



Jaakko Kangas

LANGATTOMAN MITTALAITTEEN SUUNNITTELU, TESTILAITTEEN TOTEUTUS JA TOIMINNAN TESTAUS

LANGATTOMAN MITTALAITTEEN SUUNNITTELU, TESTILAITTEEN TOTEUTUS JA TOIMINNAN TESTAUS

Jaakko Kangas
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka, projektointi

Tekijä(t): Jaakko Kangas

Opinnäytetyön nimi: Langattoman mittalaitteen suunnittelu, testilaitteen toteutus ja toiminnan testaus

Työn ohjaaja(t): Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2012

Sivumäärä: 42 + 3 liitettä

Tämä opinnäytetyö käsittelee langattoman mittalaitteen suunnittelua. Työn tilaajana toimi Protacon Oy. Tavoitteena oli saada suunniteltua langaton mittalaite, joka pystyy lähettämään langattomasti mittalaitteeseen kytkettyjen antureiden informaation yläpuhelimeen. Työhön kuului myös testilaitteen toteutus sekä sen toiminnan testaus.

Työssä suunniteltiin ja toteutettiin langaton mittalaite, joka hyödyntää erilaisia tiedonsiirtoprotokollia. Toteutettu mittalaite pystyy kommunikoimaan älypuhelimien kanssa sekä lähettämään mittaustiedot älypuhelimien avulla FuteControl-järjestelmään. Työn edetessä laitteesta suunniteltiin ja koottiin testilaite, jonka avulla voitiin testata suunniteltua laitetta sekä laitteeseen liittyvää järjestelmää.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin aikataulussa. Työn aikana saatiin toteutettua langaton mittalaite, joka pystyy kommunikoimaan älypuhelimien kanssa hyödyntäen Bluetooth-protokollaa. Langaton mittalaite ja siihen kuuluva järjestelmä on helppo ja edullinen tapa toteuttaa langaton mittaussysteemä vaikeisiin kohteisiin.

Asiasanat: Bluetooth, mittaussysteemä, langattomuus, I2C

ALKULAUSE

Tässä opinnäytetyössä tilaajana toimi Protacon Oy ja tilaajan yhteyshenkilönä toimi Matti Leino. Työtä ohjasi automaatiotekniikan koulutusohjelman lehtori Tero Hietanen Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksiköstä.

Tahtoisin kiittää koko Protacon Oy Oulun toimiston henkilökuntaa heidän antamastaan tuesta opinnäytetyön tekemisessä. Erityiskiitokset kuuluvat Protacon Oy:n Timo Ukuralle sekä Matti Leinolle, joiden neuvoista oli korvaamaton apu. Kiitokset kuuluvat myös Tero Hietaselle opinnäytetyön sisällön ohjauksesta ja kielenohjauksesta viestinnän opettaja Pirjo Partaselle.

Oulussa 5.5.2012

Jaakko Kangas

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	5
TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 LANGATTOMAN MITTALAITTEEN HALLINTAJÄRJESTELMÄ	8
3 TIEDONSIIRTO	10
3.1 Bluetooth	10
3.2 I2C-väylä	11
3.3 RS-232	12
4 LANGATON MITTALAITE (MIPU)	15
5 LANGATTOMAN MITTALAITTEEN KOMPONENTIT	16
6 SUUNNITTELUYÖN KULKU	17
7 TULOSTEN TARKASTELU	18
8 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22

TERMIT JA LYHENTEET

3G	Third generation, Kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia.
A/D	Analog to Digital
bd	Baudrate, sarjanopeus
Bitti	Bit, eli Binary digit
DB	Database, tietokanta
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Groupe Spécial Mobile
Master	Isäntälaitte, joka osaa lähettää sekä vastaanottaa tietoa väylällä.
PIC	Peripheral Interface Controller
Slave	Orjalaite, joka osaa vain vastaanottaa tietoa väylällä.
SDA	Serial data line, Sarjamuotoinen tiedonsiirtolinja
RS-232	Recommended Standard, sarjaliitäntä.

1 JOHDANTO

Protacon Oy kuuluu Protacon Group konserniin, joka on suomalainen teknologia-alan suunnittelu- ja palveluryhmä. Se tuottaa ratkaisuja projektointiin, tuotannon sekä ylläpidon tarpeisiin. Protacon Groupin palveluihin kuuluvat konsultointi, suunnittelu, toteutus sekä ylläpito. Toimintaa konsernilla on Suomessa kymmenellä paikkakunnalla ja se työllistää noin 180 henkilöä. Sen asiakkaisiin kuuluvat energia-, metsä- ja konepajateollisuuden sekä infrastruktuurialojen yritykset. Protacon Groupin arvot perustuvat rehellisyyteen, vastuullisuuteen, joustavuuteen sekä kannattavuuteen. (1.)

