

# Dynamo-Sovellusprojekti

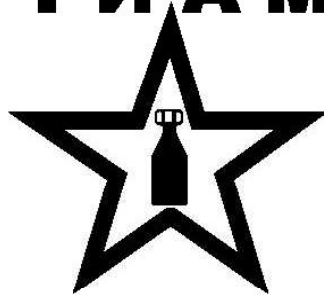
## Sovellusraportti

Tero Hätinén

Joni Purojärvi

Antti Pyykkönen

# D Y N A M O



Versio 0.1

Julkinen

27.11.2007

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Jyväskylä

<b>Hyväksyjä</b>	<b>Päivämäärä</b>	<b>Allekirjoitus</b>	<b>Nimenselvennys</b>
Projektipäällikkö	__.__.2007		
Tilaaja	__.__.2007		
Ohjaaja	__.__.2007		

## Tietoa dokumentista

### Tekijät:

- |                        |                    |             |
|------------------------|--------------------|-------------|
| • Tero Häätinen (TH)   | tejuhati@cc.jyu.fi | 050-3528817 |
| • Joni Purojärvi (JP)  | jopuroja@cc.jyu.fi | 040-5271885 |
| • Antti Pyykkönen (AP) | anpyykko@cc.jyu.fi | 050-5376727 |

**Dokumentin nimi:** Dynamo-projekti, Sovellusraportti

**Sivumäärä:** 24

**Tiedosto:** sovellusraportti01.tex

**Tiivistelmä:** Projekti kehittää Dynamics-sovellusta vastaamaan paremmin tietotekniikan laitoksen ja LaiLa-projektin tarpeita. Dynamo-projekti toteuttaa dokumentissa kuvatut sovelluksen toiminnalliset ja tekniset vaatimukset.

**Avainsanat:** DHCP, Dynamics, kahdentaminen, kotiagentti, mobiililaite, Mobile IP, tekniset vaatimukset, termit, toiminnalliset vaatimukset, vierasagentti, virtuaalinen vierasagentti.

## Muutoshistoria

Versio	Päivämäärä	Muutokset	Tekijät
0.1	27.11.2007	Ensimmäinen luonnos. Laadittu luvut "Johdanto", "Termit", "Toteutustekniikat ja työkalut", "Dynamicsin alkuperäinen toiminta ja rakenne", "Projektissa saavutetut tavoitteet ja jatkokehitys", "Kotiagentin DHCP-tuki", "Virtuaalinen vierasagentti", "Yhteenveto" ja "Lähteet".	TH, AP, JP

## Tietoa projektista

Dynamics on Teknillisen korkeakoulun kehittämä sovellus Mobile IPv4 -verkkoon. Se mahdollistaa liikkuvien päätelaitteiden liikkumisen verkosta toiseen katkaistamatta yhteyttä, sekä huolehtii pakettien välittämisestä verkosta toiseen. Dynamo-projekti jatkokehittää Dynamics-sovellusta vastaamaan paremmin tietotekniikan laitoksen ja LaiLa-projektin tarpeita.

### Tekijät:

- Tero Hätinä (TH)      `tejuhati@cc.jyu.fi`      050-3528817
- Joni Purojärvi (JP)      `jopuroja@cc.jyu.fi`      040-5271885
- Antti Pyykkönen (AP)      `anpyykko@cc.jyu.fi`      050-5376727

### Tilaaja:

- Riku Ahonen      `riahonen@jyu.fi`      040-5174014
- Olli Alanen      `opalanen@jyu.fi`      014-2604974

### Ohjaajat:

- Juha Huikari      `juha.huikari@jyu.fi`      044-5329883
- Jukka-Pekka Santanen      `santanen@mit.jyu.fi`      014-2602756

### Yhteystiedot:

- Sähköpostilistat      `dynamo@korppi.jyu.fi`,  
                                 `dynamo_opetus@korppi.jyu.fi`,  
                                 `dynamo-oma.group@korppi.jyu.fi`
- Sähköpostiarkistot      <https://korppi.jyu.fi/list-archive/dynamo/ind.html>,  
                                 [https://korppi.jyu.fi/list-archive/dynamo\\_opetus/ind.html](https://korppi.jyu.fi/list-archive/dynamo_opetus/ind.html)
- WWW-sivut      <http://sovellusprojektit.it.jyu.fi/dynamo>
- Työhuone      Ag C223.4 / 014-2604966



# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Termit</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Toteutustekniikat ja työkalut</b>	<b>4</b>
3.1	Testausympäristö . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Dynamicsin alkuperäinen toiminta ja rakenne</b>	<b>5</b>
4.1	Pakettien kulku . . . . .	5
4.2	Mobiililaitteen kirjautuminen verkkoon . . . . .	6
4.3	Koti- ja vierasagentti . . . . .	7
4.4	Mobiililaite . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Projektissa saavutetut tavoitteet ja jatkokehitys</b>	<b>9</b>
5.1	DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen . . . . .	9
5.2	Virtuaalisen vierasagentin vaatimusten toteutuminen . . . . .	12
5.3	Mobiililaitteen vaatimusten toteutuminen . . . . .	14
5.4	Jatkokehityksen tavoitteet . . . . .	14
5.5	Projektiryhmän ajatuksia Dynamicsin jatkokehityksestä . . . . .	15
5.6	Testaus . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Kotiagentin DHCP-tuki</b>	<b>17</b>
6.1	Toteutetut muutokset . . . . .	17
6.2	Tietorakenne . . . . .	17
6.3	Lisätyt aliohjelmat . . . . .	19
6.4	Muutetut aliohjelmat ja tiedostot . . . . .	19
6.5	Lisätyt tiedostot . . . . .	21
<b>7</b>	<b>Virtuaalinen vierasagentti</b>	<b>22</b>
7.1	Toteutetut muutokset . . . . .	22
7.2	Tietorakenne . . . . .	22
7.3	Lisätyt aliohjelmat . . . . .	22
7.4	Muutetut aliohjelmat . . . . .	22
<b>8</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>23</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>24</b>





