

# **Generaattorien etäohjaus GSM/GPRS- modeemilla**

Jalo Huusko

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Automaatiosuuntautuminen

Tekijä(t) Huusko, Jalo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 76 (3+57+16 liitettä)	Julkaisun kieli: Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Generaattorien etäohjaus GSM/GPRS-modeemilla</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Veli-Matti Häkkinen, Ari Kuisma		
Toimeksiantaja(t) Kuljetinsähkö Tampere Oy		
Tiivistelmä <p>Kuljetinsähkö Tampere Oy:n asiakas tilasi Siurokosken vesivoimalaitokseen puhelimella ohjattavan järjestelmän, jonka avulla sähköä tuottavien generaattoreiden toimintaa pystytettiin ohjaamaan.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin Siuron vesivoimalaitoksen logiikalle ohjelma, jonka avulla käyttäjä pystyy puhelimen tekstiviestillä ohjaamaan logiikan avulla generaattoreita päälle ja pois päältä ja asettamaan generaattorien suulakkeiden asentoarvoa välillä 0 % ja 99 %. Mikäli asetusarvo on alle 50 %, generaattori pysäytetään.</p> <p>Uusi logiikkaohjelma toteutettiin käyttäen sekä vanhoja ohjelmia että esimerkkimateriaalia, jotka olivat saavutettavissa toimeksiantajan yrityksen aineistossa ja julkisessa internetissä.</p> <p>Uusi logiikkaohjelma valmistui ja täytti toimeksiantajan vaatimukset, vaikka kyseistä logiikkaohjelmaa ei testattu Siuron vesivoimalaitoksen laitteistossa. Uusi ohjelma valvoo GSM-modeemilta tulevaa tietoa ja pyytää GSM-modeemilta vastaanotetun viestin sisältöä aina, kun on tullut uusi viesti. Jos viestin lähettäjä on oikea ja viestin sisältö on yksi oikeista viesteistä, niin GSM-ohjelma suorittaa taustalla ohjauksia ja vastaa käyttäjälle. Lopuksi GSM-ohjelma poistaa SIM-kortista vastaanotetun viestin.</p> <p>Työstä tuli esiin, että AutoLog 2000 -logiikalla pystyttiin tekemään logiikkaohjelma, jolla käyttäjä pystyy ohjaamaan logiikan muuta toimintaa. Ohjaus on kuitenkin pahimmassa tilanteessa epävarma puhelinverkon olleessa kovassa rasituksessa. Väärennetyn SIM-kortin käyttö on turvallisuusriski ja mikäli puhelin varastetaan, varas pystyisi ohjaamaan voimalaitosta kyseisellä puhelimella ja lähetettyjen tekstiviestien historialla.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) GSM/GPRS-modeemi, M1306B-modeemi, etäohjaus, AutoLog®, AutoLog® 2000, AL2000, AL2000S, ALProWin, ALPro EIL		
Muut tiedot		

Author(s) Huusko, Jalo	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 76 (3+57+16 attachments)	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Remote control of generators with GSM/GPRS modem</b>		
Degree programme Bachelor of Engineering, degree of automation engineering		
Supervisor(s) Veli-Matti Häkkinen, Ari Kuisma		
Assigned by Kuljetinsähkö Tampere Oy		
Abstract  <p>A customer of Kuljetinsähkö Tampere Oy ordered for a phone operated control method for the Siuro water power plant, with which the electricity producing generators could be remotely controlled.</p> <p>In the graduation work a program was made for the Siuro water power plant's programmable logic controller, with which a user could with a phone's text messaging control four generators on, off and set the opening between 00 % and 99 %. If the set value is below 50 %, the generator in question is stopped.</p> <p>The new program was made using material from both old PLC programs and example material, which were from the firm's materials and the public internet.</p> <p>The new program was finished and fulfilled the requirements of the firm, even though said program was not tested in the power plant itself. The new GSM-program pays attention to the information coming from the GSM-modem, if a new message has arrived. If the sender of the message is correct and the message contents are valid, then the GSM-program executes the necessary control procedures and responds to the user. Lastly the GSM-program erases the received message from the memory of the SIM-card.</p> <p>The results show, that AutoLog 2000 -PLC can be used for remote usage via a phone's SMS capability. The control is in the worst case unreliable while the phone network is under heavy usage. A falsified SIM-card (Spoof card) is a security risk and if the cell phone is stolen, the thief could control the power plant with said phone and by reading the history of sent text messages.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) GSM/GPRS modem, M1306B modem, Remote control, AutoLog®, AutoLog® 2000, AL2000, AL2000S, ALProWin, ALPro EIL		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Työmenetelmät .....	6
2.1	Työn kulku .....	6
2.2	Suunnittelun reunaehdot .....	7
2.3	Tiedon hankinta.....	8
3	Laitteet ja ohjelmistot .....	8
3.1	AL2000- ohjelmitava logiikka, tekniset tiedot.....	8
3.2	ALProWin-ohjelmointisovelluksen tekniset tiedot .....	10
3.3	PC:n ja logiikan välinen kaapelointi.....	16
3.4	Modeemien historia .....	18
3.5	AT-komennot.....	20
3.6	WaveCom M1306B -modeemi .....	22
3.7	Logiikan ja modeemin välinen kaapelointi.....	24
3.8	Muita vaihtoehtoja modeemille.....	25
3.9	GSM-verkko .....	26
3.10	GPRS-verkko .....	28
3.11	SMS-teknologia.....	29
4	Logiikkaohjelmointi ja testaukset.....	31
4.1	Harjoitusohjelmaan tutustuminen .....	31
4.2	Harjoitusohjelman testaus .....	39
4.3	GSM-ohjelman ensimmäisen version tekeminen .....	40
4.4	Ensimmäisen version testaus .....	43
4.5	Kohteen GSM-ohjelmaan tutustuminen .....	43
4.6	GSM-ohjelman toisen version erot .....	45
4.7	Toisen version testaus.....	51
5	Johtopäätökset ja pohdinta .....	52

Lähteet.....	55
Liitteet .....	58
1. ALProWin Text Strings -ikkuna .....	58
2. Ote AL2000-manuaalista .....	59
3. Ote WaveCom Fastrack M1306B-modeemin käyttöohjeesta .....	60
4. Sarjaportti, 'CMTI' luku, 'AT+CMGR', 'CMGR' luku (GSM versio 1). .....	61
5. KT1-2 tunnistus (GSM etäohjaus ohjelman versio 1).....	62
6. KT3-4 tunnistus, tuntematon käyttäjä (GSM versio 1).....	63
7. Viestin sisällön tunnistus (GSM etäohjaus ohjelman versio 1) .....	64
8. Viestin sisällön tunnistus, lupien selvitys (GSM versio 1) .....	65
9. Numeron valitseminen, generaattorin valitseminen (GSM versio 1) .....	66
10. Ohjauksen etsiminen (GSM etäohjaus ohjelma versio 1) .....	67
11. KT1-2 tunnistus (GSM etäohjaus ohjelma versio 2).....	68
12. KT3-4 tunnistus (GSM etäohjaus ohjelma versio 2).....	69
13. Numeron valitseminen, generaattorin valitseminen (GSM versio 2) .....	70
14. G1-4 ohjaus (GSM etäohjaus ohjelma versio 2).....	71
15. G1-4 Start/Stop reset (GSM etäohjaus ohjelma versio 2).....	72
16. G1-3 teho-ohjaus reset (GSM etäohjauksen ohjelma versio 2).....	73

## Kuviot

Kuvio 1. AC/DC-muuntaja ja AL2000-logiikka kytketty testilaitteistoksi .....	9
Kuvio 2. ALProWin pääikkuna .....	10
Kuvio 3. Kääntämisen asetukset .....	11
Kuvio 4. ALProWin-sovelluksen Source Code -ikkuna.....	11
Kuvio 5. ALProWin-sovelluksen Monitor Table Editor -ikkuna .....	12

Kuvio 6. ALProWin-sovelluksen Hardware Configuration -ikkuna.....	13
Kuvio 7. ALProWin Symbolic Names -ikkuna .....	14
Kuvio 8. ALProWin Transfer Settings -ikkuna.....	15
Kuvio 9. ALProWin Loop Options -ikkuna. ....	15
Kuvio 10. M1306B-modeemi takaa, antenni, ledi ja SIM-kortin paikka näkyvissä .....	23
Kuvio 11. M1306B-modeemi edestä, virtalähteen ja Sub HD -portin osat näkyvissä .	24
Kuvio 12. 'CMTI'-merkkijonon havaitseminen (toinen versio). ....	45
Kuvio 13. Etäohjaus-koodin kutsuminen aliohjelmana (CSR 3 -komento). ....	46
Kuvio 14. Etäohjauksen aliohjelman alku (toinen versio). ....	46
Kuvio 15. Etäohjauksen puhelinnumeron tunnistuksen ajastin (toinen versio).....	47
Kuvio 16. Käyttäjän viestin tunnistaminen (toinen versio). ....	48
Kuvio 17. Ohjaustekstiviestin asetusarvon lukeminen (toinen versio).....	49
Kuvio 18. Etäohjauksen 'CMGS'-merkkijonon havaitseminen (toinen versio). ....	50
Kuvio 19. Etäohjauksen aikalaskuri ja tietojen resetoiminen (toinen versio). ....	51

## **Taulukot**

Taulukko 1. AL2000-logiikan DIP-kytkinten toiminta.....	16
Taulukko 2. RS-232-standardin pinnien merkitys DTE:n puolelta .....	17
Taulukko 3. PC:n ja logiikan välisen kaapelin kytkentä. ....	17
Taulukko 4. Modeemin (DCE) ja logiikan (DTE) välisen kaapelin kytkentä.....	25
Taulukko 5. Validiteettiajan arvot .....	35

## Termit

3GPP	3rd Generation Partnership Project eli kolmannen sukupolven yhteistyö projekti.
ALPro EIL	ALProWin-ohjelman oma ohjelmointikieli.
ALProWin	FF-Automation Oy:n julkaisema ohjelma AutoLog-logiikkojen ohjelmoimiseen.
AutoLog	FF-Automation Oy:n valmistama PLC.
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunication administrations (Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications) eli Euroopan posti- ja televiestinnän hallintokomitea.
DCE	Data Communication Equipment. RS-232-standardissa käytetty termi modeemille.
DTE	Data Terminal Equipment. RS-232-standardissa käytetty termi PC:lle tai laitteelle, joka kommunikoi modeemin kanssa.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute eli Euroopan telekommunikaation standardointilaitos.
FF-Automation Oy	AutoLog-logiikkojen valmistaja.
Fifo	Ohjelmoinnissa käytetty termi. Muistista tehty 'jono', johon vietään uusin tieto ja josta otetaan vanhin tieto pois.
GPRS	General Packet Radio Service -standardi, jonka avulla langaton internet sai alkuunsa.
GSM	Uusi merkitys: Global System for Mobile communication (matkpuhelinjärjestelmä). Vanha merkitys: Groupe Spécial Mobile (alkuperäinen GSM:n kehittäjä, ennen kuin työ siirrettiin CEPT:lle.
Ladder	Ohjelmointikieli, joka muistuttaa ohjelmointiympäristössä tika-puuta.
M1306B	WaveCom-valmistajan Fastrack M1306B -modeemi.
Oktetti	Toinen nimi tavulle, joka on kahdeksan peräkkäisen bitin kokonaisuus.

PDU-tila	AT-komentojen tekstiviesteissä käytetty tila, jossa kaikki tekstiviestin kirjoitettu sisältö on hexadesimaalimerkeinä.
Roaming	Palvelu, jossa kotiverkon asiakas pystyy käyttämään matkapuhelinverkon palveluja vierasverkon alueella.
RS-232	Recommended Standard 232. Fyysisen tason standardi, joka määrittelee modeemin ja terminaalin välisen sarjaporttien ja kaapelin yksityiskohdat.
SIM	Subscriber Identity Module eli SIM-kortti. Tämän avulla puhelin voidaan tunnistaa.
SMS	Short Message System eli tekstiviestitys.
TCM	Trellis Coded Modulation, modeemeissa käytetty modulaatiomenetelmä, jonka virhekorjaus on erinomainen.
Terminaali	RS-232-standardissa käytetty termi PC:lle tai laitteelle, joka kommunikoi modeemin kanssa.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation eli kvadratuurinen amplitudi-modulaatio. Modeemin tapa viedä tietoa siniaallon avulla vähintään kahden vaiheen ja vähintään kahden voimakkuuden avulla.
WaveCom	Modeemin M1306B valmistaja.



# 1 Johdanto

GSM-modeemilla kommunikointi muihin laitteisiin ohjausta varten ei ole uusi asia, mutta GSM-modeemeja käytetään enemmän hälytysten raportoimiseen. Ammatti-korkeakoulujen opinnäytetöissä on kehitetty ratkaisuja, joissa GSM-modeemeja käytetään laitteiden raportoimiseen. AL2000- ohjelmoitavaa logiikkaa käsitteleviä opinnäytetöitä voidaan käyttää ohjelmointikielen oppimisessa.

Tarve tälle opinnäytetyölle tuli toimeksiantajan eli Kuljetinsähkö Tampere Oy:n asiakkaalta. Kohteena toimi Siuron vesivoimalaitos, jossa on käytössä neljä generaattoria. Näitä generaattoreita ohjaa AL2000-logiikka. Logiikkaan on kytketty GSM-modeemi.

Insinööriyön tavoitteena oli tehdä Siuron vesivoimalaitoksen logiikalle ohjelma, jolla pystytään ohjaamaan voimalaitoksen generaattorien sähköntuotantoa yksi generaattori kerrallaan puhelimen tekstiviestillä. Käytettävä ohjelmoitava logiikka on AL2000. Kehiteltävän logiikkaohjelman materiaalina oli käytetty työssä käytettyjen laitteiden käyttöohjeita ja toimeksiantajan vanhoja logiikkaohjelmia ja ohjeita.

## 2 Työmenetelmät

### 2.1 Työn kulku

Työ aloitettiin logiikan käyttöohjeeseen tutustumalla, minkä jälkeen laitettiin testilogiikka toimintaan. Käyttöohje selittää yleistiedon lisäksi AL2000-logiikan kortit ja moduulit, ALProWin-ohjelman toiminnot, ALPro EIL -ohjelmointikielen komennot ja ASCII-merkkien taulukon. Seuraavaksi tutustuttiin harjoitusohjelmassa olevaan GSM-raportointiohjelmaan käyttämällä AL2000- ohjelmoitavan logiikan käyttöohjetta ja kirjoittamalla ajatuskartta logiikkaohjelman vaiheista.

Harjoitusohjelman jälkeen siirryttiin tekemään logiikkaohjelman ensimmäinen versio. Seuraavaksi tutustuttiin kohteen logiikkaohjelmaan ja etsittiin eroavaisuuksia harjoi-

tusohjelman ja kohteen ohjelman väliltä. Eroavaisuuksien löytämisen jälkeen kopioitiin logiikkaohjelman ensimmäinen versio kohteen logiikkaohjelmaan ja muutettiin sitä käyttämällä harjoitusohjelmasta saatuja tietoja (kokemus ohjelmointikielestä, kommenoista, askeleista). Viimeisenä testattiin muutettu logiikkaohjelma kohteessa.

## 2.2 Suunnittelun reunaehdot

Toimeksiannon mukaan generaattoreihin tulevan etäohjauksen pitää toimia puhelimen tekstiviesteillä, ja sitä käytetään vain hätätapauksissa. Tämä mahdollistaa generaattoreiden tilan ohjauksen mistä tahansa puhelinmallista oikealla SIM-kortilla.

Generaattoreiden etäohjauksessa pitää käyttää nykyistä laitteistoa, jossa GSM-ohjaus on päätteen kanssa rinnan kytketty. Kytkin sallii vain joko päätteen tai GSM-modeemin, koska logiikan sarjaporttien normaali määrä ei riitä tarpeeseen. Koska joko GSM-modeemi tai pääte on käytössä, ainoastaan yksi ohjaus on käytettävissä internetin kautta olevan ohjauksen lisäksi. Kytkimestä tuleva jännitetieto menee yhteen logiikan tuloon, joka määrittelee GSM-modeemin tai päätteen sarjaportin asetukset.

Mikäli etäohjauksen viesti saapuu perille korruptoituneena, mahdollisia ongelmia ovat saapuneen viestin hylkääminen (ei tunnistettu ennalta määritetyksi komenoksi), väärän käyttäjän tunnistaminen (tunnistetaan puhelinnumero väärin), väärän generaattorin valitseminen (yhden numeron muutos) tai generaattorin suulakkeen asetusarvon väärin asettaminen (maksimissaan kahden numeron muutos). Generaattoreiden etäohjauksessa pitää ottaa myös huomioon se, että tekstiviestin perille saapuminen ei ole taattu.

Puhelimen numeron tunnistus tehdään neljän viimeisen numeron perusteella. Tämä tarkoittaa, että samalle käyttäjälle on useampi puhelinnumero. Tästä ei aiheudu suurta ongelmaa, kun otetaan huomioon se, että kaikki logiikalta lähtevät tekstiviestit menevät ennalta määritettyyn puhelinnumeroon tunnistetun käyttäjän perusteella, näin mahdollinen kaappaaja jää ilman logiikan vastauksia. Tämä ei kuitenkaan päde, jos kaappaajan puhelimessa on väärennetty SIM-kortti. Mahdollinen kaappaaja

ei silloin tiedä tarvittavia etäohjauskomentoja. Sama ei päde, jos puhelin varastetaan, sillä lähetetyt tekstiviestit ovat puhelimen tekstiviestihistoriassa.

## 2.3 Tiedon hankinta

Opinnäytetyö on ohjelmointityö, jossa käytetään AL2000- ohjelmoitavaa logiikkaa, M1306B-modeemia, vanhoja logiikkaohjelmia, laitteiston käyttöohjeita ja AT-komentoihin liittyvää materiaalia, kuten internetistä löytyviä esimerkkejä tekstiviestien lähetykseen.

Työssä käytetyt lähteet ovat siis joko valmistajan omia dokumentteja, julkisia esimerkkejä AT-komentojen käytöstä tai artikkeleita teorialle. Mainitut lähteet ovat nettijulkaisuja. Mainittujen lähteiden lisäksi saatiin tietoa toimeksiantajalta.