Protacon Oy tuottaa teollisuuden prosessin, automaation ja sähköistyksen kokonaisratkaisuja. Lisäksi se toimittaa suunnittelu- ja asiantuntijapalveluita. Toiminta kattaa palvelut tarvemäärittelystä investointilaskelmiin ja kokonaisvaltaiseen suunnitteluun. (2.)

Protacon Oy tarjosi mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön langattoman mittalaitteen suunnittelusta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella mittalaite, jolla saadaan langattomasti siirrettyä mittaustietoa mittausantureilta päätelaitteeseen. Päätelaitteena tässä tapauksessa toimii älypuhelin. Mittalaitteen piti pysyä lähettämään virtaviestillä toimivien antureiden tuottama informaatio Bluetoothin avulla älypuhelimelle, jonka kautta tiedot voidaan edelleen lähettää Protaconin FuteControl-järjestelmään.

Tämä opinnäytetyö keskittyy vain langattomaan mittalaitteeseen ja sen suunnitteluun. Opinnäytetyössä käydään läpi mittalaitteen suunnitteluun, toteutukseen sekä testaukseen kuuluvat eri työvaiheet ja niiden toteutukset. Tekstissä käydään myös läpi mittalaitteessa käytettäviä tiedonsiirtoprotokollia.

Muut mittalaitteen järjestelmän osat tai älypuhelinsovellus eivät kuuluneet opinnäytetyön piiriin. Siksi niistä kerrotaan vain mittalaitteen ja sen järjestelmän ymmärtämisen kannalta oleellinen tieto.

2 LANGATTOMAN MITTALAITTEEN HALLINTAJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyössä tehty mittalaite on osana suurempaa järjestelmää jolla voidaan toteuttaa langaton mitta-antureiden lukeminen. Mittalaite yksistään ei osaa toimia aktiivisesti, vaan se tarvitsee ulkoisen laitteen, jolla lähetetään halutut komennot mittalaitteelle. Tällaisena laitteena voi toimia esimerkiksi älypuhelin. Tämä laite ”komentaa” mittalaitetta tekemään halutut toiminnot, esimerkiksi pyytää mittalaitetta lähettämään halutun anturin arvon. Mittalaite vastaa lähettämälä A/D-muuntimen arvon tai muun pyydetyn tiedon.

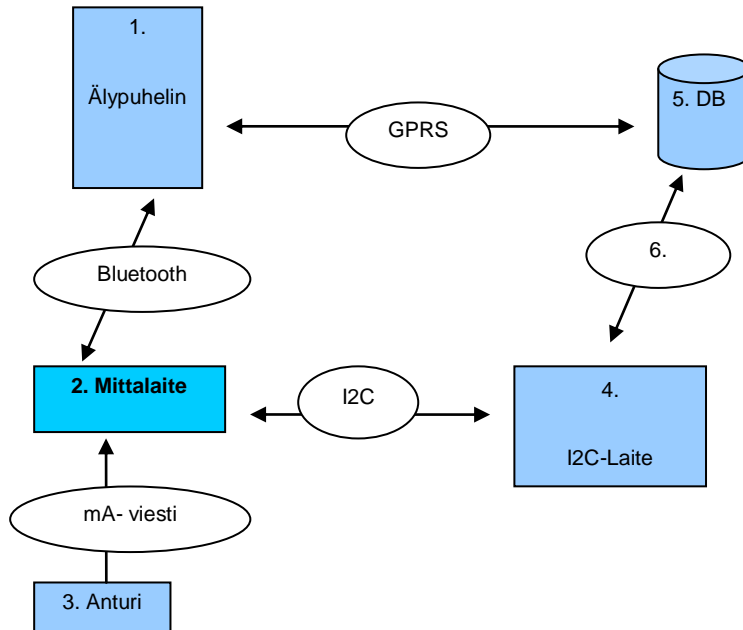
Älypuhelin (tai muu laite) toimii järjestelmän ”aivoina”, joka hallinnoi koko järjestelmän toimintaa. Älypuhelin ja mittalaite keskustelevat toistensa kanssa Bluetoothin avulla. Tämä mahdollistaa langattoman tiedonsiirron mittalaitteen ja älypuhelimien välillä.

Älypuhelin mahdollistaa tiedon lähettämisen eteenpäin GPRS-yhteyttä hyväksi käyttäen. Näin tieto saadaan langattomasti esimerkiksi valvomoon tai muuhun haluttuun järjestelmään. Kuvassa 1 nähdään mihin kohtaan järjestelmää älypuhelin sijoittuu ja mitä yhteyksiä se käyttää hyväkseen siirtääkseen informaatiota.