# 1 Johdanto

Dynamics on Teknillisen korkeakoulun kehittämä sovellus Mobile IPv4 -verkkoon. Se mahdollistaa liikkuvien päätelaitteiden liikkumisen verkosta toiseen katkaisematta yhteyttä, sekä huolehtii pakettien välittämisestä verkosta toiseen. Dynamo-projekti on Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen syksyn 2007 sovellusprojekti. Se määrittelee ja suunnittelee sekä osin toteuttaa ja testaa Dynamics-sovellukseen tarvittavat muutokset, jotta Dynamics saataisiin vastaamaan LaiLa-projektin tarpeita.

Dokumentissa esitetään määriteltyjen vaatimusten toteutumiset ja toteutusratkaisut lähdekooditasolla. Projektin vaatimukset esitetään vaatimusmäärittelyssä [8]. Projektin käytänteitä, aikataulua, riskejä ja muita projektin läpivientiin liittyviä asioita käsitellään projektisuunnitelmassa [7].

Luvussa 2 on kuvattu tärkeimmät projektiin liittyvät termit. Käytettyjä työkaluja ja käytänteitä esitellään luvussa 3. Sovelluksen alkuperäistä toimintaa kuvataan luvussa 4. Projektissa saavutetut tavoitteet sovelluksen jatkokehityksen suhteen kuvataan luvussa 5. Tehtyjä toteutuksia kuvataan tarkemmin luvuissa 6 ja 7.

## 2 Termit

Luvussa kuvataan dokumentin ja projektin olennainen termistö.

Aihealueen termejä ovat seuraavat:

<b>Dynamics</b>	on Teknillisen korkeakoulun kehittämä sovellus Mobile IPv4 -verkkoon.
<b>Dynamo-verkko</b>	on Dynamo-projektissa käytettävä verkko, jonka vaatimuksia vastaavaksi Dynamics-sovellusta muokataan.
<b>GPL</b>	on käytetyin vapaanlähdekoodin ohjelmien lisenssi.
<b>LaiLa</b>	on tietotekniikan laitoksen tutkimusprojekti, jossa tarkastellaan langattomien laajakaistapalveluiden hallintaa multi-access-verkossa.

Teknisiä termejä ovat seuraavat:

<b>Agenttipyyntöviesti</b>	(engl. <i>Agent Solicitation Message</i> ) on mobiililaitteen generoima viesti, kun laite tulee verkkoon ja haluaa rekisteröityä agentille.
<b>Agentti</b>	on joko koti- tai vierasagentti.
<b>Autentikointi</b>	on tapahtuma, jolla kaksi osapuolta varmistavat toistensa identiteetin.
<b>DHCP</b>	(engl. <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> ) on verkko-protokolla, joka jakaa dynaamisesti IP-osoitteita verkkoon liittyville päätelaitteille.
<b>Elinaika</b>	on tunnelin elinaika agenttien välillä.
<b>Lease-aika</b>	on aika sekunteina, jonka ajan DHCP:n antama IP on käytettävissä.
<b>Kotiagentti</b>	on kotiverkossa oleva ohjelmisto, joka tunneloi kaikki mobiililaitteelle menevät paketit ja ylläpitää tietoa mobiililaitteen sijainnista.

<b>Kotiosoite</b>	on mobiililaitteen kotiverkon osoite, joka pysyy aina samana, vaikka laite siirtyisi kotiverkosta vierasverkkoon.
<b>Kotiverkko</b>	on verkko, johon mobiilin päätelaitteen kotiosoite kuuluu.
<b>Jaettu salaisuus</b>	on symmetrisessä salauksessa käytetty avain, jonka avulla selväkielinen teksti salataan.
<b>MAC-osoite</b>	on laitteen fyysinen osoite.
<b>Mobiililaite</b>	on laite, joka voi liikkua verkosta toiseen.
<b>Mobile IPv4</b>	on IPv4-protokollan laajennus, joka mahdollistaa liikkuvien päätelaitteiden toiminnan IPv4-verkossa.
<b>NAI</b>	(engl. <i>Network Address Identifier</i> ) on Mobile IPv4 -verkossa käytettävä mobiililaitteen tunniste.
<b>Rekisteröintiviesti</b>	on mobiililaitteen kotiagentille generoima rekisteröintipyyntö.
<b>Tiedostokuvaaja</b>	on viite muistialueeseen, mitä voi käyttää kuten tiedostoa.
<b>Tilapäisosoite</b>	(engl. <i>Care-off -Address</i> ) on mobiililaitteen osoite vierasverkossa (vierasagentin ja mobiililaitteen välillä).
<b>Vastaanottava solmu</b>	(engl. <i>Corresponded Node</i> ) on mobiililaitteen kanssa keskusteleva palvelu tai kone.
<b>Vierasagentti</b>	ohjaa liikennettä kotiagentin ja mobiilin päätelaitteen välillä, sekä tarjoaa verkon palvelut päätelaitteelle.
<b>Vierasverkko</b>	on verkko, jossa mobiili päätelaite vierailee.
<b>Viestiputki</b>	on erikoistiedosto, jolla on kaksi tiedostokuvaajaa.
<b>Virtuaalinen vierasagentti</b>	on kotiagentin kuormituksen testaukseen tarkoitettu työkalu.
<b>Rekisteröintiviesti</b>	on mobiililaitteen kotiagentille generoima rekisteröintipyyntö.

