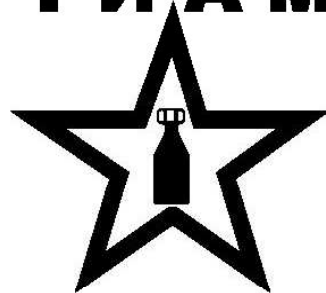


Dynamo-Sovellusprojekti

Vaatimusmäärittely

Tero Hättinen
Joni Purojärvi
Antti Pyykkönen

D Y N A M O



Versio 0.5
Julkinen
14.11.2007

Jyväskylän yliopisto
Tietotekniikan laitos
Jyväskylä

Hyväksyjä	Päivämäärä	Allekirjoitus	Nimenselvennys
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, Vaatusmääritys

Sivumäärä: 28

Tiedosto: Vaatusmaarittely06.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	9.10.2007	Ensimmäinen luonnos. Laadittu luvut Johdanto, Termit, Sovelluksen nykyinen toiminta, Projektin vaatimukset, Toiminnalliset vaatimukset, Tekniset vaatimukset ja Lähteet.	TH, JP
0.2	18.10.2007	Korjattu lukuja 1, 2 ja 3. Lisätty luku "DHCP:n toiminta". Siirretty luku "Sovelluksen nykyinen toiminta" luvuksi 5. Lisätty luku "DHCP-tuki". Muokattu luku "Toiminnalliset vaatimukset". Korjattu kirjoitusvirheitä.	JP
0.3	30.10.2007	Korjattu lukuja 1 ja 2. Muutettu lukujen 3.1, 3.2, 3.3 ja 3.4 järjestystä. Muokattu kuva 3.1 paremmaksi. Muutettu lukujen 6.1 ja 6.3 paikkoja. Siirretty verkon kuvaus ja toiminta lukuun 6.1. Muutettu kuvan 6.2 lyhenteet suomeksi. Vaihdettu luvun 7 taulukkojen solujen "prioriteetti" ja "tila" paikkoja. Lisätty numerointi vaatimukseen luvussa 7. Muutettu luvun 8 vaatimukset taulukoksi. Korjattu luvun 9 virheet. Poistettu lähdeluettelon otsikkonumero. Lisätty lähdeviitaukset tekstiin. Korjattu kirjoitusvirheitä.	JP
0.4	31.10.2007	Muokattu luvun 4.1 listan muotoilu. Poistettu luku 6.3. Muutettu luvun "DHCP-tuki" nimi "DHCP-tuen käyttötapaukseksi" ja siirretty luvuksi 8. Siirretty mobiililaitteen vaatimukset lukuun 6 "Toiminnalliset vaatimukset". Lisätty projektissa käytettävien ohjelmistojen versiot teknisiin vaatimukseen. Poistettu vaatimustaulukoista Nimi-kenttä. Lisätty lähde 8 "Sovellusraportti". Korjattu kirjoitusvirheitä.	JP

Versio	Päivämäärä	Muutokset	Tekijät
0.5	7.11.2007	Muokattu termistöä vastaamaan dokumentin yleistä ilmettä. Luvun 6 nimeksi on muutettu "DHCP-tuen toiminnalliset vaatimukset". Dokumenttiin on lisätty luvuksi 7 "Virtuaalisen vierasagentin toiminnalliset vaatimukset". Lisätty luku 10 "Virtuaalisen vierasagentin vaatimusmäärittely" ja luku 11 "Virtuaalisen vierasagentin käyttötapaukset".	TH, JP, AP
0.6	12.11.2007	Muokattu termistöä vastaamaan dokumentin yleistä ilmettä. Lukuihin 6, 7, 8, 9 ja 10 on korjattu kirjoitusvirheitä ja tehty sisältömuutoksia. Lukuun 7 on lisätty taulukoita ja luvun 10 aliohjelmien nimet on muutettu englannin kielisiksi. Lukuun 11 on lisätty johdanto ja virtuaalisen agentin hallintaperiaatteen kuvaus. Luvut 7, 8, 9 ja 10 ovat saaneet uuden järjestyksen kappaleiden ja kuvien osalta.	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 jatkokehittää Dynamics-sovellusta vastaamaan paremmin tietotekniikan laitoksen ja LaiLa-projektin tarpeita.

Tekijät:

- Tero Häätinen (TH) tejuhati@cc.jyu.fi 050-3528817
- Joni Purojärvi (JP) jopuroja@cc.jyu.fi 040-5271885
- Antti Pyykkönen (AP) anpyykkko@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
- WWW-sivut <http://sovellusprojektit.it.jyu.fi/dynamo>
- Työhuone Ag C223.4 / 014-2604966

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Termit	2
3	Dynamicsin nykyinen toiminta	4
3.1	Pakettien kulku	4
3.2	Mobiililaitteen kirjautuminen verkkoon	5
3.3	Koti- ja vierasagentti	5
3.4	Mobiililaite	6
4	DHCP:n toiminta	7
4.1	DHCP:n tilat ja viestit	7
4.2	DHCP-viestien vuokaavio	9
5	Sovelluksen jatkokehityksen tavoitteet	10
5.1	DHCP-tuki	10
5.2	Virtuaalinen vierasagentti	10
5.3	Kotiagentin kahdentaminen	10
6	Toiminnalliset vaatimukset	12
6.1	Vaatimusten tilat ja prioriteetit	12
6.2	DHCP-tuen vaatimukset	13
6.3	Virtuaalisen vierasagentin toiminnalliset vaatimukset	15
6.4	Mobiililaitteen vaatimukset	16
7	Tekniset vaatimukset	17
8	DHCP-tuen käyttötapaukset	18
8.1	Kotiagentin toiminnasta DHCP-asiakkaana	18
8.2	DHCP:n ja kotiagentin viestit	19
9	Virtuaalisen vierasagentin yleinen kuvaus	21
9.1	Virtuaalisen vierasagentin toimintaperiaate	21
9.2	Viestit ja niiden sisältö	22
9.3	Tietorakenne ja sen käsittely	23

10 Virtuaalisen vierasagentin käyttötapaukset	25
10.1 Ryhmämuuttuja	25
10.2 Satunnainen	26
10.3 Parametrit	26
11 Yhteenveto	27
Lähteet	28

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 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 esitellään projektissa jatkokehitettävien sovelluksen toimintojen vaatimukset. Vaatimusten määrittelyssä ei mennä lähdekooditasolle, vaan pysytään abstraktimmalla tasolla. DHCP-asiakasohjelman käyttötapaukset esitetään protokollatasolla ja . Sovellusraportissa [8] esitellään määriteltyjen vaatimuksien toteutusratkaisut lähdekooditasolla. Projektin taustoja, tavoitteita, aikatauluja ja muita projektin läpivientiin liittyviä asioita käsitellään projektisuunnitelmassa [7].

