseen. Hankkeessa kohderyhminä ovat nuoret (n. 10-25), työssäkäyvät aikuiset (n. 25-60) ja ikääntyneet ihmiset (yli 60). Hankkeen tavoitteena on sellaisten teknologisten sovellusten kehittäminen, jotka innostavat käyttäjiä oppimiseen sekä oman hyvinvoinnin edistämiseen ja ylläpitämiseen. Arjen mobiilipalvelussa kehitetyt mobiilisovelluskonseptit ovat suunnattu älypuhelimille, joiden toteutuksessa on käytetty muuan muassa Adobe Flash ja Qt-kehitysympäristöjä [19].

Arjen mobiilipalvelut -hankkeessa sekä edellä mainituissa tutkimuksissa toteutettu palvelukonseptit ovat toteutettu ainoastaan yhdelle tai muutamalle mobiilialustalle. On ymmärrettävää, että tutkimuksissa pääasiana on selvittää sovelluskonseptien hyötyjä eikä keskittyä sovelluksen toimivuuteen useilla mobiilialustoilla. Suurimpana ongelmana sovelluksen toteutuksessa mobiililaitteille on erilaisten mobiilialustojen määrä. Yksinomaan Suomessa on käytössä yli kahdeksan erilaista matkapuhelinkäyttäjärjestelmää [20] sekä vähintään kaksi täysin erilaista taulutietokonekäyttäjärjestelmää [21], [22]. Näiden lisäksi käyttöjärjestelmistä on useita eri versioita käytössä, jolloin palvelun toteuttaminen kaikille näille versioille on teknillisesti hyvin haastavaa sekä vaatii paljon resursseja [23], [24]. Kuitenkin

Suomessa terveydenhuolto- ja koulupalvelut pitävät olla lain mukaan saatavilla kaikille kansalaisille [25].

On olemassa useita mobiilialustasta riippumattomia teknologioita, joiden avulla voidaan sovellus toteuttaa useille mobiilikäyttöjärjestelmille [23], [26], [27]. Yksi tällainen vaihtoehto on WWW-teknologioiden avulla toteutetut sovellukset, joiden suosio on kasvanut viime vuosina huomattavasti. VisionMobilen tekemän kyselyn [28] mukaan WWW-teknologiat ovat nousseet kolmanneksi suosituimmaksi sovelluskehitysalustaksi ohi perinteisten Java ME ja Adobe Flash -kehitysalustojen. WWW-sovellusten suosiota tukee myös se, että WWW-selaimista tunnettu Mozilla avaa vuonna 2012 ensimmäisen WWW-sovelluskaupan [29].

Vaikka palvelu saataisiin toteutettua kaikille mobiilialustoille käyttämällä alustasta riippumatonta teknologiaa, niin toisena ongelmana on palvelun sisällön adaptoituminen mobiililaitteelle soveltuvaksi. Mobiililaitteiden ominaisuuksien vaihtelevuus on huomattavasti suurempaa kuin mobiililaitteissa käytettävien käyttöjärjestelmien määrä. Sisällön adaptoitumisen haasteina ovat mobiililaitteiden näytön koko ja resoluutio, tuettujen värien ja multimediaformaattien määrä. Sisällön adaptoitumisesta on tutkittu laajasti [30–34], ja tutkimuksissa on esitetty menetelmiä ongelman ratkaisemiseen [30], [34], [35]. Kuitenkaan kokonaisvaltaista menetelmää ei ole esitetty, jossa otetaan huomioon palvelun toteutus sekä sisällön adaptoituminen.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen aiheena on kuinka palveluiden saatavuutta voidaan parantaa mobiililaitteiden keskuudessa. Saatavuudella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa palvelun toimivuutta erilaisilla mobiililaitteilla. Kohteena ovat Arjen mobiilipalvelut -hankkeessa toteutetut sovelluskonseptit, jotka asettavat vaatimukset palvelun toiminnallisuudelle. Tutkimuksessa keskitytään mobiililaitteiden perusominaisuuksiin, WWW-sovelluksiin ja sisällön adaptoitumiseen. WWW-sovelluksissa on tärkeää ottaa huomioon palvelun saatavuus, jos yhteyttä palveluun ei ole tai yhteys menetetään käytön aikana. Vanhentuneet tai käytöstä poistumassa olevat teknologiat rajataan pois tutkimuksesta. Palveluiden tietoturvaan, käytettävyyteen

tai kannattavuuteen ei paneuduta syvemmin. Lisäksi sovellusten datasiirron määrään ei kiinnitetä huomiota. Tutkimuksen tuloksena on teoreettinen kehysmalli, jonka avulla palvelun saatavuutta voidaan parantaa. Esitettyä kehysmallia sovelletaan yhteen Arjen mobiilipalvelut -hankkeen sovelluskonseptiin, sekä toteutetun palvelun toimivuutta arvioidaan ja verrataan alkuperäiseen sovelluskonseptiin.

Edellisessä kappaleessa esitettyjen tavoitteiden ja rajausten perusteella voidaan tutkimuskysymys muodostaa seuraavasti:

- Miten WWW-sovellusten, mobiililaitteiden perusominaisuuksien ja sisällön adaptoitumisen avulla voidaan parantaa palvelun saatavuutta mobiililaitteille?

Tutkimuskysymys voidaan jakaa pienempiin osakysymyksiin, joihin tässä tutkimuksessa vastataan:

- Minkälaisia vaatimuksia palvelut asettavat?
- Miten mobiililaitteet vastaavat palvelun vaatimuksiin?
- Millä teknologioilla palvelun vaatimukset voidaan kattaa?
- Miten palvelun sisältöä voidaan adaptoida mobiililaitteelle sopivaksi?

### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimukselle edellisessä luvussa asetetut tavoitteet ja tutkimuskysymys määrittelevät tutkimuksessa käytettävän tutkimusmenetelmän. Tavoitteiden ja tutkimuskysymyksen perusteella tutkimusmenetelmiksi valitaan toimintatutkimus ja konstruktiiivinen tutkimus, sillä tutkimuksen tavoitteena on muodostaa teoreettinen kehysmalli ja arvioidaan kehitysmallin hyödyllisyyttä. Tämä vastaa Dodig Crnkovicin [36] määritelmään, jonka mukaan tutkimus on konstruktiiivista silloin, kun tutkimus perustuu olemassa olevaan tutkimustietoihin tai sen yhdistelmiin, ja tutkimuksen tuloksena syntyy artefakti, joka voi olla teoreettinen tai käytännöllinen. Lisäksi Järvisen määritelmä [37] tukee tätä näkemystä, sillä hänen mukaan konstruktiiivisessa tutkimuksessa sovelletaan tutkimuksessa tuotettua kehitysmallia, ja ar-

vioidaan sen hyödyllisyyttä. Tutkimuksessa noudatetaan seuraavanlaista järjestystä, joka Järvisen [37] mukaan vastaa toimintatutkimusta:

- määritellään ongelman aihealue,
- suunnitellaan ongelmaan ratkaisu,
- toteutetaan ratkaisu,
- arvioidaan toteutuksen onnistuneisuutta ja
- ilmoitetaan mitä tutkimuksesta on opittu

#### 1.4 Tutkielman rakenne

Johdannossa esitellään tutkimuksen taustat, määritellään tutkimuksen tavoitteet sekä muodostetaan tutkimuskysymykset. Luku 2 esittelee Arjen mobiilipalvelut -hankkeessa toteutettuja sovelluskonsepteja, joiden pohjalta määritellään vaatimuksia palvelun suunnittelulle. Luvussa 3 perehdytään Suomen mobiililaittejakaumaan sekä mobiililaitteiden asettamiin rajoituksiin. Rajoituksissa tutkitaan teknillisiä ja ohjelmallisia rajoituksia, jotka tulee ottaa huomioon palvelun toteutuksessa. Teknologia katsauksessa luvussa 4.1 rajataan palvelun toteutuksessa käytettävät teknologiat, ja valitut teknologiat esitellään luvussa 4.2. Sisällön adaptoitumiseen perehdytään luvussa 4.3.

Luvussa 5 esitellään tutkimuksessa kehitetty kehysmalli, joka täyttää aiemmissa luvuissa määritellyt vaatimukset, rajoitukset sekä perustuu valittuihin teknologioihin. Luvussa 6 tutkimuksen kehysmallin avulla Arjen Mobiilipalvelut -hankkeen sovellus muutetaan palveluksi, jonka avulla kehysmallin onnistuneisuutta arvioidaan luvussa 7. Arvioinnissa vertaillaan alkuperäistä sovellusta toteutettuun palveluun. Tutkimuksen viimeinen luku koostaa yhteenvedon tutkimuksen sisällöstä sekä tutkimuksen tuloksesta.



## 2 Palvelun vaatimukset

Seuraavassa luvussa esitellään palvelun vaatimuksia, joiden lähteenä ovat kahdeksan (8) hyvinvoinnin sovellusta, neljä (4) luokkahuoneen ulkopuolisen oppimisen sovellusta sekä näiden sovellusten kartoituksessa esille nousseet vaatimukset [38]. Hyvinvoinnin sovelluksia ovat mm. elämänhallinta, taukojumppa ja kuntoutussovellus. Oppimisen sovelluksia ovat mm. luontoretki, sanataiteen oppimissovellus ja elektroninen opinto-ohjaus. Vaikka sovellusten kohderyhmät ja toteutukset ovat erilaisia, niin voidaan näistä sovelluksista muodostaa seuraavia vaatimuksia palvelulle:

- Informaation esittäminen ja syöttäminen
- Profilointi
- Tapahtumat
- Viestintä
- Lisälaitteet
- Yhteydetön toimivuus

Tarkoituksena ei ole määritellä vaatimuksia tarkasti, sillä jokaiselle toteutettavalle palvelulle vaatimukset ja käyttötapaukset tulee määritellä erikseen. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan ominaisuuksia tarkemmin.

### 2.1 Informaation esittäminen ja syöttäminen

Ensimmäinen perusvaatimus palvelulle on informaation esittäminen käyttäjille. Informaation esittämisellä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niitä formaatteja, joiden avulla informaatiota voidaan esittää palvelussa. Palvelussa informaatiota pitää pystyä esittämään useilla multimediaformaateilla, kuten tekstillä, kuvilla, äänillä ja videoilla. Informaation esittämisessä palvelun sisällön tulee adaptoitua mobiililaitteen mahdollisiin rajoituksiin, kuten näytön kokoon.

Toisena palvelun perusvaatimuksena on informaation vastaanottaminen, joka tarkoittaa käyttäjän syöttämää informaatiota palveluun. Myös informaation syöttämiseen pitää pystyä käyttämään useita multimediaformaatteja.

Hyvinvoinnin sovelluksissa ääntä ja videota käytetään liikuntaharjoitteiden ohjeistuksiin ja läpivientiin. Videolla esitellään perusteellisesti kuinka harjoite tehdään, ja käyttäjä voi harjoitteen aikana kuunnella ohjeet uudestaan ilman, että mobiililaitetta tarvitsee pitää kädessä. Äänimerkkien avulla voidaan myös indikoida harjoituksessa tapahtuvat vaihdokset ja harjoituksen päätyminen. Harjoitusten päätyttyä käyttäjä voi antaa palautetta suorituksen raskuudesta ja vaikeudesta.

Oppimiseen liittyvissä sovelluksissa suurin osa informaatiosta esitetään tekstien ja kuvien avulla. Ääniä käytetään lintulajien tunnistamiseen, ja videoita havainnollistamaan eläinten luonnollista käyttäytymistä. Oppilaat voivat kuvata ja äänittää eläinten käyttäytymistä, ja tehdä sovelluksen avulla omia muistiinpanoja eläimistä.

## 2.2 Profilointi

Profilointiä käytetään henkilökohtaisten tietojen suojaamiseen sekä palvelun kohdentamiseen, joten palvelun käyttäjät pitää pystyä erottelemaan toisistaan. Profilointi voi olla yksinkertaisimmillaan lyhyt tunniste, jonka avulla käyttäjä voi kirjautua palveluun, ja vahvimmillaan profilointiin voidaan käyttää VETUMA tai mobiilitunnistusta. Tunnistuksen vahvuus riippuu palvelun tallennettavasta informaatiosta.

Profiloinnin avulla hyvinvoinninpalveluissa voidaan asiakkaalle toteuttaa henkilökohtaisia harjoitussuunnitelmia tai ryhmittää taukojumpan suoritukset jokaiselle ikäryhmälle erikseen. Vastaavasti oppimisen alueella oppimisharjoitukset voivat olla saatavilla luokkakohteisesti, ja lisäksi yksittäisille oppilaille voidaan tarjota lisätehtäviä.

## 2.3 Tapahtumat

Tapahtumat ovat kirjauksia palveluun, joita tekevät palvelun käyttäjät ja palveluntarjoajat. Tapahtumat voivat olla osa isompaa kokonaisuutta tai tavoitetta. Käyttäjän pitää pystyä

selailemaan vanhoja ja tulevia tapahtumia sekä seuraamaan edistymistään. Palveluntarjoajalla pitää olla mahdollisuus seurata asiakkaidensa edistymistä sekä tarvittaessa muuttaa asiakkaidensa tapahtumia. Tässä huomiona se, että palveluntarjoaja voi nähdä ja muuttaa ainoastaan sellaisia tapahtumia, jotka palveluntarjoaja on merkinnyt käyttäjälle.

Hyvinvoinnin alueella tapahtuma on esimerkiksi liikuntasuoritus, päivittäinen askare tai diabetespotilaan verensokeriarvon kirjaus. Tapahtuman informaationa edellisissä tapahtumissa on liikuntaharjoituksen suoritusohje, askareen tyyppi ja ohjeellinen ruokavalio päivälle. Kuntoutuksessa tapahtumat ovat fysioterapeutin suunnitteleman harjoitusohjelman liikuntasuorituksia, jolloin tapahtumien avulla fysioterapeutti voi seurata kuntoutettavan edistymistä. Myös lepopäivä voi olla tapahtuma ja osa harjoitussuunnitelmaa, joka ei vaadi kuntoutettavalta erikoisempia toimenpiteitä. Diabetespotilaat voivat seurata esimerkiksi verensokeriarvojen vaihtelua tai kuukausien keskiarvoja.

Oppimisen alueella tapahtumat voivat olla suoritettujen koulutehtävien merkitsemistä tai luonnossa havaittujen kasvien ja eläimien kirjaamista. Tapahtumat voivat olla osa oppiainekokonaisuutta, joiden suorittamista opettaja ja oppilas voivat seurata. Opettajan kirjaamat tapahtumat voivat pitää sisällään kysymyksiä, joihin oppilaan pitää vastata.

## 2.4 Viestintä

Viestinnällä tarkoitetaan palvelun käyttäjien sekä palveluntarjoajan välistä kommunikointia. Viestit voivat olla vapaamuotoisia tai sitten vahvemmin määriteltyjä, kuten kyselyissä ja palautteissa, joissa voidaan määritellä vastausvaihtoehdot etukäteen. Palveluntarjoajat voivat laatia kyselyitä, motivoida tai muistuttaa asiakkaita asioista viestien avulla. Käyttäjät voivat vastata palveluntarjoajan kyselyihin, antaa vapaamuotoista palautetta, ilmoittaa poissaoloista tai pyytää apua.

Hyvinvoinnin alueella fysioterapeutti voi laatia rasituskyselyn kuntoutettavalle viestien avulla, ja tehdä muutoksia harjoitussuunnitelmaa palautteen perusteella. Terveystoimittaja voi viestien avulla muistuttaa vanhuksia ottamaan lääkkeensä tai suorittaman verensokerimittauksensa.

Oppimisen alueella opettaja voi viestien avulla esimerkiksi ilmoittaa tulevista kokeista, tuntien muutoksista tai kannustaa oppilaita kotitehtävien tekemisessä. Oppilaat voivat ilmoittaa viestien avulla poissaoloista tai pyytää apua tehtävien ratkaisemiseen.

## 2.5 Lisälaitteet

Lisälaitteet ovat mobiililaitteen sisäisiä laitteita ja mobiililaitteeseen liitettäviä ulkoisia lisälaitteita. Sisäisiä laitteita ovat esimerkiksi GPS-paikannus, kamera ja kiihtyvyyssanturi. Ulkoisia lisälaitteita ovat esimerkiksi Bluetooth-sykevyö ja Continuan sertifioimat lisälaitteet [39]. Lisälaitteiden tarkoituksena on tuottaa lisätietoa palveluun.

Hyvinvoinnin sovelluksissa lisälaitteiden avulla voidaan kerätä harjoitukseen liittyviä lisätietoja, kuten matkaa, nopeutta sekä sykettä. Lisälaitteet mahdollistavat palvelun monitoroida potilaan terveyttä, ja ilmoittaa potilaan muutoksista omaisille tai lääkärille. Oppimisen alueella lisälaitteita voidaan hyödyntää oppimisleikissä.

## 2.6 Yhteydetön toiminta

Palvelun tulee toimia mobiililaitteella osittain ilman datayhteyttä. Osittaisella toimivuudella tarkoitetaan sitä, että käyttäjän pystyy selailemaan palvelun tietoja, mutta ei voi muuttaa palvelun tietoja. Palvelun informaatio voidaan tallentaa väliaikaisesti mobiililaitteen muistiin, ja syötetty informaatio synkronoidaan palveluun datayhteyden ollessa aktiivinen.

### 3 Mobiililaitteiden rajoituksia

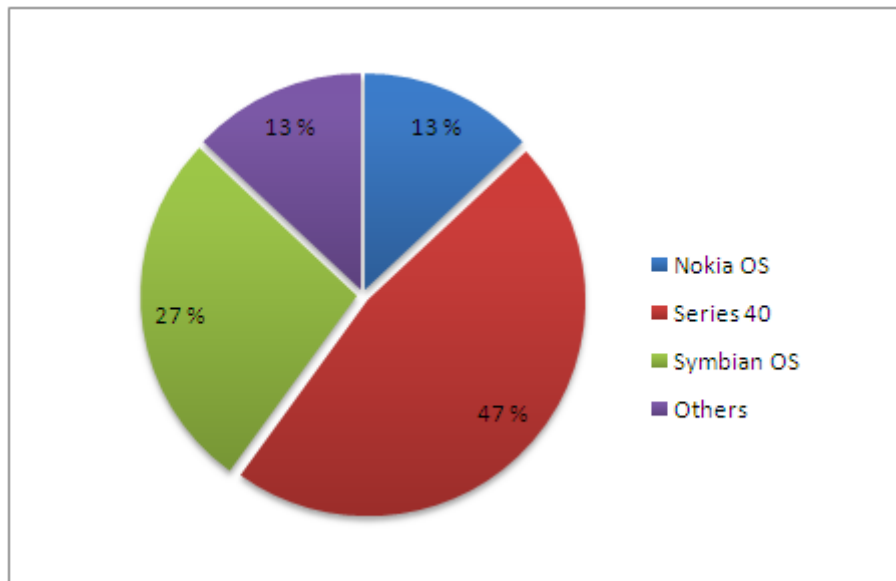
Tässä luvussa perehdytään palvelun toteutukseen vaikuttaviin rajoituksiin, joita mobiililaitteet asettavat. Luvussa 3.1 esitellään Suomen matkapuhelinjakaumaa vuonna 2010, ja arvioidaan jakauman muutosta vuonna 2011. Luvussa 3.2 vastaavasti esitellään arvioita taulutietokoneiden suosioista Suomessa, ja luvussa 3.3 perehdytään varsinaisiin mobiililaitteiden rajoituksiin.

#### 3.1 Suomen matkapuhelintenjakauma

Viestintäviraston [1] mukaan vuoden 2010 lopussa Suomessa oli vajaat 8,4 miljoonaa matkaviestintäliittymää, joista noin 75 prosenttia oli kotitalouksien käytössä, ja loput 25 prosenttia yritysten käytössä. Matkapuhelinten käyttö Suomessa on hyvin kattavaa, sillä 99 prosenttia suomalaisista on tavoitettavissa matkapuhelimen avulla [1].