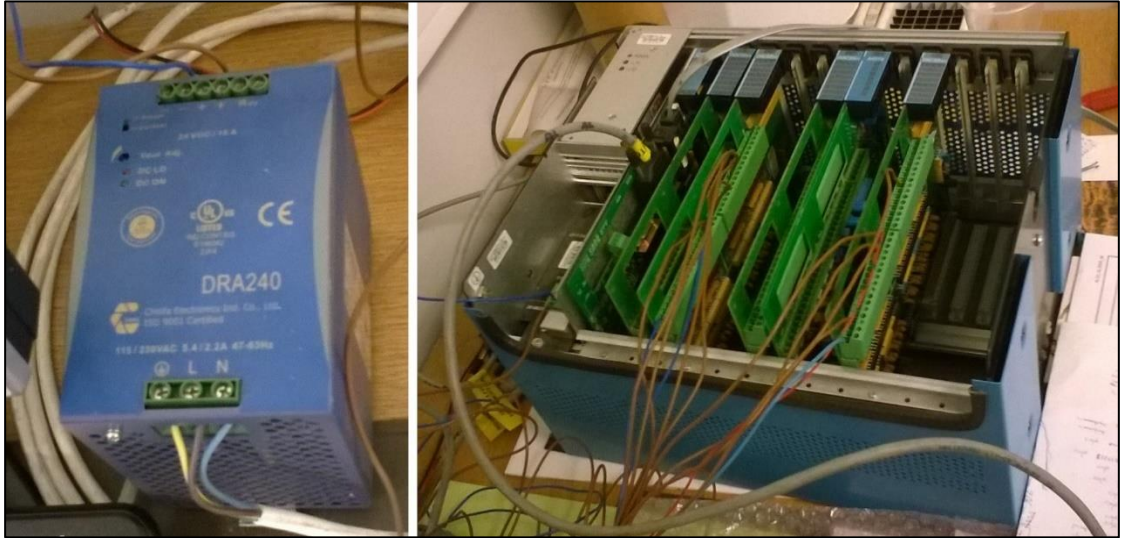
# 3 Laitteet ja ohjelmistot

## 3.1 AL2000- ohjelmoitava logiikka, tekniset tiedot

AutoLog® 2000 (AL2000) on FF-Automation OY:n vuonna 1992 valmistama ohjelmoitava logiikka (FF-Automation Oy- Yrityksen historia n.d.). Se on osa AutoLog®-tuoteperhettä, jossa ovat tuotteet

AL-4, AL-8, AL-10SP, AL-14LP, AL-16, AL-20AN, AL-32 ja AL2000 (AutoLog® PLC - Product Family n.d.).

AL2000 on kehikkomallinen tuote AutoLog®-tuoteperheestä, saatavilla 3, 5, 11 tai 16 I/O korttipaikan koteloidilla. Jokaisessa AL2000-kehikossa pitää olla erillinen jännitesyöttö. Jokaisessa AL2000-kehikossa pitää olla jännitemoduuli, jännitteenjakelumuoduuli ja CPU-kortti asennettuna, jotta AL2000-logiikka voidaan käyttää ohjelmoitavana logiikkana. I/O-kortit ovat valinnaisia, mutta suositeltuja. (AutoLog® 2000S n.d.)



Kuvio 1. AC/DC-muuntaja ja AL2000-logiikka kytketty testilaitteistoksi

AL2000 on suunniteltu keskikokoisista kohteista suuriin kohteisiin (AL 2000S/P User Guide... 2000). AL2000-logiikan I/O-korttipaikoissa voi olla eroavaisuuksia laitteistoon verrattuna, mutta laitteiston konfiguraation pitää vain olla asetettuna sivuuttamaan nämä eroavaisuudet. Sekä kohteessa käytetty AL2000-logiikka että testilaitteistossa käytetty AL2000-kehikko (ks. kuvio 1) ovat 11 I/O-korttipaikan mallia.

Jännitesyöttö tulee erilliseltä 24 V tasavirtalähteeltä (ks. kuvio 1) ja menee AL2000-kehikon PCON24-jännitemoduulille. Jännitemoduulilta viedään sähkö POWDC-100W-jännitejakelumoduulille, joka syöttää sopivan jännitteen kehikon CPU2000S-kortille ja I/O korteille. (AL 2000S/P User Guide... 2000)

CPU2000S-kortissa on 1 I<sup>2</sup>C portti päätteelle, 2 9-pinnistä RS-232 sarjaporttia (SER1 ja SER2 -portit) ja 1 RS-485 portti (SER3-portti). CPU-korttien perusmallina toimii CPU2000S, josta CPU2000P ja CPU2000L perustuvat. CPU2000P-kortissa tarvitaan erillinen jännitesyöttö, kun CPU2000L tukee I<sup>2</sup>C ja RS-232/485 porttien lisäksi Ethernet-portteja ja hiiren ja näppäimistön käyttöä. (AL 2000S/P User Guide... 2000)

AL2000-logiikan analogiakorttien tulojen ja lähtöjen jännite- tai virtatiedon alueen pystyy määrittelemään ALProWin-sovelluksen hardware konfiguraatiosta. AL2000-kehikko täyttää standardit EN50081-1, EN50081-2, jotka liittyvät EMC-suojaukseen ja

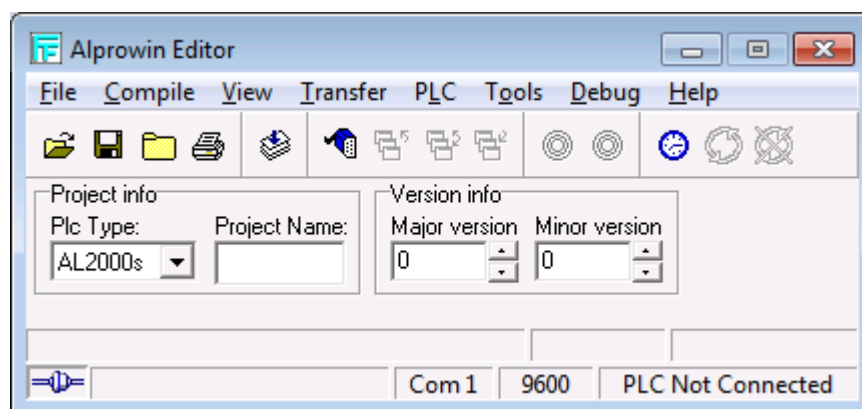
standardit EN50082-1 ja EN50082-2, jotka liittyvät EMC-säteilyyn. (Autolog 2000S n.d.)

AL2000-logiikka sisältää 8192 ohjelmointirivin verran muistia ohjelman komentokäskyille (AutoLog 2000S n.d.). Tämä on riittävän paljon, jos otetaan huomioon se, että työn aikana tehty GSM etäohjaus ohjelma käyttää noin 1011 ohjelmointirivin verran muistia.

### 3.2 ALProWin-ohjelmointisovelluksen tekniset tiedot

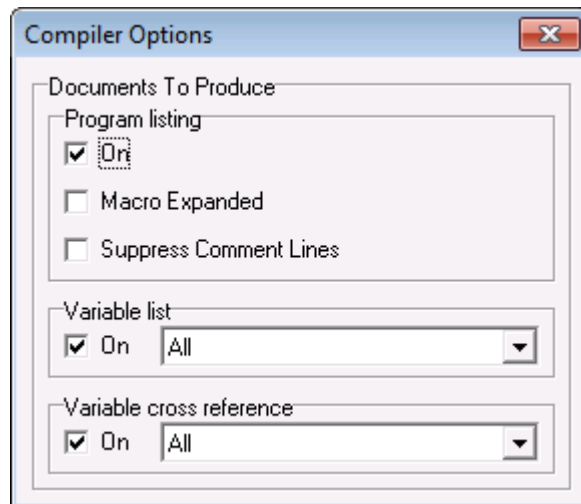
ALProWin on FF-Automation Oy:n tekemä ohjelmointisovellus, jolla käyttäjä pystyy ohjelmoimaan AL2000-logiikkaa (AL 2000S/P User Guide... 2000). ALProWin käyttää kahta ohjelmointikieltä, Ladder-ohjelmointikieltä ja ALPro EIL -ohjelmointikieltä (Extensive Instruction Language), joka on hyvin tehokas ja helposti ymmärrettävä ohjelmointikieli ja käyttää yli 260 eri komentokäskyä (AL 2000S/P User Guide... 2000). ALProWin-ohjelma ei ole uusin versio, joten Ladder-ohjelmointikieli ei tue uudempien versioitten komentoja (toimeksiantajan haastattelu 2017).

ALProWin-sovelluksen pääikkuna ei ole laaja (ks. kuvio 2). File-valikosta voidaan aloittaa uusi projekti, avata vanha projekti, tallentaa nykyinen projekti, tallentaa nykyinen projekti uudella nimellä, avata viimeksi avattujen projektien lista, tulostaa nykyinen projekti ja poistua ALProWin-sovelluksesta.



Kuvio 2. ALProWin pääikkuna

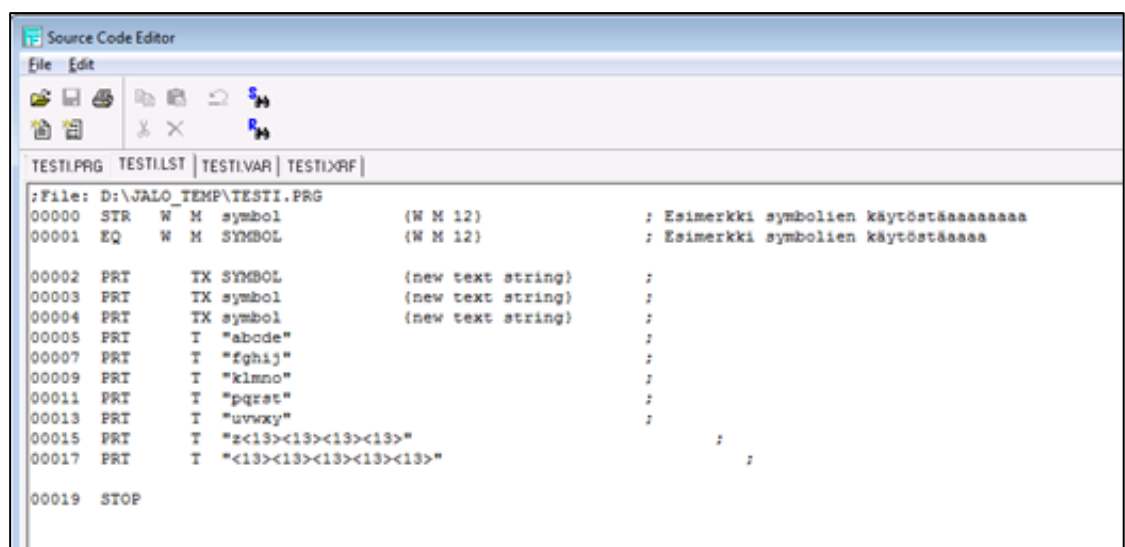
Compile-valikolla (ks. kuvio 2) pystytään kääntämään projekti AL2000-logiikalle ja määrittelemään, mitä muuta ohjelma kääntää (ohjelma listaus, muuttujalista ja risti- viittauslista, ks. kuvio 3).



Kuvio 3. Kääntämisen asetukset

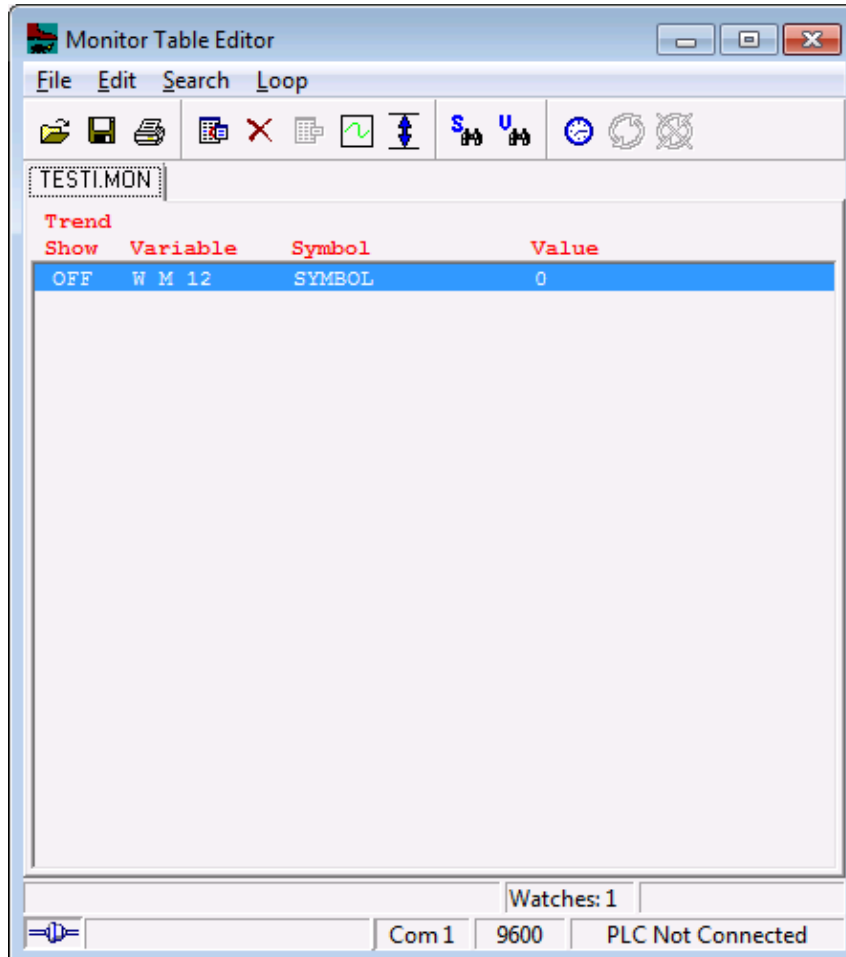
View-valikolla (ks. kuvio 2) saadaan muita tarkeitä ikkunoita esille kuten:

- Source Code -ikkuna (ks. kuvio 4), jossa kirjoitetaan ohjelmointikoodi



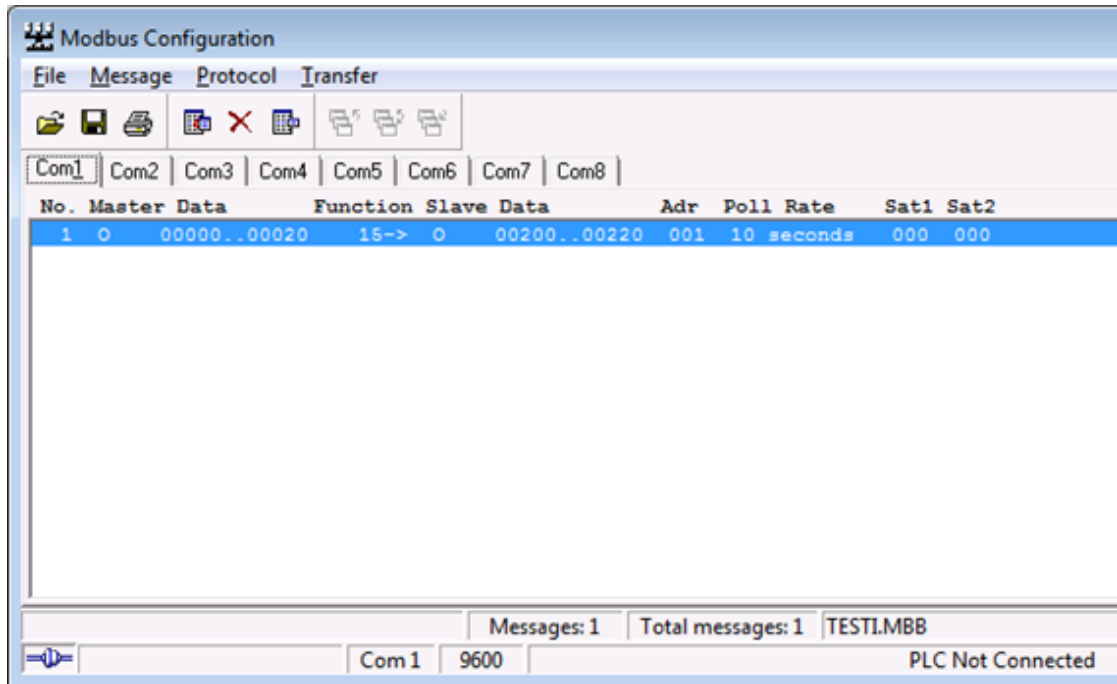
Kuvio 4. ALProWin-sovelluksen Source Code -ikkuna

- Symbolic Names -ikkuna (ks. kuvio 8), jossa määritetään symbolisia nimiä
- Watch Table -ikkuna (ks. kuvio 5), jolla voidaan pakottaa AL2000-logiikan muisteja



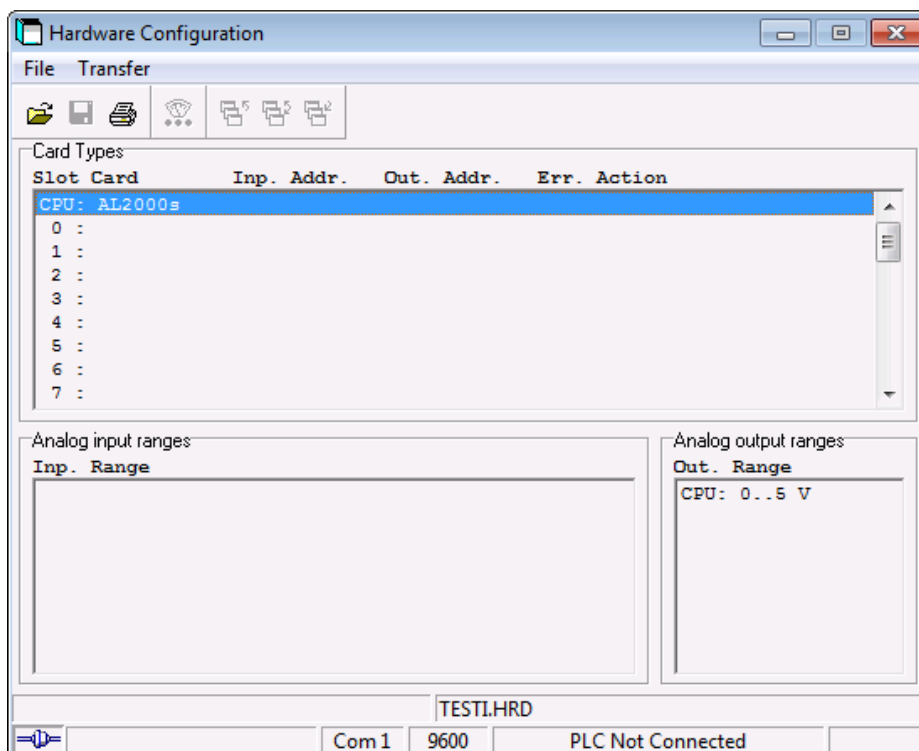
Kuvio 5. ALProWin-sovelluksen Monitor Table Editor -ikkuna

- Text Strings Editor -ikkuna (ks. liite 1), jossa voidaan määrittellä teksti vakioita ohjelmalle viitattavaksi
- Modbus Configuration -ikkuna (ks. kuvio 6), missä määritetään Modbus-asetukset



Kuvio 6. ALProWin-sovelluksen Modbus Configuration -ikkuna

- Hardware Configuration -ikkuna (ks. kuvio 7), missä määrittään mitä I/O-kortteja AL2000 käyttää

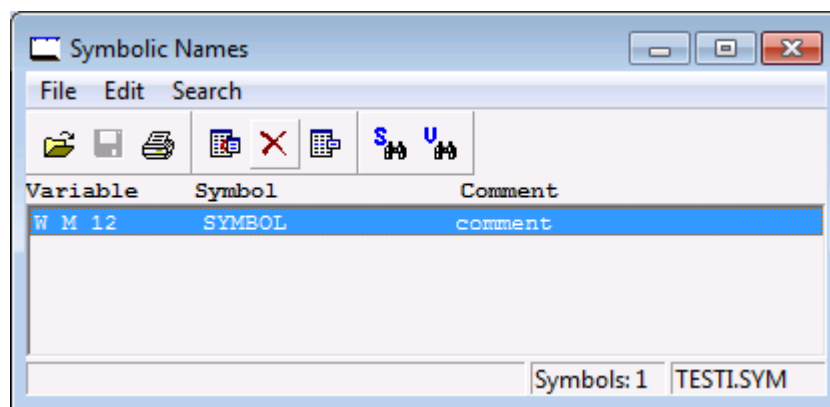


Kuvio 7. ALProWin-sovelluksen Hardware Configuration -ikkuna



- Recipe Manager -ikkunaa ei käytetä työssä, joten sitä ei käydä läpi.