Luvussa 2 on kuvattu tärkeimmät projektiin liittyvät termit. Sovelluksen nykyistä toimintaa kuvataan luvussa 3, DHCP:n toimintaa luvussa 4 ja sovelluksen jatkokehityksen tavoitteita luvussa 5. Lukuun 6 on koottu ja priorisoitu toiminnalliset vaatimukset. Luvussa 7 kuvataan tekniset vaatimukset. Luvussa 8 kerrotaan DHCP-tuen käyttötapaukset ja luvussa 9 esitellään virtuaalisen vierasagentin toiminta. Luvussa 10 kuvataan virtuaalisen vierasagentin käyttötapauksia.

2 Termit

Luvussa kuvataan dokumentin ja projektin olennainen termistö.

Aihealueen termejä ovat seuraavat

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

Teknisiä termejä ovat seuraavat:

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

Kotiosoite	on mobiililaitteen kotiverkon osoite, joka pysyy aina samana, vaikka laite siirtyisi kotiverkosta vierasverkkoon.
Kotiverkko	on verkko, johon mobiilin päätelaitteen kotiosoite kuuluu.
Jaettu salaisuus	on symmetrisessä salauksessa käytetty avain, jonka avulla selväkielinen teksti salataan.
MAC-osoite	on laitteen fyysinen osoite.
Mobiililaite	on laite, joka voi liikkua verkosta toiseen.
Mobile IPv4	on IPv4-protokollan laajennus, joka mahdollistaa liikkuvien päätelaitteiden toiminnan IPv4-verkossa.
Rekisteröintiviesti	on mobiililaitteen kotiagentille generoima rekisteröintipyyntö.
Tilapäisosoite	(<i>engl. Care-off -Address</i>) on mobiililaitteen osoite vierasverkossa (vierasagentin ja mobiililaitteen välillä).
Vastaanottava solmu	(<i>engl. Corresponded Node</i>) on mobiililaitteen kanssa keskusteleva palvelu tai kone.
Vierasagentti	ohjaa liikennettä kotiagentin ja mobiilin päätelaitteen välillä, sekä tarjoaa verkon palvelut päätelaitteelle.
Vierasverkko	on verkko, jossa mobiili päätelaite vierailee.
Virtuaalinen vierasagentti	on kotiagentin kuormituksen testaukseen tarkoitettu työkalu.
YIADDR	(Your IP-address) on DHCP-paketissa oleva kenttä, jossa ilmoitetaan DHCP-palvelimen tarjoama IP-osoite.

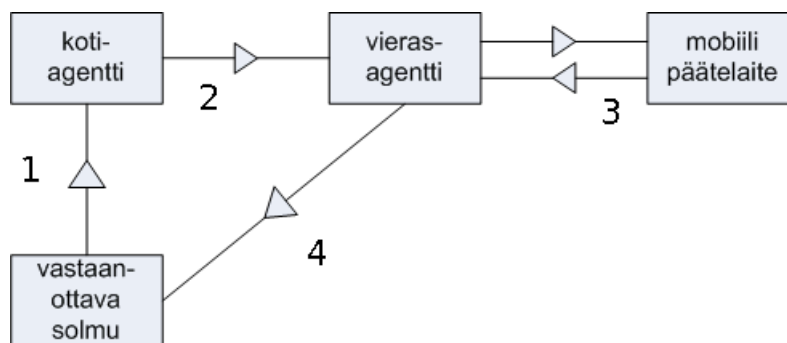
3 Dynamicsin nykyinen toiminta

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.

3.1 Pakettien kulku

Kuvassa 3.1 on esitetty, kuinka paketit kulkevat Mobile IPv4:ssä mobiililaitteelle vierasverkkoon sen kanssa keskustelevalta palvelimelta.



Kuva 3.1: 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 3.1) tai kotiagentin kautta.

3.2 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.

3.3 Koti- ja vierasagentti

Dynamicsin viimeisin versio käyttää staattisia IP-osoitteita. Jokaiselle laitteelle on määrätty tietty IP, joten sekä mobiililaitteen että kotiagentin täytyy tietää kysei-

sen mobiililaitteen IP-osoite. Mobiililaitteen täytyy myös tietää sen kotiagentin IP-osoite.

Kotiagentti tietää oman IP-osoitteensa lisäksi taulukossa 3.1 mainitut hyväksytyjen mobiililaitteiden IP-osoitteet ja tilapäisosoitteet sekä kotiagentin ja mobiililaitteen elinajan.

Kotiosoite	Tilapäisosoite	Elin aika
172.16.0.12	162.168.0.1	100
172.16.0.22	162.168.0.5	150

Taulukko 3.1: Kotiagentin mobiiliosidostaulukko.

Vierasagentti tietää oman IP-osoitteensa ja mahdollisesti hierarkisesti korkeamman vierasagentin IP-osoitteen. Vierasagentti ylläpitää taulukon 3.2 mukaista vieraslistaa, josta selviää vierailevien laitteiden kotiosoitteet, kotiagenttien IP-osoitteet, mobiililaitteiden MAC-osoitteet ja elinajat.

Kotiosoite	Kotiagentin osoite	Mobiililaitteen MAC-osoite	Elin aika
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 3.2: Vierasagentin vieraslista.

3.4 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 elinikä.

Tilan mukaan muuttuvat päätelaitteen asetukset ovat.

- tilapäisosoite ja
- tunnelin elinikä.