## 3 Toteutustekniikat ja työkalut

Ryhmän työskentely tapahtui pääasiassa ryhmän työhuoneessa AgC223.4 ja viereisessä työhuoneessa AgC223.3, jossa sijaitsi testausympäristö.

Työhuoneessa ryhmällä oli käytössä neljä tietokonetta, joista yhteen oli asennettu käyttöjärjestelmäksi Windows XP ja kolmeen Linux Fedora Core 6. Linux-koneisiin oli asennettu valmiiksi KDevelop 3.4.1 -sovelluskehitysympäristö koodin tuottamiseen ja muokkaamiseen.

Projektin tavoitteena oli jatkokehittää Dynamics Mobile IPv4 -ohjelmistoa. Dynamics on kirjoitettu C-kielellä. Yhtenä vaatimuksena oli lisätä DHCP-tuki Dynamicin kotiagenttiin. Tämän vaatimuksen toteuttamisessa käytettiin hyväksi UDCHP-asiakasohjelmaa, joka on myös kirjoitettu C-kielellä.

Projektilla oli käytössään yhteinen verkkolevy ja WWW-sivusto projektin tiedostojen säilytystä varten. Verkkolevy oli hakemistossa `//iths1.it.jyu.fi/dynamo` ja sivusto osoitteessa `http://sovellusprojektit.it.jyu.fi/dynamo`.

### 3.1 Testausympäristö

Huoneessa AgC223.3 sijaitsi testausympäristö, joka koostui neljästä koneesta. Kaikkiin neljään koneeseen asennettiin Linux-käyttöjärjestelmä. Lisäksi yhteen koneeseen (mobiili päätelaite) asennettiin Windows XP sekä kaupallinen Cisco-mobiililaitteohjelmisto.

Testausympäristön koneet muodostivat itsenäisen verkon erilleen yliopiston verkosta. Testahuoneeseen asennettiin lisäksi yksi kone, joka oli yhteydessä yliopiston verkkoon, mutta erillään testiverkosta.

Testauksessa käytettiin aluksi Dynamicsin alkuperäistä versiota 0.81. Projektin edetessä tätä sovellusta muokattiin projektin tarpeiden mukaan. Verkon liikennettä seurattiin Wireshark-ohjelman versiolla 0.99.4.

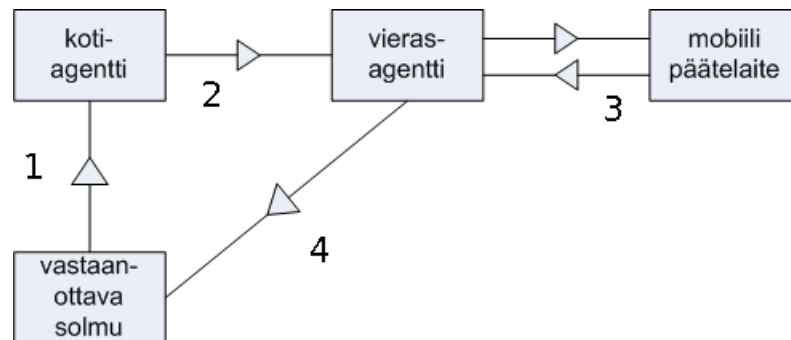
## 4 Dynamicsin alkuperäinen toiminta ja rakenne

Dynamics (versio 0.8.1) on Teknillisen korkeakoulun kehittämä sovellus Mobile IPv4 -verkkoon. Se mahdollistaa liikkuvien päätelaitteiden liikkumisen verkosta toiseen katkaisematta yhteyttä, sekä huolehtii pakettien välittämisestä verkosta toiseen.

Dynamics pitää sisällään kaikki tarvittavat sovellukset Mobile IPv4 -verkon pystytykseen. Mukana tulevat sovellukset ovat kotiagentti, vierasagentti ja mobiililaitte. Dynamics ei tue dynaamisia koti- tai tilapäisosoitteita, joten kaikki IP-tiedot tulee syöttää etukäteen sovellusten asetustiedostoihin.

### 4.1 Pakettien kulku

Kuvassa 4.1 on esitetty, kuinka paketit kulkevat Mobile IPv4:ssä mobiililaitteelle vierasverkkoon sen kanssa keskustelevalta palvelimelta.



Kuva 4.1: Pakettien kulku [2].

Pakettien välittämisen vaiheet ovat seuraavat:

1. Paketti mobiililaitteelle saapuu kotiverkkoon normaalin reitityksen ta-  
paan.
2. Paketti saapuu kotiagentille, joka tunneloi paketin vierasagentille ja aset-  
taa kohdeosoitteeksi mobiililaitteen sen hetkisen tilapäisosoitteen.
3. Paketti saapuu vierasagentille, joka ohjaa sen edelleen mobiililaitteelle.
4. Mobiililaitteen lähettämä kuittauspaketti saapuu sille laitteelle, jolta pa-  
ketti alunperin tuli. Paketti voi mennä suoraan palvelimelle vierasagentin  
kautta (kuten kuvassa 4.1) tai kotiagentin kautta.

## 4.2 Mobiililaitteen kirjautuminen verkkoon

Mobiililaite voi kirjautua kotiverkkoon joko kotiagentin kautta tai vierasagentin kautta vierasverkosta.