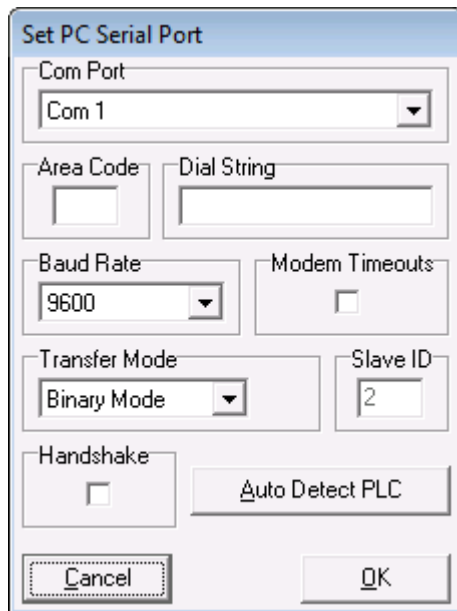
Symbolic Names -ikkunassa (ks. kuvio 8) pystytään määrittämään uusia symbolisia muuttujia, joiden nimi on maksimissaan 16 merkkiä pitkä ja kommentti ei voi ylittää 47 merkkiä. Symbolisia nimiä pystytään käyttämään, jos se esitetään muodossa 'STR W M SYMBOL'. Komentona toimii 'STR W M' ja symbolisen muuttujan nimenä toimii 'SYMBOL'. Symbolisiin muuttujiin voi viitata sekä isoilla että pienillä kirjaimilla.



Kuvio 8. ALProWin Symbolic Names -ikkuna

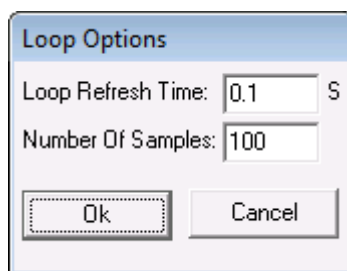
Text Strings Editor -ikkunassa (ks. liite 1) voidaan määrittellä tekstivakioita, joita käytetään ohjelman 'PRT' komennoissa. Näiden tekstivakioiden symbolinen nimi ei voi ylittää 8 merkkiä ja sisältö ei voi ylittää 16 merkkiä. Tekstivakioita pystytään käyttämään joko viittaamalla symboliseen nimeen tai tekstivakion numeroon. Esimerkiksi 'PRT (TX SYMBOL,<CR>,TX 0)' komennossa 'PRT' tulostaa symbolin nimen perusteella, merkin <CR> ja symbolin numeron perusteella. Kyseinen numero on Text Strings Editor -ikkunan näyttämä numero vähennettynä yhdellä. Kutsumalla pitkiä merkkijonoja symbolin avulla logiikkaohjelma vie vähemmän tilaa logiikasta.

Transfer-valikolla pystytään määrittelemään sarjaporttien yhteys asetukset ALProWin -sovelluksen päästä (ks. kuvio 9), lähettämään projektin (transfer), varmistamaan että logiikassa on oikea projekti (verify) ja lataamaan logiikasta projekti (read back). Työssä käytetty ALProWin-versio ei anna muiden sovellusten käyttää sarjaporttia.



Kuvio 9. ALProWin Transfer Settings -ikkuna.

PLC-valikolla (ks. kuvio 2) voidaan käynnistämään ja pysäyttämään logiikka. Tools-valikolla (ks. kuvio 2) pystytään muuttamaan vanhemmasta ALProWin-versiosta nykyiseen versioon. Debug-valikosta (ks. kuvio 2) pystytään muuttamaan Loop-toiminnan asetuksia (ks. kuvio 10) ja käynnistämään/pysäyttämään Loop-toiminta.



Kuvio 10. ALProWin Loop Options -ikkuna.

### 3.3 PC:n ja logiikan välinen kaapelointi

AL2000-logiikan DIP-kytkimet (AL 2000S/P User Guide... 2000) määrittelevät seuraavat asiat (ks. taulukko 1):

Taulukko 1. AL2000-logiikan DIP-kytkinten toiminta

DIP	Päällä	Pois päältä		
1	Salli FLASH-muistiin kirjoitus	Älä salli FLASH-muistiin kirjoitus.		
2	SER 1 -portin moodi: - terminaali tulostus - modbus orja - ohjelmoitava laite	SER 1 -portin moodi: käytetty ohjelmointiin		
DIP	300 bd	1200 bd	9600 bd	R O 213 määrittää
3	OFF	ON	OFF	ON
4	OFF	OFF	ON	ON
DIP	Päällä	Pois päältä		
5	Data muistien sisältö poistettu käynnistyksessä.	Data muistien sisältö tallennettu virtalähteen peittämisessä.		

DIP-kytkintä 6 ei ole mainittu AL2000 käyttöohjeessa.

ALProWin-ohjelma varaa COM-portin, kun ohjelma on päällä ja täten ei anna muiden käyttää sitä, vaikka kyseistä porttia ei käytetä. (toimeksiantajan haastattelu 2017)

Koska logiikka ja PC ovat molemmat DTE-laitteita (Data Terminal Equipment), pitää laitteiden välisen kaapelin kytkentää muuttaa normaalista RS-232 standardista poiketen (normaalisti yhden liittimen pinni on yhdistetty toisen liittimen vastaavaan pinniin) (Introduction to Serial Communications n.d.). Kytkentä logiikan ja PC:n välillä on lähteen 'AL 2000S/P User Guide ...' sivulla 14 - 1 (PDF sivu 156, ks. liite 2). Pinnit, joita ei ole mainittu käyttöohjeessa on yhdistetty parhaalla mahdollisella tavalla (ks. taulukko 3) pinnien merkitysten mukaan (ks. taulukko 2). AL2000-logiikan SER1 sarjaportti on naaras, joten kaapelin liitäntä pitää olla uros. PC:n sarjaportti on uros, joten kaapelin toinen liitäntä pitää olla naaras.

Taulukko 2. RS-232-standardin pinnien merkitys DTE:n puolelta

Pinni	Lyh.	Pitkä merkitys	Suunta	Toiminnan selitys
1	DCD	Data Carrier Detect	In	Päällä, jos laite vastaanottaa dataa puhelinlinjalta
2	RXD	Received Data	In	Terminaaliin tuleva data
3	TXD	Transmitted Data	Out	Terminaalin lähettämä data
4	DTR	Data Terminal Ready	Out	Päällä, jos terminaali on valmiustilassa
5	GND	Ground	Common	Signaalin maa
6	DSR	Data Set Ready	In	Päällä, jos laite on valmiustilassa
7	RTS	Request To Send	Out	Päällä, jos terminaali pystyy vastaanottaa dataa
8	CTS	Clear To Send	In	Päällä, jos laite pystyy vastaanottaa dataa
9	RI	Ring Indicator	In	Päällä, jos laitteeseen soitetaan

Taulukko 3. PC:n ja logiikan välisen kaapelin kytkentä.

PC:n pinni	DTE	Suunta	Suunta	DTE	AL2000:n pinni
1	DCD	IN	IN	DCD	1
3	TXD	OUT	IN	RXD	2
2	RXD	IN	OUT	TXD	3
8	CTS	IN	OUT	DTR	4
5	GND	COMMON	COMMON	GND	5
4	DTR	OUT	IN	DSR	6
6	DSR	IN	OUT	RTS	7
7	RTS	OUT	IN	CTS	8
9	RI	IN	IN	RI	9

### 3.4 Modeemien historia

Modeemi (MOdulaattori-DEModulaattori) oli aikanaan laite, jolla tietokone pystyy lähettämään ja vastaanottamaan tietoa kaapelin kautta (Beal, V. n.d.). Nykyään modeemi ei ole rajoittunut vain kaapeleihin, vaan langaton yhteys on myös mahdollista (Hoffman, C. 2015). Modeemin tehtävä on yhdistää käyttäjän verkko muuhun maailmaan (Hoffman, C. 2015).

Ensimmäiset laitteet, joita teknisesti pystyttiin kutsua modeemeiksi, olivat uutismedian toimistojen käytössä teleprinttereissä 1920-luvulla (Oxford, T. 2009). Näiden 'modeemien' kasvu tuli tarpeesta siirtää dataa halvempien puhelinlinjojen kautta vuokrattujen linjojen sijaan (Bellis, M. 2016). 1940-luvulla lopussa ja 1950-luvun alussa Yhdysvallan ilmavoimat ottivat modeemin käyttöön tutkien kuvien siirtämiseen (Oxford, T. 2009).

1950-luvulla ensimmäiset digitaaliset modeemit kehitettiin Pohjois-Amerikan ilmavoimien datasiirron tarpeen takia (Bellis, M. 2016). 1950-luvun lopussa (noin vuonna 1958) AT&T kehitti ensimmäisen 110 bit/s modeemin 'Digital Subset' ja näitä modeemeja oli käytetty Yhdysvallan ilmavoimien tutkien tukiasemissa ja komento- ja ohjauskeskuksissa (Edwards, B. 2011). Näitä malleja kutsuttiin nimellä 'SAGE modeemi' (Bellis, M. 2016).

1960-luvulla AT&T kehitti ensimmäisen 300 bit/s modeemin omille puhelinlinjoille (The Modem of Dennis... n.d.) ja vuonna 1962 AT&T alkoi myydä 300 bit/s Bell 103 -modeemia (Bellis, M. 2016). Tämän ajan modeemimallit olivat hitaita ja liian kalliita tavallisen kuluttajan käyttöön, joten kyseisen mallin laitteet oli käytetty suurtietokoneen yhdistämiseen toiseen suurtietokoneeseen tai 'tyhmään' terminaaliin (The Modem of Dennis... n.d.).

Ensimmäinen muutos nykyaikaiseen modeemiin oli vuoden 1981 mainostettu Hayes Smartmodem. Kyseisen modeemin tiedonsiirtonopeus oli 300 bit/s ja tietokone pystyi ohjaamaan modeemia RS-232 -portin avulla. Modeemia pystyttiin komentaa ASCII-merkkejä käyttävillä AT-komennoilla soittamaan, vastaamaan ja sulkemaan pu-

helun. Modeemi vastaa komentoihin joko numeroilla tai kirjaimilla ja pystyy käyttämään numeroon soittamisessa joko pulssivalintaa tai äänitaajuusvalintaa. (Hayes Microcomputer Products, Inc. 1981)

1980-luvulla Hayes-modeemien päivitys 1200 bit/s nopeudesta 2400 bit/s nopeuteen ei tuonut muutoksia AT-komentoihin, mikä sai aikaan sen, että uudemmat modeemit toimivat vanhemmilla AT-komennoilla, sallien yhteensopivuutta ohjelmiston ja laitteen välillä. Uusien AT-komentojen suunnittelu olisi saanut asiakkaat odottamaan uusia ajureita tietokoneisiin. Monet modeeminvalmistajat totesivat tämän olevan parempi tapa tehdä modeemeja verrattuna uusien AT-komentojen tekemiseen, mikä vahvisti AT-komentojen otetta modeemimarkkinoilla. (Section 1: History of the AT Command Set n.d.)

1980-luvulla tuli useita menetelmiä, jotka nostivat modeemien nopeuksia 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa. Ensimmäinen menetelmä oli kaiutuksen peruutus (Echo Cancellation), minkä avulla yhtä kantavaa taajuutta pystyttiin käyttämään sekä lähetykseen, että vastaanottamiseen, kaksinkertaistaen nopeuden (Echo Cancellation n.d. & Clark, A. 2006).

Toinen menetelmä on Quadrature Amplitude Modulation (QAM), joka yhdistää vaihtovaihemodulaation (Phase-Shift Keying) ja vaihtovoimakkuusmodulaation (Amplitude-Shift Keying). QAM käyttää vähintään kahta vaihetta ja kahta voimakkuutta bittien siirtämiseen. Täten yksi taajuus pystyy ilmaisemaan minimissään neljää eri tilaa. (Hanzo, L. ym. n.d.)

Kolmas menetelmä on Trellis Coded Modulaatio (TCM), jonka julkaisi Gottfried Unterboeck vuonna 1987. TCM:n avulla saatiin hyvin tehokasta tehonsäästöä samalle kaistaleveydelle. TCM käyttää redundanttista ei-binääristä modulaatiota ääritilakooderin (finite state encoder) kanssa. (Trellis-Coded Modulation n.d.)

GSM modeemi on periaatteessa GSM puhelin, jossa ei ole puhelimen fyysistä tiedonsyöttöä (Choose a GSM Modem n.d.). GSM modeemin kautta tietokone pystyy käyttämään SIM-kortin operaattorin puhelinverkon ominaisuuksia, kuten tekstiviestitys, langaton internet yhteys ja GSM puhelu (Choose a GSM Modem n.d.). Tietokone pystyy kommunikoimaan näiden modeemien kanssa joko langattomasti (Wi-Fi,

bluetooth etc.) tai Ethernet, Sarja tai USB -portilla (Choose a GSM Modem n.d.). Kaikkien GSM modeemien pitäisi tukea laajennetut AT-komennot standardien 'ETSI GSM 07.05' ja '3GPP TS 27.005' mukaisesti (What is a GSM Modem?... n.d.).

### 3.5 AT-komennot

Vuoden 1981 Hayes Smartmodem -modeemi oli ensimmäinen modeemi, joka sisälsi Hayes'in AT-komennot. AT-komennot mahdollistivat tietokoneen kommunikaation modeemin kanssa asetusten asettamiseksi ja tiedon lähettämiseksi. AT-komennot ratkaisivat tietokoneen ja modeemin välisen kommunikointiongelman. (Hayes Micro-computer Products, Inc. 1981)

AT-komentojen mukana tuli joitakin muutoksia. Kun modeemi käynnistetään, se on 'komento' tilassa. Tässä moodissa modeemi katsoo kaiken käyttäjältä vastaanotetun tiedon olevan komentoja. AT-komennoissa uusi sarja käskyjä alkaa aina merkeillä 'AT', joka tarkoittaa 'ATtention'. Näistä merkeistä modeemi tietää, että käyttäjältä tulee käskyjä. 'AT' merkkijonoa käytetään myös Autobaud-toiminnossa, joka tunnistaa vastaanotetun viestin baudinopeuden. Autobaud-toiminto toimii tunnistamalla AT-komentojen ASCII-merkit 'A' ja 'T', jotka ovat binäärimuodossa '1000001' ja '1010100'. Näiden merkkien korkeitten bittien tasainen välimatka on sopiva Autobaud-toiminnolle. Jos merkit 'A' ja 'T' on tunnistettu, niin sitä seuraavat merkit on tallennettu modeemin muistiin, kunnes tulee merkki <CR>, joka saa modeemin suorittamaan bufferissa olevien merkkien viittaamia komentoja. Mikäli komentojen suorittamisessa tulee virheitä, modeemi ei suorita virheen jälkeisiä komentoja ja ilmoittaa terminaalille virheestä. (Section 2: The AT Command Set Summary and Syntax n.d.)

AT-komennot on jaettu peruskomentoihin, laajennettuihin komentoihin, kolmannen osapuolen komentoihin, rekisterikomentoihin, ETSI GSM komentoihin ja muihin komentoihin. Peruskomennot ovat Hayesin alkuperäiset komennot, joita kaikkien modeemien pitäisi tukea. Laajennetut komennot käyttävät '&' merkkiä ja nämä komennot paikkaavat peruskomentojen puitteita. Kolmannen osapuolen komennot ovat modeemien valmistajien omia komentoja, mutta samat komennot voivat toimia eri

tavoin. Rekisterikomennolla pystytään asettamaan ja lukemaan modeemin rekisteriarvoja. ETSI GSM komennot ovat GSM:n tekstiviestikomentoja. (AT commands n.d.)

Kaksisuuntaisen datayhteyden muodostaminen aloitetaan AT-komennolla 'ATD1234567890' (Basics of automating... n.d.). 'D' kirjaimen jälkeen voi tulla joko merkki 'P' tai 'T'. 'P' viittaa pulssivalintaan, joka on vanhoissa puhelimissa käytetty soittotapa, missä laite ilmoittaa puhelinnumeron pulsseilla, jotka ovat kaikki saman pituisia ja äänisiä, mutta eri numeroilla tulee vain eri määrä pulsseja (AT commands n.d.). 'T' viittaa äänitaajuusvalintaan, joka saa modeemin valitsemaan numeron käyttämällä erilaisia äänitaajuuksia (AT commands n.d.). Äänitaajuudella valitseminen on nykyaikaisempien puhelimen numeron valintatapa, missä tietty numero ilmoitetaan tietyillä äänitaajuuksilla (AT commands n.d.). Kaksisuuntaiselle ääniyhteydelle käytetään 'ATD1234567890;', missä ';' merkki tarkoittaa äänipuhelua (Basics of automating... n.d.). Vastaanottavan puhelimen avatessaan yhteyden, molemmat modeemit lähettävät terminaalille merkkijonon 'CONNECT: xxxxx' ja siirtyy 'data' tilaan (Basics of automating... n.d.). 'xxxxx' on yhteyden nopeus (Basics of automating... n.d.). 'Data' tilassa kaikki terminaalilta tullut data viedään modeemien kautta toiselle terminaalille (Basics of automating... n.d.).

Kun terminaaali haluaa katkaista yhteyden, pitää terminaalin ensiksi siirtää modeemi 'komento' tilaan ja lähettää sitten modeemille AT-komento 'ATH0' yhteyden katkaisemiseen (AT commands n.d.). Jos halutaan siirtyä 'komento' tilasta takaisin 'data' tilaan, terminaaali voi lähettää AT-komennon 'ATO' (AT commands n.d.). Lopetussekvenssin käyttö on nykyään harvinaista, kun sama lopputulos saadaan aikaiseksi laittamalla modeemin ja terminaalin välisen RS-232-portin DTR-pinni 'OFF' tilaan (Command and Data... n.d.). Terminaalin ja modeemin pitää tukea tätä vaihtoehtoa (Command and Data... n.d.).

Lopetussekvenssinä voidaan käyttää joko Hayes'in patentoimaa ajallista lopetussekvenssiä tai ajasta riippumatonta lopetussekvenssiä (Time Independent Escape Sequence, TIES). Ajallisessa lopetussekvenssissä terminaaali ei lähetä yhden sekunnin ajan modeemille dataa, lähettää merkkijonon '+++' ja ei lähetä yhden sekunnin ajan dataa, minkä jälkeen modeemi siirtyy 'komento' tilaan (Hayes Improved Escape...



n.d.). Ajasta riippumaton lopetussekvenssi ei käytä odotusaikoja, vaan modeemi reagoi suoraan merkkijonon '+++<sup>1</sup>' havaittua (Hayes Press Release:--- n.d.). Ajasta riippumaton lopetussekvenssi kehiteltiin, jotta ajallista lopetussekvenssiä ei tarvitsisi käyttää ja täten patentista ei tarvitsisi maksaa (Glass, B. 1998). Ajaton lopetussekvenssi on ongelmallinen, koska siinä on riskinä tahaton siirtyminen 'komento' tilaan '+++<sup>1</sup>' merkin lähettämisestä (Glass, B. 1998 & Hayes Press Release:... n.d.).