4 DHCP:n toiminta

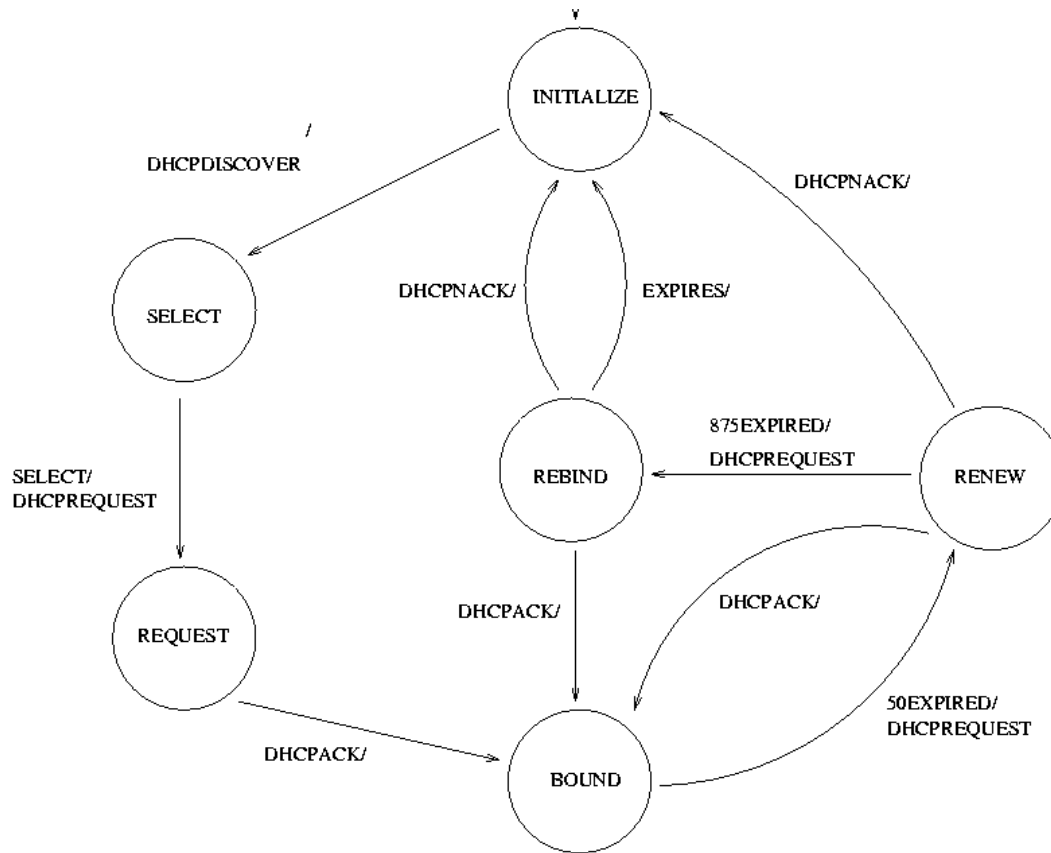
DHCP (lyhenne sanoista Dynamic Host Configuration Protocol) on verkkoprotokolla, jonka yleisin tehtävä on jakaa IP-osoitteita uusille verkkoon kytkeytyville päätelaitteille. Annettu osoite on voimassa ennalta määrätyn ajan. DHCP:n käyttö IP-osoitteiden jakeluun yksinkertaistaa asiakaskoneiden asetusten hallintaa huomattavasti. DHCP on määritelty RFC 1531 -dokumentissa [1] vuonna 1993. DHCP käyttää UDP-portteja 67 ja 68.

4.1 DHCP:n tilat ja viestit

DHCP-asiakas toteuttaa seuraavat tilat:

Initialize	on tila, johon käynnistetty asiakas siirtyy alussa. Laitteella ei ole tilassa IP-osoitetta.
Select	on tila, johon asiakas siirtyy, kun se on löytänyt DHCP-palvelimen tai -palvelimia.
Request	on tila, jossa asiakas valitsee sopivan DHCP-palvelimen.
Bound	on tila, johon asiakas siirtyy, kun se on saanut hyväksytyt IP-osoitteen palvelimelta.
Renew	on tila, jossa asiakas pyytää IP-osoitteen uusimista, kun lease-aikaa on käytetty 50%.
Rebind	on tila, johon asiakas siirtyy renew-tilasta, kun lease-aikaa on käytetty yli 87,5%.

Tilat ovat standardin RFC 2131 [3] mukaiset. Kuvassa 4.1 on esitetty asiakkaan tilat ja DHCP-palvelimen ja -asiakkaan välillä kulkevat viestit. Viestit johtavat tilasiirtymiin.



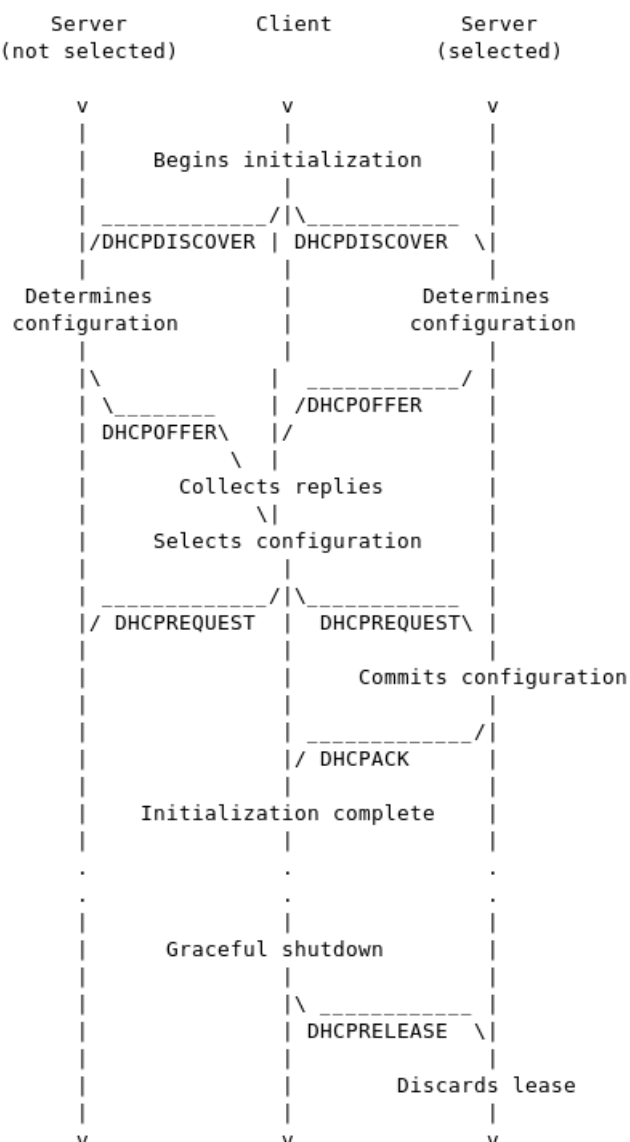
Kuva 4.1: DHCP-asiakkaan tilakone ja viestit [5].