Tällainen järjestelmä voi olla esimerkiksi FuteControl-järjestelmä. Järjestelmän avulla voidaan mittalaitteen lähettämää informaatiota seurata graafisesti FuteControlin verkkosivuilta. Järjestelmä rajoittaa myös käyttäjien pääsyn järjestelmään sekä käyttäjien hallitsemisen. Kuvassa 1 oleva tietokanta (DB) kuvaa kohtaa, mihin FuteControl-järjestelmä sijoittuu. Järjestelmä toimii tietokantana, johon mittalaitteelta tuleva informaatio tallennetaan.

Mittalaitteen tuottama data voidaan myös esittää suoraan puhelimen näytöllä. Tätä varten järjestelmään kehitettiin älypuhelinsovellus, jonka avulla antureiden tuottama informaatio saadaan esitettyä puhelimella. Sovelluksen avulla mittalaitteen tuottamaa informaatiota voidaan seurata reaaliajassa sekä graafisena kuvaajana.

Kuvassa 1 nähdään mihin kohtaan järjestelmää itse mittalaite sijoittuu. Kuvasta 1 voidaan todeta, että mittalaite toimii ratkaisevana osana itse järjestelmää tarjoten rajapinnan, joka yhdistää järjestelmän muut laitteet keskenään.



KUVA 1. Järjestelmän toimintakaavio

Mittalaitetta on myös mahdollista käyttää suoraan I2C-väylää hyödyntäen, jos ei haluta käyttää Bluetoothia. Kuvassa 1 kohdassa neljä nähdään, mihin kohtaan I2C-laite sijoitetaan itse järjestelmään. Yhteys tietokannan ja I2C-laitteen välillä on merkattu pelkästään numerolla 6, koska tämä yhteys riippuu käytettävästä I2C-laitteesta ja sen tarjoamista yhteysvaihtoehdoista.

3 TIEDONSIIRTO

Mittalaitteessa käytetään kolmea erilaista tiedonsiirtotapaa. Tässä luvussa käydään läpi kaikki mittalaitteen käyttämät tiedonsiirtotavat sekä niiden keskeisimmät ominaisuudet. Keskeisimmäksi nousevat Bluetooth, jolla mahdollistetaan langaton tiedonsiirto, sekä I2C-väylä, joka lisää laitteen laajennettavuutta.

3.1 Bluetooth

Matkapuhelinvalmistaja Ericsson alkoi vuonna 1994 kehittää langatonta tiedonsiirtotekniikkaa erityisesti korvakuulokkeen ja matkapuhelimen välille. Vuonna 1998 kehitystyöhön liittyi muita alan yrityksiä, suurimpina Nokia, IBM, Toshiba ja Intel. Yhteistyöryhmän tarkoituksena oli edistää Bluetooth de-facto-standardin kehitystä ja markkinoille tuontia. (3, s. 14.)

Bluetooth on radiotekniikkaan perustuva lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtotekniikka, jossa laitteet viestivät keskenään radioaaltojen avulla. Tekniikka soveltuu parhaiten lyhyille noin kymmenen metrin matkoille, mutta pidemmätkin matkat ovat mahdollisia. (3, s. 13.)

Bluetooth-tekniikka perustuu voimakkaasti isäntä-renki-arkkitehtuuriin. Yksi laite toimii isäntänä, ja muut laitteet toimivat renkeinä verkossa. Isäntä (Master) ei eroa laitteena muista laitteista, vaan kyseessä on yhden laitteen itselleen otettava rooli. Yksinkertaisin Bluetooth-verkko muodostuu yhdestä isännästä ja siihen liitetystä rengistä (Slave). (4, s. 289.)

Verkko, jossa Bluetooth toimii, on vapaalla 2,4 GHz:n ISM-alueella (Industrial Medical and Scientific). Euroopassa tämän alueen kaistanleveys on 83,5 MHz. Kaistanleveys on jaettu 1 MHz:n välein 79 kanavaan. Ensimmäinen kanava sijaitsee taajuudella 2,402 MHz. (4, s. 292.)

Bluetooth käyttää taajuusmodulointia eli 1-bitti ilmaistaan kanavan 140–175 kHz keskitaajuuden yläpuolella ja 0-bitti ilmaistaan saman kanavan keskitaajuuden alapuolella. (4, s. 293.)

Taulukossa 1 on lähettimet jaoteltuina lähetystekon mukaan Bluetooth-spesifikaation määrittelemällä tavalla.

TAULUKKO 1. Bluetooth-teholuokat (7)

Teholuokka	Kantama	Suurin teho	Pienin teho	Tehonsäätö
1	100 m	100 mW	1 mW	pakollinen
2	10 m	2,5 mW	1 mW	ei pakollinen
3	10 m	1 mW	1 mW	ei pakollinen

3.2 I2C-väylä

I2C-väylä on yleiskäyttöinen 2-johtimen sarjaväylä. Se on Philipsin kehittämä ja sitä käytetään pääasiallisesti kulutus-, auto-, ja teollisuuselektronikan sovelluksissa. (5, s. 271.)

