

# Dynamo-Sovellusprojekti

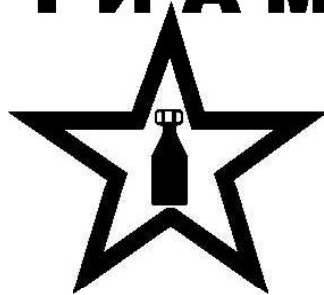
## Sovellusraportti

Tero Hätinén

Joni Purojärvi

Antti Pyykkönen

# D Y N A M O



Versio 0.3

Julkinen

12.12.2007

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:** 21

**Tiedosto:** sovellusraportti03.tex

**Tiivistelmä:** Projekti kehitti Dynamics-sovellusta vastaamaan paremmin tietotekniikan laitoksen ja LaiLa-projektin tarpeita. Dynamo-projekti toteutti sovellukseen DHCP-tuen ja rasiustyökalun virtuaalisen vierasagentin

**Avainsanat:** DHCP, Dynamics, kahdentaminen, kotiagentti, mobiililaite, Mobile IP, termit, 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", "Yhteenvedo" ja "Lähteet". | TH, AP, JP |
| 0.2    | 27.11.2007 | Lisätty kappaleeseen "Virtuaalisen vierasagentti" tiedot. Lisätty virtuaalisen vierasagentin saavutetut tavoitteet ja jatkokehitystavoitteet. Korjattu kirjoitus ja muotoiluvirheitä.  | JP         |
| 0.3    | 12.12.2007 | Korjattu kirjoitusvirheitä kaikista kappaleista ja muokattu dokumentin kappaleiden järjestystä. Poistettu vaatimusmäärittelyssä jo esiteltyjä asioita.   | TH         |

## 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 jatkokehitti 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>



# Sisältö

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Johdanto</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Termit</b>   | <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>Toteutustekniikat , työtilat ja työkalut</b>         | <b>4</b>  |
| 3.1      | Työtilat . . . . .                                      | 4         |
| 3.2      | Työkalut . . . . .                                      | 4         |
| <b>4</b> | <b>Dynamicsin alkuperäinen toiminta ja rakenne</b>      | <b>5</b>  |
| <b>5</b> | <b>Sovellukseen kehitetyt toiminnot</b>                 | <b>6</b>  |
| 5.1      | DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen . . . . .            | 6         |
| 5.2      | Virtuaalisen vaatimusten toteutuminen . . . . .         | 6         |
| 5.3      | Mobiililaitteen vaatimusten toteutuminen . . . . .      | 7         |
| <b>6</b> | <b>Kotiagentin DHCP-tuki</b>                            | <b>8</b>  |
| 6.1      | Toteutetut muutokset . . . . .                          | 8         |
| 6.2      | Tietorakenne . . . . .                                  | 8         |
| 6.3      | Tietorakenteen käsittelevät aliohjelmat . . . . .       | 10        |
| 6.4      | Kotiagentin muutetut aliohjelmat ja tiedostot . . . . . | 10        |
| 6.5      | Lisätyt tiedostot . . . . .                             | 12        |
| <b>7</b> | <b>Virtuaalinen vierasagentti</b>                       | <b>13</b> |
| 7.1      | Toteutetut muutokset . . . . .                          | 13        |
| 7.2      | Tietorakenne . . . . .                                  | 13        |
| 7.3      | Lisätyt aliohjelmat ja tiedostot . . . . .              | 15        |
| 7.4      | Muutetut aliohjelmat . . . . .                          | 16        |
| <b>8</b> | <b>Testaus</b>  | <b>17</b> |
| 8.1      | Testaus Dynamo -verkoissa . . . . .                     | 17        |
| 8.2      | Testaus tilaajan verkossa . . . . .                     | 17        |
| <b>9</b> | <b>Jatkokehityksen tavoitteet</b>                       | <b>18</b> |
| 9.1      | DHCP-tuen jatkokehitys . . . . .                        | 18        |
| 9.2      | Virtuaalisen vierasagentti jatkokehitys . . . . .       | 19        |
| 9.3      | Dynamicsin rakenne ja kommentointi . . . . .            | 19        |