DHCP:n asiakkaan ja palvelimen väliset viestit ovat seuraavat:

DHCPDISCOVER	lähetetään, kun asiakas haluaa löytää DHCP-palvelimia.
DHCPOFFER	lähetetään asiakkaalle palvelimelta. Se sisältää tarkentime- na Client identification -kentän ja tarjotun IP-osoitteen.
DHCPREQUEST	lähetetään asiakkaalta palvelimelle, kun se on hyväksynyt tarjotun osoitteen.
DHCPACK	lähetetään asiakkaalle palvelimelta, jos palvelin hyväksyy asiakkaan.
DHCPNACK	lähetetään asiakkaalle palvelimelta, jos palvelin ei hyväksy asiakasta.

4.2 DHCP-viestien vuokaavio

Kuvassa 4.2 on DHCP-viestien vuokaavio.



Kuva 4.2: DHCP-viestien vuokaavio [3].

5 Sovelluksen jatkokehityksen tavoitteet

Luvussa esitellään sovelluksen jatkokehityksen tavoitteet toteuttamisjärjestyksessä.

5.1 DHCP-tuki

Projektin ensimmäinen ja tärkein tavoite on lisätä DHCP-tuki kotiagentin ja liikkuvan päätelaitteen välille. Nykyisin päätelaite saa IP-kotiosoitteen kiinteästi asetustiedostosta. Tavoitteena on, että mobiililaite voi tulla verkkoon ilman ennaltamäärättyä IP-osoitetta. Dynamicsin alkuperäistä toimintaa on kuvattu luvussa 3.

Mobiililaitteen on saatava kotiosoite DHCP-palvelimelta liittyessään kotiverkkoon tai liittyessään vierasverkkoon. Mobiililaite ei kuitenkaan ole suoraan yhteydessä DHCP-palvelimeen, vaan saa IP-osoitteen kotiagenttiltaan. Kotiagenttiin tulee siis toteuttaa jonkinlainen DHCP-asiakasohjelma.

DHCP-tuen vaatimukset prioriteetteineen on esitelty luvussa 6 ja käyttötapaukset luvussa 9.

5.2 Virtuaalinen vierasagentti

"Virtuaalinen vierasagentti" on testaukseen tarkoitettu työkalu, joka generoi liikennettä Mobile IP -verkkoon. Muutoksien tarkoituksena on mahdollistaa kotiagentin kuormituksen siedon testaaminen. Virtuaalisen vierasagentin vaatimukset prioriteetteineen on esitelty luvussa 7 ja käyttötapaukset luvussa 10.

5.3 Kotiagentin kahdentaminen

Kahdentamisella tarkoitetaan koko kotiagentin kahdentamista. Muutoksien jälkeen samalla koneella on toiminnassa kotiagentista kaksi prosessia, joista toinen on aktiivinen ja toinen vain tarkkailee toisen prosessin toimintaa. Jos aktiivinen prosessi kaatuu, passiivinen prosessi lataa kaatuneen prosessin tilan itseensä ja jatkaa siitä, mihin toinen pysähtyi.

Alkuperäinen Dynamics ei tallenna edellä mainittua tilaa tiedostoon, joten ongelmana on tallentaa ja lukea prosessin tila ulkoa käsin. Tämä onnistuu muokkaamalla lähdekoodia ja tallentamalla tila esimerkiksi yhteen tiedostoon tietyin väliajoin.

6 Toiminnalliset vaatimukset

Luvussa esitellään DHCP-tuen jatkokehityksen toiminnalliset vaatimukset prioriteetteineen.

6.1 Vaatimusten tilat ja prioriteetit

Vaatimusten toteutuksen tilat ja prioriteetit on määritelty taulukoissa 6.1 ja 6.2.

Tila	Kuvaus
Hyväksytty	Toteutus on valmis ja hyväksytty.
Testattu	Toteutus on testattu.
Kesken	Toteutus on aloitettu.
Aloittamatta	Toteutusta ei ole aloitettu.

Taulukko 6.1: Vaatimusten tilat.

Prioriteetti	Kuvaus
Pakollinen	Vaatimus on välttämätön sovelluksen toiminnan kannalta.
Tärkeä	Vaatimus tuo huomattavaa lisäarvoa ohjelman toimintaan, mutta ei ole välttämätön.
Ajan salliessa	Vaatimus tuo vain vähän lisäarvoa ohjelman toimintaan.
Ei toteuteta	Vaatimusta ei toteuteta projektissa.

Taulukko 6.2: Vaatimusten prioriteetit.

6.2 DHCP-tuen vaatimukset

Mobiililaitteen liittymisen ja tunnistamisen vaatimukset on esitetty taulukossa 6.3.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
1.1	Dynamicsin kotiagentin tulee tunnistaa ja hyväksyä IP-osoitteesta 0.0.0.0 tuleva rekisteröintipyyntö	Pakollinen	Kesken
1.2	Dynamicsin kotiagenttiin tulee lisätä mahdollisuus valita, käyttääkö se dynaamista vai staattista IP-osoitetta mobiililaitteiden kotiosoitteille.	Tärkeä	Aloittamatta
1.3	Dynamicsin kotiagentin tulee antaa mobiililaitteelle kotiosoite dynaamisesti tai staattisesti riippuen mobiililaitteen kotiosoitteentästä	Ajan salliessa	Aloittamatta

Taulukko 6.3: Mobiililaitteen liittyminen.

IP:n hankkimisen ja rekisteröintiviestin lähettämisen vaatimukset on esitelty taulukossa 6.4.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
2.1	Sovellukseen tulee toteuttaa DHCP-palvelimen etsintä.	Pakollinen	Kesken
2.2	Sovellukseen tulee toteuttaa standardin mukainen DHCP-keskustelu.	Pakollinen	Kesken
2.3	Sovelluksen tulee tallentaa DHCP palvelimelta saatu IP-osoite tietorakenteeseen.	Pakollinen	Kesken
2.4	Sovelluksen tulee generoida rekisteröintivastaus mobiililaitteelle.	Pakollinen	Kesken

Taulukko 6.4: IP:n hankkiminen ja antaminen.