I2C-väylä perustuu synkroniseen kaksisuuntaiseen sarjamuotoiseen tiedonsiirtoon. Tiedonsiirtoon tarvitaan maajohtimen (GND) lisäksi vain kaksi johdinta, jotka ovat SDA (Serial data line) sekä SCL (Serial clock line). (5, s. 271.)

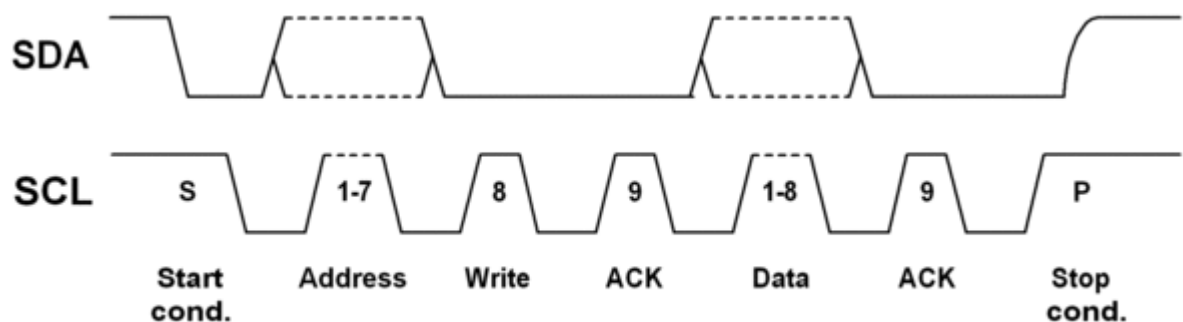
I2C-väylän piirien ei tarvitse sijaita kaukana toisistaan, eli piirit voivat olla vaikka samalla piirilevyllä. Väylällä toiminnot voidaan hajauttaa loogisesti erilaisiin yksiköihin. Tällä saavutetaan monia etuja; piirilevy saadaan yksinkertaiseksi, koska ei tarvita monijohtimisia väyliä, piirejä voidaan lisätä ja poistaa ilman vaikutusta laitteen muuhun toimintaan sekä laitteeseen ei tarvitse suunnitella osoitekoodausta tai liitäntäelektronikkaa. Väylälle liitettävien laitteiden määrää tai väylän pituutta rajoittaa ainoastaan kuormituskapasitanssi. Kapasitanssi ei saa ylittää arvoa 400 pF. (5, s. 272.)

Väylällä tiedonsiirron aloittavaa laitetta kutsutaan isännäksi (Master). Muita laitteita, jotka eivät voi aloittaa tiedonsiirtoa itsenäisesti, kutsutaan orjiksi (Slave). Kummatkin laitteet voivat olla tiedon lähettäjiä tai vastaanottajia. Väylään voidaan myös kytkä monta isäntää (Multi-master). Tämän vuoksi väylässä on

törmäysten havaitsemismekanismi (Collision detection), jonka avulla se osaa toipua tilanteista, joissa monta isäntää lähettää tietoa yhtä aikaa väylälle. (5, s. 271.)

Jokaisella I2C-väylään liitettävällä piirillä on oma yksilöllinen osoite. Isäntä lähettää väylään sen piirin osoitteen, jonka kanssa se haluaa siirtää tietoa. Vain se piiri, jolle osoite kuuluu kommunikoi isännän kanssa. I2C-väylä käyttää 7-bittistä osoitteistoa mutta se voidaan laajentaa myös 10-bittiseksi (1024 osoitetta). Tiedonsiirtonopeudet ovat normaalissa toimintatilassa 100 Kb/s, nopeassa toimintatilassa 400 Kb/s. (5, s. 271.)

Kuvassa 2 nähdään, kuinka tietoa siirretään väylällä. START-ehdon jälkeen isäntä lähettää tavun, jossa ensimmäiset 7 bittiä muodostavat orjan osoitteen. Kahdeksas bitti on tiedonsuuntabitti, jolla ilmaistaan luetaanko tietoa orjalta vai kirjoitetaanko sinne. Orja vastaa osoitteeseen kuittauksella, ja näin muodostuu yhteys isännän ja orjan välille. Tietoa voidaan siirtää niin kauan, että kaikki tieto on lähetetty. Lopuksi isäntä lopettaa tiedonsiirron lähettämällä STOP-ehdon. (5, s. 271.)



KUVA 2. Tiedonsiirto I2C-väylällä (6)

3.3 RS-232

EIA-standardielin (Electronic Industries Association) määritteli vuonna 1969 päätelaitteen ja tiedonsiirtolaitteen välisen liitännän. Tämän standardin nimeksi tuli RS-232-C. (5, s. 266.)