Vuonna 2011 päivitetystä Aalto yliopiston tekemässä selvityksessä [20] tutkitaan Suomen matkapuhelinjakaumaa vuonna 2010. Selvitys kattaa noin 80–99 prosenttia kaikista Suomen matkapuhelinverkossa käytettävistä mobiililaitteista. Tiedot on kerätty Suomessa toimivien operaattoreiden järjestelmistä, ja tutkimuksessa on mukana kaikki Suomen isoimmat operaattorit. Selvityksestä puuttuu TeliaSoneran verkossa käytettävien Applen iPhone älypuhelimien lukumäärä, koska TeliaSonera ei antanut lupaa kyseisten tietojen keräämiselle.

Vuonna 2010 suomalaisten suosiossa olivat Nokian valmistamat matkapuhelimet noin 87 prosentin käyttöosuudella. Muista valmistajista Samsungin osuus oli noin 8 prosenttia, Sony/Ericssonin 2,5 prosenttia, HTC:n ja LG:n osuudet olivat alle yhden prosentin [20].



Kuva 1. Suomen matkapuhelinten käyttöjärjestelmäjakauma vuonna 2010

Nokian valmistamista matkapuhelimista yleisimpiä (Kuva 1) olivat Series 40 - käyttöjärjestelmään perustuvat matkapuhelimet 47 prosentin osuudella. Näistä peruspuhelimista suurin osa pohjautuivat käyttöjärjestelmän uusimpiin versioihin 5 ja 6 [20]. Nokian vanhaan käyttöjärjestelmään perustuvien peruspuhelinten osuus oli 13 prosenttia.

Älypuhelimissa suosituin käyttöjärjestelmä oli Nokian Symbian 27 prosentin osuudella. Symbian käyttöjärjestelmän versioista suosituin oli 3<sup>rd</sup> edition, jonka osuus oli 18 prosenttia kaikista matkapuhelimista [20]. Helmikuussa 2011 Nokia ilmoitti keskittyvänsä älypuhelimissa Microsoftin Windows Phone -käyttöjärjestelmään, jonka jälkeen onkin arvioitu, että vuoden 2011 loppupuolella Nokian osuus älypuhelimissa putosi 76 prosentista 31 prosenttiin [40].

Tutkimuksen [20] mukaan Anrdoid-käyttöjärjestelmään perustuvien älypuhelinten osuus oli alle prosentin. Android-käyttöjärjestelmän osuus on kuitenkin viimeisen vuoden aikana kasvanut huomattavasti, ja onkin arvioitu, että nykyinen markkinaosuus Suomessa olisi noin 13 prosenttia [41]. Android on Googlen johtama avoimen lähdekoodin älypuhelin-käyttöjärjestelmä [42]. Android-käyttöjärjestelmä nousi vuoden 2010 viimeisellä neljänneksellä markkinajohtajaksi älypuhelimissa, ja viimeisimpien arvioiden mukaan Android-käyttöjärjestelmän markkinaosuus olisi yli 40 prosenttia [43], [44]. Tutkimusyhtiö Gartne-

rin [44] mukaan Samsung, ZTE ja HTC ovat suurimpia valmistajia, jotka käyttävät älypuhelimissaan Android-käyttöjärjestelmää.

Tutkimuksessa [20] ei ollut tietoja Applen iOS -käyttöjärjestelmän markkinaosuuksista, mutta on kuitenkin arvioitu, että iOS-käyttöjärjestelmän osuus Suomen älypuhelimista olisi noin 10 prosenttia [40]. iOS on Applen kehittämä suljettu käyttöjärjestelmä, joka on käytössä ainoastaan Applen omissa tuotteissa. Arvioiden mukaan iOS-käyttöjärjestelmän markkinaosuus maailman kaikista älypuhelimista olisi noin 18 prosenttia [44].

Microsoftin Windows Phone -käyttöjärjestelmään perustuvien älypuhelimien määrä on vielä hyvin pieni verrattuna muihin älypuhelinikäyttöjärjestelmiin. Arvio vuonna 2011 oli, että Microsoftin Windows Phone -käyttöjärjestelmä on käytössä vajaassa 1,6 prosentissa maailman älypuhelimista [44]. Arvioita tai tilastoja Suomen markkinaosuuksista ei vielä ole saatavilla. Nokia julkaisi vuoden 2011 lopulla yhtiön ensimmäiset älypuhelimet, jotka pohjautuvat Windows Phone -käyttöjärjestelmään [45]. Nokia on ilmoittanut, että Windows Phone -käyttöjärjestelmä korvaa tulevaisuudessa yhtiön älypuhelimissa käyttämänsä Symbian-käyttöjärjestelmän [46].

Yllä esitettyjen käyttöjärjestelmien lisäksi matkapuhelimissa käytetään monia muita käyttöjärjestelmiä. Maailmalla peruspuhelimien osuus on noin 73 prosenttia, joista muiden kuin Nokian käyttöjärjestelmään perustuvien matkapuhelimien osuus on 54 prosenttia [47]. Älypuhelimissa yllä esitettyjen käyttöjärjestelmien jälkeen tunnetuimmat käyttöjärjestelmät ovat RIM yhtiön BlackBerry ja Samsungin Bada [44]. Molempien käyttöjärjestelmien arvioitu markkinaosuus on suurempi kuin Windows Phone -käyttöjärjestelmään perustuvien älypuhelin osuus [44].

Aalto Yliopiston tutkimus [20] on vuodelta 2010, jonka jälkeen Suomen matkapuhelinmarkkinoilla on tapahtunut monia muutoksia. Seuraavassa pohditaan sitä, että mikä on Suomen matkapuhelinjakauma vuonna 2012 perustuen Suomen suurimpien teleoperaattoreiden myyntitilastoihin.

DNA julkaisi tammikuussa 2012 listauksen [48] viidestä myydyimmästä matkapuhelimesta vuonna 2011 (Taulukko 1). Nokian käyttöjärjestelmää käyttävät perusmatkapuhelimet oli-

vat sijalla yksi ja neljä. Loput kolme myydyintä matkapuhelinta olivat älypuhelimia, joista yksikään ei perustunut Nokian kehittämään Symbian-käyttöjärjestelmään. Android-käyttöjärjestelmään perustuvat älypuhelimet olivat sijoilla kaksi ja viisi, ja iOS sijalla kolme.

Elisa julkaisi vastaavan listauksen [48] myydyimmistä matkapuhelimista henkilö- ja yritysasiakkaille vuonna 2011 (Taulukko 1). Henkilöasiakkaiden listauksessa sijalla kaksi oli ainoa perusmatkapuhelin, ja loput neljä olivat älypuhelimia. Älypuhelimista Applen iPhone oli suosituin, jonka jälkeen kaksi suosituinta olivat Android-käyttöjärjestelmään perustuvia älypuhelimia. Viimeisenä listalla oli Nokian Symbian-käyttöjärjestelmään perustuva älypuhelin. Yritysasiakkaiden myydyimmät matkapuhelimet poikkesivat huomattavasti henkilöasiakkaista. Viiden myydyimmän matkapuhelimen joukossa neljä matkapuhelinta olivat Nokian valmistamia, ja näistä kaksi olivat perusmatkapuhelimia. Applen iPhone oli sijalla kolme, joten näin olleen yksikään Android-käyttöjärjestelmää käyttävä älypuhelin ei päässyt viiden myydyimmän matkapuhelimen listalle.

Sonera Tukku on valtakunnallinen laitetukku, jonka mukaan [49] vuonna 2011 myydyin matkapuhelin oli Applen iPhone (Taulukko 1). Sijoilla neljä ja viisi olivat Nokian Symbian-käyttöjärjestelmää käyttävät älypuhelimet, ja muilla sijoilla Nokian peruspuhelimet. Kuten Elisan yritysasiakaslistassa yksikään Android-älypuhelin ei päässyt myydyimpien matkapuhelinten listalle.

<b>DNA</b>	<b>Elisa (henkilö)</b>	<b>Elisa (yritys)</b>	<b>Sonera Tukku</b>
1. Nokia OS	1. iOS	1. Nokia OS	1. iOS
2. Android	2. Nokia OS	2. Symbian	2. Nokia OS
3. iOS	3. Android	3. iOS	3. Nokia OS
4. Nokia OS	4. Android	4. Symbian	4. Symbian
5. Android	5. Symbian	5. Nokia OS	5. Symbian

Taulukko 1. Myydyimmät matkapuhelimet vuonna 2011

Koska kukaan operaattoreista ei julkaissut tarkkoja myyntilukuja, niin on vaikea arvioida tarkemmin matkapuhelinjakaumaa vuonna 2012. Peruspuhelimia esiintyi myyntitilastoissa eniten, toiseksi eniten oli Symbian älypuhelimia ja viimeisinä olivat iOS- sekä Android-älypuhelimet. Toisaalta tilastojen kärjessä oli aina joko peruspuhelin tai iOS. Näiden tulos-



ten perusteella voidaan arvioida, että peruspuhelimien määrä on edelleen suurin vaikkakin älypuhelimet ovat kasvattaneet osuuksiaan viimeisen vuoden aikana. DNA:n ja Elisan myyntitilastot tukevat tutkimusyhtiö Gartherin arvioita [44] osuuksista, jossa Android ja iOS -käyttöjärjestelmät ovat ohittamassa Symbian-käyttöjärjestelmän älypuhelimissa.

Toteutettavan palvelun tulee tukea yleisimpiä matkapuhelinkäyttöjärjestelmiä, joita ovat Nokian Series 40, Nokian Symbian, Googlen Android, Applen iOS ja Microsoftin Windows Phone. Vaikka Microsoftin käyttöjärjestelmän markkinaosuus on pieni, niin on sen tarkoitus korvata Nokian Symbian-käyttöjärjestelmä yhtiön matkapuhelimissa.

### 3.2 Taulutietokoneiden suosio

Taulutietokoneiden osuuksista ei ole Suomessa tehty virallisia tutkimuksia. Maailman markkinoilla on useita valmistajia ja käyttöjärjestelmiä, joista yleisimmät vuonna 2011 olivat Applen iOS (73 %), Googlen Android (11 %), RIM:in QNX (5 %) sekä HP:n WebOS (3 %) [50].

Sanomat Oy julkaisi [21] verkkosivujen liikennetietojen perusteella arvioita taulutietokoneiden lukumääristä Suomessa. Yhtiö arvioi, että joulukuussa 2011 Applen iOS -käyttöjärjestelmää käyttävien taulutietokoneiden lukumäärä olisi ylittänyt 150 000 kappaleen rajan, ja Android-käyttöjärjestelmään perustuvien taulutietokoneiden lukumäärä olisi noin 20 000. Näiden lukujen perusteella noin 3 prosentilla suomalaisista olisi käytössä taulutietokone.

Taulutietokoneissa tuettavien käyttöjärjestelmien määrä on vähäinen, joten palvelun tulee tukea molempia iOS- ja Android-käyttöjärjestelmiä. Taulutietokoneissa käytettävät käyttöjärjestelmät ovat ominaisuuksiltaan hyvin samanlaisia kuin älypuhelimissa käytössä olevat käyttöjärjestelmät.

### 3.3 Mobiililaitteiden rajoituksia

Mobiililaitteet asettavat useita rajoituksia, jotka vaikuttavat palvelun suunnitteluun. Mobiililaitteiden rajoitukset voidaan jakaa kahteen ryhmään, joita ovat teknilliset ja ohjelmalliset

rajoitukset. Teknisiä rajoituksia ovat esimerkiksi laitteen suorituskyky, virrankulutus, liikkuvuus ja näytön resoluutio. Ohjelmallisia rajoituksia ovat mobiililaitteiden käyttöjärjestelmien asettamat rajoitukset, joita ovat esimerkiksi ohjelmointirajapintojen ja multimediaformaattien tukeminen.

### **3.3.1 Teknilliset rajoitukset**

Mobiililaitteen näytön fyysinen koko ja resoluutio asettavat rajoituksia informaation esittämiselle, kuten tekstin pituudelle ja kuvien koolle. Suomessa käytettävistä matkapuhelimista alle 10 prosentissa ei ole värinäyttöä [20], jolloin muun kuin tekstin esittäminen ei välttämättä ole mahdollista. Pienellä näytöllä pitkien tekstien havainnollistaminen vaikeutuu, jos käyttäjä joutuu lukemaan tekstiä pienissä osissa, ja lisäksi pienellä näytöllä kuvien yksityiskohtia voi olla vaikea havaita [51]. Äänen avulla voidaan korvata tekstiä tai grafiikkaa matkapuhelimissa [51], [52], kuten esimerkiksi navigointisovelluksessa autonkuljettajan ei tarvitse seurata ohjeita matkapuhelimen näytöltä, sillä sovellus ilmoittaa ajo-ohjeet äänen avulla.

Matkapuhelimen fyysinen koko asettaa rajoituksia myös informaation syöttämiselle, sillä 86 prosentissa matkapuhelimista on käytössä 3x4-näppäimistö [20]. Kosketusnäyttö on käytössä noin 11 prosentissa matkapuhelimista, ja täysinäppäimistö noin 10 prosentissa. Kuten prosenteista voikin huomata, niin osassa matkapuhelimissa on käytössä näiden yhdistelmiä. 3x4 näppäimistön etuna on mahdollisuus käyttää matkapuhelinta yhdellä kädellä, mutta samalla yksi ongelmista on tiedon syöttämisen hitaus [51], [53]. Osa matkapuhelinkäyttäjistä oppii käyttämään matkapuhelimen näppäimistöä nopeasti, mutta osalle informaation syöttäminen matkapuhelimen avulla tuottaa vaikeuksia [54].

Kosketusnäytöllisissä matkapuhelimissa informaation syöttämiseen käytetään virtuaalista näppäimistöä, jolloin näppäinten painallukseen käytetään laitteen kosketusnäyttöä. Jos virtuaalinäppäimistöä on liian suuri, niin rajoittaa se matkapuhelimen näytöllä esitettävän informaation määrää. Virtuaalinäppäimistöt kärsivät myös tuntuaistipalautteen puuttumisesta, vaikka tätä rajoitusta onkin osittain korvattu äänimerkkien ja värähtelyn avulla [52].

Taulutietokoneissa on normaalisti 7-10 tuuman näyttö, jolloin kuvien tai tekstien esittäminen on vapaampaa. Kuitenkin informaation syöttämisen ongelmat ovat samat taulutietokoneissa kuin matkapuhelimissa, sillä taulutietokoneissa ei yleensä ole näppäimistöä vaan laitteen ohjaamiseen käytetään kosketusnäyttöä.

Mobiililaitteiden liikkuvuus sekä datayhteydet asettavat suurimmat rajoitukset palvelun saatavuudelle. Noin 15 prosentista Suomen matkapuhelimista ei ole mahdollista käyttää minkäänlaista datayhteyttä. Nopeampi 3G-datayhteys on tuettu ainoastaan reilussa 40 prosentissa laitteista [20]. Vaikka matkapuhelin tukisi nopeampaa datayhteyttä, niin Suomessa on edelleen paljon alueita, jossa ei ole 3G-matkapuhelinverkkoa [55]. Lopuissa matkapuhelimista on käytössä ainoastaan GSM-verkossa toimiva GPRS-datayhteys. Langatonverkkoyhteys on tuettu noin 20 prosentissa matkapuhelimista [20]. Taulutietokoneissa langatonverkkoyhteys on tyypillisin käytettävissä oleva datayhteys, ja vain osassa taulutietokoneista on 3G-datayhteys [56]. Matkapuhelimen fyysinen koko on pienempi verrattuna taulutietokoneeseen, jolloin matkapuhelimen liikkuvuus on monipuolisempi. Taulutietokoneiden suurempi fyysinen koko merkitsee myös sitä, että niissä on suurempi suorituskyky kuin matkapuhelimissa. Kuitenkin suorituskyky sekä iso näyttö pienentävät taulutietokoneen käyttöaikaa.

Lisälaitteiden käyttäminen onnistuu vain osalla matkapuhelimista. Yli 70 prosentilla matkapuhelimista on kamera ja Bluetooth-yhteys käytettävissä oletuksena [20]. Integroitu GPS-paikkannus on oletuksena noin 30 prosentissa matkapuhelimista [20]. Suuressa osassa taulutietokoneissa on vähintään yksi kamera, mutta Bluetooth-yhteys tai sisäinen GPS-paikkannus ovat vaihtelevasti tuettuina [56].

### **3.3.2 Ohjelmalliset rajoitukset**

Matkapuhelinten perustoiminnallisuudet, kuten puheluiden soittaminen ja tekstiviestien lähettäminen ovat standardoituja toiminnallisuuksia, joita kaikkien matkapuhelinvalmistajien tulee noudattaa. Muiden ominaisuuksien osalta mobiililaitteiden käyttöjärjestelmissä on yleisistä standardeista poikkeavia toimintoja ja määrittelyjä [23]. Multimediaformaattien ja kehitysympäristöjen osalta rajoitukset liittyvät mobiililaitteessa käytettävään käyttö-

järjestelmään. Seuraavissa kappaleissa on esitelty käyttöjärjestelmän oletusselaimen tuke-  
mia WWW-teknologioita, sillä käyttäjä ei välttämättä osaa asentaa laitteeseen vaihtoehto-  
ista selainta, jolla voi parantaa WWW-teknologioiden tukea.

Nokian peruspuhelimille sovelluksia voidaan toteuttaa käyttäen Java ME tai Adobe Flash  
Lite -kehitysympäristöjä [57]. Peruspuhelinten vanhemmissa versioissa on tuki WAP,  
HTML ja XHTML WWW-teknologioille. Multimedian osalta peruspuhelimeissa on tuki  
3GPP H.263- ja MPEG4-videoformaateille; JPEG-, PNG- ja BMP-kuvaformaateille; sekä  
ACC- ja MP3-ääniformaateille [57]. Peruspuhelinten uusimmissa versioissa WWW-  
teknologiatukea on laajennettu CSS 2.1-, HTML 4.0- ja JavaScript 1.8 -teknologioihin.  
Multimediatukea on laajennettu H.264/AVC-videoformaatile sekä SVG-vektorigrafiikalle  
[57].

Nokian Symbian-käyttöjärjestelmässä virallisesti tuettuja kehitysympäristöjä ovat Java  
ME, C++ ja Adobe Flash Lite. Qt-kehitysympäristö on tuettuna versiosta 3<sup>rd</sup> alkaen [58].  
Jo ensimmäisessä Symbian versiossa on osittainen tuki HTML- ja WAP-teknologioille, ja  
uusimmissa versioissa käyttöjärjestelmän oletusselaimessa on tuki HTML5-standardille  
[59]. Multimediaformaattien osalta käyttöjärjestelmässä on tuki samoille formaateille kuin  
Nokian peruspuhelimeissa [60].

Android-käyttöjärjestelmälle sovelluksia toteutetaan pääasiassa Java-ohjelmointikielellä,  
joka poikkeaa Oraclen omistamasta alkuperäisestä Javasta [26]. Androidin Javalla ja Ora-  
clen Javalla yhteistä on vain ohjelmointikielessä käytettävä syntaksi, joten Oraclen Java SE  
ja ME laajennuksilla toteutetun sovellukset eivät toimi Android-käyttöjärjestelmässä. Ja-  
van lisäksi Android-käyttöjärjestelmälle voi toteuttaa sovelluksia C/C++ ohjelmointikielel-  
lä ja WWW-teknologioilla [61]. iOS-käyttöjärjestelmälle sovelluksia voidaan toteuttaa  
Objective-C-ohjelmointikielellä sekä WWW-teknologioilla [62]. Android- ja iOS-  
käyttöjärjestelmissä multimediaformaattit ovat tuettuina hyvin laajasti [62], [63]. Kuva-,  
video- ja ääniformaattien osalta edellisissä kappaleissa mainitut formaattit ovat tuettuina  
molempien käyttöjärjestelmien älypuhelin- ja taulutietokoneversioissa.

Windows Phone -käyttöjärjestelmälle sovelluksia voi toteuttaa useilla ohjelmointikielillä,  
kuten Visual C++ -, Visual C# - ja Visual Basic -ohjelmointikielellä [64]. Näiden lisäksi

Windows Phone -käyttöjärjestelmässä on tuki JScript-ohjelmille, joita suoritetaan käyttöjärjestelmän Internet Explorer Mobile -selaimessa. Windows Phone -käyttöjärjestelmässä on tuki yleisimmille multimediaformaateille, kuten 3GPP H.263- ja MPEG4-videoformaateille; JPEG-, PNG- ja BMP-kuvaformaateille; sekä ACC- ja MP3-ääniformaateille [65].