---

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>10 Yhteenveto</b> | <b>20</b> |
| <b>Lähteet</b>       | <b>21</b> |



# 1 Johdanto

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 oli Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen syksyn 2007 sovellusprojekti. Se määritteli ja suunnitteli sekä osin toteutti ja testasi Dynamics-sovellukseen tarvittavat muutokset, jotta Dynamics saatiin vastaamaan LaiLa-projektin tarpeita.

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

Luvussa 2 on kuvattu tärkeimmät projektiin liittyvät termit. Sovelluskehityksessä käytettyjä ohjelmistoja ja ohjelmointia esitellään luvussa 3. Sovelluksen alkuperäistä toimintaa kuvataan luvussa 4. Sovelluksen kehitetyt toiminnot esitellään luvussa 5. DHCP-tuen jatkokehitystä kuvataan tarkemmin luvussa 6 ja virtuaalisen vierasagentin kehitystä luvussa 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>            | (engl. <i>File Descriptor</i> ) 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>                | (engl. <i>Pipe</i> ) 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 , työtilat ja työkalut

Luvussa esitellään sovelluksen kehittämisessä tarvittavat toteutustekniikat, työkalut ja työtilat. Sovelluksen kehitys oli inkrementaalista. Ohjelmointi tehtiä testausympäristössä pienin kehitysaskelin. Tuotos testatiin ja todettiin joko toimivaksi tai epäonnistuneeksi. Aluksi testauksessa käytettiin Dynamicsin alkuperäistä versiota 0.81. Projektin edetessä tätä sovellusta muokattiin projektin tarpeiden mukaan.

### 3.1 Työtilat

Ryhmän työskentely tapahtui pääasiassa ryhmän työhuoneessa AgC223.4 ja viereisessä työhuoneessa AgC223.3, jonne oli rakennettu testausympäristö. Työhuoneessa ryhmällä oli käytössä neljä tietokonetta, joista yhteen oli asennettu käyttöjärjestelmäksi Windows XP ja kolmeen Linux Fedora Core 6.

Testausympäristö koostui neljästä koneesta. Kaikkiin neljään koneeseen asennettiin Linux-käyttöjärjestelmä. Lisäksi yhteen koneeseen (mobiili päätelaite) asennettiin Windows XP sekä kaupallinen Cisco-mobiililaiteohjelmisto.

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

### 3.2 Työkalut

Verkon liikennettä seurattiin Wireshark-ohjelman versiolla 0.99.4 , GDP-debuggerilla tarkailtiin muuttujien tiloja ja lokiviestien tulostuksilla katsottiin selvitetiin ohjelman toimintaa ja rakennetta. KDevelop 3.4.1 -sovelluskehitysympäristöä käytimme koodin tuottamiseen ja muokkaamiseen.

## 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 mobiililaite. Dynamics ei tue dynaamisia koti- tai tilapäisosoitteita, joten kaikki IP-tiedot tulee syöttää etukäteen sovellusten asetustiedostoihin.

Alkuperäinen toiminta on esitelty tarkemmin vaatimusmäärittelyssä [8].

## 5 Sovellukseen kehitetyt toiminnot

Luvussa esitellään sovellukseen kehitetyt toiminnot.

Projektin jatkokehitti Dynamics Mobile IPv4 -ohjelmistoa, joka on kirjoitettu C-kielillä. Yhtenä vaatimuksena oli lisätä DHCP-tuki Dynamicsin kotiagenttiin. DHCP-tuen vaatimuksen toteuttamiseen käytettiin hyväksi C-kielillä kirjoitettua UDCHP-asiakasohjelmaa. Virtuaalinen vierasagentin vaatimukset toteuttiin osittain. Virtuaalinen vierasagentti saatiin lähettämään useita liittymis- ja poistumisviestejä verkkoon.