RS-232-standardin mukainen liitin on 25-napainen D-liitin, mutta usein käytetään myös 9-napaista D-liitintä. 9-napaisessa liittimessä ei tietenkään voida kytkeä kaikkia standardin mukaisia signaaleja (taulukko 2). (5, s. 266.)

TAULUKKO 2. 9-napaisen sarjaliittimen signaalit ja toimintasuunnat (5, s. 267)

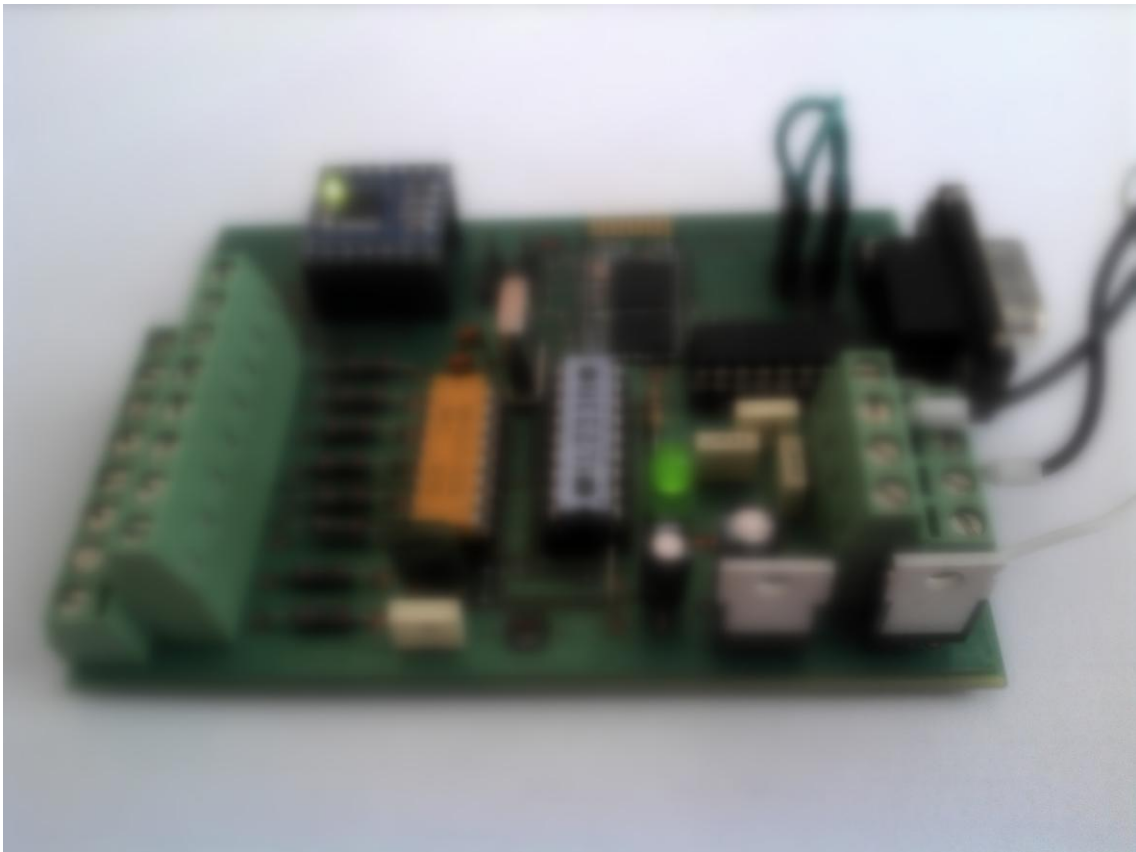
Liittimen kosketin	Signaalin lyhenne	Toimintasuunta
1	CD	tulo
2	RxD	tulo
3	TxD	lähtö
4	DTR	lähtö
5	SG	-
6	DSR	tulo
7	RTS	lähtö
8	CTS	tulo
9	RI	tulo

RS-232-liitännässä kulkevia signaaleita on kolme erilaista, varsinainen tieto (Data), ohjaussignaaleja (Control) sekä ajastussignaaleja (Timing). Signaali on balansoimaton, eli signaalin jännitetasoa verrataan yhteiseen maatasoon (nasta 5,SG). Jännitetasot voivat olla +15 voltista -15 volttiin, jossa 1-tila on +5 voltista +15 volttiin ja 0-tila -5 voltista -15 volttiin. Vaihtoehtoisesti jännitetasot voivat olla 0 voltista +5 volttiin, jossa 1-tila on +2,4 voltista +5 volttiin ja 0-tila 0 voltista +0,4 volttiin. (5, s. 267.)