Palvelun informaation esittämisessä ja syöttämisessä tulee käyttää yleisimpiä multimediaformaatteja. Kuvien esittämisessä tulee käyttää JPEG- tai PNG-kuvaformaatteja; äänen esittämisessä MP3- ja ACC-ääniformaatteja; ja videoiden esittämisessä 3GPP H.263- ja MPEG4-videoformaatteja. Kehitysympäristöjen osalta ei ole yhteistä ohjelmointikieltä tai ohjelmointirajapintaa, joiden avulla sovelluksen voisi toteuttaa jokaiselle mobiililaitteelle. Ainoastaan WWW-teknologia on osittain tuettuina jokaisessa yllä esitetystä mobiilikäyttöjärjestelmässä.

## 4 Teknologiakatsaus

Tässä luvussa tutustutaan tarkemmin luvussa 3.3.2 esiteltyihin teknologioihin. Luvussa 4.1 rajataan osa teknologioista tutkimuksen ulkopuolelle, ja luvussa 4.2 esitellään tutkimukseen valitut teknologiat. Viimeisessä luvussa 4.3 tutustutaan sisällön adaptoitumiseen, ja adaptoitumisen toteutustapoihin.

### 4.1 Teknologioiden valinta ja rajaus

Luvun 3.1 perusteella on selvää, ettei palvelun kaikkia luvussa 2 esiteltyjä ominaisuuksia voida tuoda peruspuhelimille, sillä esimerkiksi kuvien tai videoiden käyttäminen ei ole mahdollista kaikilla peruspuhelimilla. Jotta palvelu olisi kaikkien matkapuhelinkäyttäjien saatavilla, niin pitää palvelua pystyä käyttämään äänipuhelu- tai tekstiviestiteknologioiden avulla, jotka ovat tuettuina kaikissa matkapuhelimissa. Kuitenkaan palvelua ei voida rakentaa ainoastaan äänipuhelu- ja tekstiviestiteknologioiden avulla, sillä kyseiset teknologiat eivät ole tuettuina kaikissa taulutietokoneissa.

Wassermannin [24] mukaan sovelluskehittäjällä on neljä vaihtoehtoa palvelun toteutuksessa mobiilikäyttöjärjestelmille. Ensimmäinen vaihtoehto on toteuttaa palvelu ainoastaan yhdelle käyttöjärjestelmälle, toinen vaihtoehto on toteuttaa palvelu jokaiselle käyttöjärjestelmälle erikseen, kolmas vaihtoehto on toteuttaa palvelu WWW-teknologioilla, ja viimeinen vaihtoehto on toteuttaa palvelu abstraktikerrosten päälle. Ensimmäinen vaihtoehto ei sovellu tähän tutkimukseen, sillä palvelun tulee toimia kaikilla mobiililaitteilla. Toinen vaihtoehto lisää toteutuksen kustannuksia huomattavasti. Kuitenkin kolmannen ja neljännen vaihtoehdon yhdistelmällä voidaan palvelun saatavuus mahdollistaa jokaiselle mobiililaitteelle. Tällöin älypuhelimille ja taulutietokoneille palvelu toteutetaan käyttäen WWW-teknologioita, ja peruspuhelimille palvelu toteutetaan käyttäen äänipuhelu- ja tekstiviestiteknologioita. Palvelun toiminnallisuudet muodostavat kerroksen, jonka kautta valitut teknologiat voivat käyttää palvelua.

Luvussa 3.3.2 esiteltiin alustasta riippumattomia kehitysympäristöjä, kuten Java ME, Adobe Flash ja Qt. Seuraavissa alaluvuissa perustelut sille miksi kyseiset teknologiat rajataan pois tästä tutkimuksesta.

#### **4.1.1 Java ME**

Java ME on sulautetuille järjestelmille suunnattu kehitysalusta, joka on kevyempi ja rajoituneempi versio alkuperäisestä Java-kehitysalustasta [26]. Java ME sovelluksia suoritetaan erillisessä virtuaalikoneessa, joka mahdollistaa sovellusten alustariippumattomuuden. Edelleen virtuaalikoneen takia sovelluksilla on rajoitettu pääsy mobiililaitteen varsinaiseen järjestelmään [26]. Java ME sovellukset ovat tuettuina yli 80 prosentissa Suomen matkapuhelimista [20]. Vaikka Java ME sovellukset ovat alustariippumattomia, niin se ei kuitenkaan takaa sitä, että sovellus toimisi kaikilla alustoilla ilman laitekohtaisia muutoksia [26], [27]. Lisäksi Java ME ei ole tuettuna uusimmissa mobiilikäyttöjärjestelmissä, kuten Androidissa, iOS:ssä ja Windows Phonessa.

#### **4.1.2 Adobe Flash**

Adobe Flash on multimediatekniikan kehitysalusta, joka mahdollistaa interaktiivisten animaatioiden ja videoiden esittämisen itsenäisessä ohjelmassa tai WWW-sivulla. Flash-sovelluksia suoritetaan erillisellä Adobe Flash Player -ohjelmalla, josta on kevyempi versio mobiililaitteille. Vuonna 2010 Adoben Flash oli tuettuna noin 10 prosentissa älypuhelimista, tosin osuus on kasvanut reiluun 30 prosenttiin vuoden 2011 loppuun mennessä [66]. Adobe Flash sovellukset ovat tuettuina Nokian Series 40- ja Symbian käyttöjärjestelmissä sekä Android- ja Blackberry käyttöjärjestelmissä [57], [66], [67]. Adobe Flash ei ole tuettuna iOS ja Windows Phone käyttöjärjestelmissä. Lisäksi marraskuussa 2011 Adobe ilmoitti keskittyvänsä HTML5 ja Adobe AIR teknologioihin, ja lopettavansa Adobe Flash tuen mobiililaitteissa [68].

#### **4.1.3 Qt**

Qt on Nokian omistama avoimen lähdekoodin kehitysympäristö, jota käytetään laajasti graafisten sovellusten tekemiseen [58]. Poiketen edellä mainituista kehitysympäristöistä,

Qt-kehitysympäristöllä toteutetut sovellukset käännetään jokaiselle alustalle erikseen. Qt on virallisesti tuettuna ainoastaan Nokian Symbian, Maemo ja MeeGo käyttöjärjestelmissä sekä vanhemmissa Windows Mobile käyttöjärjestelmissä [59]. Qt-teknologiaa käyttävät sovellukset toimivat ainoastaan noin 26 prosentissa Suomen mobiililaitteista [20].

## 4.2 Teknologioiden esittely

Luvussa 4.1 tutkimuksen kehysmalliin valitut teknologiat ovat äänipuhelu, tekstiviesti sekä WWW-sovellukset. Seuraavissa alaluvuissa esitellään kyseiset teknologiat tarkemmin.

### 4.2.1 Äänipuhelu

Perinteisten lankapuhelimien historia alkaa 1800-luvun lopulla, jolloin useat keksijät työskentelivät puhelintekniikan parissa. Nykyisen ymmärryksen mukaan varsinaisen puhelimen keksi italialainen Antonio Meucci vuonna 1876 [69]. Puhelimessa ääni muutetaan sähkömagneettiseksi signaaliksi, joka siirretään puhelinlinjaa pitkin vastaanottajalle. Vastaanottaja muuntaa signaalin takaisin ääneksi. Suomen ensimmäisen puhelinlinjan rakensi Johan Nissinen vuotta myöhemmin, ja Suomen ensimmäinen puhelinkeskus perustettiin Turkuun vuonna 1881[70]. Ensimmäinen matkapuhelinverkko avattiin Suomeen vuonna 1971. Nykyisin Suomessa on noin 8,4 miljoonaa matkapuhelinliittymää ja 1,3 miljoonaa lankapuhelinliittymää [1].

Lee ym. mukaan [71] äänipuhelupalvelut voidaan luokitella aloitteen ja interaktiivisuuden mukaan. Aloite voi tulla palvelulta, jolloin äänipuhelupalvelu soittaa käyttäjälle. Tällaista aloitetta käytetään yleensä lyhyissä henkilökohtaisissa viesteissä ja muistutuksissa. Toinen aloitemuoto on se, jolloin käyttäjä soittaa palveluun. Molemmissa aloitetapauksissa interaktiivisuus voi olla yksi- tai kaksisuuntaista. Kahdensuuntainen interaktiivisuus mahdollistaa informaation esittämisen ja syöttämisen. Yhdensuuntainen interaktiivisuus sisältää pelkästään informaation esittämisen.

Äänipuhelupalvelut perustuvat kommunikointiin ihmisen tai tietokoneen kanssa [71]. Tietokonepohjaiset äänipuhelupalvelut käyttävät puheentunnistusta, puhesyntetisaattoria tai äänitaajuusvalintaa (engl. *Dual-Tone Multi-Frequency*) palvelun toteutuksessa [71]. Ääni-



taajuusvalinnassa käyttäjä syöttää informaatiota painamalla puhelimen numeronäppäimiä. Äänitaajuusvalinta on yleisesti käytössä äänipuhelupalveluissa, sillä yleensä palvelun alussa käyttäjä joutuu valitsemaan numeronäppäimillä aihealueen. Puhesyntetisaattori muuttaa tekstipohjaisen informaation ääneksi. Puheentunnistuksessa palvelua käytetään äänikomentojen avulla [72]. Näiden lisäksi yleinen käytössä oleva menetelmä äänipuhelupalveluissa on tallentaa informaatio ääniviesteiksi, joita toistetaan käyttäjille. Tällainen menetelmä on käytössä esimerkiksi puhelinvastaajissa.

Tietokonepohjaisten palveluiden hyötyjä ovat ajasta ja paikasta riippumattomuus sekä useiden asiakkaiden yhdenaikainen palveleminen. Toisaalta puheentunnistuksen heikkoutena on erilaisten murteiden ja puheviakaisten käyttäjien luotettava tunnistus. Lisäksi tietokonepohjaiset palvelut ovat teknillisesti monimutkaisempia, kuin perinteinen ihmisen kanssakäymiseen perustuvat äänipalvelut.

Matkapuhelimissa yksi tunnetuimmista puheentunnistukseen pohjautuvista palveluista on Applen iOS -käyttöjärjestelmään integroitu Siri [73]. Puheen avulla käyttäjä voi lähettää tekstiviestejä, soittaa puheluita, organisoida kalenteria ja kysyä ruuhka- ja sää tietoja. Aikaisemmista puheentunnistuksista poiketen puhekomentojen ei tarvitse olla tietyssä formaatissa eikä palvelun käyttöönotto vaadi erillistä kalibrointia. Palvelu osaa tunnistaa luonnollisen puhekielen, sekä palvelu oppii käyttäjän tunnistamaan paremmin käyttäjän puhetta ajan myötä [74]. Varsinaista puheentunnistusta ei tehdä matkapuhelimessa vaan matkapuhelimen sovellus nauhoittaa puheen ja lähettää sen ulkoiselle palvelimelle prosessoitavaksi.

Nuancen kehittämä puheentunnistussovellus osaa tunnistaa suomen kieltä [75]. Suomessa on useita puheentunnistukseen pohjautuvia palveluita, kuten Lahden kaupungin suun terveydenhuollon ajanvaraus ja Oulun aluetaksin tilauspalvelu [72]. Molemmat palvelut käyttävät Suomen Puheentunnistus Oy:n kehittämää suomen kielen akustista mallia sekä IBM:n Voice Server -ohjelmistoa. Palvelut osaavat tunnistaa luonnollista kieltä sekä suomen murteita.

Vuonna 2009 tehdyssä tutkimuksessa [76] todettiin äänipalvelun käyttämisen vähentävän virheellisen informaation syöttämistä. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa vertaillaan kolmea

erilaista käyttöliittymää tuberkuloosisairauteen liittyvien tietojen keräämisessä. Vertailevina käyttöliittyminä ovat sähköinen lomake, tekstiviesti ja äänipuhelu. Sähköisen lomakkeen ja tekstiviestien kautta kerättyjen tietojen virheaste oli noin 4 prosenttia, kun taas puhpalvelun kautta kerättyjen tietojen virheaste oli alle yhden prosentin.

#### **4.2.2 Tekstiviesti**

Tekstiviesti on lyhyt viesti, joka lähetetään mobiililaitteesta matkapuhelinverkon kautta toiseen mobiililaitteeseen. Tekstiviestiviestintäjärjestelmä esiteltiin ensimmäisen kerran vuonna 1984 osana GSM-matkapuhelinjärjestelmää [77]. Tekstiviestien koko jouduttiin aluksi rajaamaan 128-tavuun, jotta tekstiviesti mahtuisi käytettävissä oleviin signaaliformaatteihin [77]. Myöhemmin tekstiviestien koko laajennettiin 140-tavuun, joka 7-bittisellä merkkikoodauksella mahdollistaa 160 merkin lähettämisen. Nykyisin on mahdollista lähettää pitempiä viestejä, jotka lähetyksen aikana pilkotaan useampiin pienempiin tekstiviesteihin, ja vastaanottaessa pienet viestit kasataan takaisin alkuperäiseksi viestiksi [77]. Vuonna 2010 noin 6.1 triljoonaa tekstiviestiä lähetettiin maailmalla [78]. Tekstiviestit ovat käyttäjille tai palveluntarjoajalle maksullisia, joten jos tekstiviesti on käyttäjälle maksuton, niin maksaa palveluntarjoaja jokaisesta vastaanottamastaan viestistä. Tekstiviestin korvauksiksi kehitettiin multimediamviestit, jotka voivat sisältää tekstin lisäksi erilaisia multimediaobjekteja, kuten kuvaa, ääntä ja videota. Suomessa noin 80 prosenttia käytössä olevista matkapuhelimista tukee multimediamviestejä [20].

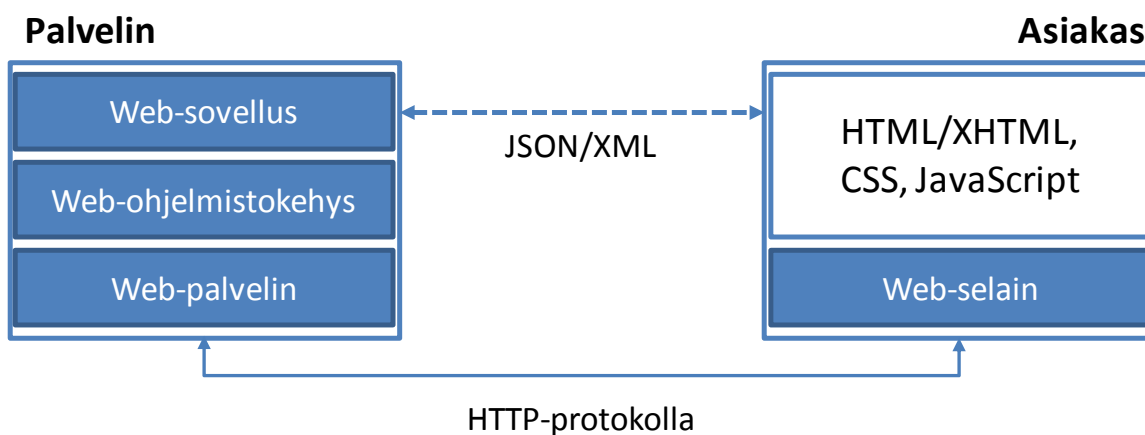
Tekstiviestien lähettäminen ja vastaanottaminen on mahdollista liittää osaksi tietojärjestelmää SMS Gateway -palveluntarjoajien avulla. Tekstiviestien liittäminen tietojärjestelmään mahdollistaa tekstiviestien automaattisen lähettämisen, sekä vastaanotettujen tekstiviestien automaattisen prosessoinnin. Yleensä tekstiviestien avulla välitetään lyhyitä ja yksinkertaisia informaatio-sanomia, kuitenkin Stone ym. tekemässä tutkimuksessa [16] huomataan, että tekstiviestejä voidaan käyttää myös monimutkaisten tehtävien suorittamiseen. Automaattisen tekstiviestipalvelun saatavuus on ajasta riippumaton. Tekstiviestipalvelu voi olla myös puoliautomaattinen, jolloin saapuneet viestit prosessoidaan automaattisesti, ja jos prosessoinnissa havaitaan virheitä, niin viestit ohjataan ihmiselle käsiteltäväksi.

Vuonna 2002 tehdyssä tutkimuksessa [16] selvitetään tekstiviestin tehokkuutta tiedonkeräämisessä, sekä verrataan erilaisia tekstiviestillä toteutettavia tiedonkeruumalleja. Tutkimuksessa valitaan 1000 matkapuhelinkäyttäjää, jotka jaetaan neljään ryhmään. Jokaisen ryhmän jäsenelle lähetetään tieto arvonnasta, johon voi osallistua lähettämällä henkilötiedot paluuviestinä. Ensimmäiselle ryhmälle viesti lähetetään sähköpostilla, toiselle ryhmälle yhdellä tekstiviestillä, kolmannelle ryhmälle tekstiviestikysely on jaettu kahteen osaan, ja viimeiselle ryhmälle tekstiviesti on jaettu kolmeen osaan. Tekstiviestiryhmillä oli tutkimuksen mukaan suurin vastausprosentti ja pienin keskimääräinen vastausaika. Toisaalta tekstiviestiryhmillä vastausten oikeellisuus oli ryhmien heikoin. Tutkimuksessa [16] todetaankin, että tekstiviestin vapaamuotoinen syöte asettaa haasteita tiedon automaattiselle prosessoinnille.

Rodgersin ym. vuonna 2005 tekemässä tutkimuksessa [4] toteutetaan palvelu, joka lähettää tupakanpolttoa lopettaville henkilöille tekstiviestejä. Tutkimuksen tulokset ovat positiivisia, sillä lopettajien määrä on melkein kaksinkertainen verrattuna ryhmään, joka ei saanut tekstiviestejä. Tekstiviestien lähettämisestä vastaa algoritmi, joka valitsee yli tuhannen viestin joukosta henkilölle sopivan viestin. Tekstiviestit sisältävät ohjeita siihen kuinka vältellä tupakoinnin aloittamista, kannustavia lauseita ja vaihtoehtoja tupakanpolttamiselle.

Oppimisen alueella tekstiviestiä on käytetty esimerkiksi englanninkielen sanojen opetteluun [15]. Tutkimuksen tuloksena on, että tekstiviestipalvelua käyttäneet opiskelijat selviytyivät testaavassa testissä huomattavasti paremmin kuin aloitustestissä. Tutkimukseen [15] osallistuville opiskelijoille lähetetään tutkimuksen aikana 48 erilaista viestiä, ja jokainen viesti toistetaan kolme kertaa. Tekstiviesti sisältää englanninkielisen sanan ja sille käännöksen. Oppilaat kokivat tekstiviestipalvelun miellyttäväksi, motivoivaksi sekä helpoksi tavaksi oppia uusia sanoja. Tutkimus osoittaa sen, että yksinkertaisella palvelulla voidaan parantaa oppilaiden ulkomaisenkielen taitoja.

### 4.2.3 WWW-sovellus



Kuva 2. WWW-sovelluksen ulkoinen arkkitehtuuri

WWW-sovellus on sovellus, joka on käytettävissä Internet-verkon kautta, ja sovellusta suoritetaan WWW-selaimessa. WWW (engl. *World Wide Web*) koostuu hajautetuista hypertekstidokumenteista, joita WWW-selain hakee WWW-palvelimilta. WWW-sovelluksen ulkoinen arkkitehtuuri perustuu palvelin-asiakas arkkitehtuuriin (Kuva 2). WWW-selain lähettää palvelimelle pyynnön, johon palvelin vastaa. Vastaus pitää sisällään tiedon pyynnön onnistumisesta sekä pyydetyn asian. Pyyntöjen välittäminen hoidetaan HTTP-sovellusprotokollalla [79], joka on tilaton protokolla. Tilattomalla protokollalla tarkoitetaan sitä, etteivät pyyntöjen tulokset ole riippuvaisia edellisestä tuloksesta, jolloin samantyyppisellä pyynnöllä saadaan aina sama vastaus.