### 5.1 DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen

DHCP-tuen vaatimusten toteutuminen on esitelty vaatimusmäärittelyssä [8] ja kooditasolla luvussa 6.

DHCP-tuen vaatimukset saatiin toteutettua siltä osin, että kotiagentti pyytää IP-osoitteet dynamisesti DHCP-palvelimelta, tallentaa ne tietorakenteeseen ja lähettää IP-osoitteen sitä pyytäneelle mobiililaitteelle. Säikeistystä DHCP-keskusteluun ei saatu toteutettua, joten DHCP-keskustelun ajan kotiagentti ei voi vastata muiden mobiililaitteiden rekisteröitymispyyntöihin. Säikeistyksessä ongelmaksi muodostui tiedon siirtäminen aliohjelmasta säikeistykseen.

DHCP-tuen toteuttamisessa oli ongelmana DHCP-keskustelun toteuttaminen omassa säikeessä. Toinen ongelma oli se, että 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.

### 5.2 Virtuaalisen vaatimusten toteutuminen

Virtuaalisten vierasagentin vaatimusten toteutuminen on esitelty tarkemmin vaatimusmäärittelyssä [8] ja kooditasolla luvussa 7.

Virtuaalinen vierasagentti saatiin lähettämään rekisteröintipyyntöjä ja poistumisviestejä kotiagentille. Virtuaalisten mobiililaitteiden asetukset luetaan erillisestä tiedostosta, jonka avulla virtuaalista vierasagenttia hallitaan.

Virtuaalinen vierasagentin sovellus päätettiin rakentaa Dynamicsin mobiililaitteen sovelluksen ympärille, koska sovellus sisälsi valmiiksi jo lukuisia aliohjelmia, mitä tarvitaan pakettien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Virtuaaliseen vierasagenttiin luotiin tietorakenne ja sen käsittelyyn tarvittavat aliohjelmat.

### **5.3 Mobiililaitteen vaatimusten toteutuminen**

Dynamicsin mobiililaitte 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.

## 6 Kotiagentin DHCP-tuki

Luvussa kuvataan DHCP-tuen toteutus ohjelmallisesti.

### 6.1 Toteutetut muutokset

Dynamicsin kotiagenttiin lisättiin **tuki dynaamiselle kotiosoitteelle**. Kotiagentti 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-niminen DHCP-asiakasohjelma. UDHCP:n `udhcp.c`-tiedoston lähdekoodi siirrettiin kokonaan kotiagentin `ha.c`-tiedostoon. Tämän jälkeen UDHCP:sta siirrettyä lähdekoodia muokattiin siten, että se käytti kotiagenttiin rakennettua tietorakennetta. Se palauttaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen sen sijaan että asettaisi sen verkkolaitteen osoitteeksi. Kotiagentti asetettiin lähettämään DHCP-kutsuja laitteen rekisteröityessä, poistuessa ja tunnelin elinaikaa uusittaessa.

DHCP-tuen toiminta on esitelty tilakaaviossa[13].

### 6.2 Tietorakenne

Kotiagenttiin lisättiin uusi tietorakenne, jonka avulla säilytetään tietoa rekisteröityneistä mobiililaitteista ja niiden tiedoista. Tietorakenteen avulla siirretään tietoa eri aliohjelmille. Dynamicsin alkuperäinen `binding`-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 rivillä:

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

Tietueen muuttujat 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 kertoen 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.  |

**HA\_DEFAULT\_MAX\_BINDINGS** on kotiagentin oletusarvo määrittäen kuinka monta mobiililaitetta kotiagenttiin voi liittyä.