RS-232 on tarkoitettu lähiyhteyksiin. Standardi määrittelee yhteyden suurimmaksi sallituksi etäisyydeksi 15 m ja tiedonsiirtonopeudeksi 20 Kb/s. Rajoitteet määriteltiin 25 vuotta sitten, joten ne eivät enää täysin pidä paikkaansa. Nykyisillä kaapeleilla päästään 100 metrin etäisyyksiin ja tiedonsiirtonopeudet voivat olla jopa 200 Kb/s. (5, s. 269.)

4 LANGATON MITTALAITE (MIPU)

Langattoman mittalaitteen työnimenä käytettiin MIPUa. MIPU-nimi muodostuu sanoista mittaukset suoraan puhelimeen, ja nimi vakiintui mittalaitteen kutsu-
manimeksi (kuva 3).



KUVA 3. Langaton mittalaite eli MIPU

SALAINEN

5 LANGATTOMAN MITTALAITTEEN KOMPONENTIT

SALAINEN

6 SUUNNITTELUTYÖN KULKU

SALAINEN

7 TULOSTEN TARKASTELU

Langattoman teknologian kehittyminen tuo mahdollisuuksia yhä monipuolisempien sovellusten kehittämiseen. Työssä kehitetty mittalaite hyödyntää Bluetooth-teknologiaa, joka tuo mittaustiedon suoraan käyttäjän älypuhelimien näytölle.

Järjestelmää voidaan hyödyntää monissa eri kohteissa. Kohteiksi käyvät hyvin niin LVI-laitteiden ja -koneiden seuranta kuin tiettyjen alueiden vartiointikin. Suurempiin laitteisiin tai koneisiin mittalaite voidaan asentaa jo tehtaalla. Näin voidaan seurata koneen toimintaa, vaikka se sijaitisi toisella puolella maailmaa. Mittalaite sopii asennettavaksi myös vaikeisiin tai vaarallisiin kohteisiin. Mittaustiedon saamiseksi riittää, että mittalaite on älypuhelimien Bluetooth-kentässä.

(11, s. 24.)

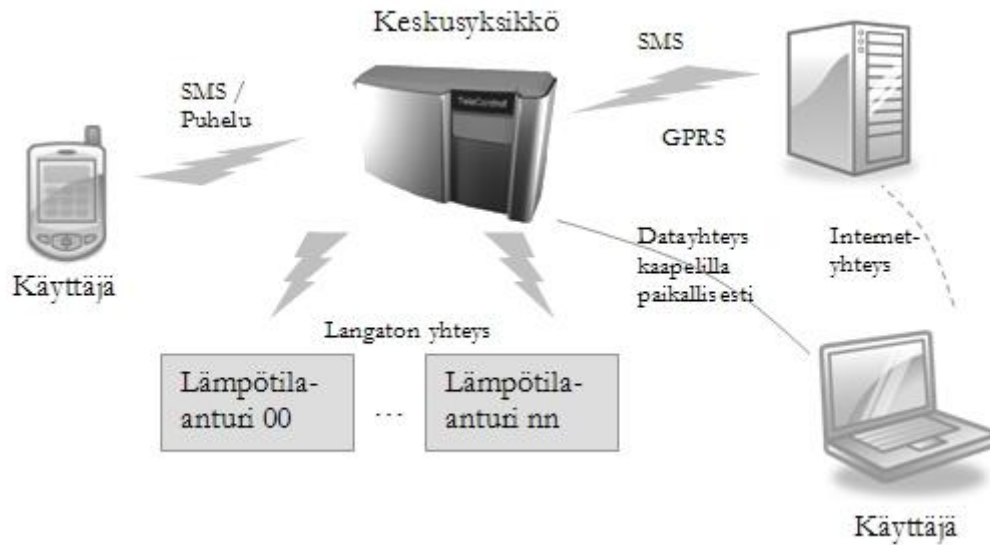
Langattomalla mittalaitteella voitaisiin helposti seurata esimerkiksi rekka-auton paikkaa, lastitilan lämpötilaa sekä lastin paikallaan pysymistä. Toisena hyvänä esimerkkinä mittalaitteen käyttökohteista voidaan pitää lämpöpistokkeiden käyttämistä älypuhelimien avulla. Puhelimella voidaan kytkeä langattomasti lämpöpistoke päälle sekä pois. Järjestelmä mahdollistaa myös lämpötilapistokkeiden virrankulutuksen seuraamisen sekä sen käytön laskuttamisen (kulutuksen mukaan) käyttäjältä.

Mittalaitteen edullinen hinta tuo lisää mahdollisuuksia laitteen käyttökohteisiin ja sovelluksiin. Myös I2C-väylä ja sen tarjoama laajennettavuus avaa aivan uusia käyttökohteita. Koska mittalaite on vain hiukan älypuhelimia suurempi, voidaan se sijoittaa pieniinkin sovelluksiin.