Tekstiviestien lähettäminen AT-komennoilla tapahtuu lähettämällä AT-komento 'AT+CMGS=+123456789012'. Tämä saa modeemin valmistelevaan tekstiviestin lähettämiseen. Kun valmistelut ovat valmiina, modeemi lähettää '>' merkin terminaalille, jonka jälkeen se siirtyy 'data' tilaan. 'Data' tilassa kaikki terminaalilta vastaanotettu tieto tulkitaan tekstiviestin sisällöksi, paitsi ASCII merkki <26>, joka on tietokoneen näppäimistöissä 'CTRL+Z'. Kun modeemi lukee kyseisen merkin, modeemi siirtyy takaisin 'komento' tilaan, jonka jälkeen se lähettää tekstiviestin aikaisemman AT-komennon osoittamaan puhelinnumeroon. Tekstiviestin lähettämisen jälkeen modeemi lähettää terminaalille merkkijonon '+CMGS:<mr>', missä '<mr>' on lähetetyn tekstiviestin viestipaikka SIM-kortissa. (AT+CMGS - Send SMS Command... n.d. & Tutorial :: Using AT commands... n.d. & Send SMS using AT commands n.d.)

Modeemi vastaanottaa tekstiviestejä automaattisesti, mutta AT-komennon 'AT+CNMI=a,b,c,d,e' b-parametri määrittelee kuinka modeemi ilmoittaa terminaalille uuden viestin. Modeemin valmistajan käyttöohjeesta pystyy selvittämään mitä arvoja pystyy laittamaan parametreihin. Kun terminaalilla tietää modeemin vastaanottaneen tekstiviestin, lähettämällä AT-komennon 'AT+CMGR=n' modeemi lähettää tekstiviestin viestipaikasta 'n' ja asettaa tekstiviestin tilan luetuksi. Viesti poistetaan AT-komennolla 'AT+CMGD=n'. (Tutorial :: Using AT commands... n.d. & Receiving SMS messages using AT... n.d.)

### 3.6 WaveCom M1306B -modeemi

WaveCom yrityksen vuonna 2004 valmistama Fastrack M1306B modeemi on Plug&Play langaton GSM/GPRS modeemi, jolla tietokone pystyy AT-komennoilla käyttämään operaattorin puhelinverkkoa. Modeemiin asetettavan SIM-kortin avulla modeemi voi lähettää ja vastaanottaa tekstiviestejä ja puheluita. Modeemiin pystyy

liittämään antennin SMA-liittimeen ja syöttämään SIM-kortin laitteen sivusta (ks. kuvio 11). Kyseisen modeemin virransyöttö ja sarjaportti ovat laitteen toisessa sivussa (ks. kuvio 12). (FASTRACK M1306B User Guide 2006)

15 pinnistä Sub HD -sarjaporttia voidaan käyttää RS-232 porttina, äänen siirrossa ja BOOT/RESET toiminnoissa. Sub HD -portti tukee tiedonsiirtoa nopeuksien 300 bit/s ja 115200 bit/s välillä. Modeemi pystyy tekemään Autobaud-toiminnon, eli tiedonsiirto nopeuden automaattisen määrittämisen nopeuksien 2400 bit/s ja 57600 bit/s välillä. Modeemi on määritetty kommunikoidaan Sub HD -portista AT-komennoilla. (FASTRACK M1306B User Guide 2006)



Kuvio 11. M1306B-modeemi takaa, antenni, ledi ja SIM-kortin paikka näkyvissä



Kuvio 12. M1306B-modeemi edestä, virtalähteen ja Sub HD -portin osat näkyvissä

Työssä käytetty tiedonsiirtonopeus on 9600 bit/s ilman autobaud-toimintoa ja modeemin asetukset määritellään logiikkaohjelmassa. Testauksessa käytetty SIM-kortti on PrePaid-liittymällä varustettu. Virtajohtoon on kiinnitetty 5x20 mm<sup>3</sup> 800 mA/250 V sulake. Antenni ja virtajohto tulevat pakkauksessa mukana. (FASTRACK M1306B User Guide 2006)

### 3.7 Logiikan ja modeemin välinen kaapelointi

Lähteessä 'FASTRACK M1306B User Guide' on määritelty mitä M1306B modeemin SUB HD portin pinneissä on (ks. liite 3). Sub HD -portin pinnit 1, 2, 6, 7, 8, 9, 11, 12 ja 13 ovat RS-232 standardin mukaisia pinnejä kommunikoinnin kannalta. RS-232 standardin pinnit on selitetty taulukossa 2.

DTE-laite on työn tapauksessa AL2000-logiikka ja DCE-laite on modeemi M1306B. DTE ja DCE -laitteiden välinen RS-232 kaapeli yhdistää molempien laitteiden vastaavat pinnit toisiinsa kiinni (ks. taulukko 4) RS-232 standardin mukaan. AL2000:n ja modeemin sarjaportit ovat molemmat naaraspäisiä, joten kaapelin päät pitää olla uros-päitä. (AL 2000S/P User Guide... 2000 & FASTRACK M1306B User Guide 2006 & Studholme, J. n.d.)

Taulukko 4. Modeemin (DCE) ja logiikan (DTE) välisen kaapelin kytkentä

M1306B:n pinni	DCE	Suunta	Suunta	DTE	AL2000:n pinni
1	CDCD	OUT	IN	DCD	1
6	CRXD	OUT	IN	RXD	2
2	CTXD	IN	OUT	TXD	3
8	CDTR	IN	OUT	DTR	4
9	GND	COMMON	COMMON	GND	5
7	CDSR	OUT	IN	DSR	6
12	CRTS	IN	OUT	RTS	7
11	CCTS	OUT	IN	CTS	8
13	CRI	OUT	IN	RI	9

### 3.8 Muita vaihtoehtoja modeemille

Muita vaihtoehtoja WaveCom Fastrack M1306B malliselle modeemille ovat:

- ConiuGo sarjaportti modeemit
- Cinterion MC55iT, MC52iT, TC65T
- Siemens MC55iT, TC65T, TC45T, TC35i
- WaveCom Fastrack Supreme/M1206, MOD2
- Sierra Wireless AirLink Fastrack Xtend
- Multitech MTCBA-G-F4

Nämä vaihtoehdot käyttävät sarjaportteja, jotka ovat yhteensopivia RS-232 standardin kanssa. Kytkennän tarkistaminen on suositeltavaa, sillä M1306B modeemin 15-pinnisen sarjaportin sijaan modeemeilla saattaa olla 9-pinninen sarjaportti. (Choose a GSM Modem n.d.) Ylläolevien modeemien AT-komennoissa saattaa olla eroavaisuuksia, mutta valmistajien dokumenttien avulla logiikkaohjelman koodia pystytään korjaamaan.

### 3.9 GSM-verkko

GSM (Global System for Mobile communication) teknologia käyttää vaihtovaihe modulaation (Phase-Shift Keying, PSK) variaatiota GSMK-modulaatiota (Gaussian Minimum Shift Keying) TDMA-signaloinnin (Time Division Multiple Access) kanssa FDD-kantoaalloilla (Frequency Division Duplex). GSM-standardin radioteknologia on määritelty 3GPP:n TS 45.- sarjan standardeissa ja GSM verkon arkkitehtuuri on määritetty 3GPP:n TS 23.002 -standardissa. (Mobile technologies GSM n.d.)

Vaikka GSM-standardi oli suunniteltu 900 MHz radio taajuudelle, standardia on sovellettu 900 ja 1800 MHz taajuudelle Euroopassa ja 800 ja 1900 MHz taajuudelle Pohjois-Amerikassa. Standardia on sovellettu muille markkinoille eri radio taajuuksilla. GSM-standardin radiotaajuudet on määritelty TS 45.005 -standardissa. (Mobile technologies GSM n.d.)

GSM standardin kehitys alkoi 1980-luvun puolivälissä Pariisissa. GSM-organisaatio (Groupe Spécial Mobile) kehitti sitä CEPT-organisaation (European Conference of Postal and Telecommunication administrations) toimesta. Vuonna 1992 kehitys siirrettiin GSM-organisaatiosta ETSI-organisaatiolle (European Telecommunications Standards Institute). 1990-luvun puolivälissä GSM standardin datayhteyden 9600 bit/s nopeus oli katsottu olevan riittämätön, joten GSM standardin uudempi versio 'Phase 2+' kehiteltiin ja julkaistiin vuonna 1996. GSM standardia on kehitelty ja julkaistu vuosittain lisäten 'Phase 2+' nimeen revisionumero vuoden perusteella. Vuoden 1996 alkuperäinen standardi tunnetaan nyt nimellä 'Phase 2+ R96'. R99:n jälkeen uusia revisioita ei julkaistu vuosittain, vaan silloin kun on uusia ominaisuuksia. Nämä revisiot on nimetty 'rel-x', missä 'x' viittaa versio numeroon. Revisiosta 'rel-4' eteenpäin olevat standardit on listattu standardissa TS 41.101 ja ennen 'rel-4' olevat standardit on listattu standardissa TS 01.01. (Cellular History n.d.)

GSM on alun perin suunniteltu ääni kommunikaatiolle piirikytkenällä, mutta soveltuu myös data viestintään kuten tekstiviestille (SMS). 'Phase 2' maksimi nopeus on 9600 bit/s kanavien rakenteiden ja modulaation takia, minkä takia 'Phase 2+' vaihetta varten kehiteltiin HSCSD (High Speed Circuit-Switched Data). 'Phase 2+' julkaisua seuraavina vuosina kehiteltiin GPRS (General Packet Radio Service), joka käyttää

useampia kantaaltoja nopeampaa data tiedonsiirtoa varten. GPRS ei korvaa GSM-standardin äänipuheluja, vaan GSM-standardia on kehitelty eteenpäin saaden aikaan EDGE-standardi (Enhanced Data-rates for Global Evolution). (Mobile technologies GSM n.d.)

GSM standardi on suosittu seuraavista syistä:

- Selkeä äänen laatu
- Kansainvälinen roaming
- Laajasti saatavissa
- Hyvä tietoturva
- Data kommunikointi mahdollisuus (tekstiviestit ja langaton internet)
- SIM-korttien (Subscriber Identity Module) käyttö
- Laaja tuote valikoima
- Jatkuva kehitys tehokkaimpiin standardeihin

GSM:llä on yksinkertainen ja halpa päivitys 3G-standardeihin ja nämä standardit ovat taaksepäin yhteensopivia vanhempien standardien kanssa. (GSM: Global System for Mobile Communications n.d.)

Lähteiden 'Taivanen, P. GSM-verkon kautta tapahtuvan laiteohjauksen tekniikka' sivujen 18-19 ja 'Phone, L., Radio Resource Allocation for Global System for Mobile Communications' sivun 2 mukaan GSM-verkon arkkitehtuuri koostuu:

- Käyttäjän laitteesta (Mobile Station)
- Tukiaseman alijärjestelmästä (Base Station System), joka sisältää:
  - Tukiasemia (Base Transmission Station) alueittain
  - Tukiasemaohjaimen (Base Station Controller), joka on yhteydessä tukiasemiin
- Verkkokeskusalijärjestelmästä (Network Switching System), joka sisältää:
  - Matkapuhelinkeskuksen (Mobile Switching Center), johon useampi tukiaseman alijärjestelmiä on yhdistetty tukiasemaohjaimien kautta. Matkapuhelin-keskus yhdistyy julkiseen puhelinverkkoon (Public Switched Telephone Network).
  - Kotirekisterin
  - Vierailijarekisterin

### 3.10 GPRS-verkko

1990-luvun alussa ensimmäisten GSM-verkkojen käyttöönoton ja GSM:n data palvelun alkamisen jälkeen huomattiin GSM-standardin piirikytkentäisen yhteyden olevan epäkäytännöllinen datakommunikaatioon, erityisesti hyvin lyhyelle data kommunikatiolle. Täten GPRS-standardi (General Packet Radio Service) kehitettiin. Tämä 1990-luvun loppupuolella kehitetty standardi mahdollistaa langattoman internetin ja sitä käytetään myös tekstiviestien lähettämisessä. (Halonen, T. ym. 2004)

GPRS-standardin data siirretään paketteina, joista jokainen saavuttaa määräänsä omalla reitillä. GSM-äänipuhelun data kulkee yhteyden alussa määriteltyä reittiä. GPRS-standardin korkein teoreettinen viestintänopeus on 160 kbit/s laitteelle, kun käytetään kaikkia 8 kantaaaltoa ilman virheen korjausta. (Halonen, T. ym. 2004)

GPRS-standardi tuo GSM-verkon arkkitehtuuriin uusia elementtejä, joista tärkeimmät ovat tarjoava GPRS-tukisolmu (Serving GPRS Support Node) ja porttien GPRS-tukisolmu (Gateway GPRS Support Node). Tarjoava GPRS-tukisolmu yhdistää GPRS-verkon ja tukiaseman tukiasemaohjaimen kautta, missä porttien GPRS-tukisolmu yhdistää GPRS-verkon Internettiin toimimalla modeemina. Tukiaseman alijärjestelmä (Base Station System) ja käyttäjän laite tulee myös sisältämään uudet GPRS-protokollat. GPRS-verkon tarjoavasta GPRS-tukisolmusta on myös yhteys tekstiviestikeskukseen (SMS-GMSC) sallien tehokkaamman tekstiviestipalvelujen käytön. (Halonen, T. ym. 2004)

GPRS-standardilla toimivat laitteet on luokiteltu lähetyksen ja vastaanoton kantaaltojen maksimimäärän perusteella ja määritelty A, B tai C -luokkaan GPRS/GSM lähetyksen mukaan. A-luokan laitteet pystyvät kommunikoimaan GSM ja GPRS:llä samanaikaisesti. B-luokan laitteet eivät voi kommunikoida GSM ja GPRS:llä samanaikaisesti, mutta voivat automaattisesti vaihtaa GSM:n ja GPRS tilojen välillä toisen päätyttyä. C-luokan laitteet vaativat manuaalisen vaihdon GSM ja GPRS tilojen välillä. (General Packet Radio Service (GPRS) n.d.)

### 3.11 SMS-teknologia

Tekstiviestintä, tai SMS (Short Message System), on lyhyiden viestien lähettäminen mobiililaitteista, joissa käytetään SIM-korttia. Tämän kaltaiset mobiililaitteet käyttävät SIM-korttia viestien lähettämiseen. Tekstiviestit ovat maksimissaan 160 merkkiä pitkät, ennen kuin viesti jaetaan osiin. (Cellular History n.d.)

Tekstiviestien lähetys oli tunnettu palvelu jo ennen GSM:n kehityksen alkua vuonna 1982. Ehdotukset tehdä tekstiviesteistä GSM palvelu tuli Pohjoismaisilta, Saksalaisilta ja Ranskalaisilta operaattoreilta. Pohjoismaiset operaattorit kehittivät tekstiviestikeskusta, kun Saksalaiset ja Ranskalaiset operaattorit kehittivät tekstiviestien lähetystä ja vastaanottoa. (Cellular History n.d.)

Työn ensimmäisenä vaiheena oli tekstiviestipalvelun spesifikaatioiden määrittelemisen GSM:n sisällä vuodesta 1985 vuoteen 1986. Tässä vaiheessa määriteltiin palvelun kuvaus, verkon arkkitehtuuri, topologia ja protokollat, vastausmahdollisuus, odottavien viestien ilmoitus, aikaleimaus ja laitteen protokollan tunnistaminen. Tekstiviestipalvelun teknologian kehittäminen alkoi vuodesta 1987 ja tämän kehitti suurimmaksi osaksi Suomi, Norja, Ranska ja Iso-Britannia. SMS-standardien tehtyä jatkuvaa kehitystä tehtiin UK:ssa, missä tuoreemmat SMS-viestityypit on kehitelty. (Cellular History n.d.)

Tekstiviestipalvelu käyttää työlle tarkoitettua palvelukeskusta ja GSM-verkkoa viestien lähettämiseen ja vastaanottamiseen matalalla prioriteetilla. Tämä viestintätapa rajoitti tekstiviestien pituutta 128 oktettiin, myöhemmin optimoitu nykyiseen 160 merkkiin. (Cellular History n.d.)

Etsiessään sopivaa radiokanavaa, joka sopisi pienten tekstiviestien lähetykseen, Hillebrand ehdotti melkein käyttämätöntä radiokanavaa, jota käytettiin puhelimien yhteyden vahvuuden ilmoittamiseen ja saapuvien puheluiden toissijaisen tiedon siirtoon. (Milian, M. 2009)

Nykyinen 160 merkin raja saavutettiin 128 merkin rajasta tiettyjen kirjainten ja symbolien pois jättämisellä. 160 merkkiä oli riittävä määrä seuraavien argumenttien perusteella:



1. 160 merkkiä riittää postikorttien viestille ja
2. 160 merkkiä riitti aikanaan olevassa Telex tiedonsiirrolle, vaikka se ei ollut rajoittunut siihen.

Ongelmana oli merkkien syöttötapa, mutta siitä huolimatta SMS:n käyttö nousi nopeasti. Vaikka sen ajateltiin olevan hakulaitteen kaltainen, siitä tuli melkein kaikkien ikäryhmien käyttämä. (Milian, M. 2009)

SMS viestien luotettava lähetys vastaanottajalle on kyseenalaista vakavissa puhelinlinjojen käytössä, sillä SMS viestit kulkevat samassa radiokanavassa kuin äänipuheluiden toissijainen tieto. Suurien SMS-viestien määrän lähettäminen pystyy lakkauttamaan äänipuheluiden palvelut ja laajemman hälytyksen lähetys tiettyihin käyttäjiin on hankalaa. Kyseisessä käyttökohteessa ei käytetä tekstiviestien massiivista lähetystä. (Report Says that SMS is Not Ideal for... 2008)

Yksittäisen tekstiviestin datan määrä on määritelty tekstiviestikeskuksessa käytetyn protokollan perusteella. Jos esimerkiksi käytetty protokolla olisi SS7, niin yhden tekstiviestin määrä olisi 272 oktaalia, joista 92 oktaalia käytetään ylimääräisten tietojen lähettämiseen. Esimerkissä jää 180 oktaalia tekstiviestin sisällön lähettämiseen. (Ayabe, B. ym. 2000)

Viestit ensimmäisenä kuljetetaan laitteen asetuksen mukaiselle tekstiviestikeskukselle, missä kysytään kotirekisteriltä (Home Location Register) vastaanottavan laitteen nykyistä tilaa. Mikäli vastaanottaja on kotirekisterin tiedossa, vastaa kotirekisteri tekstiviestikeskuksen tarvitsemilla tiedoilla, mukaan lukien tekstiviestin osan maksimikoko (SMS Maximum Fragment Size). Jos kotirekisteri ei tiedä vastaanottavan laitteen tilaa, ilmoittaa kotirekisteri epäonnistumisella. (Ayabe, B. ym. 2000)

Kun vastaanottava laite rekisteröityy tukiasemalle, lähettää tukiasema vastaanottavan laitteen tiedot vierasrekisterille (Visited Location Register). Vierasrekisteri lähettää vastaanottajan tilan tiedot sitten kotiasemalle. Kun kotiasema vastaanottaa vastaanottavan laitteen tilan, kotiasema lähettää vastauksen vierasrekisterille ja tarvittavat tiedot tekstiviestikeskukselle. Kun tekstiviestikeskus vastaanottaa onnistuneen vastauksen kotirekisteriltä, tekstiviestikeskus tiedottaa kotiasemalle saaneensa tiedot. (Ayabe, B. ym. 2000)

Tekstiviestikeskus jakaa käyttäjän lähettämän tekstiviestin lyhyempiin osiin, jotka lähetetään vastaanottavan laitteen paikalliselle tukiasemalle. Viestin yksittäisten osien koko on määritelty kotirekisteriltä saadun maksimitiedon perusteella. Tukiasema välittää viestin vastaanottavalle laitteelle. Vastaanottava laite ilmoittaa tukiasemalle saaneensa viestin, jonka jälkeen tukiasema ilmoittaa tekstiviestikeskukselle lähettäneensä tekstiviestin. Tekstiviestikeskus toistaa lähetyksen jokaisen tekstiviestin osalla. (Ayabe, B. ym. 2000)

## 4 Logiikkaohjelmointi ja testaukset

### 4.1 Harjoitusohjelmaan tutustuminen

Ensimmäinen harjoitusohjelma, johon tutustuttiin, oli AL2000 käyttöohjeen sivulla 4-8 (PDF sivu 25). Tämä ohjelma soittaa numeroon käyttäjän toimesta, antaa tietoa, päättää puhelun ja odottaa vastausta. Välissä on tarkistavia toimintoja, jotka huolehtivat, että yhteys on OK. Tämä ohjelma oli hyvä selittämään askelrekisterit ja AT-komentojen esitysmuodot.