**Kotiagentin kautta kirjautuminen** sisältää seuraavat vaiheet:

- Mobiililaite laitetaan päälle, jolloin se lähettää agenttipyyntöviestin.
- Kotiagentti vastaa pyyntöön mainoksella.
- Mobiililaite lähettää rekisteröitymisviestin kotiagentille.
- Kotiagentti saa mobiililaitteen rekisteröintiviestin ja tutkii, löytyykö ko. laite sen staattiselta listalta.
- Kotiagentti vastaa mobiililaitteelle, hyväksyikö vai hylkäsikö se rekisteröinnin.

**Vierasagentin kautta kirjautuminen** sisältää seuraavat vaiheet:

- Mobiililaite lähettää agenttipyyntöviestin verkkoon.
- Vierasagentti kuulee viestin ja lähettää oman mainosviestin mobiililaitteelle.
- Mobiililaite lähettää rekisteröintipyynnön vierasagentille.
- Vierasagentti lähettää rekisteröintipyynnön edelleen kotiagentille. Kotiagentin ja mobiililaitteen välissä voi olla useita vierasagentteja.
- Kotiagentti saa paketin vierasagentilta ja purkaa sen.
- Kotiagentti tarkistaa, löytyykö mobiililaite sen staattiselta listalta.
- Kotiagentti generoi vastauspaketin ja lähettää sille vierasagentille, jonka verkossa mobiililaite on vierailmassa.
- Vierasagentti purkaa kotiagentilta saadun paketin ja lähettää kotiagentin alkuperäisen vastauksen mobiililaitteelle.

### 4.3 Koti- ja vierasagentti

Dynamicsin viimeisin versio käyttää staattisia IP-osoitteita. Jokaiselle laitteelle on määrätty tietty IP, joten sekä mobiililaitteen että kotiagentin täytyy tietää kyseisen mobiililaitteen IP-osoite. Mobiililaitteen täytyy myös tietää sen kotiagentin IP-osoite.

Kotiagentti tietää oman IP-osoitteensa lisäksi taulukossa 4.1 mainitut hyväksytyjen mobiililaitteiden IP-osoitteet ja tilapäisosoitteet sekä mobiililaitteen elinajan.

Kotiosoite	Tilapäisosoite	Elinaika
172.16.0.12	162.168.0.1	100
172.16.0.22	162.168.0.5	150

Taulukko 4.1: Kotiagentin mobiiliosoitetaulukko.

Vierasagentti tietää oman IP-osoitteensa ja mahdollisesti hierarkisesti korkeamman vierasagentin IP-osoitteen. Vierasagentti ylläpitää taulukon 4.2 mukaista vieraslistaa, josta selviää vierailevien laitteiden kotiosoitteet, kotiagenttien IP-osoitteet, mobiililaitteiden MAC-osoitteet ja elinajat.

Kotiosoite	Kotiagentin osoite	Mobiililaitteen MAC-osoite	Elinaika
172.16.0.12	172.168.0.1	00-04-32-FF3	100
172.16.0.22	162.168.01	10-34-12-FA3	150

Taulukko 4.2: Vierasagentin vieraslista.

### 4.4 Mobiililaite

Dynamicsin mobiililaite on ns. "ohut päätelaite" tarkoittaen sitä, että siinä on vähän toimintoja ja se tietää vain vähän verkosta. Kiinteät asetustiedostosta määriteltävät päätelaitteen asetukset ovat.

- oma kotiosoite,
- kotiagentin osoite ja
- tunnelin elinaika.

Tilan mukaan muuttuvat päätelaitteen asetukset ovat.

- tilapäisosoite.



## 5 Projektissa saavutetut tavoitteet ja jatkokehitys

Luvussa esitellään projektissa saavutetut tavoitteet ja jatkokehitysideat. DHCP-tuen vaatimukset saatiin toteutettua siltä osin, että kotiagentti pyytää IP-osoitteet dynaamisesti DHCP-palvelimelta, tallentaa ne tietorakenteeseen ja lähettää IP-osoitteen sitä pyytäneelle mobiililaitteelle. Säikeistystä DHCP-keskusteluun ei saatu toteutettua, joten DHCP-keskustelun ajan kotiagenttin ei voi vastata muiden mobiililaitteiden rekisteröitymispyyntöihin.

Virtuaalisen vierasagentti vaatimukset toteutui yhden viestin lähettämisen osalta. (Tai useamman laitteen, tulee muuttumaan).

Vaatimusten toteutusten tilat on määritelty taulukossa 5.1.

Tila	Kuvaus
Toteutui	Toteutus on valmis ja hyväksytty.
Ei toteutunut	Toteutusta ei ole tehty.
Toteutunut osittain	Toteutus aloitettiin, mutta ei saatu valmiiksi.

Taulukko 5.1: Vaatimusten tilat.

### 5.1 DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen

DHCP-tuen toteuttamisessa oli ongelmana DHCP-keskustelun toteuttaminen omassa säikeessä (vaatimus 5.1). Säikeistysvaatimusta ei saatu toteutettua. Toinen ongelma oli, että Dynamicsin vierasagentti ei kykene välittämään IP-osoitteesta 0.0.0.0 tulevaa pakettia kotiagentille. Tämä aiheuttaa sen, että mobiililaitte ei voi kysyä IP-osoitetta dynaamisesti, kun se on liittynyt vierasagentin kautta verkkoon. DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen on esitelty taulukoissa 5.2 - 5.6.