Markkinoilta löytyy samankaltaisia järjestelmiä kuin tässä opinnäytetyössä on oltu kehittämässä ja toteuttamassa. Tällaisia järjestelmiä tarjoavat esimerkiksi Telemic sekä Wisepro.

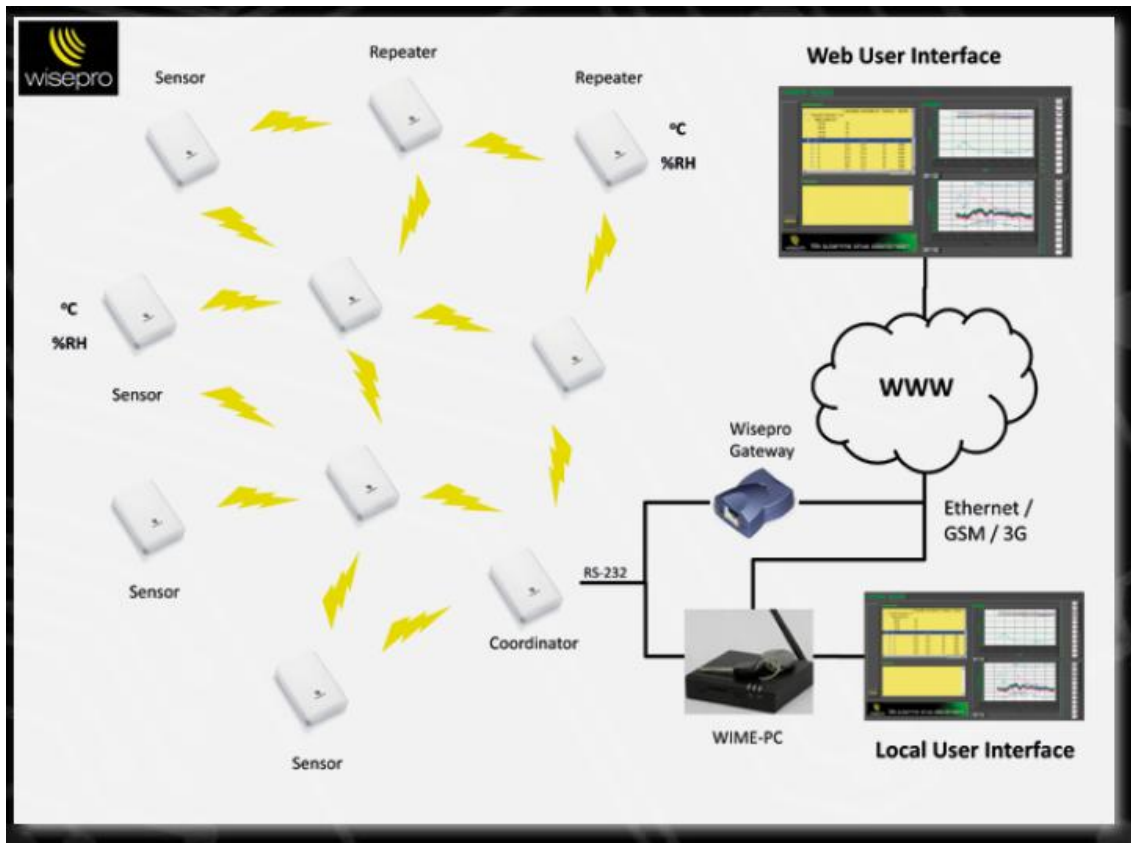
Telemic TeleControl järjestelmä on toiminnaltaan hyvin samankaltainen kuin MIPU-järjestelmä. Se tarjoaa lämpötilojen etäluentaa sekä tiedonkeruuta kes-

kusyksikön lokille tai TeleCont-valvomoon. Järjestelmän toimintaperiaate perustuu keskusyksikköön, johon voidaan olla yhteydessä GPRS-yhteyden avulla. (Kuva 19.)(12.)



KUVA 19. TeleControl- järjestelmän toimintaperiaate (12)

Wisepron tarjoama Wime-järjestelmä käyttää langattomia sensoriverkkoja antureiden mittaustietojen tiedon lähetykseen ja seurantaan. Järjestelmä mahdollistaa mittaustietojen tallennuksen tietokantaan ja niiden seuraamisen Web-käyttöliittymän avulla. Wime-järjestelmä käyttää tiedon siirtoon Ethernet-, GSM- ja 3G-yhteyksiä. (Kuva 20.)(13.)



KUVA 20. WIME- järjestelmän toimintaperiaate (13)

Edellä kerrotut järjestelmät ovat hyvin samankaltaisia kuin MIPU-järjestelmä. Järjestelmien tiedonsiirtoprotokollat eroavat hieman toisistaan mutta järjestelmien toimintaperiaate on käytännössä sama.