Toinen ohjelma, johon tutustuttiin, oli toisen projektin logiikkaohjelma, joka käytti AL2000 logiikkaa. Tämä ohjelma resetoi modeemin ja lähettää tekstiviestin kahteen eri numeroon hälytyksen tapahtuessa. Ohjelma pystyi myös vastaanottamaan käyttäjän vastauksen, joka oli tekstiviesti, jonka sisältö oli 'OK', välittämättä kirjainten koosta.

Modeemiin lähetetään merkkejä käyttäen komentoa 'PRT T "xxxxx"' tai komentoa 'PRT ("xxxxx")'. Jälkimmäinen esitystapa ei ole rajoittunut viiteen merkkiin, mutta sillä ei pysty esittämään ',' merkkejä. AT-komennot ovat esitetty 'PRT T "AT#"', missä '#' lähettää ASCII merkit <CR> ja <LF>. Useampia 'PRT T' käskyjä käytetään, mikäli AT-komennon ei pysty esittämään viidellä merkillä.

Tämän harjoitusohjelman rakenne alkaa asetuksien määrittämisellä:

- R O 212 = 1 (Kieliversion määrittäminen)
- R O 243 = 6 (MODBUS SLAVE ADDRESS = 6)
- PRT C 1 (Kirjoitetaan porttiin SER1)

SER1 -portin asetukset:

- R O 210 = 0 (data length and parity in terminal mode = 8 bit parity NONE)
- R O 213 = 4 (Tiedonsiirtonopeus = 9600)
- R O 214 = 2 (MODE = TERMINAL/PRINTING)

SER2 -portin asetukset:

- R O 219 = 0 (data length and parity in terminal mode = 8 bit parity NONE)
- R O 229 = 4 (Tiedonsiirtonopeus = 9600)
- R O 215 = 4 (MODE = MODBUS SLAVE/MODEM)

SER3 -portin asetukset:

- R O 218 = 0 (data length and parity in terminal mode = 8 bit parity NONE)
- R O 217 = 4 (Tiedonsiirtonopeus = 9600)
- R O 216 = 4 (MODE = MODBUS SLAVE/MODEM)

Asetuksien asettamisen jälkeen tulee GSM modeemiin resetoimisen ja asettamisen komennot ja toiminnot:

Askel 0 (numerovastaukset käyttöön):

- AT-komento: ATV0
- Siirry askeleeseen 1.

Askel 1 (vastausten odotus):

- Odota 1 s, siirry seuraavaan askeleeseen

Askel 2 (kaiutus pois):

- AT-komento: ATE0
- Siirry askeleeseen 3.

Askel 3 (vastausten odotus):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen

Askel 4 (PIN-koodin syöttö):

- AT-komento: AT+CPIN=1234
- Siirry askeleeseen 205.

Askel 205 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
  - FIFO 5 sisältää modeemilta tulleet merkit
- Siirry askeleeseen 5 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 5 (PIN-koodin syötön vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0' tai '4', siirry askeleeseen 6.
  - '0' = OK
  - '4' = Error (PIN on jo syötetty)

Askel 6 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 20 s, siirry seuraavaan askeleeseen

Askel 7 (äänipuhelun automaattivastaus päälle):

- AT-komento: ATSO=1
  - Aseta modeemin äänipuhelun automaattivastauksen aika yhdelle 'RING' merkkijonolle ennen automaattista vastausta
- Siirry askeleeseen 8.

Askel 8 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 15 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 9 (tekstiviestin esitysmuoto tekstimuotoon):

- AT-komento: AT+CMGF=1
  - Aseta viestin merkkien esitysmuodoksi teksti-muodon PDU-muodon sijaan.
- Siirry askeleeseen 210.

Askel 210 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 10 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 10 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0', siirry askeleeseen 13.

Askel 13 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 14 (vastaanotetun tekstiviestin ilmoituksen asetukset):

- AT-komento: AT+CNMI=2,1,0,0,0

- Lähteen 'AT commands interface' mukaan AT-komento 'AT+CNMI' määrittelee, kuinka uusi SMS ilmoitetaan terminaalille.
  - WaveCom dokumentin mukaan ensimmäisen parametri ainoa toimiva arvo on '2', kaikki muut arvot antavat saman lopputuloksen, joka tulisi, jos arvo olisi '2'.
  - Toisella parametrilla määritellään miten modeemi ilmoittaa saapuneen viestin. Arvo '1' käyttää esimerkiksi merkkijonoa '+CMTI : "SM", 1'.
  - Kolmannella parametrilla määritellään miten modeemi ilmoittaa saapuneen CBM-viestin (Cell Broadcast Message). Arvo '0' ei ilmoita mitään.
  - Neljännellä parametrilla määritellään miten modeemi ilmoittaa saapuneen SMS-STATUS-REPORT -viestin. Arvo '0' ei ilmoita mitään.
  - Viimeinen parametri määrittelee, kuinka ylipitkät viestit on käsitelty. Arvo '0' laittaa ylimääräiset merkit terminaalille aikaisempien merkkien jälkeen.
- Siirry askeleeseen 215.

Askel 215 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 15 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 15 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0', siirry askeleeseen 16, resetoi FIFO 5 ja resetoi arvo R O 232.
  - R O 232 sisältää SER1 -portista viimeiseksi tulleen merkin.

Askel 16 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 17 (validiteettiajan asetus):

- AT-komento: AT+CSMP=17,167,0,0
  - Lähteen 'AT commands interface' mukaan komento 'AT+CSMP' määrittelee useita asioita.
  - ensimmäinen arvo = optio bittejä (mukaanlukien validiteettiajan käyttöönotto) = 1 (Message Type Indicator = SMS-SUBMIT) + 16 (Validity Period Format = ON) = 17
  - toinen arvo = validiteettiajan pituus (ks. taulukko 5).

Taulukko 5. Validiteettiajan arvot

VP arvo	Validiteettiajan arvo
0...143	$(VP + 1) \times 5$ minuuttia (max 12 h)
144...167	12 h + $((VP - 143) \times 30)$ minuuttia
168...196	$(VP - 166) \times 1$ päivä
197...255	$(VP - 192) \times 1$ viikko

- kolmas arvo = Protocol Identifier (käytetään edistyneessä viestinnässä)
  - neljäs arvo = merkin bittien pituuden määrittäminen (0=7 bit, 16 = 16 bit), vaikuttaa viestin maksimi merkkimäärään
  - Käytettyjen parametrien mukaan viestin validiteettiaika tulee käyttöön ja validiteettiajaksi määritetään yksi päivä.
- Siirry askeleeseen 218.

Askel 218 (Fifo tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5.
- Siirry askeleeseen 18 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 18 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0', siirry askeleeseen 19.

Askel 19 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 20 (äänipuhelun puhelinnumeron hankkiminen):

- AT-komento: AT+CLIP=1
  - Tulevan äänipuhelun numeron tunnistus asetus.
- Siirry askeleeseen 221.

Askel 221 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 21 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 21 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0' = OK, siirry askeleeseen 223.

Askel 223 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 23 yhden ohjelmakierroksen jälkeen.

Askel 23 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 24 (tekstiviestikeskuksen numeron asetus):

- AT-komento: AT+CSCA=+123456789012
  - Aseta tekstiviestikeskuksen numero
- Siirry askeleeseen 225.

Askel 225 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 25.

Askel 25 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0', siirry askeleeseen 28.

Askel 28 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 29 (SIM-kortin tekstiviestipaikan 1 tyhjennys):

- AT-komento: AT+CMGD=1
  - Tyhjennä modeemin tekstiviestipaikka 1
- Siirry askeleeseen 229.

Askel 229 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 30.

Askel 30 (vastauksen odotus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0' tai '4', siirry askeleeseen 31.

Askel 31 (odotus varmuuden vuoksi):

- Odota 3 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 32 (yhteyden tarkistus):

- AT-komento: AT

- tarkistaa, onko modeemiin yhteyttä
- Siirry askeleeseen 232.

Askel 232 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 33.

Askel 33 (vastauksen varmistus):

- Jos modeemi lähetti merkin '0', siirry askeleeseen 234.

Askel 234 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 35.

Askel 35 (perusaskeleeseen siirtyminen):

- Siirry askeleeseen 40.

Kun ohjelma saapuu perusaskeleeseen (askel 40), modeemi on resetoitu ja parametrit ovat asetettu. Seuraavaksi olisi hälytysten lähettäminen:

Askel 40 (perusaskel, lähetyksen alku):

- Jos hälytys on valmiina lähetettäväksi (M 79 = 1), lähetä tekstiviesti (M 21 = 1).
- Muistibitin nousevasta reunasta (M 21 = 0 -> 1), siirry askeleeseen 50.

Askel 50 (puhelinnumeron valitseminen tekstiviestille):

- AT-komento: AT+CMGS=1234567890
  - Määrittää mihin puhelinnumeroon tekstiviesti lähetetään
- Mene askeleeseen 151.

Askel 151 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 51.

Askel 51 (vastauksen odotus):

- Jos modeemi lähettää merkin '>', mene askeleeseen 56.
  - '>' = modeemin tapa ilmoittaa, että käyttäjä voi nyt kirjoittaa viestin.
- Jos on ollut tässä askeleessa 30 s, mene seuraavaan askeleeseen.

Askel 56 (tekstiviestin sisällön syöttö):



- Käytä 'PRT' komentoja täyttääkseen tekstiviestin sisällön
- Päätä tekstiviesti komennolla 'PRT T "<26>"', mikä päättää viestin merkillä <26>, josta modeemi tietää milloin tekstiviestin voi lähettää.
- Mene askeleeseen 57

Askel 57 (lähetyksen varmistus):

- Jos modeemi lähettää merkkijonon 'CMGS', siirry askeleeseen 58.
  - "CMGS" merkkijono kertoo, että modeemi on lähettänyt viestin eteenpäin.
- Odota 30 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 58 (väliaskel):

- Mene askeleeseen 80

Askel 80 (väliaskel):

- Siirry askeleeseen 181.

Askel 181 (Fifon tyhjennys):

- Resetoi FIFO 5
- Siirry askeleeseen 81.

Askel 81 (vastaanotetun viestin varmistus):

- Jos modeemi lähettää merkkijonon 'CMTI', siirry askeleeseen 85.
  - 'CMTI' merkkijono ilmaisee, että modeemi on vastaanottanut viestin.
- Odota 30 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 82:

- Jos ensimmäinen viesti on lähetetty, aseta toinen viesti lähetettäväksi ja siirry askeleeseen 50.
- Odota 10 s, siirry seuraavaan askeleeseen.

Askel 83:

- Siirry askeleeseen 40.
- Aseta seuraava lähetys olemaan ensimmäiselle puhelinnumerolle.
- Aseta lähetys valmiina lähetettäväksi pois päältä (M 79 = 0).

Askeleesta 85 eteenpäin olevat askeleet käsittelevät käyttäjän mahdollisen vastauksen ('OK') lukeminen. Viesti luetaan AT-komennolla 'AT+CMGR=1', mikä tuo viestin SIM-kortin viestipaikasta 1. Jos uusi viesti on muussa paikassa kuin 1, niin luetaan

väärän viestin sisältöä. Viestin lukemisen jälkeen viesti SIM-kortin viestipaikassa 1 poistetaan AT-komennolla 'AT+CMGD=1' seuraavaa viestiä varten.

Perusaskeleessa harjoitusohjelma valvoo tulevia äänipuheluita ja jos niitä tulee, niin tallentaa puhelinnumeron muistiin. Tätä ei tarvita kohteessa ja ei tarvitse käydä läpi tarkemmin.

Harjoitusohjelma tyhjentää FIFO:n 5 katsomalla, onko ohjelma tietyissä askeleissa. Tämä toiminto resetoi R O 232:n (SER 1 viimeinen vastaanotettu merkki), F 5:n (FIFO 5, sisältää kaikki vastaanotetut merkit sarjaportista SER 1) ja R GM 20-89 (mihin ohjelma purkaa FIFO:n 5 merkkejä).

Ohjelma vie kaikki modeemilta vastaanotetut merkit FIFO:on 5 automaattisesti ja vanhin merkki otetaan ulos komennolla 'FOU F 5'. FIFO:n tyhjennys tapahtuu komennolla 'RES F 5'. Mikäli halutaan manuaalisesti lisätä FIFO:on 5 merkkejä, käytetään komentoa 'FIN F 5'. Tämä ohjelma selitti hyvin, kuinka kohteessa oleva gsm raportointi ohjelma käsittelee modeemista tulevia merkkejä.

## 4.2 Harjoitusohjelman testaus

Kun varsinaiseen harjoitusohjelmaan oli tutustuttu, ladattiin se testilaitteistoon. Latauksen aikana ei ilmennyt mitään virhettä ja modeemi suurimmaksi osaksi resetoi oikein. Ensimmäinen virhe sai aikaan sen, että resetoimisen jälkeen modeemi ei lähettä ensimmäistä viestiä. Tämä virhe johtui siitä, että modeemin reset prosessista puuttui yksi merkki, minkä jälkeen modeemi olisi suorittanut AT-komennon. Virheellinen käsky oli:

```
'PRT T "AT"'
```

Korjattu käsky oli:

```
'PRT T "AT#"'
```

'#' merkin puuttuminen sai aikaan sen, että logiikka ei lähettänyt merkkejä <CR> ja <LF>. <CR> merkin puuttuminen sai seuraavan AT-komennon alkamaan merkeillä 'ATAT', jota modeemi ei tunnistanut oikeaksi käskyksi logiikkaohjelman kannalta. Muita samanlaisia virheitä ei tullut esiin.

Toinen virhetyyppi oli muistipaikkojen väärinkirjoitus. Ohjelma oli lukenut tiettyä tietoa väärästä muistipaikasta. Haettavan tiedon tarkkaa muistipaikkaa ei tiedetty, joten kyseinen tieto asetettiin etsimään kolmesta peräkkäisestä muistipaikasta. Se tieto, mitä ohjelma yritti lukea, oli '>' merkki, jonka modeemi oli lähettänyt logiikalle, kun modeemi on valmiina vastaanottamaan tekstiviestin sisällön. Korjaus toimi ja nyt logiikka ei odota kyseisessä askeleessa kauan.

### 4.3 GSM-ohjelman ensimmäisen version tekeminen

Idea GSM etäohjauksessa on, että käyttäjä lähettää tekstiviestin GSM modeemin SIM-kortin numeroon, minkä sisällön perusteella logiikkaohjelma tekee eri asioita:

- Ohjelma hakee tekstiviestin modeemista ja tarkistaa puhelinnumeron.
- Jos numero on sallittu, niin seuraavaksi se tarkistaa viestin sisällön. Muuten se poistaa viestin.
- 'Viesti1' viesti:
  - Asettaa tunnistetun käyttäjän luvan.
  - Käynnistää 10 minuutin ajastimen, joka estää lupien vaihtamisen.
  - Antaa yleistietoa kohteen nykyisestä toiminnasta.
- 'Viesti2N' viesti:
  - Jos käyttäjällä on lupa, niin ohjelma valitsee generaattorin N kohdegeneraattoriksi.
  - Antaa tietoa generaattorista N.
- 'Viesti3NN' viesti:
  - Jos käyttäjällä on lupa ja valittu generaattori on välillä 1-3, niin kohdegeneraattorin suulake asettuu NN % asentoon (00-99).
  - Antaa tietoa kohdegeneraattorin ohjauksesta.
- 'Viesti4NN' viesti:
  - Jos käyttäjällä on lupa, niin kohdegeneraattori (4 ainoastaan) käynnistyy tai pysähtyy (NN = 01 tai 00).
  - Antaa tietoa kohdegeneraattorin ohjauksesta.

GSM etäohjauksen ohjelma aloittaa tunnistamalla, että tuliko modeemille tekstiviesti etsimällä merkkijonoa 'CMTI' (ks. liite 4), kun ohjelma on perusaskeleessa. 'CMTI' on osa viestiä

'+CMTI: "SM",1',

joka tarkoittaa, että uusi viesti on tullut ja se on viety SIM-kortin 'SM' muistialueen viestipaikkaan 1. Ohjelma olettaa, että SIM-kortin viestipaikka 1 tulee olemaan tyhjä ennen viestin saapumista ja täten uusi viesti tulee siihen paikkaan.

Kun GSM ohjelma on perusaskeleessa (askel 40) ja modeemi lähetti merkkijonon 'CMTI', ohjelma siirtyy askeleeseen 110, missä se suorittaa komennon 'PRT ("AT+CMGR=1")'.

Tämä komento lähettää modeemille AT-komennon, joka pyytää modeemilta tekstiviestin SIM-kortin viestipaikasta 1 (ks. liite 4). Sen jälkeen suoritetaan komento 'PRT T "#", jotta modeemi lukisi ja toteuttaisi käskyn. '#' merkin peräkkäinen syöttö ei tee modeemille ongelmia.

Kun viesti on pyydetty modeemilta, askeleessa 111 ohjelma odottaa modeemilta saapuvaa merkkijonoa 'CMGR' muistipaikoista R GM 21-24 (ks. liite 4). Modeemin lähettämä viesti on

'+CMGR: "REC

UNREAD", "+123456789012", "98/10/01,18:22:11+00", <CR><LF>123456789'.

<CR><LF> on kaksi ASCII merkkiä, 'Carrier Return' ja 'Line Feed'. Näiden merkkien jälkeen alkaa viesti. '+' merkistä alkaen 60 merkkiä on sijoitettu logiikan muistipaikkoihin R GM 20 - 89 käskyllä 'FOU F 5'.

Seuraavaksi GSM ohjelma tarkistaa, että vastaako puhelinnumeron neljä viimeistä numeroa mitään tallennetuista numeroista (ks. liite 5 ja 6). Mikäli jokin tallennetuista puhelinnumeroista vastaa viestin puhelinnumeroa, siirtyy ohjelma askeleeseen 114, missä se tunnistaa tekstiviestin sisällön. Muuten ohjelma siirtyy askeleeseen 136, missä se tyhjentää modeemin SIM-kortin viestipaikan 1.

Askeleessa 114 (ks. liitteet 7 ja 8):

Jos viestin sisältö alkaa merkeillä 'Viesti1', niin käyttäjä lähetti viestin 'Viesti1' ja ohjelma siirtyy askeleeseen 115.