IP-osoitteen ylläpidon vaatimukset on esitelty taulukossa 6.5.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
3.1	Sovelluksen tulee hoitaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen ylläpito uusimalla lease-aika aina, kun mobiililaite uusii tunnelin.	Pakollinen	Aloittamatta
3.2	Sovelluksen tulee hoitaa DHCP:lta saadun IP-osoitteen ylläpito uusimalla lease-aika aktiivisesti itse.	Ajan sal- liessa	Aloittamatta

Taulukko 6.5: IP-osoitteen ylläpito.

IP-osoitteen vapauttamisen vaatimukset on esitelty taulukossa 6.6.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
4.1	Sovelluksen tulee vapauttaa DHCP:lta saatu IP-osoite, kun mobiililaite poistuu verkosta.	Pakollinen	Kesken
4.2	Sovelluksen tulee vapauttaa DHCP:lta saatu IP-osoite, kun lease-aika loppuu.	Ajan sal- liessa	Aloittamatta

Taulukko 6.6: IP-osoitteen vapauttaminen.

Säikeistuksen vaatimukset on esitelty taulukossa 6.7.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
5.1	Sovelluksen tulee toteuttaa toiminnot omassa säikeessä rekisteröintiviestin käsittelyyn, DHCP-keskusteluun ja rekisteröintivastauksen lähettämiseen.	Pakollinen	Kesken
5.2	Sovelluksen tulee toteuttaa omassa säikeessä DHCP:lta saadun mobiililaitteen kotiosoitteen vapauttaminen DHCP-palvelimelta.	Ajan sal- liessa	Aloitta- matta

Taulukko 6.7: Kotiagentin säikeistys.

6.3 Virtuaalisen vierasagentin toiminnalliset vaatimukset

Virtuaalisen vierasagentin viestien verkkoon lähettämisen vaatimukset on esitelty taulukossa 6.8.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
6.1	Vierasagentti lähettää yhden rekisteröintipyyntöä kotiagentille.	Tärkeä	Aloitta- matta
6.2	Vierasagentti lähettää useamman rekisteröintipyyntöä.	Tärkeä	Aloitta- matta
6.3	Lähettää dynaamisesti luotuja rekisteröintipyyntöjä käyttäjän asettamien parametrien mukaan.	Ajan sal- liessa	Aloitta- matta

Taulukko 6.8: Viestien lähettäminen.

Tietorakenteen luomisen toiminnalliset vaatimukset on esitelty taulukossa 6.9.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
7.1	Lukee asetukset lähdekoodista ja lisää ne tietorakenteeseen.	Tärkeä	Aloittamatta
7.2	Lukee asetukset asetustiedostosta ja lisää ne tietorakenteeseen.	Tärkeä	Aloittamatta
7.3	Lukee asetukset käyttäjän antamien parametrien mukaan ja luo tiedot tietorakenteeseen.	Ajan sal- liessa	Aloittamatti

Taulukko 6.9: Tietorakenteen luominen.

Tulosten muodostaminen on esitetty taulukossa 6.10.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
8.1	Virtuaalinen vierasagentti laskee lähetetyt viestit	Ajan sal- liessa.	Aloittamatta
8.2	Virtuaalinen vierasagentti laskee lähetetyt ja vastaanotetut viestit. Lasketaan hyväksytyt ja hylätyt viestit.	Ajan sal- liessa	Aloittamatta

Taulukko 6.10: Tulosten muodostaminen.

6.4 Mobiililaitteen vaatimukset

Mobiililaitteen vaatimukset on esitelty taulukossa 6.11.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti	Tila
9.1	Mobiililaitteen on tuettava dynaamista kotiosoitetta.	Pakollinen	Aloittamatta

Taulukko 6.11: Mobiililaitteen vaatimukset.

7 Tekniset vaatimukset

Järjestelmän asettamat vaatimukset on esitelty taulukossa 7.1.

Numero	Kuvaus	Prioriteetti
10.1	Linuxin kernelin tulee olla vähintään versio 2.2.	Pakollinen
10.2	Linuxissa tulee olla asennettuna ipip.o-moduuli.	Pakollinen

Taulukko 7.1: Järjestelmän vaatimukset.

Projektissa käytettävien ohjelmistojen versiot on esitelty taulukossa 7.2.

Numero	Ohjelmisto	Versio
11.1	Dynamics	0.8.1
11.2	UDHCP-asiakas	0.9.8
11.3	Ubuntu Linux	6.10
11.4	Ciscon mobiililaitte-asiakas	2.0.14

Taulukko 7.2: Ohjelmistojen versiot.

8 DHCP-tuen käyttötapaukset

Luvussa esitellään DHCP-tuen käyttötapaukset, kun mobiililaite liittyy verkkoon ilman kotiosoitetta.

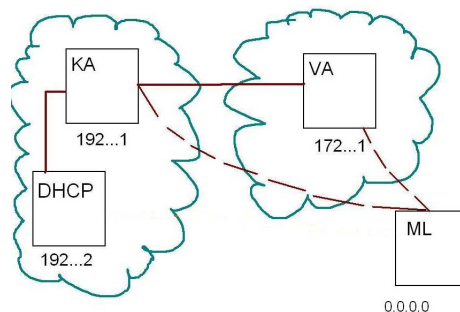
8.1 Kotiagentin toiminnasta DHCP-asiakkaana

DHCP-palvelin tulee sijoittaa kotiagentin kanssa samaan verkkoon. Ainoastaan kotiagentin DHCP-asiakasosio on yhteydessä DHCP-palvelimeen, jos ja kun uusi mobiililaite tulee verkkoon ilman kotiosoitetta. Toteutuksen kuvaus tulee ilmi kuvista 8.1 ja 8.2.

Mobiililaite lähettää (Kuvassa 8.1 ja 8.2 ML) vierasagentille (VA) normaalin rekisteröintipyynnön asettaen IP-osoitteeksi 0 . 0 . 0 . 0. Kotiagentti (KA) saa pyynnön ja alkaa käsitellä sitä. Mobiililaitteen pyynnöstä otetaan mobiililaitteen NAI-tunniste tunnistavaksi tekijäksi. Tätä tunnistavaa tekijää käytetään tulevassa DHCP-kutsussa, jonka kotiagentti lähettää DHCP-palvelimelle.

Kotiagentti vastaanottaa DHCP-palvelimen (DHCP) vastauksen pyyntöön. Kotiagenttiin toteutetaan projektissa tietorakenne, jossa ylläpidetään mobiililaitteiden IP- ja NAI-osoitteita. Vastauksesta saatu IP annetaan sitä pyytäneelle mobiililaitteelle kotiosoitteeksi. Kotiagentti on vastuussa DHCP-palvelimelta saadun IP:n uusimisesta ja ylläpitämisestä.