### 6.3 Tietorakenteen käsittelevät aliohjelmat

Tietorakenteen käsittelyyn liittyen seuraavat aliohjelmat lisättiin tiedostoon `ha.c`:

- add\_dhcp\_mobile** lisää mobiililaitteen tietorakenteeseen. Sitä kutsutaan parametrein IP-osoite, NAI ja NAI:n pituus. Se palauttaa 1 lisäyksen onnistuessa ja 0 lisäyksen epäonnistuksessa.
- delete\_dhcp\_mobile** poistaa mobiililaitteen tietorakenteesta. Sitä kutsutaan parametrein (paikka tietorakenteessa) kokonaisluku. Se palauttaa 1 poiston onnistuessa ja 0 poiston epäonnistuksessa.
- find\_dhcp\_mobile** etsii mobiililaitteen tietorakenteesta. Kutsutaan parametrein NAI ja NAI:n pituus. Se palauttaa laitteen paikan tietorakenteesta ja -1, jos laitetta ei löytynyt.

DHCP-keskustelu suoritetaan seuraavalla aliohjelmalla, joka on UDHCPC-asiakasohjelman vanha pääohjelma:

- udhcp** kutsutaan parametrillä (paikka tietorakenteessa) kokonaisluku. Se palauttaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen ja asettaa sen tietorakenteeseen.

### 6.4 Kotiagentin muutetut aliohjelmat ja tiedostot

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

Tiedostoon `ha.h` on tehty seuraavat lisäykset

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

Tiedostoon `ha.c` on lisätty

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

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `handle_reg_msg` on lisätty

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

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `validate_request` on poistettu

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

Tiedoston `ha.c` aliohjelma `udhcp` on muutettu

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

Tiedoston `ha.c` pääohjelma `main` on asetettu

- `udhcp_if`-tieto kotiagentin asetustietorakenteesta UDHCN:n asetustietorakenteeseen.

Tiedosto `ha_config.h` on lisätty

- `config`-tietorakenteeseen `dhcp_if`-muuttuja, johon asetetaan DHCP-keskustelun suoritettavan verkkokortin nimi.

Tiedoston `ha_config.c` aliohjelma `process_load_ha` on lisätty

- lukemaan `udhcp_dynhad.conf`-tiedostosta `dhcp_if`-muuttujaan.

Tiedosto `Makefile` on lisätty

- viitteet UDHCN:n tarvitsemiin tiedostoihin, jotka ovat `options.h`, `client_packet.h`, `packet.h`, `script.h`, `socket.h` ja `pidfile.h` sekä em. 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

Luvussa esitellään virtuaalisen vierasagentin toteutus.

### 7.1 Toteutetut muutokset

Virtuaalisen vierasagentin vaatimuksista saatiin toteutettua rekisteröintipyynnön lähettäminen, poistumispyynnön lähettäminen, tietorakenne ja tiedostonluku.

Virtuaalinen vierasagentti toteutettiin muokkaamalla Dynamicsin mobiililaitetta. Parhaimmaksi tavaksi huomattiin siirtää pääohjelma samaan tiedostoon, jossa lähetetään normaalisti yhden mobiililaitteen viestit. Tähän rakennettiin tietorakenne ja sen käsittely. Vierasagenttiin luodaan tietorakenteeseen "virtuaalisia mobiililaitteita".

Virtuaaliset mobiililaitteet luetaan tietorakenteeseen `mobiles.txt`-tiedostosta, joka sisältää tarvittavat muuttuvat tiedot kutakin mobiililaitetta kohden. Muut pysyvät tiedot luetaan Dynamicsin alkuperäisestä asetustiedostosta `dynamnd.conf`:sta.

Virtuaalinen vierasagentti kääntäminen testausympäristön laitteistolla, on muistettava muuttaa parista tiedostosta muutama muuttuja. Muutokset on esitetty myöhemmin.

### 7.2 Tietorakenne

Uusia tietorakenteita lisättiin kaksi. Tiedoston lukuun tehtiin oma ja mobiililaitteille oma tietorakenne. Tietorakenteet koostuvat C:n tietueista, joista on rakennettu lista.