Mobiililaitteen liittymisen ja tunnistamisen vaatimukset on esitetty taulukossa 5.2.

Numero	Kuvaus	Tila
1.1	Dynamicsin kotiagentin tulee tunnistaa ja hyväksyä IP-osoitteesta 0.0.0.0 tuleva rekisteröintipyyntö.	Toteutui
1.2	Dynamicsin kotiagenttiin tulee lisätä mahdollisuus valita, käyttääkö se dynaamista vai staattista IP-osoitetta mobiililaitteiden kotiosoitteille.	Ei toteutunut
1.3	Dynamicsin kotiagentin tulee antaa mobiililaitteelle kotiosoite dynaamisesti tai staattisesti riippuen mobiililaitteen kotiosoitteekentästä.	Ei toteutunut

Taulukko 5.2: Mobiililaitteen liittyminen.

IP:n hankkimisen ja rekisteröintiviestin lähettämisen vaatimukset on esitelty taulukossa 5.3.

Numero	Kuvaus	Tila
2.1	Sovellukseen tulee toteuttaa DHCP-palvelimen etsintä.	Toteutui
2.2	Sovellukseen tulee toteuttaa standardin mukainen DHCP-keskustelu.	Toteutui
2.3	Sovelluksen tulee tallentaa DHCP-palvelimelta saatu IP-osoite tietorakenteeseen.	Toteutui
2.4	Sovelluksen tulee generoida rekisteröintivastaus mobiililaitteelle.	Toteutui
2.5	DHCP-palvelimen osoite voidaan antaa asetustiedostosta.	Ei toteutunut

Taulukko 5.3: IP:n hankkiminen ja antaminen.

IP-osoitteen ylläpidon vaatimukset on esitelty taulukossa 5.4.

<b>Numero</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Tila</b>
3.1	Sovelluksen tulee hoitaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen ylläpito uusimalla lease-aika aina, kun mobiililaite uusii tunnelin.	Ei toteutunut
3.2	Sovelluksen tulee hoitaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen ylläpito uusimalla lease-aika aktiivisesti itse.	Ei toteutunut

Taulukko 5.4: IP-osoitteen ylläpito.

IP-osoitteen vapauttamisen vaatimukset on esitelty taulukossa 5.5.

<b>Numero</b>	<b>Kuvaus</b>	<b>Tila</b>
4.1	Sovelluksen tulee vapauttaa DHCP:lta saatu IP-osoite, kun mobiililaite poistuu verkosta	Toteutui
4.2	Sovelluksen tulee vapauttaa DHCP:lta saatu IP-osoite, kun tunnelin elinaika loppuu.	Ei toteutunut

Taulukko 5.5: IP-osoitteen vapauttaminen.

Säikeistysten vaatimukset on esitelty taulukossa 5.6.

Numero	Kuvaus	Tila
5.1	Sovelluksen tulee toteuttaa toiminnot omassa säikeessä DHCP-keskustelun ja DHCP-keskustelun jälkeisen rekisteröintivastauksen lähettämisen osalta.	Toteutunut osittain
5.2	Sovelluksen tulee toteuttaa omassa säikeessä DHCP:lta saadun mobiililaitteen kotiosoitteen vapauttaminen DHCP-palvelimelta.	Ei toteutunut

Taulukko 5.6: Kotiagentin säikeistys.

DHCP-keskustelun säikeistys (vaatimus 5.1) ei toteutunut, koska Dynamics on rakennettu siten, että suurin osa sovelluksen muuttujista on omassa aliohjelmassa eikä globaaleina muuttujina. Tällöin Dynamicsiin tullessiin pakettien sisältöön pääsee käsiksi vain luokasta, jossa pakettien sisällön käsittely on alunperin toteutettu. Dynamicsin pääohjelmasta ei pääse käsiksi kaikkiin tarvittaviin muuttujiin, joiden tietoja säikeistysten luominen vaatii. Aliohjelmien muuttujien kopiointi pääohjelmaan ei onnistunut, kun aliohjelmien tietorakenteiden sisällä oli osoittimia toisiin tietorakenteisiin, joissa taas oli osoittimia edelleen toisiin tietorakenteisiin. Tietorakenteita on sovelluksessa on kymmeniä.

Edellisessä kappaleessa mainitun kopiointiongelman olisi voinut ratkaista lisäämällä jokaiseen aliohjelmaan funktion, joka kopioi aliohjelman lokaalit muuttujat globaaleihin muuttujiin. Tämän idean pohjalta koko Dynamicsin perusrakennetta olisi pitänyt muuttaa. Muutos olisi johtanut siihen, että jokainen globaalien muuttujien käsittely oli pitänyt suojata lukoilla. Säikeistysten toteutus tämän idean pohjalta nähtiin liian työlääksi.

## 5.2 Virtuaalisen vierasagentin vaatimusten toteutuminen

Virtuaalinen vierasagentin sovellus päätettiin rakentaa Dynamicsin mobiililaitteen sovelluksen ympärille, koska sovellus sisälsi valmiiksi jo lukuisia aliohjelmaa, mitä tarvitaan pakettien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Virtuaalinen vierasagentti saatiin lähettämään yhden rekisteröintipyynnön kotiagentille. Virtuaaliseen vierasagenttiin luotiin tietorakenne ja sen käsittelyyn tarvittavat aliohjelmat. Vaatimusten toteutuminen on esitetty taulukoissa 5.7 - 5.9.

Virtuaalisen vierasagentin viestien verkkoon lähettämisen vaatimukset on esitelty taulukossa 5.7.