HTML-dokumentteja käytetään informaation esittämiseen WWW-sovelluksissa. HTML-kuvauskielellä toteutetut dokumentit mahdollistivat tekstien, kuvien, videoiden ja äänien esittämisen käyttäjälle [80]. HTML 4.01 on nykyinen käytössä oleva versio kuvauskielestä. Multimediaformaattien esittämisestä vastaa WWW-selain, jolloin multimediaformaattien toimivuus riippuu WWW-selaimesta sekä osittain käytettävästä käyttöjärjestelmästä. HTML-dokumenttien ominaisuutena on mahdollisuus luoda linkkejä toisiin HTML-dokumentteihin ja tiedostoihin. Yksinkertaisimmillaan WWW-sovelluksen sisältö on staattinen, jolloin palvelimen toimittama sisältö on kaikille asiakkaille sama ja muuttumaton. WWW-ohjelmistokehyksillä on kuitenkin mahdollista toteuttaa monipuolisia sovelluksia, joiden sisältö perustuu käyttäjän tunnistamiseen ja käyttäjäkohtaisen tiedon esittämiseen.

Toinen WWW-sovelluksissa käytettävä kuvauskieli on XHTML, joka pohjautuu HTML-kuvauskieleen ja täyttää XML-kuvauskielen muotovaatimukset. XHTML kehitettiin parantamaan HTML-dokumenttien laajennettavuutta sekä yhteensopivuutta muiden tietomaattien kanssa [81]. HTML-dokumenttien ulkoasua ja tyyliä voidaan määrittellä CSS-tyyliohjeella. Tarkoituksena on erottaa esitettävä informaatio sen muotoilusta, jolloin informaation muotoilusta tulee joustavaa ja uudelleen käytettävää. Lisäksi tyyliohjeiden avulla informaatio voidaan esittää erilaisilla laitteilla ilman, että informaation sisältöä tarvitsee muuttaa.

WWW-sovelluksen sovelluslogiikka voidaan toteuttaa WWW-palvelimella käyttäen WWW-ohjelmistokehyksiä. Osa WWW-sovellusten logiikasta voidaan toteuttaa myös WWW-selaimen käyttäen JavaScriptiä [82]. JavaScript on dynaamisesti tyyhitetty, tulkittava oliopohjainen komentosarjakieli, jonka tarkoituksena on tehostaa HTML-dokumenttien käyttöliittymää ja dynaamisuutta. JavaScript-komennot voivat olla osa HTML-dokumenttia tai HTML-dokumentissa viittauksena.

WWW-sovelluksissa palvelimen ja selaimen välisessä tiedonsiirrossa käytetään usein JSON- tai XML-formaatteja. JSON on kevyt tekstipohjainen formaatti, jota käytetään tietorakenteiden, assosiativisten taulukoiden ja objektien esittämiseen. Vaikka JSON pohjautuu JavaScript-komentosarjakielen, niin voidaan sitä käyttää itsenäisesti muissa ohjelmointikielissä. XML on kuvauskieli, joka määrittelee säännöt dokumentissa olevan sisällön käsittelyyn. Vaikka XML-kuvauskielen tarkoitus on määrittellä dokumenttien sisältöä, niin käytetään sitä myös tietorakenteiden määrittelyyn. XML poikkeaa HTML-kuvauskielestä siten, että XML-kuvauskielessä ei ole sisällön elementtejä määritelty ennalta.

WWW-teknologioilla voidaan toteuttaa monipuolisia sovelluksia, jotka toimivat useilla mobiililaitteilla ilman suuria laitekohtaisia muutoksia [23]. Kuitenkin WWW-sovellusten monipuolisuutta rajoittaa se, ettei WWW-sovelluksilla ei ole pääsyä käyttäjän paikalliseen tietojärjestelmään. Tämä estää esimerkiksi asiakaskoneen tiedostojärjestelmän käytön väliaikaisena tallennustilana sekä pääsyn asiakaskoneen lisälaitteisiin. Lisäksi WWW-sovellusten itsenäinen toiminta ilman verkkoyhteyttä on hyvin rajoittunut.

Kehitteillä olevassa HTML5-standardissa [83] on esitelty uusia ominaisuuksia ja rajapintoja, joiden avulla WWW-sovelluksilla on osittainen pääsy asiakaskoneen järjestelmiin sekä mahdollisuus toimia ilman verkkoyhteyttä. JavaScript rajapintojen avulla WWW-sovellus voi esimerkiksi saada käyttäjän paikkatiedon, tallentaa tietoa paikallisesti tai lukea asiakaskoneen sensoritietoja. Uusi standardi määrittelee myös tuettavat multimediaformaattit videolle ja äänelle. Vaikka HTML5-standardi on vielä luonnosvaiheessa, niin useat WWW-selaimet tukevat kyseistä standardia [84]. Mobiililaitteen HTML5-dokumenttien tukea voi parantaa asentamalla laitteeseen vaihtoehtoisen WWW-selaimen, kuten esimerkiksi Opera Mobilen. Uusi standardi ei kuitenkaan poista kaikkia WWW-sovellusten rajoituksia, sillä standardi ei määrittele rajapintoja kaikille lisälaitteille, kuten kameralle [23].

WWW-sovellusten rajoittuneisuutta voidaan ohittaa toteuttamalla niin sanottu hybridisovellus [23]. Hybridisovellus on WWW-teknologioilla toteutettu sovellus, joka käännetään jokaiselle mobiilikäyttöjärjestelmälle erikseen. Hybridisovellusta suoritetaan mobiililaitteessa tavallisen sovelluksen tapaan, jolloin sovelluksella on pääsy mobiililaitteen ominaisuuksiin. Lisäksi hybridisovellukset toimivat ilman verkkoyhteyttä, ja tarvittaessa voivat kommunikoida ulkopuolisten palvelimien kanssa [23]. Hybridisovelluksissa on kuitenkin rajoituksia verrattuna alkuperäissovelluksiin, sillä hybridisovellusten avulla ei voida käyttää kaikkia asiakaskoneen lisälaitteita, kuten USB-laitteita. Jos toteutettava palvelu vaatii erikoisempien lisälaitteiden käyttämisen, niin ei sitä voida toteuttaa WWW-sovelluksella.

### 4.3 Sisällön adaptoituminen

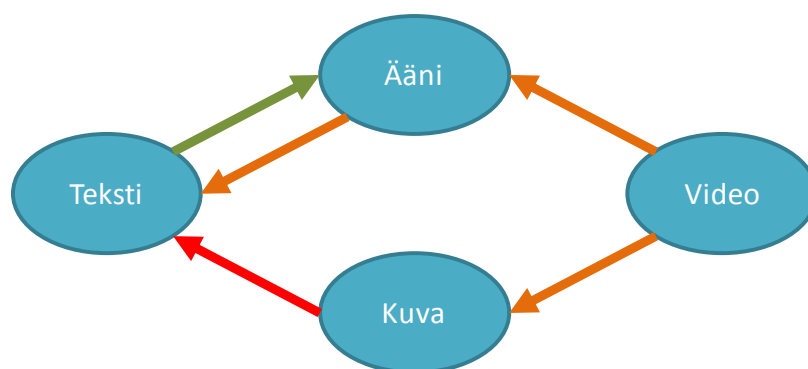
Sisällön adaptoitumisella (engl. *context adaptation*) tarkoitetaan palvelun sisällön mukautumista päätelaitteen [30], [34]; käyttäjän [32], [33] tai yhteyden [31], [34] mukaan. Adaptoitumisella voidaan parantaa palvelun saatavuutta ja käytettävyyttä. Päätelaitteelle mukautumiseen vaikuttavat mobiililaitteen rajoitukset, kuten näytön koko ja käyttöjärjestelmän tukemat multimediaformaattit. Käyttäjän mukaan sisältö voi adaptoitua käyttäjän rajoitusten mukaan, kuten näkö- ja kuulorajoittuneisuuden mukaan. Sisältö voi myös adaptoitua käyttäjän aikaisemman historian mukaan, kuten esimerkiksi oppimistason mukaan. Sisältö voi adaptoitua mobiililaitteen datayhteyden mukaan, kuten esimerkiksi huonolla datayhteydellä siirrettävän datan määrää pyritään minimoimaan. Tässä tutkimuksessa käsitellään

pääasiassa sisällön adaptoitumista päätelaitteen mukaan. Jokaisella menetelmällä on hyviä ja huonoja puolia, ja palvelun sisältö vaikuttaa menetelmän valitsemiseen.

Sisällön adaptoitumisella voidaan parantaa palvelun saatavuutta ja toimivuutta sekä säästää palvelimen resursseja [31]. Adzicin ym. tekemän selvityksen [85] mukaan sisällön adaptoitumisen prosessi voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat missä adaptointi suoritetaan, milloin adaptointi suoritetaan ja mitä adaptoidaan. Sisällön adaptoituminen voidaan toteuttaa palvelimella, päätelaitteessa tai siirtoyhteyden välittäjässä. Palvelimella tapahtuvan adaptoinnin hyviä puolia ovat päätelaitekohtainen räätälöinti sekä sisällöntuottajan kontrolli siihen, kuinka adaptointi suoritetaan. WWW-palvelin voi muuttaa multimediasisältöä kevyemmäksi pienentämällä kuvia ja heikentämällä videoiden laatua, jos käyttäjällä on hidas verkkoyhteys käytössä [30], [85]. Palvelin adaptoinnin huonoina puolina ovat päätelaiterekisterin ylläpito sekä adaptoinnista mahdollisesti johtuvat haitat työpöytäkäyttäjille. Päätelaitteessa tapahtuvan adaptoinnin suurin hyöty on käyttäjän mahdollisuus vaikuttaa adaptointiin. Käyttäjä voi asetusten avulla säätää adaptointia ja siten valita parhaat asetukset päätelaitteelleen. Päätelaitteessa tapahtuva adaptointi vaatii päätelaitteelta ja siirtoyhteydeltä enemmän resursseja, sillä alkuperäinen informaatio siirretään päätelaitteeseen käsiteltäväksi. Siirtoyhteyden välittäjässä tapahtuva adaptointi vähentää palvelimella sekä päätelaitteella tarvittavia resursseja. Lisäksi, jos välittäjä toimii itsenäisesti palvelimesta riippumatta, niin voidaan samaa välittäjää käyttää useiden palvelimien sisältöön. Opera Mini WWW-selain käyttää siirtoyhteyden välittäjässä tapahtuvaa adaptointia, joka parantaa vanhemmilla mobiililaitteilla WWW-sovellusten käyttöä. Huonona puolena välittäjässä tapahtuvassa adaptoinnissa on päätelaitteen riippuvuus välittäjästä.

Palvelun sisältö voidaan adaptoida ennen sisällön toimittamista päätelaitteelle tai reaaliajassa [31]. Ensimmäisessä tapauksessa palvelimella on useita versioita sisällöstä valmiiksi adaptoituna, joista valitaan päätelaitteelle sopivin sisältö. Tällainen adaptointi on yksinkertainen toteuttaa, ja vie vähän palvelimen resursseja. Kuitenkin sisällönhallinta ja päivittäminen monimutkaistuvat, sillä sisällöstä pitää toteuttaa useita versioista [31]. Reaaliaikainen adaptointi voidaan toteuttaa kaikissa edellisen kappaleen mainitsemisissä sijainneissa.

Adzicin ym. tekemässä selvityksessä [85] sisällön adaptointi on jaettua kahteen menettelytapaan. Ensimmäisessä menettelytavassa multimediaformaattit poistetaan sisällöstä, jolloin pelkkä teksti toimitetaan päätelaitteelle. Tällainen menetelmä on hyvin yksinkertainen toteuttaa, mutta menetelmän huonona puolena on informaation häviäminen, jolloin sisällön merkitys voi muuttua tai jäädä epäselväksi. Toisessa menettelytavassa sisältö korvataan toisella sisällöllä tai sisältöä muutetaan päätelaitteelle sopivaksi [31], [32]. Korvausmenetelmä on myös hyvin yksinkertainen, mutta se vaatii sisällöntuottajalta hieman enemmän mitä rajausmenetelmä. Korvauksessa sellainen osa sisällöstä, joka ei ole tuettu päätelaitteella korvataan toisella ennalta määritetyllä sisällöllä. Esimerkiksi video-ohje voidaan korvata tekstillisellä ohjeella. Jos vaihtoehtoista sisältöä ei ole määritelty, niin voidaan käyttää rajausmenetelmää ja jättää kyseinen sisältö pois.



Kuva 3. Sisällön adaptoituminen toiseen formaattiin ja informaatiohäviö

Muokkausmenetelmä on hankalampi toteuttaa kuin rajaus- ja korvausmenetelmä, mutta menetelmällä voidaan pienentää informaatiohäviötä ja vaihtoehtoisen sisällön tuottamista. Muokkausmenetelmässä, joko informaatio muutetaan formaatista toiseen tai informaatio skaalataan päätelaitteelle sopivaksi. Kuvassa (Kuva 3) on esitetty formaattien muutossuhteet [85], sekä muutoksesta johtuva informaation häviäminen. Kuvassa nuolet osoittavat muunnoksen suunnan ja värit kuvaavat häviöasteen. Teksti voidaan muuttaa ääneksi puhe-synteesin avulla, jolloin informaatiohäviö on olematonta. Toisaalta äänen muuttaminen tekstiksi voi sisältää informaatiohäviötä, sillä kaikkia ääniä ei voida muuttaa tekstiksi luontevasti. Kuvien muuttaminen tekstiksi sisältää isoimman informaatiohäviön, ja on teknillisesti hankala toteuttaa. Videon muuntaminen toiseen formaattiin sisältää aina informaation



häviämistä. Sisällön skaalauksessa tekstistä voidaan muuttaa kirjaintyyliä ja kirjaintyylin kokoa. Kuvissa voidaan muuttaa kuvan kokoa, värejä ja pakkausta. Äänissä ja videoissa voidaan muuttaa pakkausta ja pakkauksenlaatua.

## 5 Kehysmalli

Tässä luvussa esitellään teoreettinen kehysmalli palvelun toteuttamiseen. Luvussa 5.1 esitellään kuinka luvussa 2 esitetyt vaatimukset voidaan kattaa luvun 4 teknologioilla. Luku 5.2 esittelee kehysmallin arkkitehtuurikuvauksen, ja luku 5.3 sisällön adaptoitumisen.

### 5.1 Vaatimusten kattaminen

Palvelun käyttöliittyminä toimivat äänipuhelu, tekstiviesti ja WWW-sovellus. Näistä äänipuhelu ja tekstiviesti toimivat kaikilla matkapuhelimilla, ja WWW-sovellus älypuhelimilla, taulutietokoneilla ja tavallisilla tietokoneilla. Äänipuhelussa informaatio esitetään äänen avulla, joka voi perustua nauhoitettuihin viesteihin tai puhesynteesiin. Tekstiviestillä informaatio esitetään ainoastaan tekstimuodossa. WWW-sovellus mahdollistaa näiden lisäksi informaation esittämisen kuvien ja videoiden avulla. WWW-sovelluksessa tulee käyttää luvussa 3.3.2 määriteltyjä multimediaformaatteja, jolloin palvelun sisältö on saatavilla mahdollisimman monelle mobiililaitteelle. Koska nykyisessä HTML 4.01 -standardissa ei ole tukea ääni- ja videoformaateille, niin WWW-sovelluksessa käytetään HTML5-standardia. HTML5-standardi tukee äänen osalta MP3-, WAV- ja OGG-ääniformaatteja [83], joista MP3 ja WAV ovat mobiililaitteissa yleisimmin tuetuimmat. Videon osalta HTML5-standardi tukee MP4-, WebM- ja OGG-videoformaatteja, joista MP4-formaatti on yleisimmin tuettu mobiililaitteissa. Näin ollen äänen ja videon käyttäminen informaationa ei ole mahdollista peruspuhelimien WWW-selaimessa.

Kuten informaation esittämisessä, niin myös informaation syöttämisessä käytetään edellä mainittuja käyttöliittymiä. Äänipuhelussa informaatiota syötetään puheen ja puhelimen numeronäppäimien avulla. Syötteen perustuessa puheeseen puhe nauhoitetaan ääniviestiksi tai muutetaan tekstiksi puheentunnistuksen avulla. Puheentunnistuksessa käyttäjälle ilmoitetaan välittömästi, jos syöte ei ollut oikeassa muodossa tai puheentunnistus ei kyennyt tunnistamaan puhetta oikein. Tekstiviestissä informaation syöte on tekstimuodossa, jolloin tekstiviestikäyttöliittymän tulee olla yksinkertaisena, sillä monimutkaisten ja pitkien viestien syöttäminen tekstiviesteillä on hankalaa [16]. Jos tekstiviestikäyttöliittymä ei tunnista syötettä, niin siitä ilmoitetaan käyttäjälle välittömästi tai ohjataan tekstiviesti käsiteltäväksi

henkilölle. Henkilölle ohjattu prosessointi toimii ainoastaan silloin, kun viestienkäsittelyllä ei ole kiire. WWW-sovelluksissa syöte sisältää useita formaatteja, ja virheellisestä syöteestä voidaan käyttäjälle antaa välitön palaute. Informaatio-syöte tallennetaan samaan formaattiin mitä informaation esittämisessä käytetään, jolloin syötettyä informaatiota voidaan esittää jokaisessa käyttöliittymässä.

Käyttäjä voi rekisteröityä ja käyttää palvelua jokaisen käyttöliittymän kautta ilman, että käyttäjällä on useita profileja palvelussa. Jokaiselle käyttäjälle luodaan ainutlaatuinen tunnus, jonka avulla käyttäjä voidaan yksilöidä. Äänipuhelussa ja tekstiviestissä käyttäjät identifioidaan matkapuhelinnumeron avulla, ja WWW-sovelluksessa käytetään erillistä käyttäjätunnusta. Molemmissa tapauksissa tunnistetiedot liitetään käyttäjän yksilölliseen tunnukseen. Käyttäjän tunnistamisessa voidaan hyödyntää myös vahvempia tunnistusmenetelmiä, kuten pankkitunnuksia.

Käyttöliittymien avulla käyttäjät voivat käyttää palvelun ominaisuuksia, kuten muuttaa henkilökohtaisia tietoja, lisätä tapahtumia, seurata edistymistään, vastaanottaa ja lähettää viestejä. Käyttäjä voi hyödyntää jokaista käyttöliittymää palvelun käyttämiseen, kuten esimerkiksi saada palvelun kyselyt tekstiviestillä, ja vastata kyselyihin WWW-sovelluksen avulla. Kuitenkaan kaikkia palvelun ominaisuuksia ei voi käyttää jokaisen käyttöliittymän kautta.

Lisälaitteiden tuottaman informaation syöttäminen automaattisesti onnistuu ainoastaan WWW-sovelluksen avulla. Äänipuhelun ja tekstiviestin avulla käyttäjä voi käsin syöttää lisälaitteen tuottaman informaation. WWW-sovelluksessa lisälaitteiden käyttäminen on mahdollista ainoastaan käyttämällä HTML5-standardissa [83] määriteltyjä rajapintoja, jotka mahdollistavat paikannuksen ja sensoritiedon hyödyntämisen. Erikoisempien lisälaitteiden, kuten Bluetooth-laitteiden käyttäminen WWW-sovelluksessa ei ole mahdollista. Jos palvelu vaatii erikoisempien lisälaitteiden käyttämisen, niin joudutaan palvelu toteuttamaan perinteisillä kehitysalustoilla. Mobiililaitteen kameran tuottamia kuvia ja videoita voi lisätä käsin WWW-sovelluksen avulla.