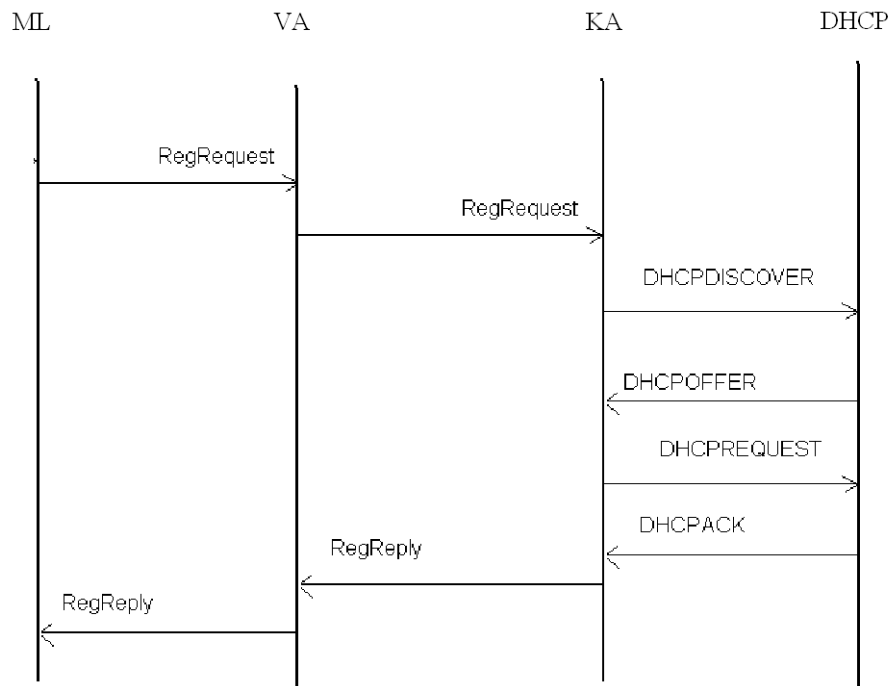
Sovellus on säikeistettävä vähintään DHCP-asiakkaan osalta, jottei sovelluksen muu toiminta joudu odottamaan DHCP-kutsun valmistumista.



Kuva 8.1: Verkon kuvaus.

8.2 DHCP:n ja kotiagentin viestit

Luvussa esitetään käyttötapaus, kun mobiililaite rekisteröityy verkkoon ilman kotiosoitetta ja kotiagentti noutaa mobiililaitteelle IP-osoitteen DHCP-palvelimelta. Viestien sekvenssikaavio esitellään kuvassa 8.2.



Kuva 8.2: Rekisteröintiviestin sekvenssikaavio DHCP-palvelimen kanssa.

Kuvan viestit ja niiden olennaiset sisällöt ovat seuraavat:

REGREQUEST on mobiililaitteen luoma rekisteröintipyyntö sisältäen.

- kotiagentin osoitteen 192.168.0.1,
- kotiosoitteen 0.0.0.0 ja
- kohdeporttiin 434.

DHCPDISCOVER on kotiagentin luoma DHCP-pyyntö, jossa haetaan IP-osoitetta mobiililaitteelle sisältäen

- lähdeosoitteen 0.0.0.0,
- lähdeportin 68,
- kohdeosoitteen 255.255.255.255,
- kohdeporttiin 67,

- DHCP option -parametrin 53 (*DHCP Discover*) ja
- DHCP option -parametrin 61 (*Mobiililaitteen NAI*).

DHCPOFFER on DHCP-palvelimen tarjous sisältäen

- lähdeosoitteen 192.168.0.10,
- lähdeportin 67,
- kohdeosoitteen 0.0.0.0,
- kohdeportin 68,
- YIADDR (Your IP Address) -parametrin 192.168.0.25,
- DHCP option -parametrin 53 (*DHCP Offer*) ja
- DHCP option -parametrin 61 (*Mobiililaitteen NAI*).

DHCPREQUEST viestissä kotiagentti valitsee DHCP-palvelimen ja IP:n sisältäen

- lähdeosoitteen 0.0.0.0,
- lähdeportin 67,
- kohdeosoitteen 255.255.255.255,
- kohdeportin 68,
- DHCP option -parametrin 50 (*192.168.0.25 requested*),
- DHCP option -parametrin 53 (*DHCP Request*) ja
- DHCP option -parametrin 61 (*Mobiililaitteen NAI*).

DHCPACK viestissä DHCP-palvelin hyväksyy valinnan sisältäen

- lähdeosoitteen 192.168.0.10,
- lähdeportin 67,
- kohdeosoitteen 255.255.255.255,
- kohdeportin 68,
- YIADDR (Your IP Address) -parametrin 192.168.0.25,
- DHCP option -parametrin 51 (*IP:n lease-aika*),
- DHCP option -parametrin 53 (*DHCP ACK*) ja
- DHCP option -parametrin 61 (*Mobiililaitteen NAI*).

REGREPLY kotiagentti generoi vastausviestin ja lähettää sen mobiililaitteelle sisältäen

- kotiosoitteen 192.168.0.25 ja
- kotiagentin osoitteen 192.168.0.1.

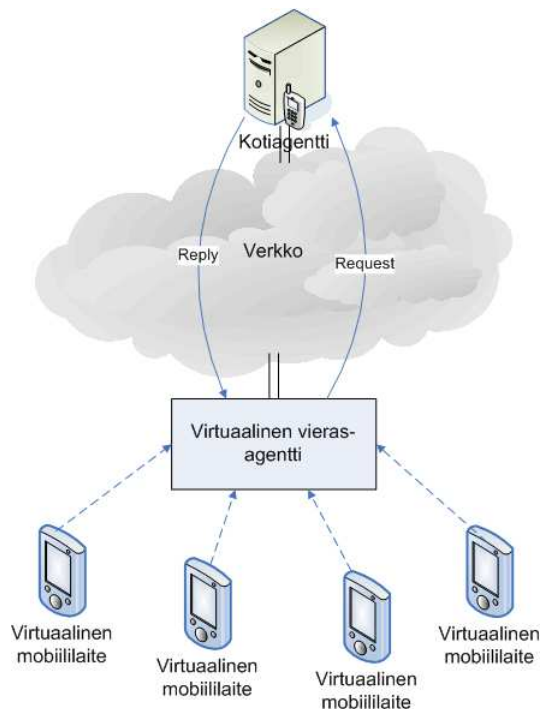
9 Virtuaalisen vierasagentin yleinen kuvaus

Luvussa esitellään virtuaalisen vierasagentin vaadittua toimintaa ja sen lähettämiä viestejä.