Mobiililaitteiden tietorakenne on seuraavanlainen:

```
struct mobile
{
    struct mn_data mn;
    struct mn_config config;
    int state;
};
```

Tietorakenne muodostetaan seuraavanlaisesti rivillä:

```
struct mobile mobile_array[500];
```

Virtuaalisiin mobiililaitteisiin lukuun liittyy vielä `mobiles`-niminen globaalimuuttuja, joka kertoo kuinka monta mobiililaitetta luotiin.

Tiedoston luvussa käytettävä tietorakenne on seuraavanlainen:

```
struct device {
    char ip_home[17];
    char ip_homeagent[17];
    char ip_careoff[17];
    char nai[32];
    char timestart[3];
    char state[2];
};
```

Laitteiden tiedoista luodaan tietorakenne seuraavanlaisesti rivillä:

```
struct device devices[500];
```

Tiedoston lukuun liittyy vielä `rownumber`-niminen globaalimuuttuja, joka kertoo kuinka monta riviä tiedostosta luettiin.

Tietuiden arvot kuvaavat seuraavia ominaisuuksia:

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>mn</b>           | on mobiililaitteen Dynamicsin tarvitsemat perusasetustiedot.                          |
| <b>config</b>       | on mobiililaitteen Dynamicsin tarvitsemat perusasetustiedot.                          |
| <b>state</b>        | on virtuaalisen mobiililaitteen tila. Arvot: 0 = liity verkkoon ja 1 = eroa verkosta. |
| <b>ip_homeagent</b> | on mobiililaitteen kotiagentin osoite.  |
| <b>ip_careoff</b>   | on mobiililaitteen tilapäiskotiosoite.  |
| <b>ip_home</b>      | on mobiililaitteen kotiosoite.  |
| <b>nai</b>          | on mobiililaitteen NAI.   |
| <b>timestart</b>    | on aika sekunneissa, jolloinka laite joko liittyy tai eroaa verkosta tilan mukaan.    |

### 7.3 Lisätyt aliohjelmat ja tiedostot

Virtuaalisten mobiililaitteiden tiedot luetaan tiedostosta `mobiles.txt`. Tiedoston `mobiles.txt` välimerkkinä toimii välilyönti ja rivin lopussa rivinvaihto. Arvot kuvaavat seuraavia muuttujia annetussa järjestyksessä: kotiosoite, kotiagentin osoite, tilapäisosoite, NAI, aika sekunneissa ja tila.

```
192.168.0.45 192.168.0.1 172.168.0.1 test1@jyu.fi 1 0
192.168.0.25 192.168.0.1 172.168.0.1 test2@jyu.fi 2 0
192.168.0.45 192.168.0.1 172.168.0.1 test1@jyu.fi 3 1
192.168.0.35 192.168.0.1 172.168.0.1 test3@jyu.fi 4 0
192.168.0.35 192.168.0.1 172.168.0.1 test3@jyu.fi 10 1
192.168.0.25 192.168.0.1 172.168.0.1 test2@jyu.fi 16 1
```

Yo. mukainen ohjelman ajo suorittaisi aluksi kahden laitteen liittymisviestin lähettämisen, tämän jälkeen ensimmäisen laitteen poistumisviestin lähettämisen. Ajan hetkellä 4 lähetetään taas uusi rekisteröintymispyyntö ja tämän jälkeen lähetetään 6 (10-4) sekunnin päästä poistumisviesti samalle laitteelle. Lopuksi lähetetään vielä poistumisviesti toiseksi rekisteröityneelle laitteelle.