Käyttöliittymistä tekstiviesti ja WWW-sovellus toimivat osittain vaikka palveluun ei olisi yhteyttä. Äänipuhelukäyttöliittymää ei voi käyttää, jos mobiililaitteella ei ole yhteyttä mat-

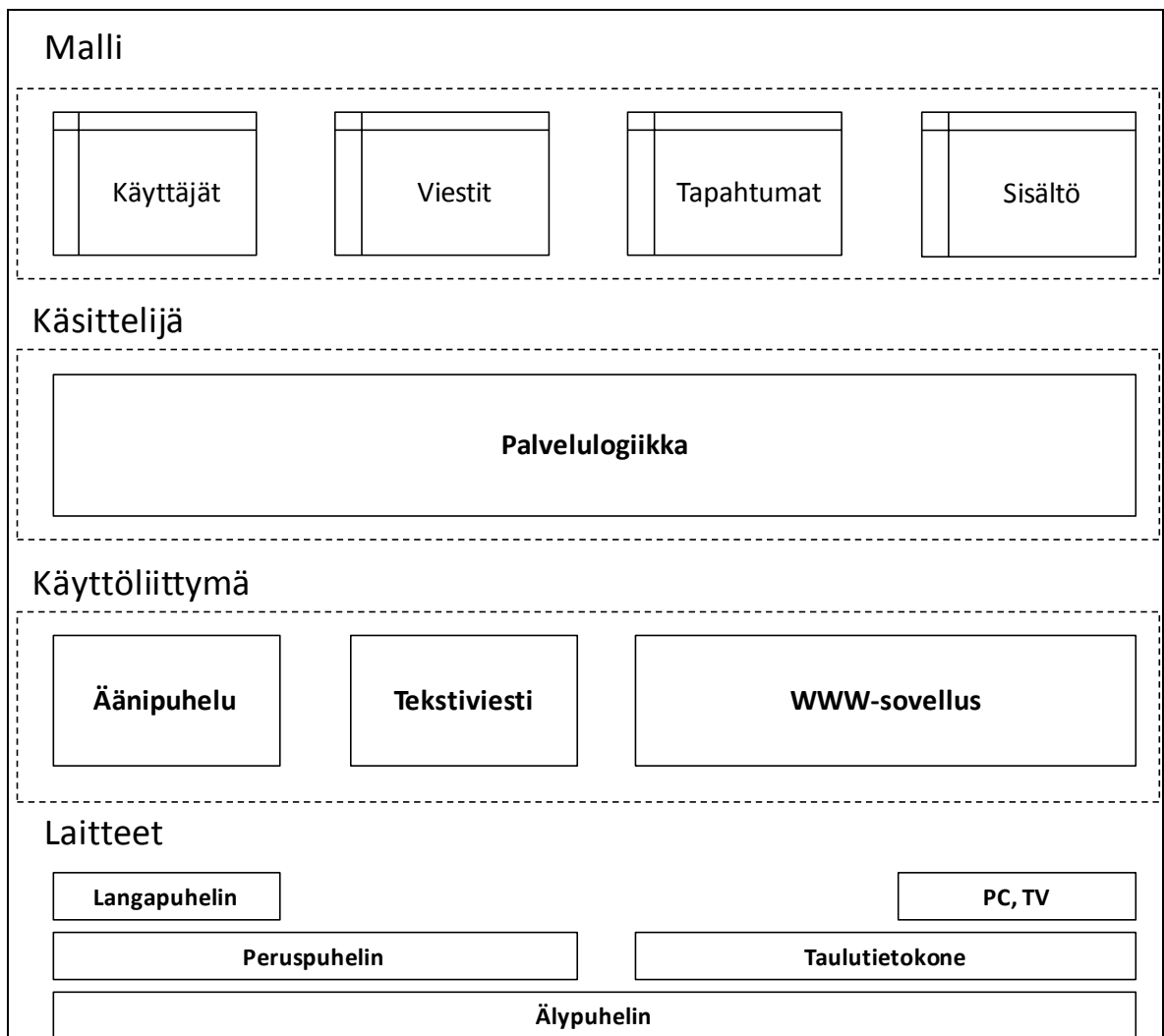
kapuhelinverkkoon. Käyttäjä voi kirjoittaa tekstiviestejä vaikka matkapuhelimella ei olisi yhteyttä matkapuhelinverkkoon. Tällöin viestit säilyvät matkapuhelimen muistissa sen aikaa kunnes yhteys matkapuhelinverkkoon on muodostettu. WWW-sovelluksissa käytetään HTML5-standardin välimuistiominaisuutta sekä tiedon paikallista tallentamista. Tällöin osa palvelun informaatiosta on saatavilla ilman Internet-yhteyttä sekä käyttäjän syöttämät tapahtumat ja viestit voidaan tallentaa paikallisesti siihen asti kunnes mobiililaitteella on yhteys palveluun.

Äänipuhelu- ja tekstiviestikäyttöliittymien toteutuksessa ei ole saatavuuden kannalta teknillisiä vaatimuksia. Tekstiviestikäyttöliittymässä lähetettävien viestien pituus saa olla maksimissaan 160 merkkiä, ja jos viestien pituus ylittää kyseisen rajan, niin viesti pilkotaan useisiin viesteihin. Äänipuhelukäyttöliittymässä tiedon määrälle ei ole rajoituksia. WWW-käyttöliittymässä HTML-dokumenttien toteutuksessa noudatetaan HTML5-standardia niiltä osin mikä on yhteensopivaa HTML 4.01 -standardin kanssa. Tukemalla HTML 4.01 -standardia voidaan varmistaa WWW-käyttöliittymän toimivuus vanhemmissa mobiililaitteissa.

## 5.2 Arkkitehtuurikuvaus

Arkkitehtuurikuvauksen tarkoitus on kuvata ohjelmiston rakenne eri sidosryhmille, ohjata järjestelmän kehitysprosessia sekä tarjota korkean tason mekanismeja vaatimusten toteuttamiseen. Arkkitehtuurikuvaus esittelee järjestelmän rakenneosat, ulospäin näkyvät ominaisuudet sekä rakenneosien ja ominaisuuksien väliset yhteydet ja riippuvuudet. Järjestelmän arkkitehtuurikuvaus muodostaa rungon järjestelmän suunnittelulle ja kehittämiselle sekä toimii keskusteluvälineenä eri sidosryhmien välillä.

Edellisessä luvussa esiteltiin palvelun jakautuminen kolmeen käyttöliittymään, joista Jokainen hyödyntää palvelun yhteistä tietovarastoa. Tällainen palvelun rakenne voidaan esittää kerrosarkkitehtuurimuodossa, jolloin palvelun toiminta on jaettu kolmeen kerrokseen (Kuva 4), joita ovat malli, käsittelijä ja käyttöliittymä.



Kuva 4. Kehysmallin arkkitehtuurikuvaus

Kerrosarkkitehtuurissa palvelun toiminnallisuus jaetaan kerroksiin, ja samalla abstraktiota-solla olevat toiminnallisuudet muodostavat kerroksen. Kerrosarkkitehtuurin kerros kommunikoi ainoastaan ylemmän ja alemman kerroksen kanssa, jolloin kerroksen ei tarvitse olla tietoinen muista arkkitehtuurin kerroksista. Näiden ominaisuuksien takia kerrosarkkitehtuuri tarjoaa joustavan ja helposti muokattavan rakenteen palvelun toiminnalle. Kuitenkin kerrosarkkitehtuurin heikkouksia ovat toisteisuus ja tehohäviö. Toisteisuus johtuu siitä, että tietomalleja joudutaan kuvaamaan jokaisella kerrosarkkitehtuurin kerroksella. Vastaa-vasti tiedonkäsittelyssä tietoa joudutaan siirtämään useiden kerroksien kautta, josta syntyy tehohäviötä. Kuitenkin palvelun kannalta kerrosarkkitehtuurin hyödyt ovat suurempia kuin siitä johtuvat haitat, jolloin kerrosarkkitehtuuria voidaan käyttää palvelun suunnittelussa.

Mallikerros kuvaa palvelun tietorakenteen sekä tiedonkäsittelyn. Palvelun informaatio tallennetaan tietokantaan, joka pitää sisällään esimerkiksi käyttäjän tunnistukseen tarvittavat tiedot. Mallikerros vastaa informaation rakenteen oikeellisuudesta sekä tietorakenteiden linkityksestä.

Käsittelijäkerros hoitaa palvelun logiikan, ja operoinnin mallikerroksen kanssa. Käsittelijäkerros käsittelee käyttöliittymäkerrokselta saadut pyynnöt, ja muodostaa pyyntöihin vastaukset. Käsittelijäkerros vastaa informaation käsittelemisestä, muokkaamisesta sekä poistamisesta. Lisäksi käsittelijäkerros vastaa käyttäjien tunnistuksesta sekä käyttöoikeuksien tarkastuksesta.

Käyttöliittymäkerros sisältää jokaiselle teknologialle omat komponentit, jotka vastaavat teknologioiden käyttöliittymistä. Käyttöliittymäkerroksen komponentit välittävät informaation käsittelijäkerroksen ja käyttäjien välillä, vastaavat informaation adaptoinnista käyttöliittymälle sopivaan muotoon sekä syötettävän informaation prosessoinnista. Jokainen käyttöliittymäkerroksen komponentti sisältää oman sisäisen arkkitehtuurin ja logiikan. Esimerkiksi äänipuheluille käyttöliittymäkerroksessa on oma komponentti, joka vastaa puheentunnistuksesta ja virhetilanteiden käsittelystä. Vastaavasti tekstiviestikomponentti määrittelee tekstiviesteissä käytettävät avainsanat sekä vastaanotettujen viestien jäsentämisen. WWW-käyttöliittymä vastaa informaation esittämisen HTML-dokumentteina sekä informaation vastaanottamisen WWW-selaimelta. Tekstiviesti- ja WWW-käyttöliittymässä varsinaisesta informaation esittämisestä vastaa mobiililaitte.

### 5.3 Sisällön adaptoituminen

Äänipuhelu- ja tekstiviestikäyttöliittymien osalta sisällön adaptoituminen suoritetaan reaaliajassa palvelimella käyttöliittymäkerroksen komponenteissa. WWW-käyttöliittymässä sisällön adaptointi suoritetaan päätelaitteessa WWW-selaimen toimesta CSS-tyyliohjeiden ja JavaScriptien avulla. Sisällön adaptointi päätelaitteessa mahdollistaa WWW-sovelluksen käytön muillakin laitteilla kuin mobiililaitteilla, ja lisäksi WWW-sovelluksen toteutus pysyy yksinkertaisena.

Palvelun informaatio tallennetaan mallikerroksen tietokantaan XML-kuvauskielellä, jonka avulla informaation rakenne ja sisältö kuvataan. Sisällössä multimediaformaattit ovat jaoteltuina omiin ryhmiinsä seuraavasti:

```
<dokumentti>
  <sisalto>
    <teksti luokka="otsikko">
      Tämä osa sisältää pelkästään tekstiä.
    </teksti>
    <aani luokka="teksti_aanelle">
      <tiedosto lahde="esittely.mp3" />
      <tiedosto lahde="esittely.wav" />
    </aani>
    <teksti luokka="detail">
      <tiedosto lahde="readme.txt" />
    </teksti>
    <video korvaaja="teksti_videolle">
      <tiedosto lahde="demo.mp4" />
    </video>
    <video korvaaja="kuva_videolle">
      <tiedosto lahde="demo2.mp4" />
    </video>
  </sisalto>
  <vaihtoehto>
    <teksti id="teksti_videolle">
      Korvaava teksti äänelle
    </teksti>
    <teksti luokka="alleviivattu" id="teksti_aanelle">
      Korvaava teksti äänelle.
    </teksti>
    <kuva id="kuva_videolle">
      <tiedosto lahde="screen.jpg" />
    </kuva>
  </vaihtoehto>
</dokumentti>
```

Sisällössä on päärakennetta, jotka ovat *sisältö* ja *vaihtoehto*. Ensimmäinen rakenne kuvaa ensisijaisen sisällön, ja jälkimmäinen rakenne vaihtoehtoisen sisällön. Jokaiselle sisällön elementille voidaan määrittellä *id*-, *luokka*- ja *korvaaja*-ominaisuudet, joiden mukaan sisällön adaptointi suoritetaan. *Id* määrittelee yksilöllisen tunniste elementille, *luokka* määrittelee elementin ulkoasun, ja *korvaaja* vaihtoehtoisen sisällön elementille. *Korvaaja*-ominaisuus viitataan toisen elementin *id*-ominaisuuteen, jolloin alkuperäisen elementin

sisältö voidaan korvata viitatus elementin sisällöllä. Vaihtoehtoinen elementti voi viitata myös toiseen vaihtoehtoiseen elementtiin, jolloin monimutkaisempien linkitysten tekeminen on mahdollista. *Luokka*-omainsuus määrittelee elementille muotoilun, joka viittaa WWW-käyttöliittymässä CSS-tyyliohjeeseen. Muissa käyttöliittymissä voidaan *luokka*-ominaisuuden avulla korostaa elementin informaatiota. Elementeissä voidaan viitata tiedostoihin, joihin informaatio on tallennettu. Tiedostoviittauksia voi olla useita, joista käyttöliittymä valitsee käyttöönsä sopivimman.

Informaation tallennuksessa käytetään samaa yllä esitettyä formaattia, jolloin informaation syöttämisessä voidaan käyttää useita multimediaformaatteja. Äänipuhelukäyttöliittymässä äänielementit toimivat suoraan, ja tekstielementit muutetaan puhesyntetisaattorin avulla ääneksi. Tekstiviestikäyttöliittymässä ainoastaan tekstielementtien käyttäminen on mahdollista. WWW-käyttöliittymässä XML-kuvauskielellä kuvattu sisältö muutetaan HTML-dokumentiksi, jolloin mobiililaitteen WWW-selain vastaa sisällön esittämisestä.

WWW-käyttöliittymässä sisällön adaptointiin käytetään JavaScriptiä, CSS-tyylimäärittelyä sekä kolmannen osapuolen Mobile JQuery -kirjastoa (<http://jquerymobile.com/>). Mobile JQuery on kosketusnäytöisille mobiililaitteille suunnattu käyttöliittymäkirjasto. WWW-käyttöliittymässä kuvien ja muiden elementtien adaptoitumisessa käytetään seuraavia CSS-tyylimäärittelyjä: *leveys* (engl. *width*), *maksimileveys* (engl. *max-width*) ja *kellunta* (engl. *float*). Maksimileveydellä määritellään elementeille maksimikoko, jolla voidaan varmistaa, että esimerkiksi kuva ei veny liikaa. Elementin *leveys* määrittelyn ollessa 100 %, elementti käyttää kaiken käytettävissä olevan tilan, mutta ei kuitenkaan enempää kuin maksimileveyden verran. Jos mobiililaitteen näytön *leveys* on pienempi kuin asetettu *maksimileveys*, niin tällöin HTML-elementit skaalautuvat näytön leveydelle sopivaksi. *Kellunta* määrittelyllä voidaan useampia elementtejä esittää rinnakkain, kuten tekstiä ja kuvia. *Maksimileveys* ja *kellunta* on tarkoitettu sellaisille mobiililaitteille, joissa on käytössä korkea resoluutio. CSS-tyylimäärittelyä käytettäessä HTML-elementit skaalautuvat automaattisesti myös silloin, kun mobiililaitetta käännetään vaak- tai pystyasentoon.



## 6 Kehysmallin soveltaminen

Tässä luvussa sovelletaan edellisessä luvussa esitettyä kehysmallia aikaisemmin toteutettuun sovellukseen. Tarkoituksena ei ole tehdä kopioita alkuperäisestä sovelluksesta, vaan pikemminkin havainnollistaa kuinka sovellus voidaan muuntaa käyttämään tässä tutkimuksessa esitettyä kehysmallia. Luvussa 6.1 esitellään toteutettavan palvelun toiminnallisuudet ja vaatimukset, ja luvussa 6.2 kuvataan toteutuksessa käytettävät menetelmät.

### 6.1 Palvelun esittely

Toteutuksen pohjaksi valittiin eläinpuistosovellus [38], joka koostuu karttapohjasta, multimediasisällöstä ja minipeleistä. Eläinpuistosovelluksen karttapohja pohjautuu Ähtärin eläinpuiston karttapohjaan. Sovelluksen alussa pelaaja valitsee itselleen neljästä vaihtoehdosta hahmon, jota käytetään sovelluksessa pelaajan opashahmona. Tämän jälkeen avautuu karttapohja, joka toimii pelaajalle opaskarttana kierroksen aikana. Karttapohjaan on merkitty eläinpuiston eläimet, joita painamalla avautuu lyhyt tietoisku kyseiseen eläimeen liittyen. Lisäksi viiteen eläimeen liittyy minipeli, jonka saa käynnistettyä syöttämällä eläimen aitauksessa olevan kuviokoodi sovellukseen. Yhdessä minipeleistä käytetään kiihtyvyyssanturia, joka vaatii erillisen Nokian tarjoaman rajapinnan toimiakseen [19]. Minipeleistä pelaaja saa palkkioksi osia toteemipaaluun. Eläinpuistosovellus on toteutettu käyttäen Adobe Flash -kehitysympäristöä [19].

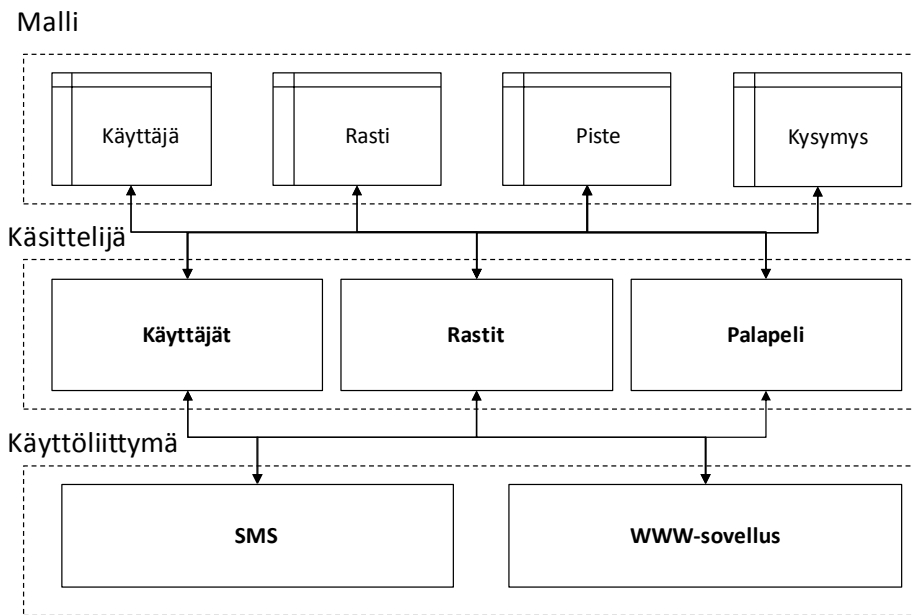
Palvelun käyttöliittyminä toimivat WWW- ja tekstiviestikäyttöliittymä. Äänipuhelukäyttöliittymä toteutus jätetään pois tästä tutkimuksesta, sillä äänikäyttöliittymän toteutus olisi vienyt liian paljon resursseja. Palvelun eläinpuistoversiossa käytetään alkuperäisen sovelluksen karttapohjaa, hahmoja ja tietoisukuja. Karttapohjaan on merkitty rasteja, jotka sisältävät lyhyitä tietoisukuja eläinpuiston eläimistä. Rastien tietoisukut sisältävät kuvia, tekstiä ja ääntä, muttei videoita. Tietoisukujen lisäksi rastit sisältävät tehtäviä aiheeseen liittyen, joita pääsee suorittaa syöttämällä rastilla olevan koodin. Tehtävien koodi voi olla tekstikoodi, kuviokoodi, QR- tai NFC-tunniste. Oikeista vastauksista pelaajat saavat pisteitä, joiden avulla pelaajat voivat rakentaa valitsemansa hahmon palapeliä. Tehtävät edustavat luvussa 2.3 esitettyjä tapahtumia. Viestintä ominaisuutta ei palvelun toteuteta, koska alkuperäisessä

sovelluksessa ei ollut kyseistä ominaisuutta käytössä. Myöskään minipelejä ei toteuteta palveluun.

WWW-käyttöliittymässä käyttäjälle luodaan automaattisesti tunniste, jonka avulla käyttäjä voi myöhemmin kirjautua järjestelmään uudestaan. WWW-käyttöliittymässä käytetään karttapohjaa navigointiin, jonka avulla eläinten tietoiskut saadaan esille. WWW-käyttöliittymä on suunniteltu kosketusnäytöisille mobiililaitteille, jolloin tehtävien ratkaiseminen ei vaadi pitkiä syötteitä käyttäjältä. WWW-käyttöliittymä toimii yhteydettömässä tilassa siten, että käyttäjä pystyy selailemaan rastien tietoiskuja, muttei ratkaisemaan tehtäviä. WWW-käyttöliittymässä lisälaitteena käytetään mobiililaitteen kiihtyvyyssanturia.