Numero	Kuvaus	Tila
6.1	Virtuaalinen vierasagentti lähettää yhden rekisteröintipyyntöä kotiagentille.	Toteutui
6.2	Virtuaalinen vierasagentti lähettää useamman rekisteröintipyyntöä kotiagentille.	Ei toteutunut
6.3	Virtuaalinen vierasagentti lähettää dynaamisesti luotuja rekisteröintipyyntöjä käyttäjän asettaminen parametrien mukaan.	Ei toteutunut

Taulukko 5.7: Viestien lähettäminen.

Tietorakenteen luomisen toiminnalliset vaatimukset on esitelty taulukossa 5.8.

Numero	Kuvaus	Tila
7.1	Virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset lähdekoodista ja lisää ne tietorakenteeseen.	Toteutui
7.2	Virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset asetustiedostosta ja lisää ne tietorakenteeseen.	Ei toteutunut
7.3	Virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset käyttäjän antamien parametrien mukaan ja luo tiedot tietorakenteeseen.	Ei toteutunut

Taulukko 5.8: Tietorakenteen luominen.

Tulosten muodostamisen toiminnalliset vaatimukset on esitetty taulukossa 5.9.

Numero	Kuvaus	Tila
8.1	Virtuaalinen vierasagentti laskee lähetetyt viestit.	Ei toteutunut
8.2	Virtuaalinen vierasagentti laskee lähetetyt ja vastaanotetut viestit sekä hyväksytyt ja hylätyt viestit.	Ei toteutunut

Taulukko 5.9: Tulosten muodostaminen.

### 5.3 Mobiililaitteen vaatimusten toteutuminen

Dynamicsin mobiililaite ei tue dynaamista kotiosoitetta, joten testauksessa käytimme Ciscon Mobile IPv4 -asiakasohjelmistoa, joka tukee dynaamista kotiosoitetta. Huomattiin, että Dynamicsin vierasagentti ei kykene välittämään IP-osoitteesta 0.0.0.0 tullutta pakettia kotiagentille. Ongelma kierrettiin käyttämällä kiinteää osoitetta Ciscon -asiakasohjelmistossa, vaikka IP-osoite haetaan dynaamisesti DHCP-palvelimelta.

Mobiililaitteen toiminnalliset vaatimukset on esitetty taulukossa 5.10.

Numero	Kuvaus	Tila
9.1	Mobiililaitteen on tuettava dynaamista kotiosoitetta.	Toteutui

Taulukko 5.10: Mobiililaitteen vaatimukset.

### 5.4 Jatkokehityksen tavoitteet

Jatkokehitystavoitteet tulevat **ei toteutuneista** ominaisuuksista. Tärkeimmäksi jatkokehityskohteiksi sovittiin säikeistuksen luominen DHCP-keskusteluun. DHCP-kutsun ajaminen omassa säikeessä tarkoittaa, että kotiagentin muu toiminta ei keskeydy DHCP-kutsun ajaksi. Ilman säikeistystä mm. virtuaalista vierasagentti ei voida käyttää kuormituksen testaustyökaluna, jos kotiagenttina on Dynamicsin kotiagentti. Toiseksi jatkokehityskohteiksi sovittiin, että Dynamicsin kotiagentin tulee antaa mobiililaitteelle kotiosoite dynaamisesti tai staattisesti riippuen mobiililaitteen kotiosoitekentästä (vaatimus 1.3).

Virtuaalisen vierasagenttiin tärkein jatkokehitystavoite on, että virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset asetustiedostosta ja lisää ne tietorakenteeseen (vaatimus 7.1). Vaatimuksen toteutuminen lisää virtuaalisen vierasagentin käyttökäytävällisyyttä.

Jatkokehitysideat on esitetty taulukossa 5.11.

Numero	Kuvaus
10.1	Säikeistykseen luominen DHCP-keskusteluun.
10.2	Dynamisin kotiagentti antaa mobiililaitteelle kotiosoitteen dynaamisesti tai staattisesti riippuen mobiililaitteen kotiosoitekentästä.
10.2	Virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset asetustiedostosta ja lisää ne tietorakenteeseen.

Taulukko 5.11: Mobiililaitteen vaatimukset.

## 5.5 Projektiryhmän ajatuksia Dynamicsin jatkokehityksestä

Dynamicsin ohjelmakoodia verrattaessa UDHCP-koodiin, Dynamicsin rakenne on sekava. Dynamicsin ohjelmakoodia ole kommentoitu kattavasti, eikä ohjelman rakennetta ole dokumentoitu riittävästi. Koodin kommentoinnin puute ja ohjelman sekava rakenne aiheuttaa varmasti ongelmia jatkokehityksessä. C-kielillä toteuttaminen aiheuttaa työtä sellaisissa ongelmissa, jotka muissa kehittyneimmissä ohjelmointikielissä vaativat vain hetken työn. Mm. pointterit ja tietueiden kopioinnit ovat C-kielessä työläitä käsitellä.

Dynamisin jatkokehitystä voidaan suositella henkilöille, joilla on C-kieliosaamista ja tietämystä säikeiden toteuttamisesta C-ympäristössä.

## 5.6 Testaus

Dynamics protokollaa testattiin Dynamo verkossa. Dynamicsin kotiagentin, vierasagentin ja mobiilin laitteen toimivuutta ei voitu testata irrallisina, koska Dynamics-projetista puuttuivat projektitiedostot, joita tarvitaan ohjelmakoodia kääntämiseen kehitystyökalussa. Projektitiedostojen puuttuminen aiheutti testausympäristölle vaatimukset, jotka on esitetty testausuunnitelmassa.