Tiedostoon `mn_reg.c` lisättiin tiedoston lukua varten seuraavat aliohjelmat:

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>readfile</b>   | kutsutaan parametrilla asetustiedoston nimi. Se palauttaa 1 tiedoston luvun onnistuessa ja -1 epäonnistuessa. Aliohjelma lukee rivin kerrallaan taulukkoon. |
| <b>parse_rows</b> | kutsutaan parametrilla rivien määrä. Se palauttaa 1 tiedoston rivien luvun onnistuessa ja -1 epäonnistuessa. Aliohjelma pilkkoo rivin muuttujiin.           |

Tiedostoon `mn_reg.c` lisättiin tietorakenteen käsittelyä ja viestien lähettämistä varten seuraavat aliohjelmat

|                |   |
|----------------|---|
| <b>mn_init</b> | lukee Dynamicsin mobiililaitteen perusasetustiedot. Palauttaa 1 onnistuessa ja -1 epäonnistuessa. |
|----------------|---|

- create\_mobile** luo asetustiedoston mukaiset virtuaaliset mobiililaitteet `mobile_array`-tietorakenteeseen.
- send\_messages** kutsutaan parametrilla aikaväli. Aliohjelma lähettää aikavälin ja virtuaalisen mobiililaitteen tilan mukaisesti joko rekisteröintymis- tai poistumisviestin.

Tiedostoon `mn_reg.c` lisätty:

- main** on uusi pääohjelma. Alustaa laitteet ja lähettää tämän jälkeen tiedoston mukaiset viestit.

Tiedostoon `net/wireless.h` on lisätty:

- ifnamsiz** `define ifnamsiz 16` tiedoston alkuun, jotta ohjelma kääntyisi.

## 7.4 Muutetut aliohjelmat

Tiedostosta `mn.c` muutettu aliohjelmiä:

- main** vaihdettu nimi `main_old`:ksi.

Tiedostosta `dyn_wireless.c` muutettu muuttujat:

- ifr\_name** vaihdettu muuttujan nimi `u.name`:ksi, johtuen tietueen `iwreq` muuttumisesta.



## 8 Testaus

Dynamics-protokollaa testattiin Dynamo-verkossa. Dynamicsin kotiagentin, viera-agentin ja mobiilin laitteen toimivuutta ei voitu testata irrallisina, koska Dynamics-projektista puuttuivat projektitiedostot, joita tarvitaan ohjelmakoodin kääntämiseen kehitystyökalussa. Projektitiedostojen puuttuminen aiheutti testaussuunnitelmassa [11] kuvatut vaatimukset.

Sovellus testattiin ajoaikaisessa ympäristössä hyödyntäen tekstipohjaista GDB-debuggeria ja WireShark-pakettikaapparia. Testausympäristön ongelmana oli muuttujien arvojen lukeminen. Se oli työlästä ja hidasta komentoriviargumenttien pohjalta toimivalla GDB-debuggerilla. Apuna käytettiin välitulostuksia, joista selvitettiin, miten sovellus kussakin kohdassa toimii.

Yksikkö- ja integraatiotestausta tehtiin koko sovelluskehityksen ajan, joten yllätyksiä varsinaisissa testausajoissa ei tullut.

### 8.1 Testaus Dynamo -verkoissa

Testaus Dynamo-verkossa onniti suunnitellusti. Testaukset tehtiin yksikkö-, integraatio- ja järjestelmätestitasolla. Ennalta arvaamattomia poikkeamia ei tullut. Testaukset esiteltiin testausraportissa[12]

### 8.2 Testaus tilaajan verkossa

Dynamicsin asentaminen tilaajan verkon laitteisiin aiheitti ongelmia. Ongelmina oli Dynamicsin kääntäminen ja `makefile`en teko. EMME OLE VIELÄ PÄÄSSEET OIKEIN TESTAMAAN TÄMÄ ON KOMENTTI!!

## 9 Jatkokehityksen tavoitteet

Luvussa esitellään DHCP-tuen ja virtuaalisen vieraagentin jatkokehitystavoitteet

Jatkokehitystavoitteet tulevat vaatimusmäärittelyn [8] tiloista **aloittamatta** ja **kesken**. Tärkeimmäksi jatkokehityskohteiksi katsottiin säikeistuksen luominen DHCP-keskusteluun.