9.1 Virtuaalisen vierasagentin toimintaperiaate

Virtuaalinen vierasagentti on testaukseen tarkoitettu työkalu, joka generoi liikennettä Mobile IPv4-verkkoon. Muutoksien tarkoituksena on mahdollistaa kotiagentin kuormituksen siedon testaaminen.

Virtuaalinen vierasagentti generoi verkkoon vain rekisteröinti- ja poistumisviestejä. Viesteihin sisällytettävät tiedot luetaan tietorakenteesta, joka voidaan luoda käsin tai automaattisesti. Tietorakenteen avulla luodaan "virtuaalisia mobiililaitteita". Mobiililaitteet rekisteröityvät kotiagentille, mutta ne eivät voi keskustella minkään laitteen kanssa. Tietorakenne esitellään luvussa 9.3. Yleiskuva järjestelmästä tulee ilmi kuvasta 9.1.



Kuva 9.1: Virtuaalinen vierasagentti.

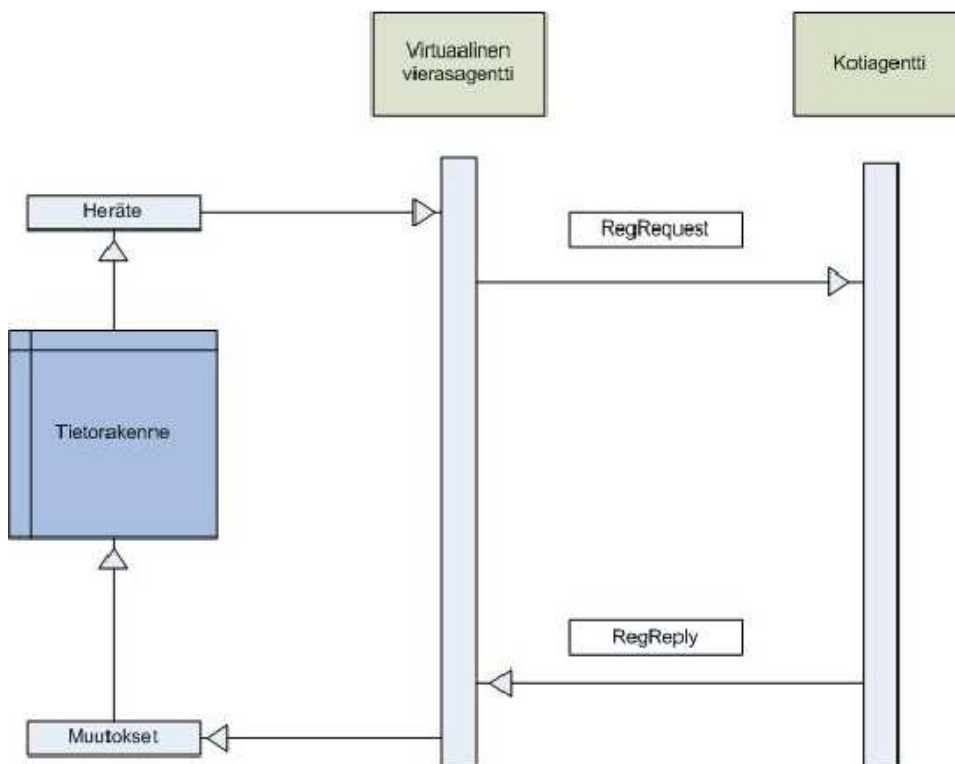
Käyttäjä voi vaikuttaa sovelluksen toimintaan kahdella eri tavalla. Käyttötapaukset esitellään tarkemmin luvussa 11.

1. Muuttamalla tietorakenteeseen luotavien laitteiden lukumäärää muokkaamalla asetustiedostoa.
2. Määrittelemällä luotavien laitteiden lukumäärän ja käyttäytymisen parametrien avulla konsoli-käyttöliittymältä.

9.2 Viestit ja niiden sisältö

Luvussa esitetään virtuaalisen vierasagentin generoimat viestit verkkoon ja sovelluksen tietorakenteen käyttöä.

Virtuaalisen vierasagentin toiminta esitellään kuvassa 9.2.



Kuva 9.2: Virtuaalisen vierasagentin toiminta.

Virtuaalinen vierasagentti mallintaa mobiilien päätelaitteiden liittymistä verkkoon, joten vierasagentin viestit jäljittelevät mobiilin päätelaitteen lähettämiä viestejä. Vir-

tuaalinen vierasagentti lähettää verkkoon liittymispyyntöjä ja verkosta poistumispyyntöjä. Virtuaalinen vierasagentti generoi mobiililaitteille viestejä herätteen ja tietorakenteessa olevien ryhmien tilojen mukaan. Viestien sisällöt ovat seuraava:

REGREQUEST on virtuaalisen vierasagentin luoma rekisteröintipyyntö sisältäen

- kotiagentin osoitteen 192.168.0.1,
- kotiosoitteen 192.168.33.21,
- kohdeportin 434 ja
- elinajan 600.

DEREGISTER on virtuaalisen vierasagentin luoma rekisteröintipyyntö, jossa elinaika on asetettu nolaksi, sisältäen

- kotiagentin osoitteen 192.168.0.1,
- kotiosoitteen 192.168.33.21,
- kohdeportin 434 ja
- elinajan 0.

REGREPLY on kotiagentin generoima vastausviesti. Kotiagentti lähettää sen mobiililaitteelle sisältäen

- kotiosoitteen 192.168.0.25 ja
- kotiagentin osoitteen 192.168.0.1.

9.3 Tietorakenne ja sen käsittely

Kunkin tietorakenteen tietue kuvaa yhtä virtuaalista mobiililaitetta. Tietueet tallennetaan listaan, jolloin lista kuvaa virtuaalisten mobiililaitteiden joukkoa. Tietorakenne on seuraavassa:

- kotiosoite,
- NAI,
- kotiagentin IP-osoite,
- ryhmä ilmoittaa joukon, johon laite kuuluu,

- tila kertoo laitteen tilan. Laitte liittyy (*join*) verkkoon tai poistuu verkosta (*leave*) ja
- MAC-osoite.