Sovellus testattiin ajoaikaisessa ympäristössä käyttäen hyväksi tekstipohjaista GDB-debuugeria ja WireShark-pakettikaapparia. Testausympäristön ongelmana oli muuttujien arvojen lukeminen. Se oli työlästä ja hidasta komentoriviargumenttien poh-

jalta toimivalla GDB-debuugerilla. Apuna käytimme välitulostuksia, joista saimme kuvan missä kohdassa sovellus menee ja miten sovellus kussakin kohdassa toimii.

TÄHÄN TESTAUKSEN YLEINEN RAPORTTI.



## 6 Kotiagentin DHCP-tuki

### 6.1 Toteutetut muutokset

Dynamicsin kotiagenttiin lisättiin tuki dynaamiselle kotiosoitteelle. Kotiagenttiin hyväksyy IP-osoitteesta 0.0.0.0 tulevat rekisteröintipyynnöt, tekee tämän jälkeen DHCP-kutsun ja palauttaa rekisteröintivastauksessa DHCP:lta saadun IP-osoitteen kotiosoitteena mobiililaitteelle.

Kotiagentin sisään lisättiin UDHCP DHCP-asiakasohjelma. UDHCP:n `udhcp.c`-tiedoston lähdekoodi siirrettiin kokonaan kotiagentin `ha.c`-tiedostoon. Tämän jälkeen UDHCP:sta siirrettyä lähdekoodia muokattiin siten, että se käyttää kotiagenttiin rakennettua tietorakennetta ja palauttaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen sen sijaan että asettaisi sen verkkolaitteen osoitteeksi. Kotiagentti asetettiin tekemään DHCP-kutsuja laitteen rekisteröityessä, poistuessa ja tunnelin uusimisessa.

Säikeistyksessä ongelmaksi muodostui tiedon siirtäminen aliohjelmasta säikseeseen.

### 6.2 Tietorakenne

Kotiagenttiin lisättiin uusi tietorakenne, jonka avulla säilytetään tietoa rekisteröityneistä mobiililaitteista ja niiden tiedoista. Tietorakenteen avulla siirretään tietoa eri aliohjelmille. Dynamicsin alkuperäinen `bindings`-tietorakenne sisältää hieman päällekkäistä tietoa toteutetun tietorakenteen kanssa, mutta ohjelman selkeyden vuoksi näitä kahta tietorakennetta ei yhdistetty.

Tietorakenne koostuu C:n tietueista, joista on rakennettu lista. Tietorakenne on seuraavanlainen:

```
struct dhcp_mobile {
    unsigned char *nai;
    int state;
    unsigned long requested_ip;
    unsigned long server_addr;
    unsigned long timeout;
    int packet_num;
    int fd;
```

```
int signal_pipe[2];
int nai_length;
int lease;
int spi;
};
```

Tietuelista luodaan seuraavanlaisesti:

```
struct dhcp_mobile dhcp_mobile_array[HA_DEFAULT_MAX_BINDINGS]
```

Tietuteen arvot kuvaavat seuraavia ominaisuuksia:

<b>nai</b>	on mobiililaitteen NAI.
<b>state</b>	on mobiililaitteen DHCP-tilakoneen standardin mukainen tila[2].
<b>requested_ip</b>	on mobiililaitteen saama IP-osoite DHCP-palvelimelta.
<b>server_addr</b>	on mobiililaitteelle annetun IP-osoitteen DHCP-palvelimen IP-osoite.
<b>timeout</b>	on DHCP-asiakkaaseen asetettu vakioaika, jonka se odottaa vastausta DHCP-palvelimelta.
<b>packet_num</b>	on DHCP-asiakkaaseen asetettu kokonaisluku, joka kertoo kuinka monta DHCPDISCOVER-pakettia DHCP-asiakas on lähettänyt.
<b>fd</b>	on DHCP-asiakkaan tarvitsema tiedostokuvaaja (engl. <i>file descriptor</i> ), jota käytetään yleisesti sokettiohjelmoinnissa.
<b>signal_pipe</b>	on DHCP-asiakkaan käyttämä viestiputki.
<b>nai_length</b>	on mobiililaitteen NAI:n pituus.
<b>lease</b>	on mobiililaitteen IP-osoitteen laina-aika sekunteissa.
<b>spi</b>	on mobiililaitteen SPI-numero.
<b>HA_DEFAULT_MAX_BINDINGS</b>	on kotiagentin oletusarvo, joka määrittää kuinka monta mobiililaitetta kotiagenttiin voi liittyä.

## 6.3 Lisätyt aliohjelmat

Tietorakenteen käsittelyyn liittyvät aliohjelmat lisättiin tiedostoon `ha.c` ja ne ovat seuraavat:

<b>add_dhcp_mobile</b>	kutsutaan parametrein: IP-osoite, NAI ja NAI:n pituus. Palauttaa 1, jos lisäys onnistui; 0 jos lisäys epäonnistui.
<b>delete_dhcp_mobile</b>	kutsutaan parametrilla: kokonaisluku (paikka tietorakenteessa). Palauttaa 1, jos poisto onnistui; 0 jos poisto epäonnistui.
<b>find_dhcp_mobile</b>	kutsutaan parametrein: NAI ja NAI:n pituus. Palauttaa laitteen paikan tietorakenteessa ja -1 jos laitetta ei löytynyt.