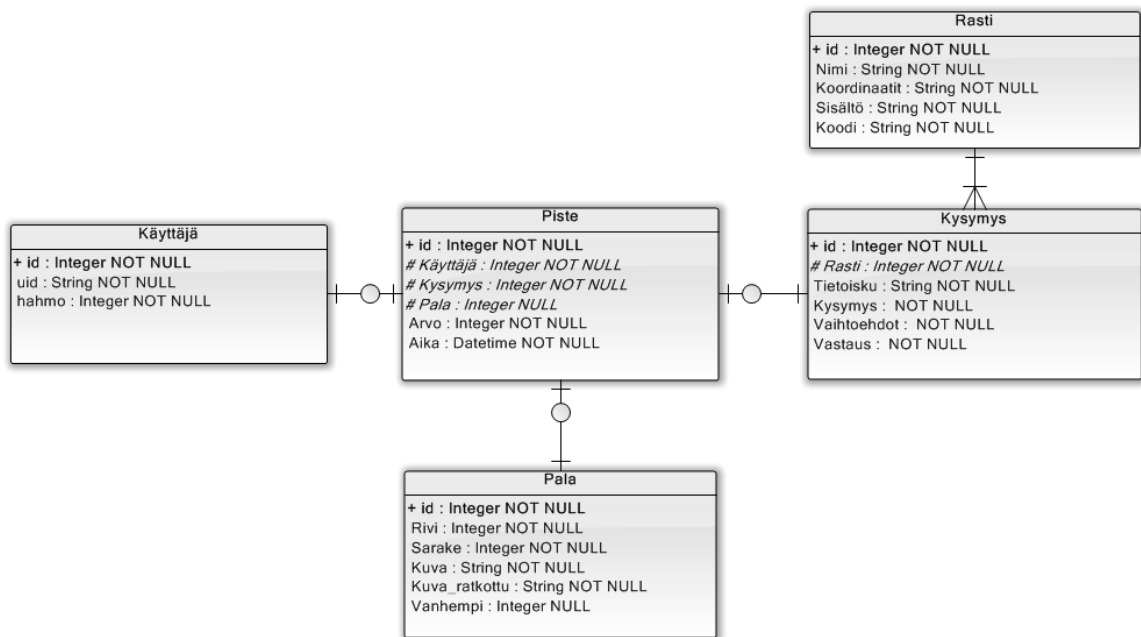
Tekstiviestikäyttöliittymässä käyttäjä rekisteröityy palveluun ennen kierroksen aloittamista tai kierroksen aikana. Tällöin käyttäjä saa paluuviestinä ohjeet, sekä yksilöllisen tunniste. Kun käyttäjä saapuu eläimen aitaukselle, niin käyttäjä lähettää aitauksen luona olevan koodin tekstiviestillä palveluun, ja saa paluuviestillä eläimeen liittyvän tietoiskun ja tehtävän. Tietoisku sisältää tekstiviestikäyttöliittymässä ainoastaan tekstiä. Tehtävän voi ratkaista tekstiviestin avulla, ja paluuviestinä ilmoitetaan vastauksen oikeellisuus sekä käyttäjän nykyiset pisteet. Käyttäjä voi kierroksen jälkeen tarkistaa vastauksensa ja pisteensä kirjautumalla palveluun yksilöivällä tunnisteella WWW-käyttöliittymän avulla.

## 6.2 Palvelun arkkitehtuuri ja toteutus



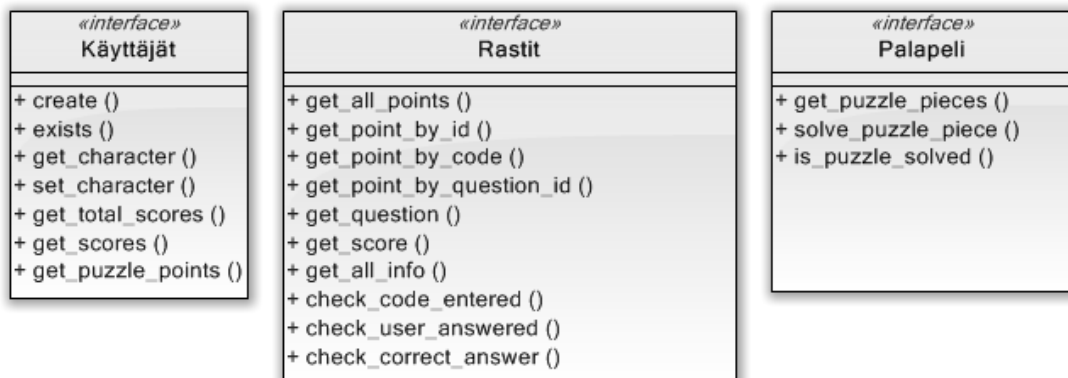
Kuva 5. Toteutetun palvelun arkkitehtuurikuvaus

Palvelu noudattaa luvussa 5.2 esitettyä arkkitehtikuvausta (Kuva 5) sekä luvussa 5.3 esitettyä sisällön adaptoitumista. Mallikerroksen tietokantataulujen kuvaaminen toteutettiin Django-kehitysympäristöllä, jota käytettiin myös WWW-käyttöliittymän toteutuksessa. Django ([www.djangoproject.com](http://www.djangoproject.com)) on korkeantason kehitysalusta WWW-sovelluksille, joka käyttää Python-ohjelmointikieltä. Myös palvelun käsittelijäkerros sekä tekstiviestikäyttöliittymä toteutettiin Python-ohjelmointikielellä. Tekstiviestikäyttöliittymälle toteutettiin viestien käsittelyyn ja lähettämiseen tarvittavat toiminnallisuudet, mutta varsinaisten tekstiviestien lähettäminen ja vastaanottaminen jäivät toteutuksen ulkopuolelle.



Kuva 6. Mallikerroksen tietokantataulut

Mallikerros (Kuva 6) koostuu tietokantatauluista, joita ovat *rasti*, *kysymys*, *piste* ja *pala*. *Käyttäjä*-taulu sisältää käyttäjien yksilölliset tunnisteet sekä käyttäjien valitseman hahmon. *Rasti*-taulu sisältää rastin sijainnin karttapohjalla, rastin sisällön sekä rastien tehtäviin tarvittavan avauskoodin. Rastien sisältö on tallennettu luvussa 5.3 esitetystä formaatista. Palapeliä palat ja palojen sijainnit ovat kuvattuna *pala*-taulussa, ja ratkaistut palat ovat linkitettyinä käyttäjien pisteisiin.



Kuva 7. Käsittelijäkerroksen rajapinnat

Käsittelijäkerros (Kuva 7) koostuu kolmesta rajapinnasta, joita ovat *käyttäjät*, *rastit* ja *palapeli*. *Käyttäjät*-rajapinta vastaa käyttäjän hallinnasta ja tunnistamisesta. *Rastit*-rajapinta välittää rastien informaation sekä vastaa rastin kysymyksiin vastaamisesta. *Palapeli*-rajapinta vastaa palapelin hallinnasta ja palapelin palojen ratkaisemisesta. Käsittelijäkerros toimittaa sisällön käyttöliittymille, jotka hoitavat sisällön adaptoitumisen.

Tekstiviestikäyttöliittymässä sopimaton informaatio korvataan vaihtoehtoisella informaatiolla, jos vaihtoehtoinen informaatio on saatavilla. Jos sopimatonta informaatiota ei voida korvata, niin kyseinen informaatio poistetaan. Tekstiviestikäyttöliittymä sisältää oman tietokannan, jossa käyttäjien puhelinnumerot yhdistetään palvelun yksilölliseen tunnistukseen. Yhdisteen johdosta käyttäjän ei tarvitse syöttää yksilöllistä tunnistetta jokaisen tekstiviestissä. Tekstiviestikäyttöliittymässä on määritelty avainsanoja, joiden avulla palvelua käytetään. Avainsanoja ovat *uusi*, *kirjautu*, *rasti*, *vastaus*, *pisteet* ja *apua*. Avainsanalla *uusi* luodaan käyttäjälle uusi tunnus palveluun, ellei kyseiselle puhelinnumerolle ole aikaisempaa tunnusta. Avainsanalla *rasti* käyttäjä saa rastin tiedot sekä yhden rastin tehtävistä. Avainsanalla *vastaus* käyttäjä voi vastata rastin kysymykseen. Avainsanalla *pisteet* käyttäjä saa haettua yksilöllisen tunnisteensa ja kokonaistilanteensa. Avainsanalla *apua* käyttäjä saa listan avainsanoista sekä ohjeet.

WWW-käyttöliittymä noudattaa luvussa 5.1 asetettuja suosituksia, joten HTML-dokumenttien toteutuksessa käytetään HTML5-standardia. Käyttäjälle luodaan WWW-käyttöliittymässä erillinen tunniste, joka tallennetaan evästeenä käyttäjän mobiililaitteeseen. Evästeen avulla käyttäjä tunnistetaan palvelussa automaattisesti. Karttapohjassa olevien rastien painallukset käsitellään JavaScriptin avulla. CSS-tyyliohjeiden lisäksi palvelun karttapohjassa on käytetty JavaScriptiä kuvan adaptoinnissa (Liite 1). Karttapohjasta on palvelimella kolme erikokoista kuvaa, joista JavaScriptin avulla valitaan mobiililaitteen resoluutiolle sopivin. Kuvien valinnassa käytetään kiinteitä rajoja, joita ovat yli 800, alle 800 ja alle 400 pikseliä. Ero suurimman ja pienimmän karttapohjakuvan latauskoossa on yli 13-kertainen.

WWW-käyttöliittymän yhteydettömässä toiminnassa käytetään HTML5-standardin ominaisuutta (Liite 2). Ominaisuuden avulla WWW-käyttöliittymää voidaan käyttää ilman

datayhteyttä sen jälkeen, kun WWW-käyttöliittymä on kerran ladattu. Jos mobiililaitteen WWW-selain ei tue HTML5-standardia, niin palvelua ei voi käyttää ilman datayhteyttä. Yhteydetön käyttö on rajoitettu pelkästään karttapohjan ja rastien tietoiskujen selailuun. Tehtävien ratkaiseminen ei ole mahdollista yhteydettömässä tilassa.

Toteutuksen lähdekoodit ovat saatavilla osoitteessa  
<https://yousource.it.jyu.fi/amob/puzzleroute>.

## 7 Tutkimustulokset

Tässä luvussa esitellään tutkimustulosten arviointiperusteet, arvioinnissa käytettävät mobiililaitteet sekä tarkastellaan tuloksia. Tulosten arvioinnissa luvussa 7.2 alkuperäinen sovellus sekä toteutettu palvelu arvioidaan luvussa 7.1 määriteltyjen arviointiperusteiden mukaisesti.

### 7.1 Arviointiperusteet

Arvioinnissa käytetään luvussa 2 esitettyjä vaatimuksiin, joita ovat informaation esittäminen ja syöttäminen, profilointi, tapahtuma, lisälaitteet ja yhteydetön toiminta. Viestintä on jätetty pois arvioinnista, sillä kyseistä ominaisuutta ei ole alkuperäisessä sovelluksessa. Erillisenä arviointikokonaisuutena on sovelluksen/palvelun saatavuus arvioinnissa käytävissä mobiililaitteissa. Arvioinnissa käytetään asteikko 0-2, jossa 0 tarkoittaa huonointa ja 2 parhainta arvosanaa.

Informaation esittämisessä arvioidaan multimediaformaattien toimintaan sekä sisällön adaptoitumista. Multimediaformaatteina ovat teksti, ääni ja kuva. Videota ei käytetä kummassakaan toteutuksessa, joten sitä ei oteta huomioon arvioinnissa. Sisällön adaptoitumisessa tukematon sisältö tulee rajautua pois, ja tuetun sisällön sopeutua mobiililaitteen näytölle. Informaation syöttämisestä arvioidaan navigointia, rastikoodin syöttämistä sekä tehtävien ratkaisemista. Taulukossa alla (Taulukko 2) on esitetty informaation esittämisen ja syöttämisen arviointiperusteet ja pisteytykset.

<b>Arvosana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Arviointikohta</b>			
1. Teksti	Ei näy ollenkaan	Näkyy osittain	Näkyy normaalisti
2. Kuva	Ei näy ollenkaan	Näkyy osittain	Näkyy normaalisti
3. Ääni	Ei kuulu ollenkaan	Kuuluu osittain	Kuuluu normaalisti
4. Sisällön Adaptoituminen	Ei adaptoidu ollenkaan / sisällöstä ei saa selvää	Puutteita adaptoimisessa / sisältö näkyy osittain	Sisältö adaptoituu oikein / sisältö näkyy oikein
5. Navigointi	Navigointi ei toimi	Navigointi toimii osittain	Navigointi toimii normaalisti
6. Rastikoodin syöttäminen	Koodin syöttäminen ei mahdollista	Koodin syöttäminen mahdollista, mutta toimii puutteellisesti	Koodin syöttäminen onnistuu
7. Tehtävien suorittaminen	Tehtävien suorittaminen ei mahdollista	Tehtävien suorittaminen puutteellinen	Tehtävien suorittaminen toimii

Taulukko 2. Informaation esittämisen ja syöttämisen arviointiperusteet

Profiloinnin arviointikohteina ovat, että käyttäjä pystyy käyttämään sovellusta/palvelua sekä jatkamaan sovellusta/palvelua käyttämisestä myöhemmin. Profiloinnin arviointiperusteet ja pisteytys ovat esiteltynä taulukossa 3.

<b>Arvosana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Arviointikohta</b>			
8. Uuden käyttäjän luominen	Uuden käyttäjän luominen ei onnistu	Uuden käyttäjän luominen onnistuu osittain	Uuden käyttäjän luominen onnistuu
9. Kirjautuminen	Kirjautuminen ei onnistu	Kirjautuminen onnistuu osittain	Kirjautuminen onnistuu

Taulukko 3. Profiloinnin arviointiperusteet



Tapahtuma osa-alue sisältää tapahtumien syöttämisen ja selaamisen, sekä kokonaistilanteen seuraamisen. Alkuperäisessä sovelluksessa tapahtumat ovat minipelejä, joiden suorittamisesta saa palkintoja. Toteutetussa palvelussa tapahtumat ovat eläimiin liittyviä kysymyksiä, joihin oikein vastaamalla käyttäjä saa pisteitä. Tapahtuman arviointiperusteet ja pisteytys ovat esiteltyinä taulukossa 4.

<b>Arvosana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Arviointikohta</b>			
10. Tapahtuman syöttäminen	Tapahtuman syöttäminen ei ole mahdollista	Tapahtuman syöttäminen onnistuu osittain	Tapahtuman syöttäminen onnistuu
11. Tapahtumien selaaminen	Tapahtumien selaaminen ei ole mahdollista	Tapahtumia voi selata osittain / tapahtumien tiedot ovat puutteellisia	Tapahtumien selaaminen onnistuu ja tiedot ovat oikein
12. Edistyksen seuraaminen	Edistymisen seuraaminen ei ole mahdollista	Edistymistä voi seurata osittain	Edistyminen seuraaminen onnistuu

Taulukko 4. Tapahtumien arviointiperusteet

Alkuperäisessä sovelluksessa lisälaitteena on käytetty älypuhelimien kiihtyvyyssanturia minipelissä ohjauslaitteena. Toteutetussa palvelussa minipelejä ei ole toteutettu, mutta kiihtyvyyssanturin toiminta tarkastetaan WWW-käyttöliittymässä. Lisälaitteiden arviointiperusteet ja pisteytys on esitettyinä taulukossa 5.

<b>Arvosana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Arviointikohta</b>			
13. Kiihtyvyyssanturien käyttäminen	Kiihtyvyyssantureita ei voi käyttää	Kiihtyvyyssantureita voi käyttää osittain	Kiihtyvyyssanturit toimivat normaalisti

Taulukko 5. Lisälaitteiden arviointiperusteet

Yhteydetön toiminta arvioidaan siten, että sovellukseen/palveluun kirjaututaan sisään, jonka jälkeen mobiililaitteen datayhteydet suljetaan. Arviointikohteina ovat rastien tietois-  
kujen selaileminen, tapahtumien syöttäminen sekä tapahtumien selaileminen (Taulukko 6).

<b>Arvosana</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Arviointikohta</b>			
14. Rastien selaileminen	Ei toimi ilman yhteyttä	Toimii osittain ilman yhteyttä	Toimii normaalisti ilman yhteyttä
15. Tapahtumien syöttäminen	Ei toimi ilman yhteyttä	Toimii osittain ilman yhteyttä	Toimii normaalisti ilman yhteyttä
16. Tapahtumien selaileminen	Ei toimi ilman yhteyttä	Toimii osittain ilman yhteyttä	Toimii normaalisti ilman yhteyttä

Taulukko 6. Yhteydetön toiminnan arviointiperusteet

Ominaisuuksien kokonaispistemäärä on 32, ja arvioinnissa käytetään liitteenä olevaa lomaketta (liite 3).

Erillisenä arviointikokonaisuutena on sovelluksen/palvelun saatavuus arvioinnissa käytävissä mobiililaitteissa. Saatavuuden arviointiperusteet ja pisteytys on esitetty taulukossa 7. Saatavuuden arvioinnissa käytetään liitteenä olevaa lomaketta (liite 4), ja arvioinnin kokonaispistemäärä on 10.

Arvosana	0	1	2
<b>Arviointikohta</b>			
1. Toimivuus	Ei toimi kyseissä käyttöjärjestelmässä	Toimii osittain kyseisessä käyttöjärjestelmässä	Toimii täysin kyseisessä käyttöjärjestelmässä

Taulukko 7. Saatavuuden arviointiperusteet

## 7.2 Arvioinnissa käytettävät mobiililaitteet

Toteutetun palvelun arvioinnissa käytetään yleisimpiä mobiilikäyttöjärjestelmiä, jotka ovat esiteltyinä luvussa 3.1 ja 3.2. Peruspuhelinten arvioinnissa käytetään kahta simulaattoria, joista ensimmäinen on tekstiviestikäyttöliittymälle, ja toinen WWW-käyttöliittymälle. Tekstiviestisimulaattorina toimii erillinen Python-sovellus, joka käyttää toteutetun palvelun tekstiviestikäyttöliittymän rajapintoja. Peruspuhelinten osalta WWW-käyttöliittymä arvioidaan peruspuhelimille suunnatulla Opera Mini 3 Basic -selaimella (<http://www.opera.com/mobile/download/versions/>), jota suoritetaan Java ME -simulaattorissa (<http://www.microemu.org/>).

Älypuhelimilla ja taulutietokoneilla arvioidaan WWW-käyttöliittymä, jota käytetään mobiililaitteen oletusselaimella. Älypuhelinjärjestelmistä mukana ovat Symbian Series 60 5<sup>th</sup> edition (Nokian eXpress 5800), Windows Mobile 7.5 (LG LG-E900) ja Android 2.2.2 (Huawein Boulder). Taulutietokoneista palvelua arvioidaan iOS-käyttöjärjestelmän 5.1.1 versiolla (Applen iPad 2).

## 7.3 Arviointitulokset

Ensimmäisenä arvostellaan alkuperäinen sovellus, joka toimii vertailukohtana toteutetun palvelun arvioinnille. Toisena arvioidaan toteutetun palvelun tekstiviestikäyttöliittymä, ja viimeisenä toteutetun palvelun WWW-käyttöliittymä.

### 7.3.1 Alkuperäinen sovellus

Alkuperäinen sovellus saa arvioinnissa täydet pisteet jokaiselta osa-alueelta (Taulukko 8). Informaation esittämisessä multimediaformaattit toimivat oikein, sekä sovelluksen sisältö adaptoituu näytölle selkeästi (Kuva 8). Informaation syöttämiseen käytetään mobiililaitteen kosketusnäyttöä ja kiihtyvyysanturia, joiden avulla sovelluksessa navigoidaan ja suoritetaan tapahtumia.