Virtuaalisen vierasagentin toimintaan tarvitaan seuraavia toimintoja:

- Heräte** on virtuaalisessa vierasagentissa oleva toiminto, joka tapahtuu aina ajastimen lyödessä. Kyseinen tilanne voi olla mm. se, että virtuaalinen vierasagentti käy läpi tietorakennetta ja tekee RegRequest-viestin valitulle ryhmälle.
- Muutokset** on virtuaalisessa vierasagentissa oleva toimintojen joukko, joka suoritetaan aina kun ajastin lyö. Kyseinen tilanne voi olla mm. se, että virtuaalinen vierasagentti käy läpi listan ja tekee tilan mukaiset toiminnot valitulle joukolle.

Edellä mainittujen toimintojen pohjalta tietorakenteen käsittelyyn tarvitaan seuraavia aliohjelmia:

- find_agent* etsii virtuaalisen mobiililaitteen listalta.
- remove_agent* poistaa virtuaalisen mobiililaitteen listalta.
- add_agent* lisää virtuaalisen mobiililaitteen listaan.
- change_state* muuttaa virtuaalisen mobiililaitteen tilaa.
- generate* generoi tietorakenteeseen MAC-osoitteen ja tilan.
- make_list* tekee tyhjän listan halutun kokoisena. Listaan tallennetaan virtuaalisia mobiililaitteita.
- make_list_all* muodostaa listan ja tietorakenteet käyttäjän syöttämistä parametreista. Kutsuu aliohjelmia: *make_list*, *generate*, *add_agent*.

10 Virtuaalisen vierasagentin käyttötapaukset

Tässä luvussa kerrotaan virtuaalisen vierasagentin käyttötapaukset. Käyttötapaukset ovat ryhmämuuttuja, satunnainen ja parametrit.

Käyttäjä voi hallinta sovelluksen tietorakennetta joko asetustiedosta tai parametrien avulla konsoli-liittymältä. Käyttäjä voi syöttää asetustiedostoon jokaiselle virtuaaliselle mobiililaitteelle seuraavat tiedot: kotiosoite, NAI, kotiagentin IP-osoite, ryhmä ja tilapäisosoite (ei pakollinen). Ohjelma generoi automaattisesti tilaksi *join* ja MAC-osoitteen kullekin laitteelle. Asetustiedoston rivit tagien `Lista_alkaa` ja `Lista_loppuu` välissä voisivat olla seuraavat:

```
Lista_alkaa
```

```
Kotiosoite, NAI, Kotiagentin IP-osoite, Ryhmä, Tilapäisosoite
```

```
192.168.0.1, dynamo1@jyu.fi, 192.168.0.10, 1, 192.154.0.1
```

```
192.168.0.2, dynamo2@jyu.fi, 192.168.0.10, 3, 192.154.0.2
```

```
192.168.0.3, dynamo3@jyu.fi, 192.168.0.10, 1, 192.154.0.3
```

```
Lista_loppuu
```

10.1 Ryhmämuuttuja

Ryhmämuuttuja -käyttötapauksessa asetuksia hallintaan asetustiedostosta. Käyttötapauksessa kaikki virtuaaliset laitteet saavat oman ryhmänumeron esimerkiksi väliltä 0–9. Samaan ryhmään voi kuulua useampia laitteita, ja osa ryhmistä voi olla tyhjiä. Kaikkien laitteiden tilaksi alustetaan käynnistyksen yhteydessä *join*.

Taustalla pyörii jatkuvasti ajastin, jonka lyödessä ryhmämuuttujaa kasvatetaan yhdellä. Tämän muutoksen jälkeen kaikki ryhmämuuttujaa vastaavaan ryhmään kuuluvat laitteet lähettävät verkkoon oman tilan määräämän pyynnön. Tila on *join*, lähetetään verkkoon liittymispyyntö ja tilan *leave* tapauksessa lähetetään poistumispyyntö. Samalla kaikkien kyseiseen ryhmään kuuluvien laitteiden tila muutetaan päinvastaiseksi.

Ajastimen saavutettua viimeisen ryhmänumero (yo. tapauksessa 9), alkaa seuraava kierros taas nolasta.

10.2 Satunnainen

Satunnainen -käyttötapauksessa asetuksia hallitaan asetustiedostosta. Käyttötapaus on hyvin samankaltainen kuin luvussa luvussa 10.1, mutta nyt ryhmien pyynnöt tapahtuvat satunnaisessa järjestyksessä.

Ohjelman käynnistyessä ryhmämuuttujalle generoidaan satunnaisluku ryhmänumeroiden määräämältä väliltä (tässä tapauksessa 0–9). Taustalla pyörii jatkuvasti ajastin, jonka lyödessä ryhmämuuttujalle generoidaan uusi satunnaisluku em. väliltä. Tämän muutoksen jälkeen kaikki ryhmämuuttujaa vastaavaan ryhmään kuuluvat laitteet lähettävät verkkoon oman tilan määräämän pyynnön.

10.3 Parametrit

Käyttötapauksessa testataan yhden kotiagentin suorituskykyä. Sovellukselle annetaan käynnistyksen yhteydessä konsolilta kolme parametria:

Laitteiden määrä	kertoo kuinka monta virtuaalista mobiililaitetta generoidaan.
Aikaväli sekunneissa	kertoo, milloin virtuaalinen mobiililaitte tekee liittymistä tai poistumistoiminnon.
Kotiagentin IP-osoite	kertoo kotiagentin IP-osoitteen.

Esimerkiksi käyttö voisi näyttää seuraavalta: dynfad -100 -3 -192.168.2.1, missä 100 on virtuaalisien agenttien lukumäärä, 3 on aikaväli sekunneissa ja 192.168.2.1 on kotiagentin IP-osoite.

11 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 on lisätä tuki kotiosoitteen noutamiseen DHCP-palvelimelta. Virtuaalinen vierasagentti toteutetaan ainakin vaatimusten määrittelyn ja suunnittelun osalta sekä ohjelmoidaan ajan salliessa. Kahdentaminen toteutetaan määrittelyn ja suunnittelun osalta 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] Hätininen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Projektisuunnitelma", University of Jyväskylä, lokakuu 2007.
- [8] Hätininen T., Pyykkönen A. ja Purojärvi J. "Dynamo-projekti, Sovellusraportti, University of Jyväskylä, joulukuu 2007.