### 9.1 DHCP-tuen jatkokehitys

DHCP-kutsun ajaminen omassa säikeessä tarkoittaa, että kotiagentin muu toiminta ei keskeydy DHCP-kutsun ajaksi. Ilman säikeistystä virtuaalista vierasagenttia ei voida käyttää kuormituksen testaustyökaluna, jos kotiagenttina on Dynamicsin kotiagentti. Toiseksi DHCP-tuen jatkokehityskohteiksi katsottiin, että Dynamicsin kotiagentin tulee antaa mobiililaitteelle kotiosoite dynaamisesti tai staattisesti riippuen mobiililaitteen kotiosoitekentästä.

DHCP-keskustelun säikeistys ei toteutunut, koska Dynamicsissa suurin osa sovelluksen muuttujista on omissa aliohjelmissa eikä globaaleina muuttujina. Tällöin Dynamicsiin tulleisiin pakettien sisältöön pääsee käsiksi vain aliohjelmasta, jossa pakettien sisällön käsittely on alunperin toteutettu. Dynamicsin pääohjelmasta ei pääse käsiksi kaikkiin tarvittaviin muuttujiin, joiden tietoja säikeistuksen luominen vaatii. Aliohjelmien muuttujien kopiointi pääohjelmaan ei onnistunut, koska aliohjelmien tietorakenteiden sisällä oli osoittimia toisiin tietorakenteisiin, joissa taas oli osoittimia edelleen toisiin tietorakenteisiin. Tietorakenteita sovelluksessa on kymmeniä.

Em. ongelmaan 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 lukoilta. Säikeistuksen toteutus tämän idean pohjalta nähtiin liian työlääksi.

## 9.2 Virtuaalisen vierasagenti jatkokehitys

Virtuaalisen vierasagenttiin tärkein jatkokehitystavoite on, että virtuaalinen vierasagentti lukee asetukset komemoriviargumenteista ja muodostaa niiden pohjalta asetustiedoston. Vaatimuksen toteutuminen nopeuttaisi virtuaalisen vierasagentin käyttöä.

## 9.3 Dynamicsin rakenne ja kommentointi

Verrattaessa Dynamicsin ohjelmakoodia UDHCP-koodiin, Dynamicsin rakenne on sekava. Dynamicsin ohjelmakoodia ole kommentoitu kattavasti, eikä ohjelman rakennetta ole dokumentoitu riittävästi. Koodin kommentoinnin puuteet ja ohjelman sekava rakenne aiheuttavat varmasti ongelmia jatkokehityksessä. C-kielen käyttö aiheuttaa työtä sellaisissa ongelmissa, jotka kehittyneimmissä ohjelmointikielissä vaativat vain hetken työn. Mm. osoittimet ja tietueiden kopioinnit ovat C-kielessä työläitä käsitellä.

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

## 10 Yhteenveto

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

Projektin tärkein tavoite DHCP-tuen lisääminen kotiagenttiin saatiin tehtyä. Virtuaalinen vierasagentti tavoitteena oli toteuttaa ainakin vaatimusten määrittelyn ja suunnittelun osalta sekä ohjelmoida ajan salliessa. Virtuaalinen vierasagentti saatiin lähettämään useita liittymis- ja poistumisviestejä verkkoon.

## 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] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Projektisuunnitelma, Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, lokakuu 2007.
- [8] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Vaatimusmäärittely, Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, marraskuu 2007.
- [9] Doxygen generated, "Dynamo Reference manual", November 2007.
- [10] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Projektiraportti", Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, joulukuu 2007
- [11] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Testaussuunnitelma", Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, joulukuu 2007
- [12] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Testauraporttit Dynamo-verkko", Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, joulukuu 2007
- [13] Häätinen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, DHCP-tuen tila-kaavio", Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitos, joulukuu 2007