Kuva 8. Alkuperäisen sovelluksen karttapohja ja tietoisuus-näkymä

Profiloinnin osalta sovellus on suunniteltu yhdelle käyttäjälle, jolloin uuden käyttäjän luominen onnistuu ainoastaan kerran. Tämän jälkeen sovellus muistaa käyttäjän, jolloin kirjautuminen on automaattista. Tapahtumien tuloksia voi tarkastella jälkikäteen valitsemalla rastin karttapohjasta, ja edistymistä on mahdollista seurata erillisestä näkymästä. Sovellus ladataan mobiililaitteen muistiin ennen käynnistystä, jolloin datayhteyden menettäminen käytön aikana ei vaikuta sovelluksen toimintaan. Käyttäjän tiedot tallennetaan mobiililaitteen muistiin.

Informaation esittäminen ja syöttäminen	14
Profilointi	4
Tapahtumat	6
Lisälaitteet	2
Yhteydetön toiminta	6
<b>Yhteensä</b>	<b>32</b>

Taulukko 8. Alkuperäisen sovelluksen arviointipisteet

Alkuperäisessä sovelluksessa näkyvät yksittäiselle käyttöjärjestelmälle toteutetun sovelluksen hyödyt, sillä sovellus toimii kohdelaitteella täydellisesti. Kuitenkin yksittäiselle käyttöjärjestelmälle toteutetun sovelluksen haittapuolena on sen toimivuus muilla käyttöjärjestelmillä. Android-käyttöjärjestelmässä alkuperäisen sovelluksen saa toimimaan osittain käyttämällä ulkopuolista ohjelmaa (Smart SWF Player), jonka avulla sovellusta suoritetaan. Tällöin kuitenkin alkuperäinen sovellus toimii vain osittain ja epävakaasti. Muilla käyttöjärjestelmillä alkuperäinen sovellus ei toimi ollenkaan (Taulukko 9), joten alkuperäinen sovellus saa saatavuuden osalta pisteeksi 3.

Peruspuhelin	0
Symbian	2
Windows Phone	0
Android	1
iOS	0
<b>Yhteensä</b>	<b>3</b>

Taulukko 9. Alkuperäisen sovelluksen saatavuuspisteet

### 7.3.2 Palvelun tekstiviestikäyttöliittymä

Palvelun tekstiviestiliittymä saa arvioinnissa vähän yli puolet kokonaispisteistä (Taulukko 10). Tekstiviestikäyttöliittymässä rajoituksena on kuvien ja äänen käyttäminen informaationa. Sisällön adaptoituminen tekstiviestiksi toimii hyvin, mutta välillä tekstiviestien pituudet ylittävät 160 merkkiä, joka voi aiheuttaa vanhoilla puhelimilla ongelmia. Informaation syöttämisessä hyödynnetään ennalta määriteltyjä avainsanoja, joiden avulla palvelua käytetään.

Profilointi sekä tapahtumien suorittaminen toimivat tekstiviestikäyttöliittymässä hyvin. Ainoana heikkoutena tapahtumissa on edistyksen seuranta, sillä tekstiviestikäyttöliittymässä näkee vain kokonaispistetilanteen. Tekstiviestikäyttöliittymässä yhteydetön toiminta toimii osittain, sillä rastien tiedot jäävät puhelimen muistiin, jos tekstiviestejä ei poisteta. Lisälaitteita ei tekstiviestikäyttöliittymässä ole tuettuna.

Informaation esittäminen ja syöttäminen	9
Profilointi	4
Tapahtumat	5
Lisälaitteet	0
Yhteydetön toiminta	1
<b>Yhteensä</b>	<b>19</b>

Taulukko 10. Tekstiviestikäyttöliittymän arviointipisteet

Saatavuuden osalta tekstiviestikäyttöliittymä saa paremmat pisteet (Taulukko 11) kuin alkuperäinen sovellus, sillä tekstiviestikäyttöliittymä toimii kaikilla matkapuhelimilla. Ainoana heikkoutena on se, ettei tekstiviestikäyttöliittymä toimi niissä taulutietokoneissa, jossa ei ole tekstiviestiominaisuutta. Lisäksi tekstiviestikäyttöliittymän haittana on sen virhealttius, kuten luvussa 4.2.2 mainitaan. Käytettävät avainsanat voisivat olla lyhyempiä ja selkeämpiä, sillä välillä tulee sekaannusta siitä mitä avainsanaa pitäisi käyttää ja mitä parametreja avainsanalla pitäisi syöttää.

Peruspuhelin	2
Symbian	2
Windows Phone	2
Android	2
iOS (taulutietokone)	0
<b>Yhteensä</b>	<b>8</b>

Taulukko 11. Tekstiviestikäyttöliittymän saatavuuspisteet

### 7.3.3 Palvelun WWW-käyttöliittymä

Toteutetun palvelun WWW-käyttöliittymän arvioinnissa on mukana yhteensä 5 erilaista mobiililaitetta, joista jokainen saa 20 pistettä tai yli (Taulukko 12). Informaation esittämisessä suurimpana erona on ääniformaatin tukeminen, joka ei toiminut peruspuhelimissa, Android- ja Series 60 -käyttöjärjestelmän selaimissa. Tämän lisäksi peruspuhelimissa on pieniä puutteita navigoinnissa ja edistymisen seuraamisessa, sillä karttapohjaa ei voinut käyttää navigointiin (Kuva 9) ja edistymisen seuraamisessa sisältö ei adaptoitunut oikein.



Kuva 9. WWW-käyttöliittymä peruspuhelimissa

Series 60 -käyttöjärjestelmän 5<sup>th</sup> edition on julkaistu vuonna 2008, jolloin oletusselaimessa ei ole tukea uusimmille WWW-teknologioille. Tästä johtuen WWW-käyttöliittymän ulkoasussa on pieniä eroa alkuperäiseen ulkoasuun, tukea ääniformaateille ja lisälaitteille ei ole, sekä palvelua ei voi käyttää ilman datayhteyttä. Muuten palvelua voi käyttää hyvin S60-käyttöjärjestelmän oletusselaimella, ja lisäksi palvelun sisältö adaptoituu vaaka- ja pystyasentoon (Kuva 10).



Kuva 10. WWW-käyttöliittymä Symbian-käyttöjärjestelmässä

Windows Phone -käyttöjärjestelmän oletusselaimella WWW-käyttöliittymä toimii sulavasti, ja palvelun sisältö adaptoituu näytölle hyvin (Kuva 11). Windows Phone -

käyttöjärjestelmän oletusselain on uudempi kuin Series 60 -käyttöjärjestelmässä oleva selain, joten palvelu toimii Windows Phonessa paremmin. Parannuksena ovat ääniformaatin toimiminen sekä ulkoasun näkyminen oikein. Windows Phone -käyttöjärjestelmän selaimen puutteita ovat kiihtyvyyssantureiden ja yhteydettömän käyttämisen toimimattomuus.



Kuva 11. WWW-käyttöliittymä Windows Phone -käyttöjärjestelmässä

Android-käyttöjärjestelmän selaimessa ongelmia ovat äänen toistaminen sekä sisällön adaptoituminen. Käyttöjärjestelmän oletusselain ei skaalannut sisältöä oikein (Kuva 12), vaan sivu aukesi näytölle liian suurena, jonka johdosta palvelun käyttäminen oli välillä hyvin hankalaa. Parannuksena Windows Phone -käyttöjärjestelmän oletusselaimeen ovat tuki lisälaitteille ja yhteydettömälle toiminnalle.

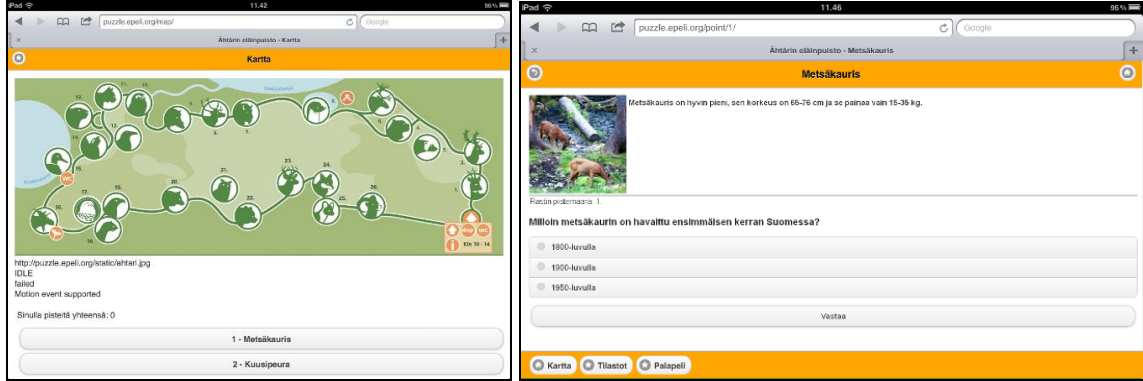


Kuva 12. WWW-käyttöliittymä Android-käyttöjärjestelmässä

Arvioinnissa ainoana taulutietokoneena on Applen iOS -käyttöjärjestelmää käyttävä iPad 2, jossa palvelun WWW-käyttöliittymä on Windows Phone -käyttöjärjestelmän tavoin sulava. Lisäksi WWW-käyttöliittymän sisältö adaptoituu taulutietokoneen isolle näytölle hyvin (Kuva 13). Yhteydettömässä toiminnassa on kuitenkin ongelmia, sillä WWW-



käyttöliittymän sisältö ei päivity oikein datayhteyden palauttamisen jälkeen. Muutoin iOS-käyttöjärjestelmä olisi saanut täydet pisteet arvioinnista (Taulukko 12).



Kuva 13. WWW-käyttöliittymä iOS-käyttöjärjestelmässä

Profilointi ja tapahtuma osa-alueilla kaikki mobiililaitteet saavat täydet pisteet, joten näillä osa-alueilla ei ollut puutteita. Kiihtyvyyssanturit sekä yhteydetön toiminta toimivat ainoastaan Android- ja iOS-käyttöjärjestelmien selaimissa. Yhteydetön toimivuus ei saa täysiä pisteitä yhdelläkään käyttöjärjestelmällä, sillä tapahtumia ei voi tallentaa WWW-käyttöliittymässä ilman datayhteyttä.

	<b>Opera Mini 3</b>	<b>S60</b>	<b>WP</b>	<b>Android</b>	<b>iOS</b>
Informaation esittäminen ja syöttäminen	10	12	14	11	14
Profilointi	4	4	4	4	4
Tapahtumat	6	6	6	6	6
Lisälaitteet	0	0	0	2	2
Yhteydetön toiminta	0	0	0	3	3
<b>Yhteensä</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>29</b>

Taulukko 12. WWW-käyttöliittymän arviointipisteet

WWW-käyttöliittymä saa paremmat pisteet saatavuudessa kuin alkuperäinen sovellus, sillä WWW-käyttöliittymä toimii jokaisessa arvostelussa käytettävässä käyttöjärjestelmässä (Taulukko 13). WWW-käyttöliittymä saa kuitenkin huonommat pisteet kuin tekstiviesti-käyttöliittymä, sillä WWW-käyttöliittymä toimii ainoastaan osittain yli puolella käyttöjär-

jestelmistä. Kuitenkin osittainen WWW-käyttöliittymä on monipuolisempi kuin tekstiviestikäyttöliittymä.

Peruspuhelin	1
Symbian	1
Windows Phone	1
Android	2
iOS	2
<b>Yhteensä</b>	<b>7</b>

Taulukko 13. WWW-käyttöliittymän saatavuuspisteet

#### 7.4 Tulosten tarkastelu

Toteutetun palvelun suurimpia heikkouksia ovat äänen toistaminen, lisälaitteiden käyttäminen sekä palvelun käyttäminen ilman datayhteyttä. Tekstiviestikäyttöliittymän avulla palvelun käyttäminen onnistuu hyvin, ja tekstiviestikäyttöliittymä häviää niukasti pisteissä peruspuhelinten WWW-käyttöliittymälle. Tekstiviestikäyttöliittymän suurimpana heikkoutena, verrattuna WWW-käyttöliittymään, on multimediaformaattien esittäminen sekä tekstiviestien virhealttius.

WWW-käyttöliittymä ei toimi ainoastaan vanhoissa matkapuhelimissa, sillä niissä ei ole tukea WWW-teknologioille. Vaikka WWW-käyttöliittymä toimii uudemmissa mobiilikäyttöjärjestelmissä, niin käyttöliittymän toiminnassa on käyttöjärjestelmäkohtaisia eroja, jolloin käyttöjärjestelmäkohtaisia muutoksia joutuu käyttöliittymään tekemään. WWW-käyttöliittymä ei saa täysiä pisteitä yhdelläkään testattavalla mobiililaitteilla, sillä palvelua ei voi käyttää täysin yhteydettömässä tilassa. Puutteina ovat tapahtumien syöttäminen ja selaileminen ilman datayhteyttä, sillä tapahtumat haetaan tietokannasta sekä tallennetaan tietokantaan. Lisäksi äänitiedoston toistaminen toimii vain uusimmilla käyttöjärjestelmillä. Kuitenkin yhteydetöntä toimintaa voitaisiin parantaa käyttämällä JavaScriptiä ja väliaikaisista tallennusta monipuolisemmin, jolloin väliaikainen tallenne päivitetäisiin tietokantaan silloin, kun datayhteys palveluun olisi saatavilla.

Saatavuudessa tekstiviesti- ja WWW-käyttöliittymät saavat huomattavasti paremmat pisteet kuin alkuperäinen sovellus. Alkuperäinen sovellus on toteutettu käyttäen Adobe Flash-kehitysympäristöä sekä Nokian rajapintaa, jolloin alkuperäinen sovellus toimii ainoastaan osassa Symbian-käyttöjärjestelmän laitteissa. Tekstiviestikäyttöliittymä on saatavilla kaikilla matkapuhelimilla, ja WWW-käyttöliittymä kaikilla taulutietokoneilla, jolloin toteutettu palvelu on saatavilla kaikille mobiililaitteille.

Ominaisuuksiltaan toteutettu sovellus häviää alkuperäiselle sovellukselle, mutta toteutetun sovelluksen saatavuus on huomattavasti parempi kuin alkuperäisen sovelluksen. Joten tutkimuksen kehysmallin avulla voidaan toteuttaa yksinkertaisia palveluita siten, että palvelu on saatavilla jokaiselle mobiililaitteille. Yksinkertaisilla palveluilla tarkoitetaan sellaisia palveluita, jotka eivät käytä mobiililaitteen lisälaitteita tai vaadi yhteydetöntä toimintaa. Monimutkaisempien palveluiden toteutuksessa osa toiminnallisuudesta joudutaan toteuttamaan jokaiselle mobiilikäyttöjärjestelmälle erikseen. Tällöinkin voidaan hyödyntää tutkimuksen kehysmallia sallimalla sovelluksille pääsy palvelun käsittelijäkerrokseen tai luomalla sovelluksille oma käyttöliittymä. Toteuttamalla palvelu mobiilijärjestelmille alkuperäissovelluksina joudutaan toteutuksissa käyttämään useita teknologioita ja kehitysympäristöjä, jolloin sovellusten toteuttaminen ja ylläpitäminen monimutkaistuu.

## 8 Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tuottaa kehysmalli palveluiden toteuttamiseen, jonka avulla voidaan parantaa palveluiden saatavuutta mobiililaitteilla. Saatavuuden ongelmana on erilaisten mobiilialustojen ja -laitteiden määrä, joilla palvelun tulisi toimia. Palvelun saatavuutta voidaan parantaa toteuttamalla palvelu alkuperäisesti jokaiselle mobiilikäyttöjärjestelmälle, mutta tällöin joudutaan käyttämään useita eri ohjelmointiympäristöjä ja -kielisiä. Kuten Charland ym. [23] ja Wesserman [24] mainitsevat tutkimuksissaan, niin palvelun toteuttaminen jokaiselle käyttöjärjestelmälle on kallista, aikaa vievää sekä palvelun ylläpitäminen monimutkaistuu.

Kehysmallin rakentaminen alkoi tutustumalla yleisesti palveluiden vaatimuksiin, jotka muodostivat toiminnalliset vaatimukset palvelun toteutukselle. Seuraavassa vaiheessa perehdyttiin Suomen mobiililaittejakumaan, jonka avulla saatiin käsitys siitä miten mobiililaitteet vastaavat palvelun vaatimuksiin. Kolmannessa vaiheessa määriteltiin millä teknologioilla palvelun vaatimukset voidaan kattaa, ja miten palvelun sisältö voidaan adaptoida mobiililaitteelle. Näiden pohjalta muodostettiin tutkimuksen kehysmalli, jonka onnistuneisuutta arvioitiin vertailemalla alkuperäistä sovellusta kehysmallina avulla toteutettuun palveluun.

Tutkimuksen kehysmalli perustuu kolmeen käyttöliittymään, joita ovat äänipuhelu, tekstiviesti ja WWW-sovellus. Tällöin palvelun toteutuksessa joudutaan käyttämään enintään kolmea eri teknologiaa käyttöliittymien toteutuksessa. Lisäksi kehysmallin esittelee menetelmän, jonka avulla palvelun sisältö adaptoituu jokaiselle käyttöliittymälle. Käyttöliittymät toimivat itsenäisesti mikä helpottaa palvelun ylläpitämistä ja kehittämistä. Äänipalvelun käyttäminen on mahdollista kaikilla matkapuhelimilla, ja uudet ääniteknologiat mahdollistavat luonnollisen kommunikoinnin käyttäjän kanssa. Kuitenkin äänipuheluteknologian käyttäminen on teknillisesti haastavaa. Tekstiviestien käyttäminen palvelussa on järkevää, sillä tekstiviestien avulla saavutetaan kaikki matkapuhelinkäyttäjät, ja lisäksi tekstiviestikäyttöliittymän toteutus on yksinkertaista. Tekstiviestin haittapuolena on tekstiviestien virhealttius sekä informaation esittäminen ainoastaan tekstillä. WWW-sovellusten vahvuutena on niiden toimivuus useilla mobiililaitteilla sekä perinteisillä tietokoneilla. WWW-

sovellukset mahdollistavat pelillisten- ja multimediaominaisuuksien käyttämisen palvelussa toisin kuin äänipuhelu ja tekstiviesti. Kuitenkin näiden ominaisuuksien käyttäminen WWW-sovelluksella on hankalampaa kuin esimerkiksi Adobe Flash -kehitysalustalla. Lisäksi WWW-sovelluksen heikkoutena on ominaisuuksien puute, ja WWW-teknologioiden toimivuus vanhemmilla mobiililaitteilla. HTML5-standardin myötä puutteellisten ominaisuuksien tuki paranee, jolloin WWW-käyttöliittymän avulla voidaan toteuttaa monipuolisempia ja monimutkaisempia sovelluksia mobiililaitteille. Tärkeintä on, että mobiililaittevalmistajat noudattavat standardia, ettei mobiililaitteiden välille pääse syntymään sirpaloitumista.

Käyttämällä tutkimuksen kehysmallia saavutetaan kaikki matkapuhelimen ja taulutietokoneen käyttäjät. Kuten tutkimuksessa mainitaan, kehysmalli ei sovellu jokaisen palvelun toteutukseen, sillä valittujen teknologioiden avulla ei voida hyödyntää kaikkia mobiililaitteiden lisälaitteita ja ominaisuuksia. Kuitenkin tutkimuksen kehysmalli soveltuu hyvin yksinkertaisempien palveluiden toteutukseen.