Jos viestin sisältö alkaa merkeillä 'Viesti2', niin käyttäjä lähetti viestin 'Viesti2N', missä N on 1-4 ja ohjelma siirtyy askeleeseen 121.

Jos viestin sisältö alkaa merkeillä 'Viesti4', käyttäjä lähetti viestin 'Viesti4NN', missä N

on 00-01 ja ohjelma siirtyy askeleeseen 128 ja merkitsee myöhempää vaihetta varten tietyn muistibitin päälle.

Jos viestin sisältö alkaa merkeillä 'Viesti3', niin käyttäjä lähetti viestin 'Viesti3NN', missä N on 00-99 ja ohjelma siirtyy askeleeseen 128, mutta ei merkitse tiettyä muistibittiä päälle.

Jos ohjelman askelrekisteri on aikaisempien tarkistusten jälkeen vielä askeleessa 114, siirtyy ohjelma askeleeseen 136, mikä on tekstiviestin poistaminen modeemin SIM-kortin viestipaikasta 1.

Oli kyseessä mikä viesti tahansa, muistipaikkaan M 0 viedään tieto, että onko kenelläkään aktiivisella käyttäjällä lupaa voimassa myöhempää tarvetta varten.

Askeleessa 115 valitaan puhelinnumero tekstiviestiä varten käyttäen AT-komentoa 'AT+CMGS=+123456789012', askel 116 on enintään 20 sek odotus ennen kuin ohjelma kirjoittaa viestin sisältöä ja askeleessa 117 lisätään tekstiviestin sisältö, minkä jälkeen ohjelma siirtyy askeleeseen 119.

Askel 121 on puhelinnumeron valitseminen ja kohteen generaattorin valitseminen tarkempaa tiedustelua ja ohjausta varten (ks. liite 9). Askeleessa 122 odotetaan enintään 20 sekuntia ennen seuraavaan askeleeseen siirtymistä ja askeleessa 123 lisätään tekstiviestin sisältö, minkä jälkeen ohjelma siirtyy askeleeseen 119.

Askeleessa 128 etsitään tietoa käyttäjän tekstiviestistä ja riippuen muistibitin M 1 tilasta ohjelma etsii tietoa joko muistipaikoista R GM 84-85 tai muistipaikoista R GM 88-89 (ks. liite 10). Askel 129 on lopullisessa versiossa generaattoreiden ohjaus, mutta tässä versiossa se ei ole vielä valmis. Askeleessa 130 valitaan puhelinnumero tekstiviestille, askeleessa 131 odotetaan enintään 20 sekuntia ja askeleessa 132 lisätään tekstiviestin sisältö, minkä jälkeen siirrytään askeleeseen 119.

Askeleeseen 119 odotetaan modeemilta varmistusta, että viesti on lähtenyt ('CMGS' merkkijono). Tai kunnes 20 sekuntia on mennyt. Askeleesta 120 siirrytään askeleeseen 136, jossa poistetaan viesti modeemin SIM-kortin viestipaikasta 1. Askeleessa 137 odotetaan 5 sekuntia, jonka jälkeen siirrytään askeleeseen 138 ja sitten askeleeseen 239. Askeleessa 239 tyhjennetään FIFO 5 ja palataan askeleeseen 139, josta siirrytään askeleeseen 40.

Viimeisenä on etäohjaavan käyttäjän aikarajan ajastimen tikitys, minkä tarkoitus on huolehtia, että oikeat tiedot resetoituvat aikarajan täytyessä. Nämä tiedot ovat mm. tiedot nykyisistä käyttäjistä, käyttäjien luvista, ja valitusta generaattorista.

#### 4.4 Ensimmäisen version testaus

Ensimmäisen version ensimmäisissä testeissä ilmeni muutamia kirjoitusvirheitä ja ajatusvirheitä, jotka korjattiin aikaisemman luvun ohjelmassa. Muuten ohjelma toimi oikein. Ohjausviestien toiminta oli kesken, joten tätä ei pystytty testaamaan tarkasti.

Kun logiikka oli ohjelmoitu ja käynnistetty, DIP-kytkinten käännön jälkeen laitettiin GSM-modeemin kaapeli logiikan SER 1 -porttiin. Käyttämällä tilapäistä päätettä I<sup>2</sup>C-portissa saatiin askel pakotettua askeleeseen 0, minkä jälkeen alkoi GSM-modeemin parametointi. Kesti muutaman minuutin ennen kuin modeemi oli valmis, minkä jälkeen lähetettiin tekstiviesti 'Viesti1'. Päätteestä nähtiin, kuinka logiikka tunnisti uuden viestin modeemilta siirtymällä askeleissa ja lähettämällä tekstiviestin oikeaan puhelinnumeroon. Nähtiin myös, kuinka käyttäjän ajastin alkoi laskea. Testattiin myös 'Viesti2N'-viestin toimintaa ja todettiin sen toimivan oikein. Testeissä lähetetyt viestit saapuivat perille enintään minuutin päästä lähetyksestä.

Ohjausviestien 'Viesti4NN' ja 'Viesti3NN' toimintaa valvottiin ja todettiin niiden toimivan oikein. Tietenkin itse ohjaus puuttui, mutta se pystyttiin korjaamaan toisessa versiossa.

#### 4.5 Kohteen GSM-ohjelmaan tutustuminen

Kohteen logiikkaohjelma oli paljon suurempi harjoitusohjelmaan verrattuna, mutta GSM-ohjelmassa ei ollut paljon eroavaisuuksia verrattuna aikaisempaan harjoitusohjelmaan. Modeemin parametrien asettaminen on melkein samanlainen:

- ATV0
- 1 sek odotus
- ATE0
- 3 sek odotus

- AT+CPIN=1234
- FIFON 5 resetoiminen
- OK:n saaminen modeemilta
- 45 sek odotus
- ATSO=1
- 15 sek odotus
- AT+CMGF=1
- FIFON 5 resetoiminen
- OK:n saaminen modeemilta
- 3 sek odotus
- AT+CNMI=2,1,0,0,0
- FIFON 5 resetoiminen
- OK:n saaminen modeemilta
- AT+CSMP=17,167,0,0
- FIFON 5 resetoiminen
- OK:n saaminen modeemilta
- FIFON 5 resetoiminen
- 3 sek odotus
- AT+CSCA=+358123456789
- FIFON 5 resetoiminen
- OK:n saaminen modeemilta
- 3 sek odotus
- Yhteyden tarkistaminen modeemiin komennolla 'AT'

Tietenkin oli joitakin eroja kuten käyttämätön koodi, jonka tarkoitus olisi ollut tyhjentää modeemin SIM-kortin viestipaikka 1 modeemin reset-toiminnon yhteydessä tai modeemilta tulevien merkkien lukeminen, joita tehtiin useampien ohjelmakierrosten aikana rajallisen lukumuistien takia (8 kpl, R M 20-27). Mutta nämä eroavaisuudet tullaan muuttamaan uuden GSM-ohjelmakoodin lisäämisen yhteydessä.

Hälytysten tekstiviesti lähetys toimi samanlaisella koodilla, mutta samoja virheitä löytyi:

- 'PRT T "AT"' komento muutettiin komennoksi 'PRT T "AT#"' ja
- modeemin lähettämän '>' merkin etsiminen tapahtui väärästä muistipaikasta, mikä muutettiin etsimään kolmesta peräkkäisestä muistipaikasta varmuuden vuoksi.

Tärkein asia, joka muuttui, oli logiikkaohjelman ohjelmakiertoaika. Kohteen logiikkaohjelma käyttää paljon enemmän ohjelmarivejä kuin aikaisempi harjoitusohjelma. Ja ohjelmakiertoaika oli noin 11 millisekuntia, koska siinä ei kutsuttu mitään aliohjelmanä. Logiikkaohjelmasta piti katsoa suurempia ohjelmia, joita pystyttäisiin laittamaan aliohjelman taakse. Tämänlaisia aliohjelmia olisi GSM modeemin asettaminen ja GSM modeemilla tehtävät hälytykset. Aliohjelmat, joita ei kutsuta ei pidennä ohjelmakiertoaikaa.

#### 4.6 GSM-ohjelman toisen version erot

GSM modeemin 'CMTI' merkkijonon havaitseminen ei periaatteessa muuttunut, vaikka käytettyjen välimuistien muistipaikkoja muutettiin, jotta yhteensopimattomuus virheitä ei tulisi (ks. kuvio 13). Aloitettiin käyttämään symbolisia muuttujanimiä välimuisteille.

```

STR C 1
PRT C 1      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - MIHIN PORTTIIN KIRJOITETAAN
READ S 1     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OIKEA STEP SEKVENSSI

IF S 40      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - "CMTI" ETSINTA
STR R GM 21  ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 67   ; "C"
EQ M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 22  ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 77   ; "M"
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 23  ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 84   ; "T"
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 24  ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 73   ; "I"
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STEP S 110   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PYYDETAAN MODEEMILTA VIESTIN 1 SISALTOA
CONT

```

Kuvio 13. 'CMTI'-merkkijonon havaitseminen (toinen versio).

Ensimmäisessä versiossa GSM-etäohjauksen ohjelmakoodia kutsuttiin koko ajan, mutta toisessa versiossa GSM-etäohjauksen ohjelmakoodia suoritettiin aliohjelmana.



Tämä auttoi ohjelmakierrosten välisessä ajassa, joka oli aikaisemmin noin 11 millisekuntia. Tämä oli liian pitkä aika, sillä jos kohteessa olevat sulakkeet laukeavat, logiikan reagointi-aika olisi liian pitkä kohteen turvallisuuden kannalta. Kutsumalla GSM etäohjaus koodi aliohjelmana vain tarvittaessa (ks. kuvio 14) vähensi ohjelmakiertoaika 9 millisekuntiin. Lyhyt ohjelmakiertoaika on tärkeää tilanteessa, jossa kohteessa olevia sulakkeita palaa. Liian pitkä kiertoaika mahdollistaa aikaikkunan, jossa on vaaratilanteita.

```

STR S 110
EQ SB 3          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI KUTSUU ALIOHJELMAN 3

STR BM 3          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI KUTSUU ALIOHJELMAN 3
CSR 3

STR S 40
EQ RB 3          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI KUTSUU ALIOHJELMAN 3

```

Kuvio 14. Etäohjaus-koodin kutsuminen aliohjelmana (CSR 3 -komento).

Osassa, jossa haetaan viesti modeemilta, tuli muutoksia, jotka lyhensivät suoritettujen ohjelmarivien määrää (ks. kuvio 15 ja liite 5).

```

SBR 3

STR S 110          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PYYDETAAN MODEEMILTA VIESTIN 1 SISALTOA
PRT ("AT+CMGR=1", <CR>)
STEP S 111          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - "CMGR" ETSINTA

IF S 111           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - "CMGR" ETSINTA
STR R GM 21         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 67          ; "C"
EQ M TEMP_1         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 22         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 77          ; "M"
AND M TEMP_1        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 23         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 71          ; "G"
AND M TEMP_1        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 24         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 82          ; "R"
AND M TEMP_1        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STEP S 112          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - NUMERON TUNNISTUS
NEXT S 111 020
CONT

```

Kuvio 15. Etäohjauksen aliohjelman alku (toinen versio).

'CMGR' merkkijonon havaitsemisessa ei tullut periaatteessa muutoksia. Ainoastaan välimuistien muistipaikan muutos (ks. kuvio 15).

Puhelinnumeroiden tunnistamisessa muutoksena oli 15 sekunnin ajastin, jos puhelinnumeroa ei tunnisteta (ks. kuvio 16). Aikaisemmin jos numeroa ei tunnistettu, ohjelma aloitti viestin poistamisen. Tämä aikalaskuri lisättiin, koska jos tulee tilanne, jossa koko viestiä ei ole tuotu modeemista, niin ohjelma lukee viestin loppuosan. Toinen muutos oli käytettyjen muistipaikkojen sijainnin muutos muun logiikkaohjelman ristiriitaisuuden välttämiseksi (ks. liitteet 11 ja 12).

```

STR M 150                ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- KUKA_KT1
OR M 151                 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- KUKA_KT2
OR M 152                 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- KUKA_KT3
OR M 153                 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- KUKA_KT4
STEP S 114               ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- VIESTIN TUNNISTUS.

NEXT S 112 015           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG- ASKEL ENNEN VIESTIN POISTOA.
CONT

```

Kuvio 16. Etäohjauksen puhelinnumeron tunnistuksen ajastin (toinen versio)

Viestin sisällön tunnistamisessa ei tullut mitään muutoksia, mutta käytettyjä muistipaikkoja kutsutaan nyt symbolisilla muuttujanimillä suorien muistipaikkojen sijaan. Käyttäjän luvan selvittämisessä lyhennettiin suoritettujen ohjelmarivien määrää (ks. kuvio 17 ja liite 7).

```

; JOKIN MUU VIESTITYYPPI
NEXT S 114 015      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ASKEL ENNEN VIESTIN POISTOA.

STR M GSM_KT1_KUKA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
AND M GSM_KT1_LUPA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT1
EQ M 162              ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
STR M GSM_KT2_KUKA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
AND M GSM_KT2_LUPA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT2
EQ SM 162             ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
STR M GSM_KT3_KUKA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT3
AND M GSM_KT3_LUPA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT3
EQ SM 162             ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
STR M GSM_KT4_KUKA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT4
AND M GSM_KT4_LUPA   ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT4
EQ SM 162             ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
CONT

STR S 115            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ASKEL ENNEN VIESTIN POISTOA.
STEP S 137           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - POISTA VIESTI.

```

Kuvio 17. Käyttäjän viestin tunnistaminen (toinen versio).

Puhelinnumeron ja generaattorin valitsemisen periaate ei muuttunut, vain muisti-  
paikkojen sijainti muuttui (ks. liite 13). '>' merkin etsiminen ei ole muuttunut.

Tekstiviestin sisällön määrittelyssä käytetään nyt oikeita muistipaikkoja, verrattuna  
aikaisempaan ohjelmaan, missä käytettiin tilapäisiä tietoja.

Ohjaustekstiviestien ('SuulakeNN' ja 'G4 NN') NN tiedon etsimisessä olevat muutok-  
set estävät epämääräisen tiedon lukemista (ks. kuvio 18 ja liite 11). Ohjauksen oh-  
jausbitit ovat myös toisessa ohjelmakoodissa ehtoina, jotta ne pystyisi käyttämään  
olemassa olevaa ohjelmaa ohjauksen tekemiseen.

```

STR S 128 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSTIEDON ETSINTA.
AND NM 163 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OLIKO VIESTI "G4 "
IF T
STR R GM 88 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
AND R C 15 ; 15 = 00001111
MUL R C 10
EQ R M 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
LES R C 90
STR R C 90
EQ R SM 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR R GM 89 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
AND R C 15 ; 15 = 00001111
EQ R M 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
LES R C 9
STR R C 9
EQ R SM 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR R M 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR C 0
PLU R M 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
EQ R GM 001 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO
CONT

STR S 128 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSTIEDON ETSINTA.
AND M 163 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OLIKO VIESTI "G4 "
IF T
STR R GM 84 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
AND R C 15 ; 15 = 00001111
MUL R C 10
EQ R M 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
LES R C 0
STR R C 0
EQ R SM 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR R GM 85 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
AND R C 15 ; 15 = 00001111
EQ R M 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
LES R C 1
STR R C 1
EQ R SM 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR R M 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR C 0
PLU R M 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
EQ R GM 001 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO
CONT

```

Kuvio 18. Ohjaustekstiviestin asetusarvon lukeminen (toinen versio).

Ohjaustekstiviestien ('SuulakeNN' ja 'G4 NN') ohjaukset on nyt lisätty (ks. liite 14).

Ohjausten resetoiminen tulee tapahtumaan aliohjelman ulkopuolella aliohjelman kutsun jälkeen (ks. liitteet 15-16).

'CMGS' merkkijonon havaitsemisen periaatteeseen ei tullut muutoksia, mutta väli-  
muistien muistipaikat oli muutettu (ks. kuvio 19).

```

IF S 136          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ODOTA "CMGS" MERKKEJA.
STR R GM 21      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 67       ; "C"
EQ M TEMP_1     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 22      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 77       ; "M"
AND M TEMP_1    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 23      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 71       ; "G"
AND M TEMP_1    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
EQ M TEMP_1     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STR R GM 24      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C 83       ; "S"
AND M TEMP_1    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - VALIMUISTI
STEP S 137      ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ASKEL 137 = POISTA VIESTI MODEEMIN MUISTIPAIKASTA 1
NEXT S 136 020  ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - EI "CMGS" 20 SEKUNNIN SISALLA, MENE ASKELEESEEN 137.
CONT

```

Kuvio 19. Etäohjauksen 'CMGS'-merkkijonon havaitseminen (toinen versio).

Modeemin SIM-kortin viestipaikan tyhjentämisen muutokset ovat lähinnä 'PRT' käskyn esitysmuodossa ja 'IF' ja 'CONT' käskyjen korvaamisessa:

- STR S 137  
PRT ("AT+CMGD=1")  
STEP S 238

Ensimmäisessä versiossa se oli:

- IF S 136  
STR C 1  
PRT T "AT+CM"  
PRT T "GD=1#"  
STEP S 137  
CONT

FIFON 5 resetoimisessa ei ole mitään eroavaisuuksia ensimmäiseen versioon verrattuna.

Viimeisenä olevan ajastimen 'tikitys' ja ajastimen umpeutumisen yhteydessä olevien tietojen resetoiminen (ks. kuvio 20). Aikarajan umpeutuessa resetoitavat tiedot ovat lisääntyneet. Muutettiin myös ajastimen ajan tiedon muistipaikkaa (R M 20 -> R M 106), koska 'R M 20' ei ollut vapaana.

```

;ETAOHJAUKSEN AIKARAJAN TIKITYS
STR M 165 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN TILA (1 = KAY)
AND P 2 ; 1 / MIN
INC R M 106 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN AIKA
LES R C 9
EQ RM 165 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN TILA (RESET)
STR NM 165|
EQ R RM 106 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN AIKA
EQ RM GSM_KT1_KUKA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1 - käyttäjän tiedot
EQ RM GSM_KT2_KUKA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
EQ RM GSM_KT3_KUKA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT3
EQ RM GSM_KT4_KUKA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT4
EQ RM GSM_KT1_LUPA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT1
EQ RM GSM_KT2_LUPA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT2
EQ RM GSM_KT3_LUPA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT3
EQ RM GSM_KT4_LUPA ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT4
EQ RM GSM_G1_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
EQ RM GSM_G2_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
EQ RM GSM_G3_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
EQ RM GSM_G4_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 VALITTU
EQ RM GSM_G1_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 STOP - ohjausbitit
EQ RM GSM_G2_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 STOP
EQ RM GSM_G3_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 STOP
EQ RM GSM_G4_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 STOP
EQ RM GSM_G1_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 START
EQ RM GSM_G2_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 START
EQ RM GSM_G3_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 START
EQ RM GSM_G4_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 START
EQ RM GSM_G1_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G2_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G3_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G1_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO YLOS
EQ RM GSM_G2_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO YLOS
EQ RM GSM_G3_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO YLOS

```

Kuvio 20. Etäohjauksen aikalaskuri ja tietojen resetoiminen (toinen versio).