DHCP-keskustelu tehdään seuraavalla aliohjelmalla, joka on UDHCP-asiakasohjelman vanha pääohjelma:

<b>udhcp</b>	kutsutaan parametrilla: kokonaisluku (paikka tietorakenteessa). Palauttaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen. Asettaa IP-osoitteen tietorakenteeseen myös itse.
--------------	---

## 6.4 Muutetut aliohjelmat ja tiedostot

Kotiagentin muokatut tiedostot, aliohjelmat ja niihin tehdyt muutokset on esitelty alla lyhyesti. Tarkempi kuvaus koko lähdekoodista löytyy doxygenillä luodusta referenssimanuaalista[9].

Tiedosto `ha.h`:

- lisätty UDHCP:n käyttämät DHCP-standardin mukaiset tila- ja viestivakiot,
- lisätty UDHCP:n käyttämä `client_config`-tietorakenne ja
- lisätty omat vakiot `RENEWIP`, `REQUESTIP` ja `RELEASEIP`.

Tiedosto `ha.c`:

- lisätty oma globaali tietorakenne `dhcp_mobile_array`,
- lisätty UDHCPC:n käyttämä tietorakenne `client_config`,
- lisätty UDHCPC:n käyttämät vakiot ja
- lisätty lähes kokonaan UDHCPC:n `udhcp.c`:n lähdekoodi tiedoston alkuun.

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `handle_reg_msg`

- lisätty mobiililaitteen poistumispyynnön käsittelyn kohtaan DHCPRELEASE-viestin lähetys `udhcp`-aliohjelmalla ja ko. mobiililaitteen poisto tietorakenteesta oikeasta kohtaa sekä
- lisätty mobiililaitteen rekisteröitymispyynnön käsittely kohtaan mobiililaitteen lisääminen tietorakenteeseen ja IP-osoitteen hakeminen `udhcp`-aliohjelmalla.

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `validate_request`

- poistettu IP-osoitteen tarkastaminen, jotta kotiagentti hyväksyy rekisteröintipyynnöt IP-osoitteesta `0.0.0.0`.

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `udhcp`

- muutettu UDHCPC-asiakasohjelman pääohjelma `udhcp`-aliohjelmaksi osaksi kotiagenttia ja
- muutettu käsittelemään tietoja tietorakenteesta alkuperäisen yksittäisten globaalien attribuuttien sijaan.

Tiedoston `ha.c` pääohjelma `main`

- asetettu `udhcp_if`-tieto kotiagentin asetustietorakenteesta UDHCPC:n asetustietorakenteeseen.

Tiedosto `ha_config.h`:

- lisätty config-tietorakenteeseen `dhcp_if`-muuttuja, johon asetetaan sen verkkokortin nimi, joka tekee DHCP-keskustelun.

Tiedoston `ha_config.c` aliohjelma `process_load_ha`

- lisätty lukemaan "udhcp" `dynhad.conf`-tiedostosta. Tieto asetetaan `dhcp_if`-muuttujaan.

Tiedosto `Makefile`

- lisätty viitteet UDHCN:n tarvitsemiin tiedostoihin, jotka ovat: `options.h`, `client_packet.h`, `packet.h`, `script.h`, `socket.h` ja `pidfile.h` sekä samojen tiedostojen `.c` ja `.o`-tiedostoihin.

## 6.5 Lisätyt tiedostot

Kotiagentin lähdekoodihakemistoon `.../src/ha/` lisättiin UDHCN:n lähdekooditiedostot, header-tiedostot ja `.o`-tiedostot seuraavista tiedostoista: `options`, `client_packet`, `packet`, `script`, `socket` ja `pidfile`.

UDCHP-asiakasohjelman lähdekooditiedosto `udhcp.c` liitettiin lähes sellaisenaan osaksi kotiagentin `ha.c`-tiedostoa.

## **7 Virtuaalinen vierasagentti**

### **7.1 Toteutetut muutokset**

### **7.2 Tietorakenne**

### **7.3 Lisätyt aliohjelmat**

### **7.4 Muutetut aliohjelmat**

## 8 Yhteenveto

Dynamo-projekti suunnittelee ja toteuttaa Dynamicsiin tarvittavat muutokset, jotta se vastaa paremmin Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen ja LaiLa-projektin tarpeita. Sovellus toteutetaan Linux-alustalla ja C-kielellä olemassaolevan Dynamics-sovelluksen lähdekoodia hyödyntäen.

Projektin tärkein tavoite oli lisätä tuki kotiosoitteen noutamiseen DHCP-palvelimelta. Virtuaalinen vierasagentti tavoitteena oli toteuttaa ainakin vaatimusten määrittelyn ja suunnittelun osalta sekä ohjelmoida ajan salliessa.

## Lähteet

- [1] Droms R., "Dynamic Host Configuration Protocol", RFC 1531 , Bucknell University, October 1993.
- [2] Perkins C., "IP Mobility Support", RFC 2002, IBM, October 1996.
- [3] Droms R., "Dynamic Host Configuration Protocol", RFC 2131, Bucknell University, November 1997.
- [4] Perkins C., "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, Nokia Research Center, August 2002.
- [5] Teknillinen korkeakoulu, Tietoliikennearkkitehtuurit-kurssin materiaali, 2003.
- [6] Andersson B., "Dynamics, Technical Definition", Helsinki University of Technology, April 1999.
- [7] Hätinén T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Projektisuunnitelma", Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, lokakuu 2007.
- [8] Hätinén T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Vaatimusmäärittely, Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, marraskuu 2007.
- [9] Doxygen generated, Dynamo Reference manual, November 2007.