## Lähteet

- [1] Viestintävirasto, “Viestintämarkkinat Suomessa 2010 katsaus.” Viestintävirasto, 2011.
- [2] J. Rabin and C. McCathieNevile, “Mobile Web Best Practices 1.0.” W3C, 2008.
- [3] A. S. Menon-Johansson, “Texting decreases the time to treatment for genital Chlamydia trachomatis infection,” *Sexually Transmitted Infections*, vol. 82, no. 1, pp. 49–51, Feb. 2006.
- [4] A. Rodgers, “Do u smoke after txt? Results of a randomised trial of smoking cessation using mobile phone text messaging,” *Tobacco Control*, vol. 14, no. 4, pp. 255–261, Aug. 2005.
- [5] L. U. H. Munoz and S. I. Woolley, “A user-centered mobile health device to manage life-threatening anaphylactic allergies and provide support in allergic reactions,” in *Information Technology and Applications in Biomedicine, 2009. ITAB 2009. 9th International Conference on*, 2009, pp. 1–4.
- [6] A. Prentza, S. Maglavera, and L. Leondaridis, “Delivery of healthcare services over mobile phones: e-Vital and CHS paradigms,” in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS’06. 28th Annual International Conference of the IEEE*, 2006, pp. 3250–3253.
- [7] H. Mayr, B. Franz, and M. Mayr, “IHE-Compliant Mobile Application for Integrated Home Healthcare of Elderly People,” 2010, pp. 798–803.
- [8] V. Chan, P. Ray, and N. Parameswaran, “Mobile e-Health monitoring: an agent-based approach,” *Communications, IET*, vol. 2, no. 2, pp. 223–230, 2008.
- [9] A. Chang, M. Chang, and A. Hsieh, “A Treasure Hunting Learning Model for Students Studying History and Culture in the Field with Cellphone,” in *Advanced Learning Technologies, 2006. Sixth International Conference on*, 2006, pp. 106–109.
- [10] J. Beaudin, S. Intille, E. Munguia Tapia, R. Rockinson, and M. Morris, “Context-sensitive microlearning of foreign language vocabulary on a mobile device,” *Ambient Intelligence*, pp. 55–72, 2007.
- [11] N. Baya’a and W. Daher, “Learning mathematics in an authentic mobile environment: the Perceptions of Students,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 3, pp. 6–14, 2009.
- [12] L. Butgereit, “Math on MXit: using MXit as a medium for mathematics education,” *CSIR Research Space*, 2007.
- [13] D. McKinney, J. L. Dyck, and E. S. Luber, “iTunes University and the classroom: Can podcasts replace Professors?,” *Computers & Education*, vol. 52, no. 3, pp. 617–623, 2009.
- [14] P. Thornton and C. Houser, “Using mobile phones in English education in Japan,” *Journal of computer assisted learning*, vol. 21, no. 3, pp. 217–228, 2005.
- [15] N. Cavus and D. Ibrahim, “m-Learning: An experiment in using SMS to support learning new English language words,” *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, no. 1, pp. 78–91, 2009.
- [16] A. Stone, J. Briggs, and C. Smith, “SMS and interactivity-some results from the field, and its implications on effective uses of mobile technologies in education,” in *Wireless and Mobile Technologies in Education, 2002. Proceedings. IEEE International Workshop on*, 2002, pp. 147–151.

- [17] J. Sandberg, M. Maris, and K. De Geus, "Mobile English learning: An evidence-based study with fifth graders," *Computers & Education*, 2011.
- [18] P. Neittaanmaki and M. Kankaanranta, "Arjen Mobiilipalvelut tutkimussuunnitelma," Jyväskylän Yliopisto, 2009.
- [19] K. Kinnunen, M. Lehtinen, and J. Varsaluoma, "Teknillinen kehitys, sovellusprototyypit." Jyväskylän Yliopisto, 2012.
- [20] A. Riikonen, "Mobile handset population in Finland 2005-2010," Aalto University, 2011.
- [21] Sanomat Oyj, "Mobiilin käyttö hurjassa kasvussa verkkopalveluissa," 2012. [Online]. Available: <http://www.taloussanomat.fi/tiedote/2/1579752>. [Accessed: 22-Feb-2012].
- [22] A. Saarelainen, "IDC: Applen tablet-ylivoima on hiipumassa," 2011. [Online]. Available: [http://www.tietokone.fi/uutiset/idc\\_applen\\_tablet\\_ylivoima\\_on\\_hiipumassa](http://www.tietokone.fi/uutiset/idc_applen_tablet_ylivoima_on_hiipumassa). [Accessed: 21-Feb-2012].
- [23] A. Charland and B. Leroux, "Mobile application development: web vs. native," *Communications of the ACM*, vol. 54, no. 5, pp. 49–53, 2011.
- [24] T. Wasserman, "Software engineering issues for mobile application development," *FoSER 2010*, 2010.
- [25] "Suomen perustuslaki," 1999. [Online]. Available: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731>. [Accessed: 18-Apr-2012].
- [26] D. Gavalas and D. Economou, "Development Platforms for Mobile Applications: Status and Trends," *Software, IEEE*, vol. 28, no. 1, pp. 77–86, 2011.
- [27] S. Blom, M. Book, V. Gruhn, R. Hrushchak, and A. Kohler, "Write Once, Run Anywhere A Survey of Mobile Runtime Environments," *Grid and Pervasive Computing Workshops, 2008. GPC Workshops '08. The 3rd International Conference on*, pp. 132–137, 2008.
- [28] VisionMobile, "Developer Economics 2011." VisionMobile, 2011.
- [29] Mozilla, "Mozilla Marketplace," 2012. [Online]. Available: <https://www.mozilla.org/en-US/apps/>. [Accessed: 05-Mar-2012].
- [30] Z. Dongsong, "Web content adaptation for mobile handheld devices," *Communications of the ACM*, vol. 50, no. 2, pp. 75–79, 2007.
- [31] T. F. Abdelzaher and N. Bhatti, "Web content adaptation to improve server overload behavior," *Computer Networks*, vol. 31, no. 11, pp. 1563–1577, 1999.
- [32] S. J. H. Yang and I. Y. L. Chen, "Universal access and content adaptation in mobile learning," in *Advanced Learning Technologies, 2006. Sixth International Conference on*, 2006, pp. 1172–1173.
- [33] P. Brusilovsky and M. T. Maybury, "From adaptive hypermedia to the adaptive web," *Communications of the ACM*, vol. 45, no. 5, pp. 30–33, 2002.
- [34] A. Reveiu, I. Smeureanu, and M. Dardala, "Content Adaptation in Mobile Multimedia System for M-Learning," in *Mobile Business, 2008. ICMB '08. 7th International Conference on*, 2008, pp. 305–313.
- [35] J. He, T. Gao, W. Hao, I. L. Yen, and F. Bastani, "A flexible content adaptation system using a rule-based approach," *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 19, no. 1, pp. 127–140, 2007.

- [36] G. Dodig Crnkovic, "Constructive Research and Info-computational Knowledge Generation," in *Model-Based Reasoning in Science and Technology*, vol. 314, Springer Berlin / Heidelberg, 2010, pp. 359–380.
- [37] P. Järvinen, "Research questions guiding selection of an appropriate research method," in *Proceedings of the 8th European Conference on Information Systems*, 2000, vol. 3, p. 2000.
- [38] T. Nousiainen and R. Kuoremäki, "Kuntoutus ja luokkahuoneen ulkopuolelle suuntautuva oppiminen," Jyväskylän Yliopisto, 2011.
- [39] Continua Health Alliance, "Product Showcase," 2012. [Online]. Available: <http://www.continuaalliance.org/products/certified-products.html>. [Accessed: 14-Feb-2012].
- [40] K. Rintakoski, "Suomi hylkäsi Nokian älypuhelimet – osuus 31 %," 2011. [Online]. Available: <http://www.taloussanomat.fi/informaatioteknologia/2011/12/02/suomi-hylkasi-nokian-alypuhelimet--osuus-31-/201118156/12>. [Accessed: 21-Feb-2012].
- [41] A. Moisio, "Androidien osuus paisui syksyllä Suomessa," 2011. [Online]. Available: <http://www.taloussanomat.fi/informaatioteknologia/2010/11/29/androidien-osuus-paisui-syksylla-suomessa/201016587/12>. [Accessed: 21-Feb-2012].
- [42] Google, "Philosophy and Goals." [Online]. Available: <http://source.android.com/about/philosophy.html>. [Accessed: 23-Apr-2012].
- [43] T. Virki and S. Carew, "Google topples Nokia from smartphones top spot," 2011. [Online]. Available: <http://uk.reuters.com/article/2011/01/31/oukin-uk-google-nokia-idUKTRE70U1YT20110131>. [Accessed: 22-Feb-2012].
- [44] Gartner Inc., "Gartner Says Sales of Mobile Devices in Second Quarter of 2011 Grew 16.5 Percent Year-on-Year," 2011. [Online]. Available: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1764714>. [Accessed: 22-Feb-2012].
- [45] Nokia Oyj, "Nokia Lumia 800 -älypuhelimien myynti Suomessa alkaa 1. helmikuuta," 2012. [Online]. Available: <http://press.nokia.fi/2012/01/11/nokia-lumia-800-alypuhelimien-myynti-suomessa-alkaa-1-helmikuuta-2/>. [Accessed: 23-Apr-2012].
- [46] Nokia Oyj, "Nokia outlines new strategy, introduces new leadership, operational structure," 2011. [Online]. Available: <http://press.nokia.com/2011/02/11/nokia-outlines-new-strategy-introduces-new-leadership-operational-structure/>. [Accessed: 23-Apr-2012].
- [47] VisionMobile, "Mobile Platforms: The Clash of Ecosystems." VisionMobile, 2011.
- [48] Elisa Oyj, "Elisan myydyimmät puhelimet joulukuussa ja koko vuonna," 2012. [Online]. Available: <http://www.elisa.fi/ir/pressi/index.cfm?t=100&o=5120&did=17720>. [Accessed: 20-Feb-2012].
- [49] TeliaSonera, "Joulun matkapuhelinsuosikit: iPhone ja Nokian uutuudet," 2012. [Online]. Available: <http://uutishuone.sonera.fi/2012/01/05/joulun-matkapuhelinsuosikit-iphone-ja-nokian-uutuudet/>. [Accessed: 21-Feb-2012].
- [50] Gartner Inc., "Gartner Says Apple Will Have a Free Run in Tablet Market," 2011. [Online]. Available: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1800514>. [Accessed: 22-Feb-2012].
- [51] M. Hiltunen, M. Laukka, and J. Luomala, *Mobile user experience*. IT press, 2002.
- [52] P. Tarasewich, "Wireless devices for mobile commerce: user interface design and usability," *Mobile commerce: technology, theory, and applications*, pp. 26–50, 2003.



- [53] T. Starner, "Keyboards redux: Fast mobile text entry," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 3, no. 3, pp. 97–101, 2004.
- [54] B. Ballard, *Designing the mobile user experience*. John Wiley & Sons Inc., 2007.
- [55] TeliaSonera, "Kuuluvuus- ja nopeuskartat," 2011. [Online]. Available: <http://www.sonera.fi/puhelin+ja+liittyma/asiakastuki/kuuluvuus+ja+nopeuskartta/>. [Accessed: 22-Feb-2012].
- [56] "Comparison of tablet computers," 2012. [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_tablet\\_computers](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_tablet_computers). [Accessed: 23-Apr-2012].
- [57] Nokia, "Series 40 – Nokia Developer Wiki," 2011. [Online]. Available: [http://www.developer.nokia.com/Community/Wiki/Series\\_40](http://www.developer.nokia.com/Community/Wiki/Series_40). [Accessed: 06-Feb-2012].
- [58] Nokia, "Qt in Use," 2012. [Online]. Available: <http://qt.nokia.com/qt-in-use>. [Accessed: 14-Mar-2012].
- [59] Nokia, "Supported platforms," 2012. [Online]. Available: [http://developer.qt.nokia.com/wiki/Platform\\_Support](http://developer.qt.nokia.com/wiki/Platform_Support). [Accessed: 06-Feb-2012].
- [60] Nokia Oyj, "Multimedia Codecs available in Symbian devices," 2011. [Online]. Available: [www.developer.nokia.com/Community/Wiki/Multimedia\\_Codecs\\_available\\_in\\_Symbian\\_devices](http://www.developer.nokia.com/Community/Wiki/Multimedia_Codecs_available_in_Symbian_devices). [Accessed: 30-May-2012].
- [61] "Web Apps Overview," 2012. [Online]. Available: <http://developer.android.com/guide/webapps/index.html>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [62] Apple Inc., "iOS Technology Overview: Media Layer," 2011. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/library/ios/#DOCUMENTATION/Miscellaneous/Conceptual/iPhoneOSTechOverview/MediaLayer/MediaLayer.html>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [63] Google, "Android Supported Media Formats," 2012. [Online]. Available: <http://developer.android.com/guide/appendix/media-formats.html>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [64] Microsoft, "Choosing a Programming Language for Windows Mobile Development," 2010. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb677133.aspx>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [65] Microsoft, "Supported Media Codecs for Windows Phone," 2012. [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff462087%28v=vs.92%29.aspx>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [66] Adobe, "Statistics: Mobile penetration," 2012. [Online]. Available: <http://www.adobe.com/products/flashplatformruntimes/statistics.displayTab2.html>. [Accessed: 02-Mar-2012].
- [67] Nokia, "Flash technology overview," 2012. [Online]. Available: [http://www.developer.nokia.com/Develop/Featured\\_Technologies/Flash\\_lite/](http://www.developer.nokia.com/Develop/Featured_Technologies/Flash_lite/). [Accessed: 06-Feb-2012].
- [68] D. Winokur, "Aggressively Contribute to HTML5," 2011. [Online]. Available: <http://blogs.adobe.com/conversations/2011/11/flash-focus.html>. [Accessed: 06-Feb-2012].

- [69] R. Carroll, “Bell did not invent telephone, US rules,” 2002. [Online]. Available: <http://www.guardian.co.uk/world/2002/jun/17/humanities.internationaleducationnews>. [Accessed: 31-May-2012].
- [70] Elisa Oyj, “1880-luku - Historia,” 2012. [Online]. Available: <http://www.elisa.fi/elisa-oyj/130/2128.00/>. [Accessed: 31-May-2012].
- [71] H. Lee, M. E. Friedman, P. Cukor, and D. Ahern, “Interactive voice response system (IVRS) in health care services,” *Nursing outlook*, vol. 51, no. 6, pp. 277–283, 2003.
- [72] Suomen Puheentunnistus Oy, “Referenssit.” [Online]. Available: <http://puheentunnistus.fi/fi/referenssit>. [Accessed: 02-May-2012].
- [73] Apple Inc., “Ask Siri to help you get things done,” 2012. [Online]. Available: <http://www.apple.com/iphone/features/siri.html>. [Accessed: 28-Feb-2012].
- [74] N. Hughes, “Inside Apple’s iPhone 4S: ‘S’ is for Siri voice recognition,” 2011. [Online]. Available: [http://www.appleinsider.com/articles/11/10/10/inside\\_apples\\_iphone\\_4s\\_s\\_is\\_for\\_siri\\_voice\\_recognition.html](http://www.appleinsider.com/articles/11/10/10/inside_apples_iphone_4s_s_is_for_siri_voice_recognition.html). [Accessed: 28-Feb-2012].
- [75] P. Järvinen, “Tätä on odotettu: suomenkielinen puheentunnistus.” 2011.
- [76] S. Patnaik, E. Brunskill, and W. Thies, “Evaluating the accuracy of data collection on mobile phones: A study of forms, sms, and voice,” in *Information and Communication Technologies and Development (ICTD), 2009 International Conference on*, 2009, pp. 74–84.
- [77] F. Hillebrand, F. Trosby, K. Holley, and I. Harris, *Short Message Service*. John Wiley & Sons Ltd., 2010.
- [78] International Telecommunication Union, “The World in 2010: ITC facts and figures.” ITU World Telecommunication, 2010.
- [79] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, and T. Berners-Lee, “RFC 2616 - Hypertext Transfer Protocol.” IETF, 1999.
- [80] D. Raggett, A. Le Hors, and I. Jacobs, “HTML 4.01 Specification.” W3C, 1999.
- [81] W3C HTML Working Group, “XHTML 1.0 The Extensible HyperText Markup Language.” W3C, 2002.
- [82] ECMA, “Standard ECMA-262.” ECMA International, 1999.
- [83] I. Hickson, “HTML5 Working draft.” W3C, 2011.
- [84] “The HTML5 test – how well does your browser support HTML5?,” 2012. [Online]. Available: <http://www.html5test.com/results.html>. [Accessed: 09-Mar-2012].
- [85] V. Adzic, H. Kalva, and B. Furht, “A survey of multimedia content adaptation for mobile devices,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 51, no. 1, pp. 379–396, Dec. 2010.

# Liitteet

## Liite 1. Karttapohjan adaptoituminen

```
// Scale map, always use maximum width
function drawMap(){
    var imageObj = new Image();

    imageObj.onload = function(){
        var mapCanvas = document.getElementById('mapCanvas');
        var mapArea = document.getElementById('mapArea');
        // Ration of the picture
        var ration = 2.75 ;
        // Get div element's width
        var newWidth = mapArea.clientWidth;
        var newHeight = newWidth / ration;
        // Calculate scale ration
        var scale = newWidth / 1672;

        mapCanvas.style.height = newHeight + "px";
        mapCanvas.style.width = newWidth + "px";

        scalePoints(scale);
        mapCanvas.src = imageObj.src;
    };

    // Define multiple images for different
    // screen size
    var windowWidth = window.innerWidth;
    var image_url = "{{STATIC_URL}}ahtari.jpg";

    if (windowWidth <= 400) {
        image_url = "{{STATIC_URL}}ahtari_small.jpg";
    } else if (windowWidth <= 800) {
        image_url = "{{STATIC_URL}}ahtari_medium.jpg";
    }

    imageObj.src = image_url;
}
```

## Liite 2. WWW-sovelluksen välimuistiasetus

CACHE MANIFEST  
# 2012-05-09:v10

CACHE:

http://code.jquery.com/mobile/1.0.1/jquery.mobile-1.0.1.min.css  
http://code.jquery.com/jquery-1.6.4.min.js  
http://code.jquery.com/mobile/1.0.1/jquery.mobile-1.0.1.min.js  
http://code.jquery.com/mobile/1.0.1/images/icons-18-white.png  
/static/custom.css  
/static/custom\_scripts.js  
/static/ahtari.jpg  
/static/ahtari\_medium.jpg  
/static/ahtari\_small.jpg  
/static/ch\_1.png  
/static/ch\_2.png  
/static/logo.png  
/static/offline.html  
/static/metsakauris.jpg  
/static/metsapeura.jpg  
/static/puzzle\_fox\_11.jpg  
/static/puzzle\_fox\_12.jpg  
/static/puzzle\_fox\_21.jpg  
/static/puzzle\_fox\_22.jpg  
/static/puzzle\_fox\_11\_solved.jpg  
/static/puzzle\_fox\_12\_solved.jpg  
/static/puzzle\_fox\_21\_solved.jpg  
/static/puzzle\_fox\_22\_solved.jpg  
/static/puzzle\_owl\_11.jpg  
/static/puzzle\_owl\_12.jpg  
/static/puzzle\_owl\_21.jpg  
/static/puzzle\_owl\_22.jpg  
/static/puzzle\_owl\_11\_solved.jpg  
/static/puzzle\_owl\_12\_solved.jpg  
/static/puzzle\_owl\_21\_solved.jpg  
/static/puzzle\_owl\_22\_solved.jpg

/map/  
/point/1/  
/point/2/  
/stats/

NETWORK:

/new/  
/login/  
/question/  
/solve/

FALLBACK:

/ /static/offline.html

### Liite 3. Ominaisuuksien arviointilomake

<b>Mobiililaite ja sovellus</b>			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Informaation esittäminen ja syöttäminen</b>			
1. Teksti			
2. Kuva			
3. Ääni			
4. Adaptoituminen			
5. Navigointi			
6. Rastikoodi			
7. Tehtävä			
<b>Yhteensä</b>			
<b>Profilointi</b>			
8. Uusi käyttäjä			
9. Kirjautuminen			
<b>Yhteensä</b>			
<b>Tapahtuma</b>			
10. Syöttäminen			
11. Selaaminen			
12. Edistys			
<b>Yhteensä</b>			
<b>Lisälaitteet</b>			
13. Kiihtyvyyssanturi			
<b>Yhteensä</b>			
<b>Yhteydetön toiminta</b>			
14. Rastit			
15. Tapahtuman syöttäminen			
16. Tapahtumien selaaminen			
<b>Yhteensä</b>			
<b>Kokonaispisteet</b>			

#### Liite 4. Saatavuuden arviointilomake

<b>Sovellus</b>			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peruspuhelin			
Symbian			
Windows Phone			
Android			
iOS			