#### 4.7 Toisen version testaus

Toisen version testauksessa laitettiin ensimmäisenä testilaitteisto päälle ja kaapeli kiinni sekä ladattiin ohjelma logiikalle. Latausvaiheessa ei tullut virheitä. Logiikan asetettua 'Run' tilaan asetettiin DIP-kytkimillä SER1 -portti ohjelmointitilasta normaaliin tilaan. Kun kaapelin oli vaihdettu PC:stä modeemiin, asetettiin logiikan askelrekisteri askeleeseen 0 tilapäisellä päätteellä ja todettiin modeemin parametroimisen olevan käynnissä.

Parin minuutin päästä todettiin logiikan olevan perusaskeleessa ja aloitettiin ohjaus testit. 'Viesti1' viesti toimi ongelmitta. 'Viesti2N' viesti toimi samoin ongelmitta. Ohjausviestien ('Viesti3NN' ja 'Viesti4NN') toimintaa on vaikeampaa todeta testilaitteistolla, mutta ne eivät tuottaneet mitään ilmiselviä ongelmia.

## 5 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli alun perin saada Siuron vesivoimalaitoksen ohjelmoitavaan logiikkaan ohjelma, jonka avulla henkilö pystyy puhelimella ohjaamaan käyttäjän valitsemaa generaattoria. Lähettämällä tekstiviesti, jonka sisältö on ohjaukseen liittyvä komento ('Viesti1', 'Viesti2N' etc.), GSM-modeemi vastaanottaa viestin ja välittää sen logiikalle, joka tunnistaa viestin sisällön ja toteuttaa viestiin liittyvät toiminnot. Kyseinen tavoite saavutettiin käyttämällä ALProWin-sovellusta tekemällä kyseinen ohjelma AL2000-logiikalle, joka kommunikoi GSM-modeemin kanssa AT-komennoilla.

Ohjelman toiminta testattiin toimeksiantajan eli Kuljetinsähkö Tampere Oy:n testilaitteistossa, minkä aikana toimeksiantaja totesi logiikkaohjelman täyttävän vaatimukset ja toimivan oikein. Logiikkaohjelmaa ei ole testattu kohteen laitteistossa, vaan toimeksiantajan omassa testilaitteistossa, joten on mahdollisia ongelmia, joita voi ilmetä kohteessa, kuten uuden GSM-ohjelman mahdollisia kirjoituksia muun ohjelman muistialueille, mitä ei välttämättä huomattu GSM-ohjelman ollessa testilaitteistossa.

Toimeksiantaja on tyytyväinen uuteen GSM-logiikkaohjelmaan, vaikka ohjelmaa ei ole pystytty testaamaan kohteessa. Työn tekemisessä käytetty ALPro EIL -ohjelmointikieli oli helppo oppia, minkä avulla vanhempia ohjelmia pystyttiin ymmärtämään nopeasti.

Logiikkaohjelman tekemisessä huomattiin, että logiikkaohjelman koodi ei ole paras mahdollinen. Ohjelmassa viestin sisällön tunnistuksen askeleesta koodi jakautuu kolmeen samanlaiseen askelsarjaan toistaen logiikkaohjelman koodia. Nämä askeleet olisi voinut yhdistää yhdeksi askelsarjaksi, jossa tiettyyn ohjausviestiin liittyvää koodia sallitaan muistibittien avulla. Tällä tavoin GSM-etäohjauksen koodia ei olisi tarvinnut toistaa.

Logiikkaohjelman mahdolliset rajoitukset ovat tietoturvaan, ohjelman kokoon, ohjelmakiertoaikaan ja testaukseen liittyviä. Tietoturvaan liittyviä rajoituksia ovat puhelinnumeron tunnistus, väärennetyn SIM-kortin käyttö tai puhelimen katoaminen. Ohjelman kokoon liittyvä rajoitus ovat tekstivakioiden harva käyttö ja ohjelmakiertoaikaan

liittyvä rajoitus on aliohjelmien harva käyttö. Testaukseen liittyvä rajoitus on se, että uutta GSM-ohjelmaa ei pystytty testaamaan Siuron laitteistossa.

Tietoturvan puolelta puhelinnumero tunnistaa käyttäjän neljän numeron perusteella ja täten yhdelle käyttäjälle on useita puhelinnumeroja. Täten jokin muu numero voi mahdollisesti päästä ohjaamaan kohdetta, vaikka GSM-ohjelman vastaukset tulevat oikeaan puhelinnumeroon.

Väärennetty SIM-kortti on myös tietoturvariski, koska logiikan antamat vastaukset saattavat tulla joko oikean puhelinnumeron sijaan tai lisäksi mahdolliselle kaappajalle. Edelleen tietoturvariskinä on puhelimen katoaminen, jolloin mahdollinen löytäjä pystyisi ohjauksen lisäksi tietämään GSM-ohjelman ohjauksien viestit.

Logiikkaohjelman kokoa pystyttäisiin lyhentämään korvaamalla mahdollisimman monta 'PRT ("asd")' -komentoa 'PRT (TX ASD)' -komennoilla, mikä käyttäisi vähemmän komentoriveille varattua muistialuetta. Ohjelmakiertoajan rajoittava tekijä on aliohjelmien pieni käyttö. Ohjelman aliohjelmarakennetta olisi syytä vielä tarkastella kriittisesti. Aliohjelmien sisällä olevat komennot suoritetaan vain tarvittaessa, mikä lyhentäisi ohjelmakiertoaika.

Viimeinen ja mahdollisesti suurin rajoittava tekijä on se, että logiikkaohjelmaa ei pystytty testaamaan kohteen laitteistossa. Tämän takia opinnäytetyössä tehdyn ohjelman virheettömyyttä ei pystytä takaamaan.

Logiikkaohjelmaa pystytään aikomusten mukaisesti hyödyntämään Siuron vesivoimalaitoksessa ja myöhemmin tulevilla projekteilla, joissa on sarjaportilla varustettu GSM-modeemi ja AutoLog<sup>®</sup>-logiikka, kuten AL2000. GSM-ohjelman ja GSM-modeemin välisen kommunikoinnin koodia pystytään myös käyttämään muissa projekteissa, joissa tarvitaan tietoa GSM-modeemin kanssa kommunikoinnissa.

Opinnäytetyön lopputulosta voidaan myöhemmin testata kohteessa ja korjata ongelmat niiden ilmestyessä. Testauksen jälkeen pystytään tekemään logiikkaohjelman uudesta GSM-ohjauksesta käyttöohje toimeksiantajan asiakasta varten ja tarvittaessa lisäämään tai muokkaamaan ohjelman osia toimeksiantajan tarpeiden mukaan. Vii-



meisenä voidaan tehdä GSM-ohjelmasta lyhyempi korvaamalla 'PRT ("asd")' -komentoja 'PRT (TX ASD)' -komennoilla tai nopeampi katsomalla ohjelmasta koodia, joita pystytään suorittamaan aliohjelmina.

## Lähteet

- AL 2000S/P User Guide AL2000S V9941 System Program v. 3.07. 2000. Käyttöohje. FF-Automation Oy. Viitattu 5.5.2017. [http://www.ff-automation.com/download/Documents/English/AutoLog\\_Manuals/Man%20Al2000\\_eng.pdf](http://www.ff-automation.com/download/Documents/English/AutoLog_Manuals/Man%20Al2000_eng.pdf)
- AT commands interface. 1999. Käyttöohje. WaveCom. Viitattu 5.5.2017. [http://www.ozeki.hu/attachments/588/wavecom\\_command.pdf](http://www.ozeki.hu/attachments/588/wavecom_command.pdf)
- AT commands. N.d. Artikkel. ActivExperts. Viitattu 5.5.2017. <http://www.activexperts.com/sms-component/at/>
- AT+CMGS - Send SMS Command in Text Mode. N.d. Ohje. Diafaan. Viitattu 5.5.2017. <https://www.diafaan.com/sms-tutorials/gsm-modem-tutorial/at-cmgs-text-mode/>
- AutoLog 2000S. N.d. Tuote-esite. FF-Automation Oy. Viitattu 5.5.2017. <http://www.ff-automation.com/products/al2000s.shtml>
- AutoLog® PLC - Product Family. N.d. Tuote-esite. FF-Automation Oy. Viitattu 5.5.2017. [http://www.ff-automation.com/products/plc-programmable-logic-controller\\_fi.shtml](http://www.ff-automation.com/products/plc-programmable-logic-controller_fi.shtml)
- Ayabe, B., Chandler, S. & Mizikovskiy, S. 2000. Short message service. Patentti (US 6141550 A). Google. Viitattu 5.5.2017. <https://www.google.com/patents/US6141550>
- Basics of automating outgoing phone calls using a GSM modem and a computer. N.d. Ohje. ActivExperts. Viitattu 8.5.2017. <http://www.activexperts.com/serial-port-component/tutorials/gsm-dial/>
- Beal, V. N.d. Modem. Artikkel. Webopedia. Viitattu 5.5.2017. <http://www.webopedia.com/TERM/M/modem.html>
- Bellis, M. 2016. Modem History. Artikkel. ThoughtCo. Viitattu 5.5.2017. <https://www.thoughtco.com/history-of-the-modem-4077013>
- Cellular History. N.d. Artikkel. ETSI. Viitattu 5.5.2017. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/past-work/cellular-history>
- Choose a GSM Modem. N.d. Artikkel. Diafaan. Viitattu 5.5.2017. <https://www.diafaan.com/how-to/choose-gsm-modem/>
- Clark, A. 2006. Echo in Voice over IP systems. Artikkel. TMCnet. Viitattu 5.5.2017. <http://www.tmcnet.com/news/2006/01/27/1320637.htm>
- Command and Data modes (modem). N.d. Artikkel. Wikipedia. Viitattu 17.5.2017. [https://en.wikipedia.org/wiki/Command\\_and\\_Data\\_modes\\_\(modem\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Command_and_Data_modes_(modem))
- Echo Cancellation. N.d. Artikkel. Internet Archive Wayback Machine. Viitattu 5.5.2017. [https://web.archive.org/web/20090520124942/http://www.iec.org/online/tutorials/echo\\_cancel/topic01.asp](https://web.archive.org/web/20090520124942/http://www.iec.org/online/tutorials/echo_cancel/topic01.asp)

- Edwards, B. 2011. Modems: 60 years of hooking up. Artikkel. Macworld. Viitattu 5.5.2017. <http://www.macworld.com/article/1157694/modems.html>
- Fastrack M1306B User Guide. 2006. Käyttöohje. WaveCom. Viitattu 5.5.2017. [http://www.puntofotante.net/Fastrack\\_M1306B\\_User\\_Guide\\_rev003.pdf](http://www.puntofotante.net/Fastrack_M1306B_User_Guide_rev003.pdf)
- FF-Automation Oy - Yrityksen historia. N.d. Artikkel. FF-Automation Oy. Viitattu 5.5.2017. [http://www.ff-automation.com/home\\_history\\_fi.shtml](http://www.ff-automation.com/home_history_fi.shtml)
- General Packet Radio Service (GPRS). N.d. Artikkel. ETSI. Viitattu 5.5.2017. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/gprs>
- Glass, B. 1998. Re: 1+2=3, +++ATH0=Old school DoS. Keskustelu. Seclists.org. Viitattu 8.5.2017. <http://seclists.org/bugtraq/1998/Sep/193>
- GSM: Global System for Mobile Communications. N.d. Artikkel. Internet Archive Wayback Machine. Viitattu 5.5.2017. <http://web.archive.org/web/20141222125926/http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=242>
- Halonen, T., Romero, J. & Melero, J. 2004. GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS (Second Edition). Kirja. WILEY. Viitattu 5.5.2017. <https://books.google.fi/books?id=cgAroFIOyZIC>
- Hanzo, L., Ng, S., Keller, T. & Webb, W. N.d. Quadrature Amplitude Modulation: From Basics to Adaptive Trellis-Coded, Turbo-equalised and Space-Time Coded OFDM, CDMA and MC-CDMA Systems. Raportti (osa). University of Southampton. Viitattu 5.5.2017. [https://eprints.soton.ac.uk/260296/1/QAM3-chaps\\_1-22-24.pdf](https://eprints.soton.ac.uk/260296/1/QAM3-chaps_1-22-24.pdf)
- Hayes Improved Escape Sequence with Guard Time. N.d. Ohje. Home site of Vladimir Kurtukov. Viitattu 17.5.2017. <http://old.vk.pp.ru/docs/hayes/00000016.htm>
- Hayes Microcomputer Products, Inc.. 1981. Artikkel. Computerworld. Viitattu 5.5.2017. <https://books.google.com/books?id=KbM9-s49yCMC&pg=RA1-PA42>
- Hayes Press Release: High-Density Rack Communications System. 1992. Arkistoitu mainos. Hayes Microcomputer Products, Inc. Viitattu 8.5.2017. <https://groups.google.com/forum/#!topic/comp.dcom.modems/Vr2aXl8jU6g>
- Hoffman, C. 2015. What's the Difference Between a Modem and a Router?. Artikkel. How-To Geek. Viitattu 5.5.2017. <https://www.howtogeek.com/234233/whats-the-difference-between-a-modem-and-a-router/>
- Introduction to Serial Communications. N.d. Artikkel. TALtech. Viitattu 5.5.2017. [http://www.taltech.com/datacollection/articles/serial\\_intro](http://www.taltech.com/datacollection/articles/serial_intro)
- Milian, M. 2009. Why text messages are limited to 160 characters. Artikkel. LA Times. Viitattu 5.5.2017. <http://latimesblogs.latimes.com/technology/2009/05/invented-text-messaging.html>
- Mobile technologies GSM. N.d. Artikkel. ETSI. Viitattu 5.5.2017. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/gsm>

Oxford, T. 2009. Getting connected: a history of modems. Artikkele. Techradar. Viitattu 5.5.2017. <http://www.techradar.com/news/internet/getting-connected-a-history-of-modems-657479>

Phone, L. 2015. Radio Resource Allocation for Global System for Mobile Communications. PowerPoint. National Taiwan University. Viitattu 5.5.2017. [http://www.pcs.csie.ntu.edu.tw/views/courses/performance/2015/Radio\\_Resource\\_management\\_Simplified.pdf](http://www.pcs.csie.ntu.edu.tw/views/courses/performance/2015/Radio_Resource_management_Simplified.pdf)

Receiving SMS messages using AT commands. N.d. Ohje. SMSSolutions. Viitattu 5.5.2017. <http://www.smssolutions.net/tutorials/gsm/receivesmsat/>

Report Says that SMS is Not Ideal for Emergency Communications. 2008. Artikkele. Cellular News. Viitattu 5.5.2017. <http://www.cellular-news.com/story/33684.php>

Section 1: History of the AT Command Set. N.d. Artikkele. Sivuston ylläpitäjänä Frank Durda IV. Viitattu 5.5.2017. <http://nemesis.lonestar.org/reference/telecom/modems/at/history.html>

Section 2: The AT Command Set Summary and Syntax. N.d. Artikkele. Sivuston ylläpitäjänä Frank Durda IV. Viitattu 5.5.2017. <http://nemesis.lonestar.org/reference/telecom/modems/at/summary-at.html>

Send SMS using AT commands. N.d. Ohje. SMSSolutions. Viitattu 5.5.2017. <http://www.smssolutions.net/tutorials/gsm/sendsmsat/>

Studholme, J. N.d. Understanding RS232 Serial Port Communication. Artikkele. Windmill Software Ltd. Viitattu 5.5.2017. <http://www.windmill.co.uk/rs232-communication.html>

Taivanen, P. 2013. GSM-verkon kautta tapahtuvan laiteohjauksen tekniikka. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 11.5.2017. <https://www.theseus.fi/handle/10024/56834>

The Modem of Dennis Hayes and Dale Heatherington. N.d. Artikkele. History of COMPUTERS. Viitattu 5.5.2017. <http://history-computer.com/ModernComputer/Basis/modem.html>

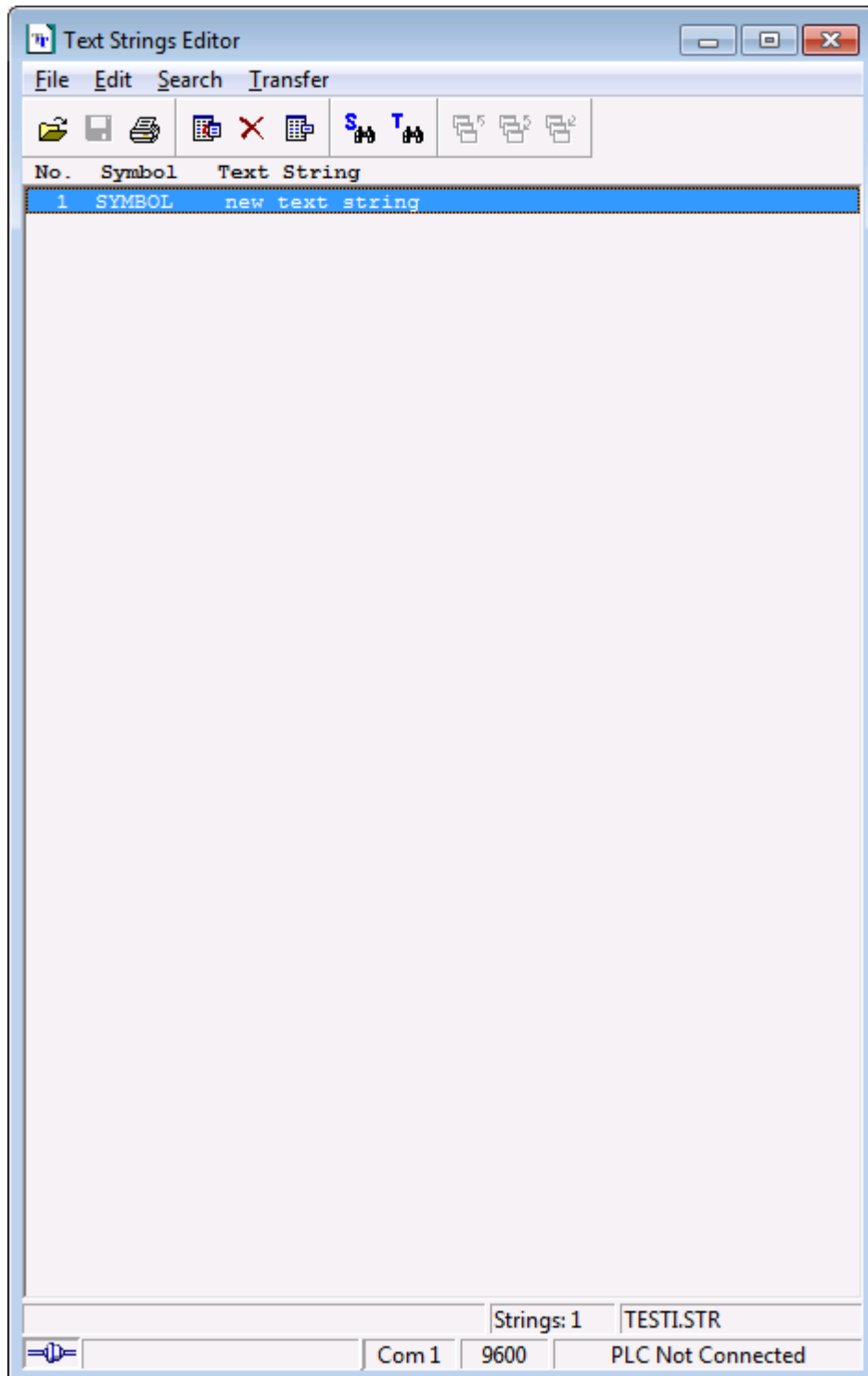
Trellis-Coded Modulation. N.d. Nettikurssi. Invocom. Viitattu 5.5.2017. [http://www.invocom.et.put.poznan.pl/~invocom/C/P1-7/en/P1-7/p1-7\\_7\\_1.htm](http://www.invocom.et.put.poznan.pl/~invocom/C/P1-7/en/P1-7/p1-7_7_1.htm)