Suurimmat erot MIPU-järjestelmään syntyvät laitteiston koossa. MIPU-järjestelmä ei tarvitse toimiakseen kuin hieman älypuhelinta suuremman mittalaitteen. Edellä mainitut järjestelmät vaativat toimiakseen huomattavasti suuremmat keskusyksiköt.

MIPU-järjestelmän etuihin kuuluu myös järjestelmän tarjoama älypuhelinsovellus, joka tuo lisää käyttökohteita muihin järjestelmiin verrattuna. Muihin etuihin voidaan lukea myös MIPU-järjestelmään kytkettävien erilaisten antureiden määrä. Siihen voidaan kytkeä kaikki virta- tai jänniteviestiä käyttävät anturit.

8 YHTEENVETO

Langaton mittaustekniikka yleistyy teollisuudessa ja muissa kohteissa vähitellen. Sen tuomat edut ovat kiistattomia, mutta siihen ollaan heräämässä vasta pikkuhiljaa. Tekniikka langattomaan mittaukseen on ollut jo monien vuosien ajan, mutta se ei ole päässyt yleistymään. Nykyään laitteistotoimittajat ovat huomanneet asiaan, ja näin eri järjestelmistä alkaa löytyä erilaisia sovelluksia langattomaan tiedonsiirtoon.

Työn tavoitteena oli saada suunniteltua langaton mittalaite, toteutettua testilaitte sekä tehdä testilaitteelle toiminnan testaus. Mittalaitteen piti toimia Bluetoothin avulla ja sen piti tukea virtaviestillä toimivia antureita.

Tässä opinnäytetyössä kehitelty langaton mittalaite pyrkii tarjoamaan markkinoille erittäin halvan ja helpon tavan toteuttaa järjestelmä, josta informaatio saadaan langattomasti siirrettyä eri päätelaitteille.

Opinnäytetyö oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen. Oli opettavaista päästä suunnittelemaan mittalaitetta aivan ensi hetkistä lähtien. Näin pääsi itse oman työn kautta seuraamaan, mitä eri vaiheita kuuluu uuden laitteen kehittämiseen.

Suurin haaste työssä oli piirilevyn suunnitteleminen, josta ei ollut aikaisempaa kokemusta. Tästäkin selvittiin lukemalla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta sekä ohjeita.

Opinnäytetyössä suunniteltiin sekä koottiin toimivan mittalaite. Näin Protaccon Oy sai hyvät perusteet lähteä kehittämään mittalaitteesta kaupallista versiota. Katsonkin kummankin osapuolen päässeen tavoitteisiinsa, minä työntekijänä ja Protaccon Oy työntilajana.

LÄHTEET

1. Konserni. 2012. Protacon Group. Saatavissa:
<http://www.protacon.fi/yritys/konserni/> Hakupäivä: 2.4.2012
2. Protacon Oy. 2012. Protacon Oy. Saatavissa:
http://www.protacon.fi/yritys/protacon_oy/ Hakupäivä: 2.4.2012
3. Haapala, Juha. 2004. Bluetooth- teoriaa ja käytäntöä. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
4. Granlund, Kaj. 2001. Langaton tiedonsiirto. Porvoo: Docendo Finland Oy.
5. Koskinen, Jari. 2004. Mikrotietokonetekniikka: Sulautetut järjestelmät. Keuruu: Otava.
6. I2C-väylä osoitteisto. 2012. I2C-Bus.org. Saatavissa: <http://www.i2c-bus.org/repeated-start-condition/> Hakupäivä: 12.3.2012.
7. BL233 B Manual. 2002. I2Cchip.com. Saatavissa:
http://www.i2cchip.com/pdfs/bl233_b.pdf . Hakupäivä: 28.2.2012.
8. Wireless TTL Transceiver Module BT0417C Datasheet. Saatavissa:
http://mdfly.com/Download/Wireless/BT0417C_datasheet.pdf . Hakupäivä: 20.4.2012
9. ST232 Datasheet. 2001. STMicroelectronics. Saatavissa:
http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/105/502490_DS.pdf . Hakupäivä: 28.2.2012.
10. I2C-ADC-Manual. 2007. Gravitech Group. Saatavissa:
<http://site.gravitech.us/MicroResearch/I2C/I2C-ADC/I2C-ADC-Manual.pdf> . Hakupäivä 22.4.2012.

11. Lehtonen, Tuomas 2012. Langattomalla mittaustekniikalla on lukemattomia käyttökohteita. Automaatioväylä 11.4.2012.
12. Lämpötilojen mittaus ja tiedon keruu sovellus. 2012. Telemic Oy. Saatavissa:
http://www.telemic.net/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=102. Hakupäivä: 23.4.2012.
13. WIME – langaton mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmä.2012. Wisepro Oy. Saatavissa: <http://www.wisepro.fi/images/WIME.pdf>. Hakupäivä: 23.4.2012.