Tutorial :: Using AT commands to Send and Receive SMS. 2009. Ohje. Luckystar's opinions. Viitattu 5.5.2017. <https://oldlight.wordpress.com/2009/06/16/tutorial-using-at-commands-to-send-and-receive-sms/>

What is a GSM Modem? (or GPRS Modem? or 3G Modem?). N.d. Artikkele. NowSMS. Viitattu 5.5.2017. <https://www.nowsms.com/faq/what-is-a-gsm-modem>

## Liitteet

### 1. ALProWin Text Strings -ikkuna

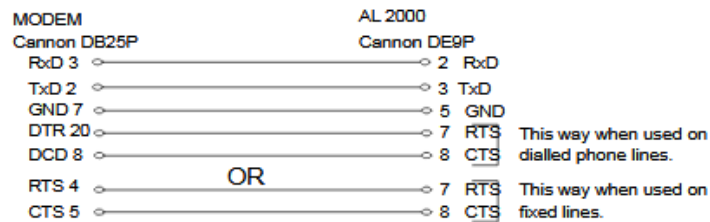
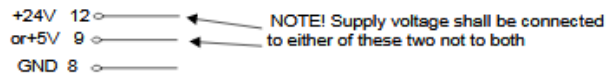
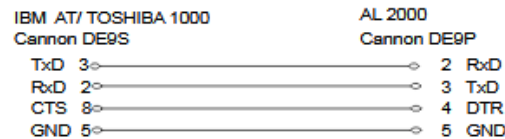
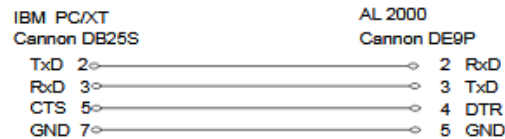


## 2. Ote AL2000-manuaalista

**14. CABLES AND COMMUNICATION TIME SHEET****14.1 Cables**

Cables required for connecting a PC to the AL2000 and for SER1 and SER2 interfaces:

Pin	Signal	Pin	Signal
1	+4V max. 20 mA / DCD (selectable)	6	DSR
2	RXD data to the AL2000	7	RTS
3	TXD data from the AL2000	8	CTS
4	DTR +12V from AL2000	9	RI
5	GND		



## 3. Ote WaveCom Fastrack M1306B-modeemin käyttöohjeesta


**Fastrack M1306B User Guide**  
 General Presentation

Table 2: Sub HD 15-pin connector description

Pin #	Signal (CCITT / EIA)	I/O	I/O type	Description	Comment
1	CDCD/CT109	O	STANDARD RS232	RS232 Data Carrier Detect	
2	CTXD/CT103	I	STANDARD RS232	RS232 Transmit serial data	
3	BOOT	I	CMOS	Boot	This signal must not be connected. Its use is strictly reserved to Wavecom or competent retailers.
4	CMIC2P	I	Analog	Microphone positive line	
5	CMIC2N	I	Analog	Microphone negative line	
6	CRXD/CT104	O	STANDARD RS232	RS232 Receive serial data	
7	CDSR/CT107	O	STANDARD RS232	RS232 Data Set Ready	
8	CDTR/CT108-2	I	STANDARD RS232	RS232 Data Terminal Ready	
9	GND	-	GND	Ground	
10	CSPK2P	O	Analog	Speaker positive line	
11	CCTS/CT106	O	STANDARD RS232	RS232 Clear To Send	
12	CRTS/CT105	I	STANDARD RS232	RS232 Request To Send	
13	CRI/CT125	O	STANDARD RS232	RS232 Ring Indicator	
14	RESET	I/O	Schmitt	Wireless CPU® reset	Active low
15	CSPK2N	O	Analog	Speaker negative line	

#### 4. Sarjaportti, 'CMTI' luku, 'AT+CMGR', 'CMGR' luku (GSM versio 1).

; ETAOHJAUS ALKAA PERUSASKELEESTA

PRT C 1

```

IF S 40 ; ETSITAAN "CMTI" MERKKEJA PAIKOISTA R GM 21-24 / "CMTI" = TULI VIESTI
STR R GM 21
EQU R C 67 ; "C"
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 22
EQU R C 77 ; "M"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 23
EQU R C 84 ; "T"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 24
EQU R C 73 ; "I"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STEP S 110
CONT

```

```

IF S 110
PRT ("AT+CMGR=1")
PRT T "#"; PYYDETAAN MODEEMILTA VIESTIN 1 SISALTOA
STEP S 111 ; S 111 = "CMGR" ETSINTA
CONT

```

```

IF S 111 ; ETSITAAN "CMGR" MERKKEJA PAIKOISTA R GM 21-24 / "CMGR" = VIESTI TUOTU
STR R GM 21
EQU R C 67 ; "C"
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 22
EQU R C 77 ; "M"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 23
EQU R C 71 ; "G"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 24
EQU R C 82 ; "R"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STEP S 113
NEXT S 111 020
CONT

```



## 5. KT1-2 tunnistus (GSM etäohjaus ohjelman versio 1)

STR S 112  
STEP S 113

IF S 113 ; PUH.NUMERON NELJÄN VIIIMEISEN NUMERON TUNNISTUS TEKSTIVIESTISTA  
; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52  
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57  
; ██████████

STR R GM 50  
EQU R C █████ ; █████  
EQ M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
STR R GM 51  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
EQ M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
STR R GM 52  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
EQ M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
STR R GM 53  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
EQ M 14 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT1  
AND NM 18 ; GSM\_ETAOHJAUS- AJASTIN TILA  
EQ SM 10 ; GSM\_ETAOHJAUS- LUPA\_KT1

; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52  
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57  
; ██████████

STR R GM 50  
EQU R C █████ ; █████  
EQ M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
STR R GM 51  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
EQ M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
STR R GM 52  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
EQ M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
STR R GM 53  
EQU R C █████ ; █████  
AND M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
EQ M 15 ; GSM\_ETAOHJAUS- KUKA\_KT2  
AND NM 18 ; GSM\_ETAOHJAUS- AJASTIN TILA  
EQ SM 11 ; GSM\_ETAOHJAUS- LUPA\_KT2

## 6. KT3-4 tunnistus, tuntematon käyttäjä (GSM versio 1)

```

; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57
; ██████████
STR R GM 50
EQU R C ██████████ ; ██████████
EQ M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
STR R GM 51
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
EQ M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
STR R GM 52
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
EQ M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
STR R GM 53
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
EQ M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
AND NM 18 ; GSM_ETAOHJAUS- AJASTIN TILA
EQ SM 12 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT3

; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57
; ██████████
STR R GM 50
EQU R C ██████████ ; ██████████
EQ M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
STR R GM 51
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
EQ M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
STR R GM 52
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
EQ M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
STR R GM 53
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
EQ M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
AND NM 18 ; GSM_ETAOHJAUS- AJASTIN TILA
EQ SM 13 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT4

STR M 14 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT1
OR M 15 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT2
OR M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
OR M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
STEP S 114 ; TUNNISTA VIESTI, MIKALI LAHETTAJA ON TUNNISTETTU.
INV
STEP S 136 ; POISTA VIESTI, MIKALI LAHETTAJA EI OLE KUKAAN SALLITTU.
CONT

```

## 7. Viestin sisällön tunnistus (GSM etäohjaus ohjelman versio 1)

```

IF S 114
██████████
STR R GM 81
EQU R C ██████████
EQ M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 82
EQU R C ██████████
AND M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 83
EQU R C ██████████
AND M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 84
EQU R C ██████████
AND M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 85
EQU R C ██████████
AND M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ SM 18
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- AIKARAJAN TILA
STEP S 115
██████████ ; JOS ██████████ LOYTYI, SIIRRY ASKELEESEEN 115.

; ██████████
STR R GM 86
EQU R C ██████████
AND M 0
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STEP S 121
██████████ ; JOS ██████████ LOYTYI, SIIRRY ASKELEESEEN 121.

; ██████████
STR R GM 81
EQU R C ██████████
EQ M 1
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 82
EQU R C ██████████
AND M 1
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 1
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 83
EQU R C ██████████
AND M 1
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 1
██████████ ; GSM_ETAOHJAUS- OLIKO VIESTI ██████████
STEP S 128
██████████ ; JOS LOYTYY JOKO ██████████ NIIN MENNAAN ASKELEESEEN 128.

```

## 8. Viestin sisällön tunnistus, lupien selvitys (GSM versio 1)

```

; ██████████
STR R GM 81
EQU R C ██████████ ; ██████████
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 82
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 83
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 84
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 85
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 86
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STR R GM 87
EQU R C ██████████ ; ██████████
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- VALIMUISTI
STEP S 128 ; JOS LOYTYY JOKO ██████████, NIIN MENNAAN ASKELEESEEN 128.

; JOKIN MUU VIESTITYYPPI
STR S 114
STEP S 136 ; JOS ON YHA ASKELEESSA 114, SIIRRY ASKELEESEEN 136 (POISTA VIESTI).

STR M 14 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT1
AND M 10 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT1
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1 LUPA?
STR M 15 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT2
AND M 11 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT2
OR M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1 LUPA?
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1 TAI 2 LUPA?
STR M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
AND M 12 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT3
OR M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1 TAI 2 LUPA?
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1, 2 TAI 3 LUPA?
STR M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
AND M 13 ; GSM_ETAOHJAUS- LUPA_KT4
OR M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1, 2 TAI 3 LUPA?
EQ M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA 1, 2, 3 TAI 4 LUPA?
CONT

```

## 9. Numeron valitseminen, generaattorin valitseminen (GSM versio 1)

```

IF S 121
STR C 1
PRT ("AT+CMGS=+358")
STR M 14 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT1
PRT ("██████████",<13>)
STR M 15 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT2
PRT ("██████████",<13>)
STR M 16 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT3
PRT ("██████████",<13>)
STR M 17 ; GSM_ETAOHJAUS- KUKA_KT4
PRT ("██████████",<13>)

STR C 1
STR R GM 87
EQ R SM 21 ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO

EQU R C 49 ; "1"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM 37 ; GSM_ETAOHJAUS- G1 VALITTU
INV
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM 37 ; GSM_ETAOHJAUS- G1 VALITTU

EQU R C 50 ; "2"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM 38 ; GSM_ETAOHJAUS- G2 VALITTU
INV
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM 38 ; GSM_ETAOHJAUS- G2 VALITTU

EQU R C 51 ; "3"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM 39 ; GSM_ETAOHJAUS- G3 VALITTU
INV
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM 39 ; GSM_ETAOHJAUS- G3 VALITTU

EQU R C 52 ; "4"
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM 40 ; GSM_ETAOHJAUS- G4 VALITTU
INV
AND M 0 ; GSM_ETAOHJAUS- ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM 40 ; GSM_ETAOHJAUS- G4 VALITTU

STR C 1
STEP S 122
CONT|

```

## 10. Ohjauksen etsiminen (GSM etäohjaus ohjelma versio 1)

```

STR S 128
AND NM 1                                ; GSM_ETAOHJAUS- OLIKO VIESTI █████
IF T
STR R GM 88
AND R C 15                               ; 15 = 00001111
MUL R C 10
BCD R T
EQ R M 21                                ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
STR R GM 89
AND R C 15                               ; 15 = 00001111
OR R M 21                                ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
EQ R M 21                                ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
CONT

STR S 128
AND M 1                                  ; GSM_ETAOHJAUS- OLIKO VIESTI █████
IF T
STR R GM 84
AND R C 15                               ; 15 = 00001111
MUL R C 10
BCD R T
EQ R M 21                                ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
STR R GM 85
AND R C 15                               ; 15 = 00001111
OR R M 21                                ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
EQ R SM 21                               ; GSM_ETAOHJAUS- OHJAUSTIETO
CONT

STR S 128
STEP S 129

```

## 11. KT1-2 tunnistus (GSM etäohjaus ohjelma versio 2)

```

IF S 112                ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - NUMERON TUNNISTUS
; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57
; ██████████
STR R GM 50            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
EQ M GSM_KT1_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
STR R GM 51            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT1_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
EQ M GSM_KT1_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
STR R GM 52            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT1_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
EQ M GSM_KT1_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
STR R GM 53            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT1_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
EQ M GSM_KT1_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT1
AND NM 165            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN TILA (0 = SEIS)
EQ SM GSM_KT1_LUPA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT1

; "0" = 48 ; "1" = 49 ; "2" = 50 ; "3" = 51 ; "4" = 52
; "5" = 53 ; "6" = 54 ; "7" = 55 ; "8" = 56 ; "9" = 57
; ██████████
STR R GM 50            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
EQ M GSM_KT2_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
STR R GM 51            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT2_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
EQ M GSM_KT2_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
STR R GM 52            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT2_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
EQ M GSM_KT2_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
STR R GM 53            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQU R C ██████        ; ██████
AND M GSM_KT2_KUKA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
EQ M GSM_KT2_KUKA     ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - KUKA_KT2
AND NM 165            ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTIN TILA (0 = SEIS)
EQ SM GSM_KT2_LUPA    ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUPA_KT2

```





## 13. Numeron valitseminen, generaattorin valitseminen (GSM versio 2)

```

IF S 121          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PUH. NUMERON VALINTA (TARKKA KYSELY)
STR C 1
PRT ("AT+CMGS=[REDACTED]")
STR M GSM_KT1_KUKA          ; SUBROUTINES.PRG - KUKA_KT1
PRT (" [REDACTED] ",<CR>)
STR M GSM_KT2_KUKA          ; SUBROUTINES.PRG - KUKA_KT2
PRT (" [REDACTED] ",<CR>)
STR M GSM_KT3_KUKA          ; SUBROUTINES.PRG - KUKA_KT3
PRT (" [REDACTED] ",<CR>)
STR M GSM_KT4_KUKA          ; SUBROUTINES.PRG - KUKA_KT4
PRT (" [REDACTED] ",<CR>)

STR R GM 87          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - LUKU
EQ R GM 001          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO

EQU R C 49          ; "1"
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM GSM_G1_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
INV
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM GSM_G1_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU

EQU R C 50          ; "2"
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM GSM_G2_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
INV
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM GSM_G2_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU

EQU R C 51          ; "3"
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM GSM_G3_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
INV
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM GSM_G3_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU

EQU R C 52          ; "4"
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ SM GSM_G4_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 VALITTU
INV
AND M 162           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
EQ RM GSM_G4_VALITTU          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 VALITTU

STR C 1
STEP S 122          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ODOTA ">" MERKKIA.
CONT

```

## 14. G1-4 ohjaus (GSM etäohjaus ohjelma versio 2)

```

STR S 129 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUksen TEKEMINEN
AND NM GSM_G4_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 VALITTU
AND NM 163 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OLIKO VIESTI ██████████
AND M 162 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
IF T
STR R GM 001 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO (BIN MUODOSSA, MAX 99)
EQ R SM 011 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
EQ R RM 010 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
STR W M 005 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - APUSANA (W M 005 = R M 010-011)
MUL W C 10
GRT W C 500
EQ M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO ALLE 50%?

; G1 OHJAUS
STR M GSM_G1_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO ALLE 50%?
EQ M GSM_G1_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 STOP

LES W M 111 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G1_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G1_Teho_YLOS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO YLOS
GRT W M 111 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G1_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G1_Teho_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO ALAS

STR M GSM_G1_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 VALITTU
EQ W SM 11 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKKEEN ASETUSARVO

; G2 OHJAUS
STR M GSM_G2_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO ALLE 50%?
EQ M GSM_G2_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 STOP

LES W M 112 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G2_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G2_Teho_YLOS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO YLOS
GRT W M 112 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G2_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G2_Teho_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO ALAS

STR M GSM_G2_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 VALITTU
EQ W SM 12 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKKEEN ASETUSARVO

; G3 OHJAUS
STR M GSM_G3_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
AND M TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO ALLE 50%?
EQ M GSM_G3_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 STOP

LES W M 113 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G3_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G3_Teho_YLOS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO YLOS
GRT W M 113 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKKEEN ASEMA %
AND M GSM_G3_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
AND NM TEMP_1 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO YLI 50%?
EQ M GSM_G3_Teho_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO ALAS

STR M GSM_G3_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 VALITTU
EQ W SM 13 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKKEEN ASETUSARVO
CONT

; G4 OHJAUS
STR S 129 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUksen TEKEMINEN
AND M GSM_G4_VALITTU ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 VALITTU
AND M 163 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OLIKO VIESTI ██████████
AND M 162 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - ONKO KAYTTAJALLA LUPA?
IF T ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 OHJAUS
STR R GM 001 ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - OHJAUSARVO
EQU R C 1
EQ SM GSM_G4_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 START
EQ RM GSM_G4_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 STOP
INV
EQ RM GSM_G4_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 START
EQ SM GSM_G4_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 STOP
CONT

```

## 15. G1-4 Start/Stop reset (GSM etäohjaus ohjelma versio 2)

```

STR GM 95          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 JARRU KIINNI
AND NG 96          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 JARRU EI AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G1_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 STOP
STR GM 97          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 JARRU KIINNI
AND NG 98          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 JARRU EI AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G2_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 STOP
STR GM 99          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 JARRU KIINNI
AND NG 100         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 JARRU EI AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G3_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 STOP
STR NM 140         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 EI KAY
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G4_STOP ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 STOP

STR NG 95          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 JARRU EI KIINNI
AND GM 96          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 JARRU AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G1_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 START
STR NG 97          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 JARRU EI KIINNI
AND GM 98          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 JARRU AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G2_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 START
STR NG 99          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 JARRU EI KIINNI
AND GM 100         ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 JARRU AUKI
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G3_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 START
STR M 140          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 KAY
OR I 1.16          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G4_START ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G4 START

```

## 16. G1-3 teho-ohjaus reset (GSM etäohjauksen ohjelma versio 2)

```

STR C 0
STR W M 111          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKE ASEMA MAX 1000
MIN W M 11          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKE ASETUSARVO
IF T
STR C 0
STR W M 11          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKE ASETUSARVO
MIN W M 111        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 SUULAKE ASEMA MAX 1000
CONT
GRT W C 25          ; 2,5%
OR I 1.16           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G1_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G1_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G1 TEHO YLOS

STR C 0
STR W M 112          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKE ASEMA MAX 1000
MIN W M 12          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKE ASETUSARVO
IF T
STR C 0
STR W M 12          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKE ASETUSARVO
MIN W M 112        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 SUULAKE ASEMA MAX 1000
CONT
GRT W C 25          ; 2,5%
OR I 1.16           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G2_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G2_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G2 TEHO YLOS

STR C 0
STR W M 113          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKE ASEMA MAX 1000
MIN W M 13          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKE ASETUSARVO
IF T
STR C 0
STR W M 13          ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKE ASETUSARVO
MIN W M 113        ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 SUULAKE ASEMA MAX 1000
CONT
GRT W C 25          ; 2,5%
OR I 1.16           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - PÄÄTETILASSA
OR NM 165           ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - AJASTINTILA 0 = POIS
EQ RM GSM_G3_TEHO_ALAS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO ALAS
EQ RM GSM_G3_TEHO_YLÖS ; GSM_ETAOHJAUS.PRG - G3 TEHO YLOS

```